
RAPPORT

Miljøundersøkelse

Bjørsvik 2, Lindås kommune

OPPDRAGSGIVER

Lerøy Vest AS

EMNE

Strømanalyse

DATO / REVISJON: 22.11.2019 / 0

DOKUMENTKODE: 10209621-RIMT-RAP-001



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAG	Miljøundersøkelse	DOKUMENTKODE	10209621-RIMT-RAP-001
EMNE	Strømanalyse, Bjørsvik 2, Lindås kommune, 2019	TILGJENGELIGHET	Konfidensiell
OPPDRAGSGIVER	Lerøy Vest AS	OPPDRAGSLEDER	Håvard Falck
KONTAKTPERSON	Øyvind Ask	UTARBEIDET AV	Jan Potac
KOORDINATER	60° 37.780' N 5° 31.042' Ø	ANSVARLIG ENHET	1233053 Stord Akva

SAMMENDRAG

Det er utført strømmålinger ved lokalitet Bjørsvik 2, Lindås kommune, i perioden 26.09.2019 – 06.11.2019 som grunnlag for lokalitetsundersøkelse i henhold til krav i NS9415 og veileder for søknad om lokalitet.

Et utvidet sammendrag er gitt i Kapittel 1.

Nøkkeltall:

Dybde	5 m dybde	15 m dybde	99 m dybde	149 m dybde
Gjennomsnittsstrøm [cm/s]	2	2	1	1
Median [cm/s]	2	1	1	1
Standardavvik [cm/s]	2	1	1	1
Maksimumstrøm [cm/s]	14	9	5	4
Retning maksimumstrøm [°]	137	286	55	282
95 prosentil [cm/s]	5	4	3	2
10 års returperiode (maksimal) [cm/s]	24	15	8	7
50 års returperiode (maksimal) [cm/s]	50	32	9	8
Andel målinger >30 cm/s [%]	0.0	0.0	0.0	0.0
Andel målinger < 1cm/s [%]	28.1	40.6	33.1	51.9
Lengste periode < 1cm/s [min]	270	350	70	150

00	22.11.2019	Strømanalyse	HMF	JP	HMF/JVL	HMF
REV.	DATO	BESKRIVELSE	MÅLING UTFØRT	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Sammendrag	5
1.1	Generell informasjon om utførte strømmålinger	5
1.2	Beskrivelse av strømbildet ved Bjørsvik 2	5
1.3	Dimensjonerende strømhastigheter	6
2	Metodebeskrivelse	7
3	Resultater	9
3.1	Strømdata	9
3.2	Vanntransport	12
3.3	Dimensjonerende strømhastigheter	13
3.4	Tidevann, vindpåvirket strøm og andre strømkomponenter	14
3.4.1	Tidevannsanalyse og vannstand	14
3.4.2	Sammenheng mellom vind og strøm	15
3.4.3	Andre strømkomponenter	18
3.5	Strøm – Todagersperiode	19
4	Referanser	20
Appendiks A	Måling og kvalitetssikring	21
Appendiks B	Terminologi	24
Appendiks C	Operasjonell strøm og sektorvis statistikk	25
Appendiks D	Tidsserier og fordelinger	28
Appendiks E	Fjernet data	32
Appendiks F	Instrumentspesifikasjoner	33
Appendiks G	Kalibrering Seaguard RCM 730	33
Appendiks H	Kalibrering Seaguard RCM 1590	33
Appendiks I	Kalibrering Signature500 SIG101420	34

1 Sammendrag

1.1 Generell informasjon om utførte strømmålinger

Det er tatt utgangspunkt i strømmålinger utført i perioden 26.09.2019 – 06.11.2019 for Bjørsvik 2. Informasjon om målingene er gitt i Tabell 1. Plassering av måleriggen er vist i Figur 1.

Tabell 1: Generell informasjon om strømmålingen utført ved Bjørsvik 2.

Posisjon	60°37.780 N 5°31.042 Ø
Ca. dybde på målestedet	180 m
Måleperiode	26-Sep-2019 10:40:00 til 06-Nov-2019 10:00:00
Varighet	40 dager, 23 timer, 20 minutter
Frekvens	Hvert 10. minutt



Figur 1 Lokalitet Bjørsvik 2. Målepunktet er merket med blått kryss.

1.2 Beskrivelse av strømbildet ved Bjørsvik 2

Målingene viser lave strømhastigheter i hele vannsøylen ved Bjørsvik 2. Den sterkeste gjennomsnittsstrømmen ved både 5 m og 15 m dybde var 2 cm/s. Maksimalstrømmen for lokaliteten ble målt ved 5 m dybde og var 14 cm/s mot 137°. Målingene viser at strømrretningen ved 5 m ikke har en dominerende retning, men de høyeste hastighetene er registrert mot øst. Ved 15 m har strømmen en dominerende retning mot vestlig sektor. Strømrretningen ved 99 m og 149 m varierer i alle retninger.

Vindhastigheten gjennom måleperioden er lav. I en kort periode der vinden øker opp over 10 m/s, kan man også se en økning i strømhastighet, men generelt er det vanskelig å se en direkte korrelasjon mellom strøm og vind.

Tidevannet spiller liten rolle i det totale strømbildet ved Bjørsvik 2. Mulige andre prosesser som påvirker strømmen er værssituasjon over et større område (f.eks. trykk, temperatur, vind), variasjoner i kyststrømmen og ferskvannsavrenning som bidrar til lagdeling i sommerhalvåret.

1.3 Dimensjonerende strømhastigheter

Strømhastighet med 10-års og 50-års returperiode er for månedsmålingen er estimert innenfor hver sektor ved bruk av multiplikasjonsfaktorer iht. NS9415.

Tabell 2 viser maksimale strømhastigheter for åtte retningssektorer ved 5 m og 15 m dybde, samt strøm med 10-års og 50-års returperiode.

Tabell 2: Målt maksimalstrøm og ekstrem strømhastighet, V_c , med 10 års og 50 års returperiode.

Dybde	Sektor (mot)	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	Maks
5 m dybde	Retning av målt maksimalstrøm (mot) [°]	5	63	91	137	181	209	259	303	-
	Maksimal målt strømhastighet [m/s]	0.09	0.11	0.12	0.14	0.10	0.12	0.08	0.10	0.14
	V_c , 10-år [m/s]	0.14	0.18	0.20	0.24	0.17	0.19	0.14	0.17	0.24
	V_c , 50-år [m/s]	0.32	0.39	0.43	0.50	0.36	0.43	0.29	0.36	0.50
15 m dybde	Retning av målt maksimalstrøm (mot) [°]	1	26	109	141	167	235	286	302	-
	Maksimal målt strømhastighet [m/s]	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.09	0.09	0.09	0.09
	V_c , 10-år [m/s]	0.10	0.10	0.11	0.09	0.10	0.15	0.15	0.14	0.15
	V_c , 50-år [m/s]	0.21	0.21	0.21	0.18	0.21	0.32	0.32	0.32	0.32

2 Metodebeskrivelse

Strømmålinger ble utført ved lokalitet Bjørsvik 2 i perioden 26.09.2019 – 06.11.2019.

Formålet med strømmålingen er å kvantifisere strømhastighet og -retning ved forskjellige dyp: 5 m, 15 m, spredningsstrøm og bunnstrøm i forbindelse for søknad om lokalitet.

Tabell 3 sammenfatter den viktigste bakgrunnsinformasjonen for målingen.

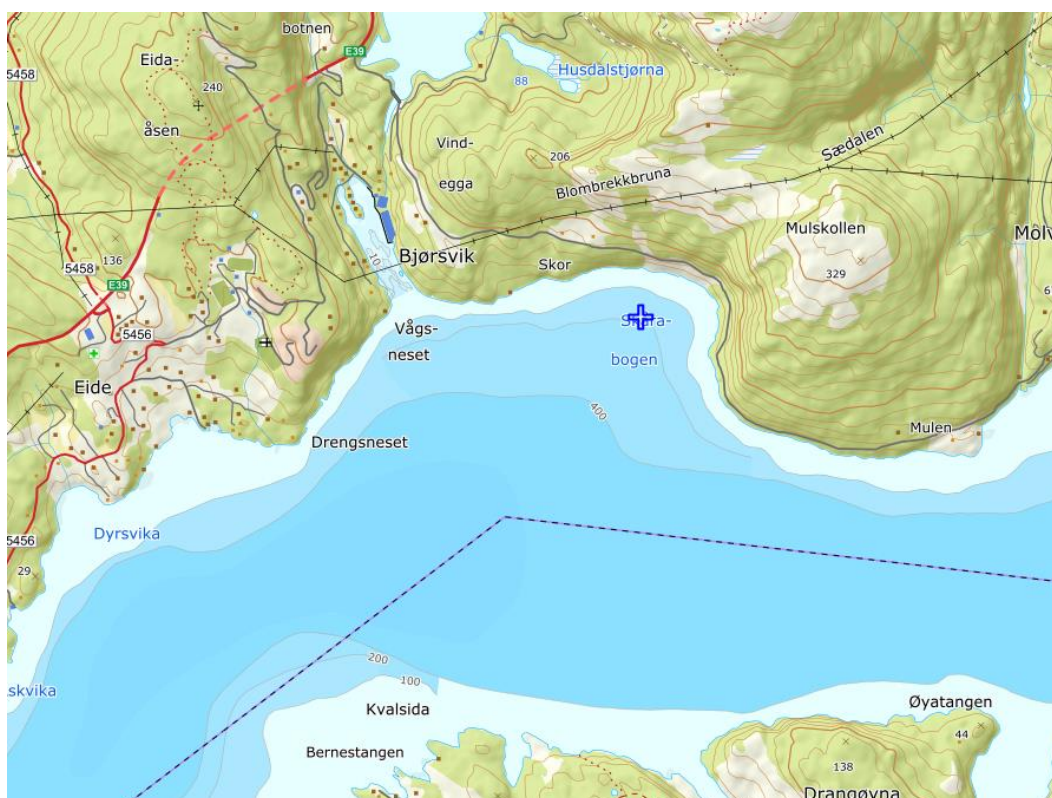
- **Plassering av måler:** Figur 1 viser hvor måleriggen var plassert.
- **Måledybder:** Det ble satt ut en doppler profilmåler ved 20 m dyp og 2 doppler punktmålere ved 99 m og 149 m dyp. Målet er å kartlegge strømmen i dybdene hvor notposen befinner seg, samt bunnstrøm og spredningsstrøm.
- **Målingsutstyr:** Målerne ble forankret fra bunn og opp. Beskrivelse av riggen og instrumentene er gitt i Appendiks A.
- **Kvalitetsvurdering av målte data:** Datasettet ble kvalitetssikret i henhold til anbefalingene fra instrumentenes produsent. En nærmere beskrivelse av denne prosessen finnes i Appendiks A.
- **Målingens varighet:** Det ble målt i mer enn 40 dager. Dette er i henhold til kravene som sier at for å få representative strømmålinger, må disse foretas kontinuerlig over en periode på minst en måned (NS 9415).

I forbindelse med etablering av flytende oppdrettsanlegg krever NYTEK-forskriften beskrivelse av strømmen i anlegget ved 5 m og 15 m (NS 9415) utført av akkreditert inspeksjonsorgan for lokalitetsundersøkelser. Ved søknad om ny lokalitet/utvidelse av eksisterende lokalitet kreves beskrivelse av vannutskiftningsstrøm, spredningsstrøm og bunnstrøm (Fiskeridirektoratet, 2008), samt dokumentasjon av nullmålinger og vannutskiftning (Mattilsynet, 2006).

Multiconsult Norge AS er akkreditert inspeksjonsorgan for lokalitetsundersøkelse iht. ISO/IEC 17020, NYTEK-forskriften og NS 9415. I denne rapporten faller analyser og beskrivelse av strømmen ved 5 m og 15 m dybde under akkrediteringen. Analyser og beskrivelse av strømmen ved andre dybder er ikke underlagt myndighetskrav om akkreditering.

Tabell 3: Generell informasjon om strømmålingen utført ved Bjørsvik 2.

Posisjon	60°37.780 N 5°31.042 Ø
Ca. dybde på målestedet	180 m
Måleperiode	26-Sep-2019 10:40:00 til 06-Nov-2019 10:00:00
Varighet	40 dager, 23 timer, 20 minutter
Antall målinger	5901
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigert for misvisning)
Målertype - 20 m dybde	Doppler profilmåler (Signature500, Serienummer 101420), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 6 til 16 m dybde, celledørrelse 2 m
Type måling - 20 m dybde	Måling i 600 sekunder, Broadband
Målertype - 99 m dybde	Doppler punktmåler (AADI RCM 400, Serienummer 730), måling av horisontal strøm på instrumentdybde
Type måling - 99 m dybde	Burst (måling i 1 minutt), 150 ping
Målertype - 149 m dybde	Doppler punktmåler (AADI RCM 400, Serienummer 1590), måling av horisontal strøm på instrumentdybde
Type måling - 149 m dybde	Burst (måling i 1 minutt), 150 ping
Frekvens	Hvert 10. minutt

**Figur 2** Lokalitet Bjørsvik 2. Målepunktet er merket med blått kryss.

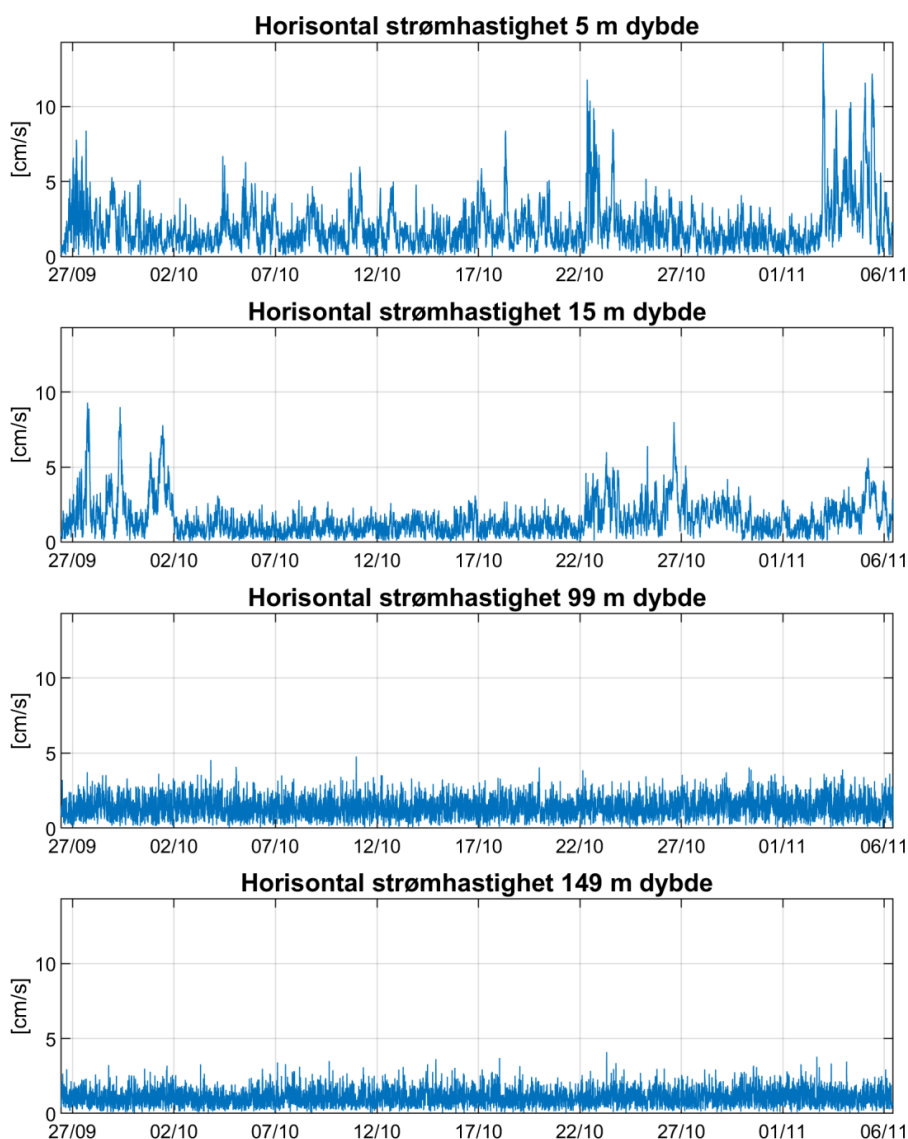
3 Resultater

3.1 Strømdata

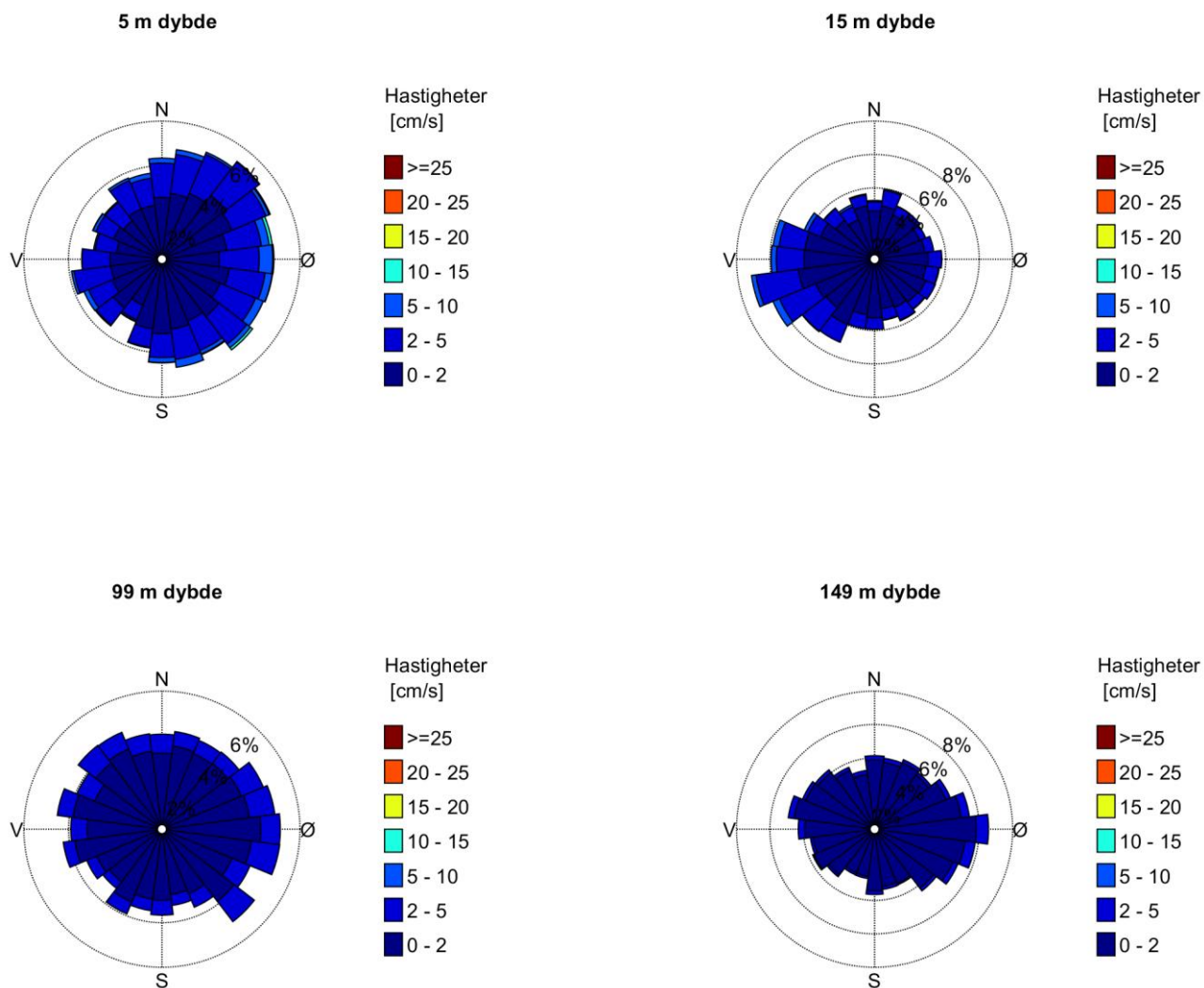
Tidsserien av målt strøm, samt strømmosen for valgte dybder er gitt i Figur 3 og Figur 4. Figur 5 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder. Figur 6 viser minimum, middel- og maksimalstrøm ved forskjellige dybder. Hovedresultater fra strømmålingene er oppsummert i Tabell 4. Operasjonell og sektorvis strømstatistikk, samt fordelinger er gitt i Appendiks C og Appendiks D.

Målingene viser generelt lave strømhastigheter i hele vannsøylen ved Bjørsvik 2. Gjennomsnittsstrømmen er målt til 2 cm/s og ved både 5 m og 15 m dybde, og 1 cm/s ved både 99 m og 149 m dybde. Maksimalstrømmen er målt til 14 cm/s ved 5 m, 9 cm/s ved 15 m, 5 cm/s ved 99 m og 4 cm/s ved 149 m dybde.

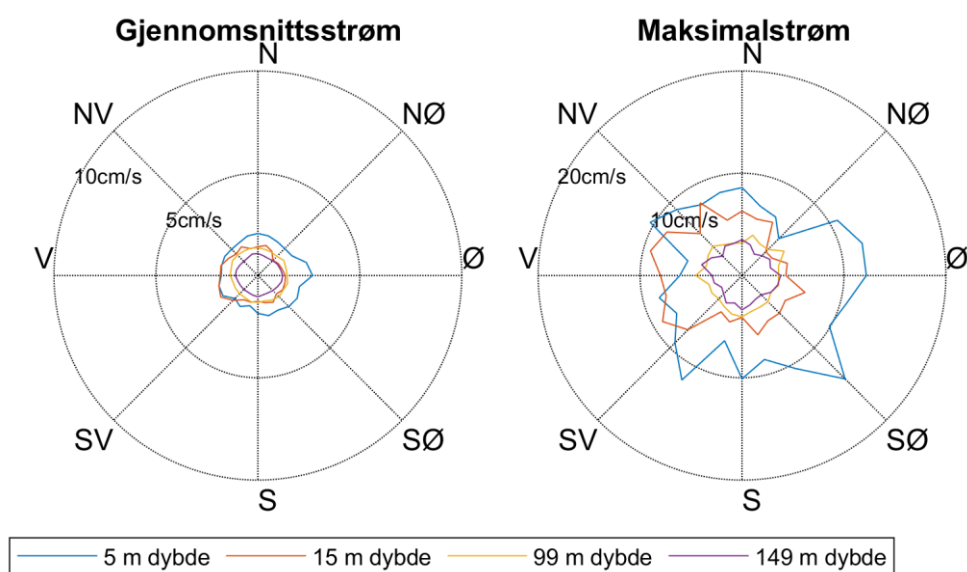
Målingene viser at strømrretningen ved 5 m ikke har en dominerende retning, men de høyeste hastighetene er registrert mot øst. Ved 15 m har strømmen en dominerende retning mot vestlig sektor. Strømrretningen ved 99 m og 149 m varierer i alle retninger.



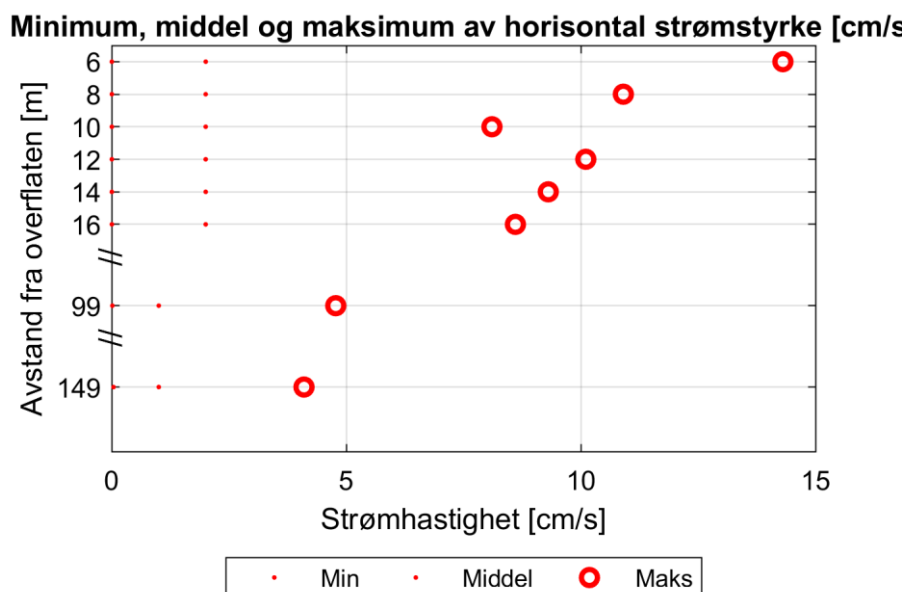
Figur 3: Tidsserier av horisontal strømhastighet.



Figur 4: Rosediagram som viser fordelingen av retninger i kompasset og hastigheter i farge.



Figur 5: Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger (15 graders sektorer) og dybder.



Figur 6: Minimal, middel og maksimal horisontal strøm ved alle målte dybder.

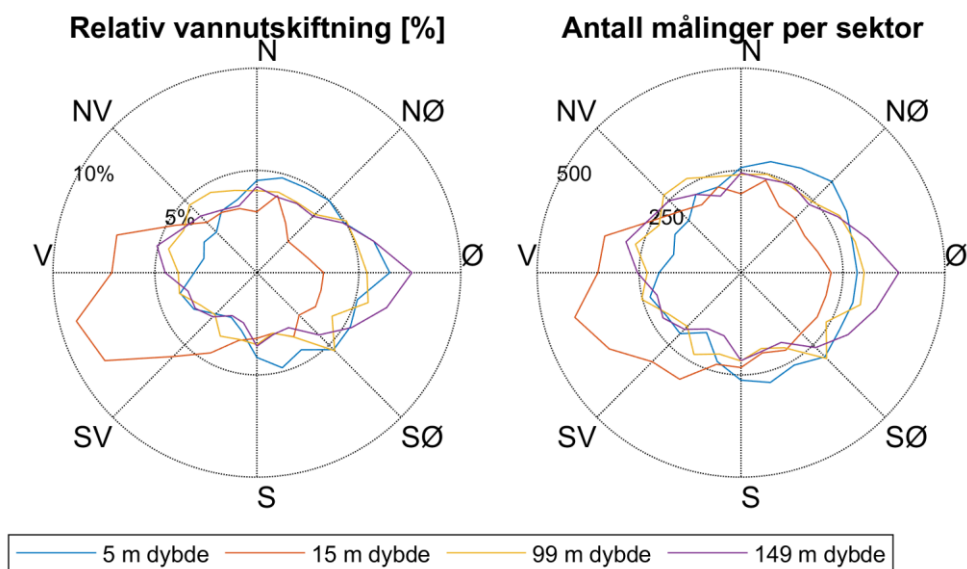
Tabell 4: Statistikk fra strømmålingene ved Bjørsvik 2.

Dybde	5 m dybde	15 m dybde	99 m dybde	149 m dybde
Gjennomsnittsstrøm [cm/s]	2	2	1	1
Median [cm/s]	2	1	1	1
Standardavvik [cm/s]	2	1	1	1
Maksimumstrøm [cm/s]	14	9	5	4
Retning maksimumstrøm [°]	137	286	55	282
95 prosentil [cm/s]	5	4	3	2
Andel målinger >30 cm/s [%]	0.0	0.0	0.0	0.0
Vannutskifting/Vanntransport				
Neumanns parameter	0.17	0.25	0.08	0.12
Vektormidlet strøm [cm/s]	0	0	0	0
Vektormidlet strømretning [°]	85	255	55	67
Nullmålinger				
Andel målinger < 1cm/s [%]	28.1	40.6	33.1	51.9
Lengste periode < 1cm/s [min]	270	350	70	150

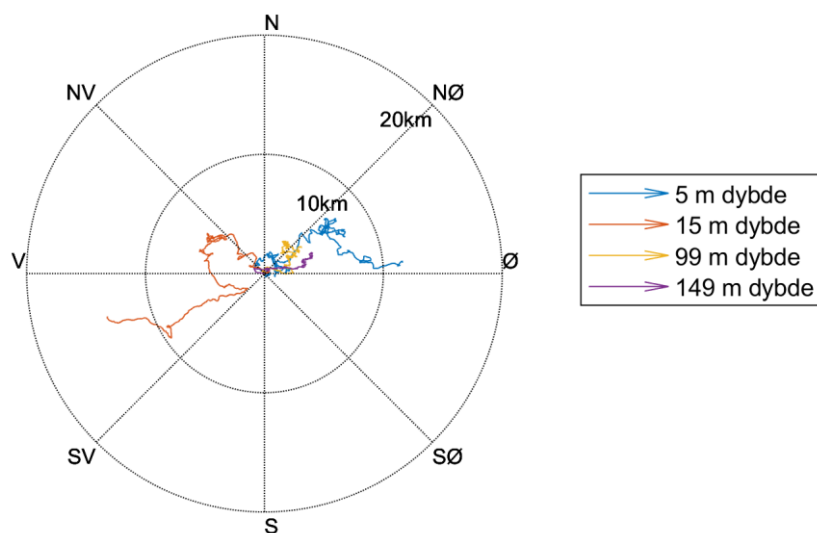
3.2 Vanntransport

Relativ vannutskiftning, samt antall målinger per retningssektor (15 graders sektorer) er gitt i Figur 7. Et progressiv vektor-diagram er vist i Figur 8. For mer utfyllende forklaring av vannutskiftning og progressiv vektor-diagram se Appendiks B.

Sektorvis vannutskiftning og antall målinger er gitt i Appendiks C.



Figur 7: Relativ vannutskiftning og antall målinger per 15 graders sektor.



Figur 8: Progressiv vektor-diagram, viser forflytningen av en tenkt vannpartikkel i løpet av måleperioden.

3.3 Dimensjonerende strømhastigheter

Strømhastighet med 10-års og 50-års returperiode er for månedsmålinger estimert innenfor hver sektor ved bruk av multiplikasjonsfaktorer iht. NS9415 (Tabell 5). Iht. NS 9415 skal maksimal strøm med 50 års returperiode settes til minimum 0.5 m/s når strøm måles i fire uker. De andre verdiene i strømrøsen skal justeres tilsvarende.

I dette tilfellet er maksimal strømhastighet med 50-års returperiode lavere enn 0.50 m/s, og strømverdiene er derfor justert. Tabell 6 viser maksimale strømhastigheter for åtte retningssektorer ved 5 m og 15 m dybde, samt strøm med 10-års og 50-års returperiode for 5 m og 15 m dybde.

Tabell 5: Multiplikasjonsfaktorer for ekstrapolering av månedsmålinger til strømhastighet med 10 års og 50 års returperiode (NS9415).

Returperiode	Multiplikasjonsfaktor
10 år	1.65
50 år	1.85

Tabell 6: Målt maksimalstrøm og ekstrem strømhastighet, V_c , med 10 års og 50 års returperiode.

Dybde	Sektor (mot)	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	Maks
5 m dybde	Retning av målt maksimalstrøm (mot) [°]	5	63	91	137	181	209	259	303	-
	Maksimal målt strømhastighet [m/s]	0.09	0.11	0.12	0.14	0.10	0.12	0.08	0.10	0.14
	V_c , 10-år [m/s]	0.14	0.18	0.20	0.24	0.17	0.19	0.14	0.17	0.24
	V_c , 50-år [m/s]	0.32	0.39	0.43	0.50	0.36	0.43	0.29	0.36	0.50
15 m dybde	Retning av målt maksimalstrøm (mot) [°]	1	26	109	141	167	235	286	302	-
	Maksimal målt strømhastighet [m/s]	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.09	0.09	0.09	0.09
	V_c , 10-år [m/s]	0.10	0.10	0.11	0.09	0.10	0.15	0.15	0.14	0.15
	V_c , 50-år [m/s]	0.21	0.21	0.21	0.18	0.21	0.32	0.32	0.32	0.32

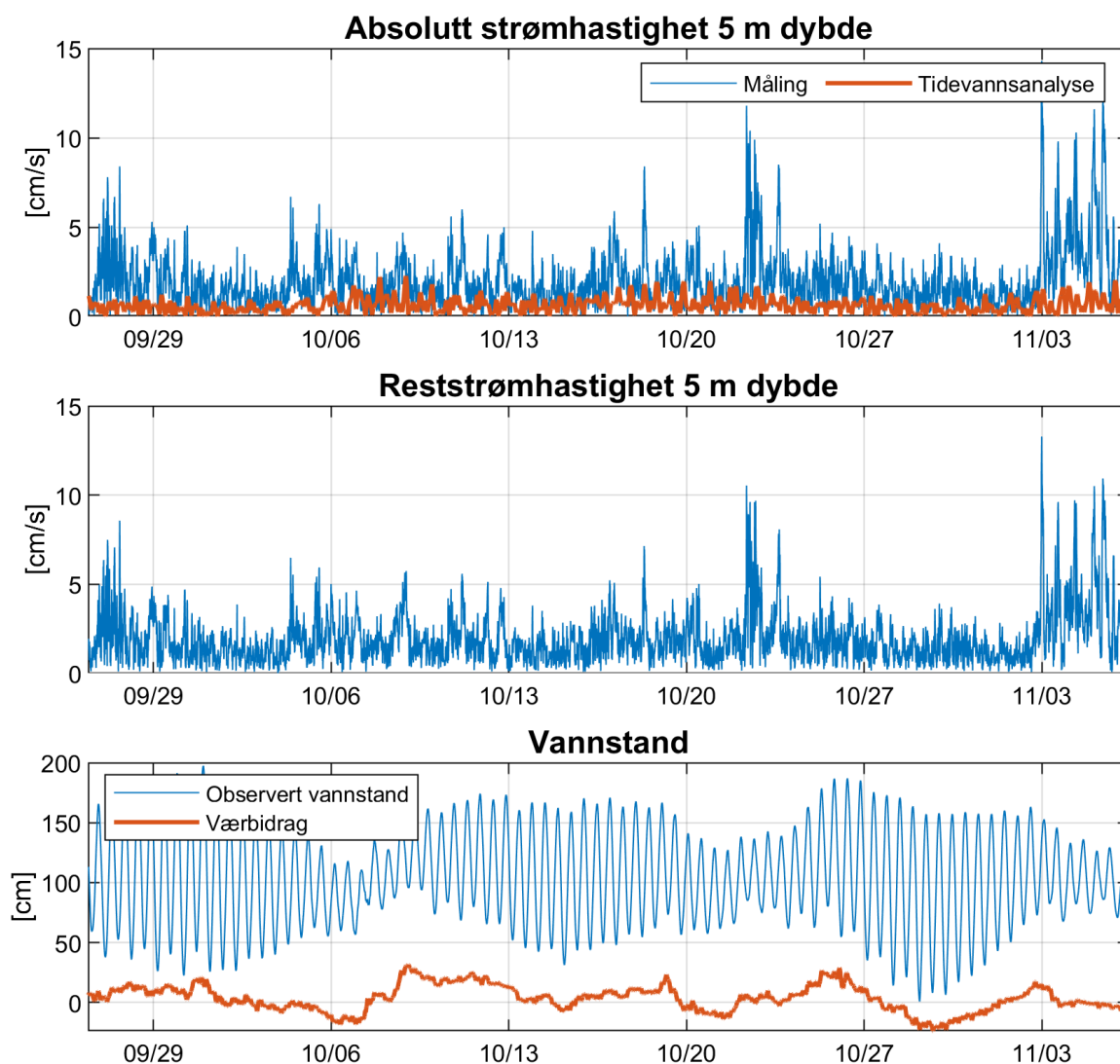
3.4 Tidevann, vindpåvirket strøm og andre strømkomponenter

3.4.1 Tidevannsanalyse og vannstand

Det ble foretatt en tidevannsanalyse av den målte strømmen ved forskjellige dyp, som gir informasjon om tidevannets bidrag til strømbildet (Codiga, 2011). Tidevannet er en følge av tiltrekningskreftene mellom jord, måne og sol og de relative bevegelsene i jord-måne-solsystemet (Kartverket, 2014), se Appendiks B for mer informasjon om tidevann.

Resultatene fra tidevannsanalysen er gitt i Figur 9. Figuren viser tidsserien av strømmen ved 5 m dybde med tidevannsanalyse, reststrøm og vannstand fra sehavniva.no.

Tidevannsanalysen på strømmålingene ved Bjørsvik 2 ved 5 m dybde forklarer 9 % av variansen i datasettet. Maksimal beregnet tidevannsstrøm ved 5 m dybde er 2 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 4 cm/s (signifikant maksimum), men har en maksimalverdi på 13 cm/s.



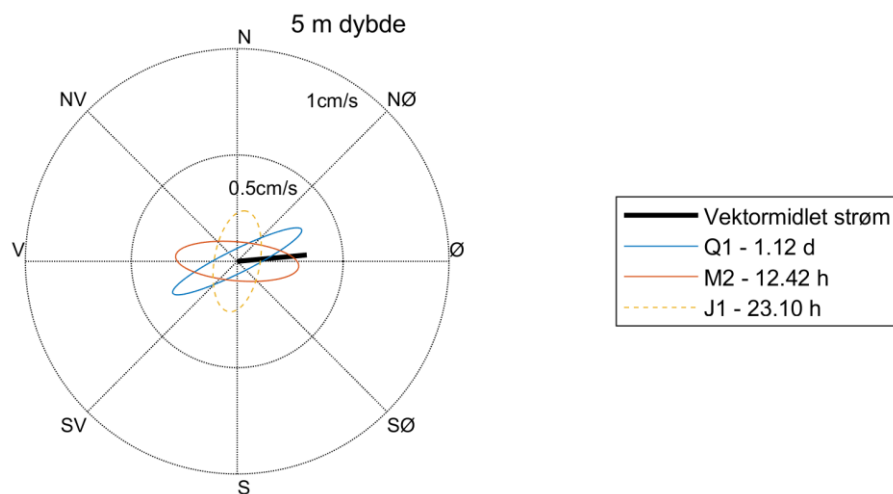
Figur 9: Horisontal strømhastighet, 5 m dybde, med tidevannsanalyse (vannstand fra Bergen)

Tidevannsstrømmer følger en ellipse, dvs. at strømretningen roterer og strømhastigheten når maksimumsverdien og minimumsverdien to ganger i løpet av tidevannsperioden. Figur 10 viser tidevannsellipsene for de sterkeste tidevannskonstituentene av strømmen ved 5 m dybde. Hovedperiodene til tidevannssignalet ved 5 m dybde er 1.12 dager, 12.42 timer og 23.10 timer. Figuren viser at tidevannsstrømmen oscillerer mellom østlig og vestlig retning.

Vektormidlet strøm er vist som en svart strek i Figur 10. Den vektormidlete strømmen viser at vanntransporten er mot øst ved Bjørsvik 2.

Tidevannsanalysen i de forskjellige dybdene forklarer mellom 5 % og 9 % av variansen i strømmålingene.

Det konkluderes med at tidevannsstrømmen spiller en liten rolle ved Bjørsvik 2.



Figur 10: Tidevannsellipsene av strømmen ved 5 m dybde. Q1, M2 og J1 refererer til tidevannskomponentene. Middelstrømmen er vektorbasert.

3.4.2 Sammenheng mellom vind og strøm

Sammenhengen mellom vind og strøm er også undersøkt. Det ble brukt vindmålinger fra Flesland målestasjon (Frost) som ligger 41 km sørvest for Bjørsvik 2 og anses som mest representativ for lokaliteten. Verdiene er 10 minutters middelerverdier 10 meter over bakken. For å lettere kunne sammenligne strøm med vind, er strømmen lavpassfiltrert (se forklaring i Appendiks B).

Figur 11 viser vindhastighet og vindretning, samt hastighet og retning på lavpassfiltrert strøm ved 5 m dybde. Figur 12 viser fordeling av retninger og styrke av både vind og lavpassfiltrert strøm ved 5 m dybde.

Det er undersøkt korrelasjon mellom vind og strøm dekomponert langs 8 himmelretninger (0°, 45°, 90° osv.) for å finne ut hvilke retninger av vind og strøm som viser størst samvariasjon (Tabell 7). Dette er gjort for å fange opp innvirkning fra eventuelle topografiske effekter på vindens og strømmens retning. Tabell 8 viser hvor mange prosent av tiden ofte gitte kombinasjoner for vind og strømretning oppsto i løpet av måleperioden.

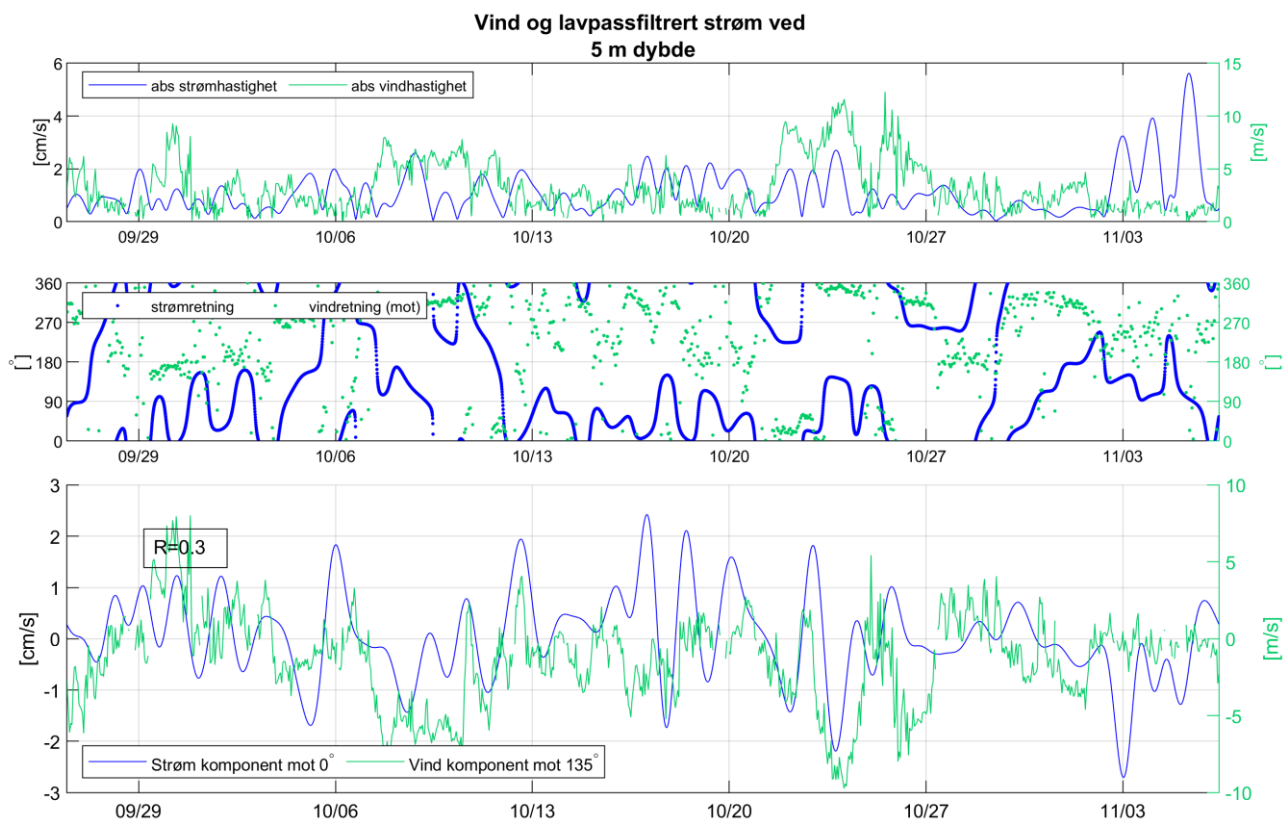
Vindhastigheten gjennom måleperioden er lav. I en kort periode der vinden øker opp over 10 m/s, kan man også se en økning i strømhastighet, men generelt er det vanskelig å se en direkte sammenheng mellom strøm og vind.

Tabell 7: Korrelasjonskoeffisientene mellom lavpassfiltrert strøm og vind langs forskjellige akser.

	Vindretning (mot)								
Strømretning (mot)		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
	0°	-0.28	-0.15	0.17	0.3	0.28	0.15	-0.17	-0.3
	45°	-0.25	-0.19	0.07	0.23	0.25	0.19	-0.07	-0.23
	90°	-0.07	-0.1	-0.06	0.02	0.07	0.1	0.06	-0.02
	135°	0.12	0.02	-0.15	-0.17	-0.12	-0.02	0.15	0.17
	180°	0.28	0.15	-0.17	-0.3	-0.28	-0.15	0.17	0.3
	225°	0.25	0.19	-0.07	-0.23	-0.25	-0.19	0.07	0.23
	270°	0.07	0.1	0.06	-0.02	-0.07	-0.1	-0.06	0.02
	315°	-0.12	-0.02	0.15	0.17	0.12	0.02	-0.15	-0.17

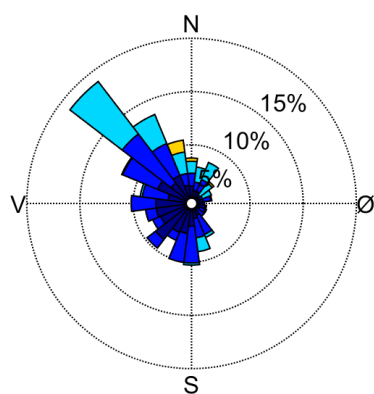
Tabell 8: Prosentandel av tiden visse kombinasjon av strøm- og vindretning oppstår.

	Vindretning (mot)								
Strømretning (mot)		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
	0°	2.2	1.8	0.1	1	2.8	1.6	1.6	3.3
	45°	1.9	1.1	0.6	1	3.5	3.6	2.2	3.1
	90°	0.9	0.8	0.7	1.6	1.6	1.9	4.1	4
	135°	3.7	0.6	0.3	0.6	2	2	2.4	4.4
	180°	0.4	0.6	0	0.1	0.4	0.3	0.8	3.4
	225°	1.7	1.4	0	0.1	0.2	0.8	0.5	2.9
	270°	0.8	0.3	0.1	0.2	2.3	0.9	0.6	5.4
	315°	0.6	0.5	0.4	0.6	1.2	0.6	0.7	1.9

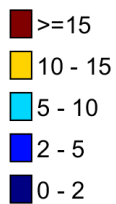


Figur 11: De to øverste paneler viser vindretning og vindhastighet (grønn) samt retning og hastighet på lavpassfiltrert strøm (blå). Det nederste panelet viser hastighet på vind og lavpassfiltrert strøm dekomponert langs retninger som gir høyest korrelasjon mellom strøm og vind.

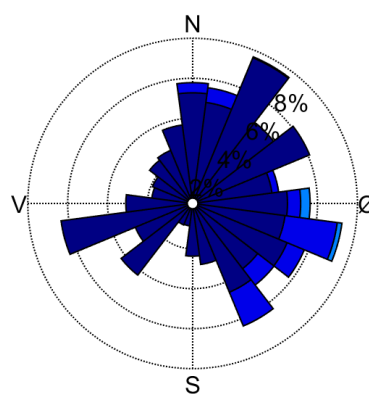
Vind ved Flesland målestasjon (mot)



Vindhastigheter [m/s]



Lavpassfiltrert strøm 5 m dybde



Hastigheter [cm/s]



Figur 12: Vind og reststrøm ved 5 m dybde (retninger mot).

3.4.3 Andre strømkomponenter

Andre strømkomponenter som kan bidra til det totale strømbildet er f. eks. utbrudd fra kyststrømmen og vårflom på grunn av snø- og ismelting.

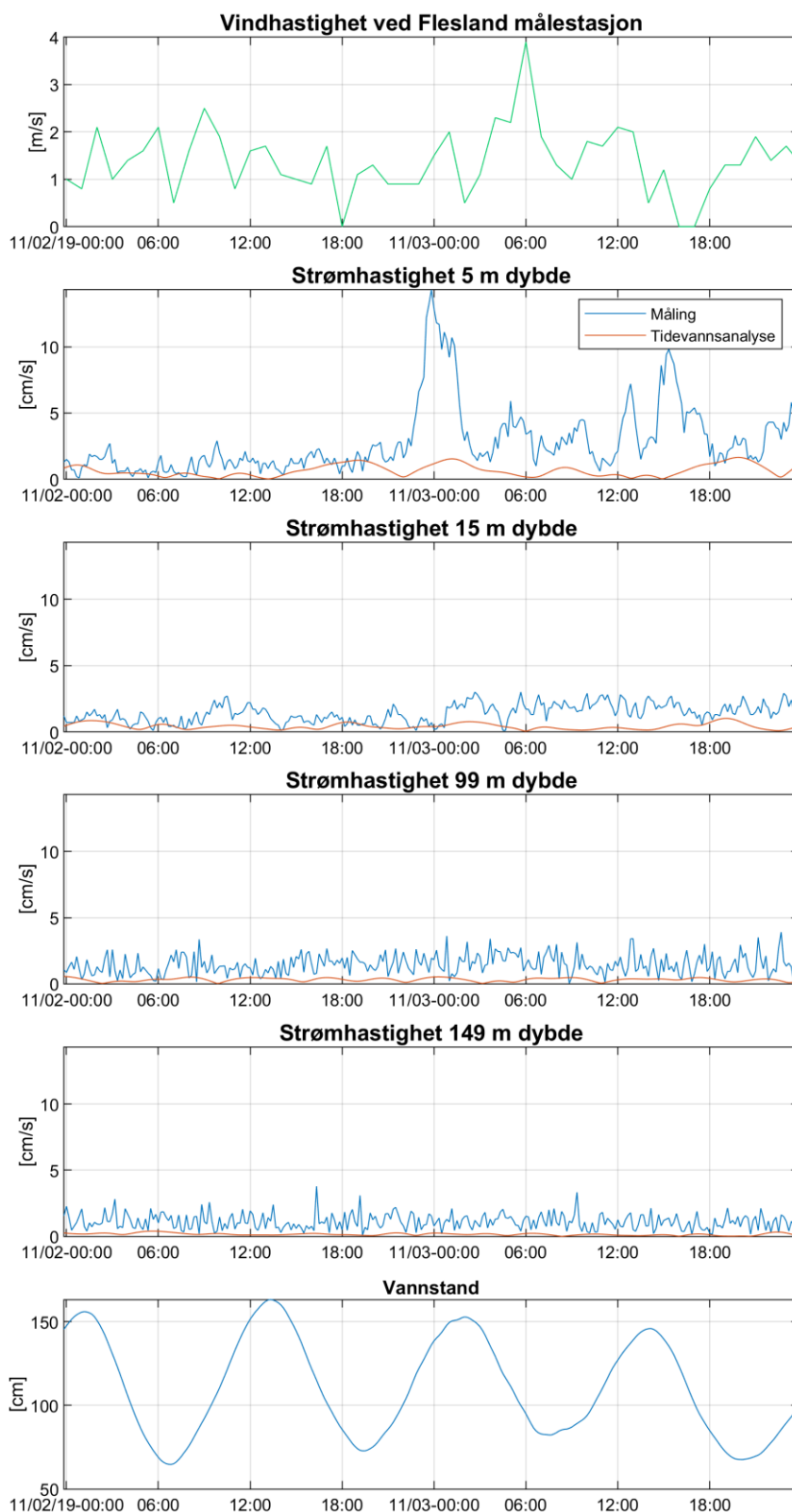
Kyststrømmen følger norskekysten nordover fra Skagerrak til Barentshavet, og kjennetegnes ved lavere saltholdighet enn omkringliggende vannmasser. Strømhastigheten til kyststrømmen ligger stort sett mellom 20-50 cm/s. Under vedvarende perioder med vind fra vest og sørvest inn Skagerrak skjer det en oppstuvning av kyststrømmen. Når oppstuvning slipper (når vinden avtar eller snur) oppstår såkalte utbrudd fra kyststrømmen. Hastigheten kan komme opp i over 100 cm/s og utbruddene kan nå fjordarmene på Vestlandet som en intermediær innstrømming. Påvirkningen av utbruddene avtar nordover langs kysten. Kyststrømmens dynamikk er svært kompleks og avhenger av vind lokalt og regionalt, strømmønsteret i Skagerrak og Nordsjøen, tidevannet og avrenningen fra elvene oppstrøms.

På grunn av beliggenheten på Vestlandet må det forventes en påvirkning av utbrudd fra kyststrømmen på strømbildet. Dette kan imidlertid ikke kvantifiseres uten supplerende datasett.

Vårflom på grunn av snø- og ismelting og ferskvannsavrenning generelt kan bidra til lagdeling av vannmassene i sommerhalvåret, og vil samtidig påvirke strømbildet. Det foreligger ikke temperatur- og salinitetsdata fra flere dyp, som ville gi mulighet for å vurdere lagdelingen ved lokaliteten.

3.5 Strøm – Todagersperiode

Figur 13 viser vind, strøm og vannstand i todagersperioden rundt maksimalstrømmen ved 5 m dyp, 01.11.2019 – 03.11.2019. Vinden i forkant av observert maksimalstrøm er under 3 m/s.



Figur 13: Vind og strøm og vannstand i todagersperioden 01.11.2019 – 03.11.2019.

4 Referanser

Nortek, 2017: "Nortek Manuals, Signature Operations".

Aanderaa, 2007: "TD 262b Operating Manual - Seaguard RCM".

Codiga, Daniel L., 2011: Unified Tidal Analysis and Prediction.

Frost (<https://frost.met.no>): Meteorologisk data fra Meteorologisk Institutt.

Fiskeridirektoratet, 2008: "Veileder for utfylling av søknadsskjema for tillatelse til akvakultur i flytende eller landbaserte anlegg".

Kartverket, 2014 (sehavniva.no): Kartverkets ressursnettsted om havnivå og vannstand.

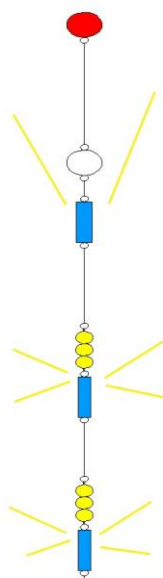
Mattilsynet, 2006: "Veileder til forskrift av 16.1.2004 nr. 279 om godkjenning av etablering og utvidelse av akvakulturanlegg og registrering av pryddammer (etableringsforskriften) § 5".

NS 9415: "NS 9415 - Flytende oppdrettsanlegg: Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift", Norsk Standard.

Appendiks A Måling og kvalitetssikring

Strømmen ble målt med en akustisk doppler profilmåler (Signature500, Nortek (2017)) og 2 akustiske doppler punktmålere (Seaguard, se Aanderaa (2007)).

Målingene er basert på dopplereffekten. Instrumentet sender ut en akustisk puls (et kort lydsignal) med en bestemt frekvens og måler frekvensen av innkommende refleksjoner. Refleksjonen er forårsaket av små partikler eller bobler i vannet. Ut fra frekvensskiftet kan man beregne hastigheten av partiklene i vannet, som er antatt å være lik strømhastigheten. Signature sender ut pulser i fire stråler i forskjellige retninger for å kunne rekonstruere den horisontale og vertikale strømhastigheten i mange dyp. Seaguard har strålene orientert horisontalt og måler i instrumentdyp. Målerne ble forankret som vist i Figur 14.



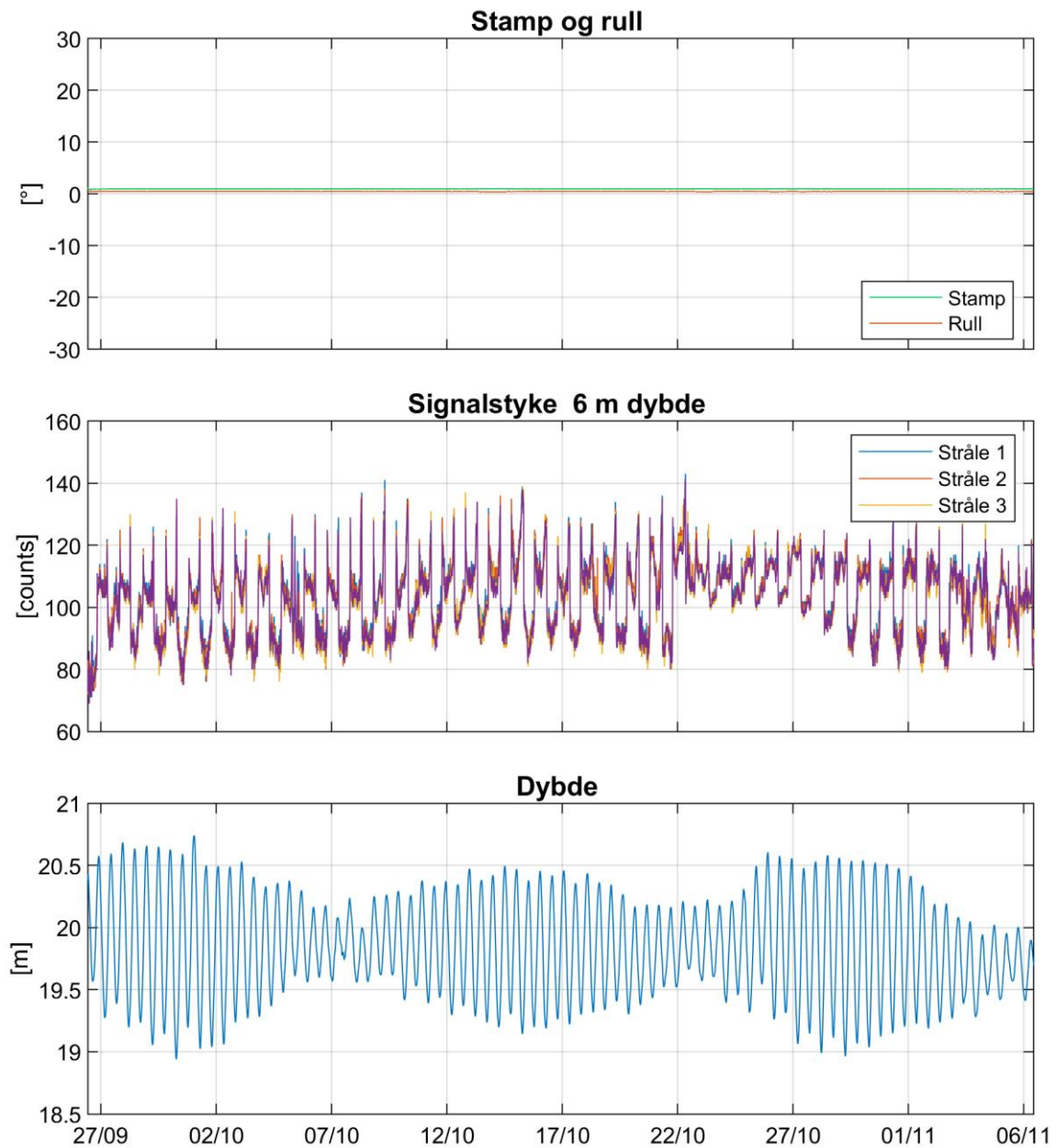
Figur 14: Skisse av riggen.

Det er gjennomført kvalitetssikring etter anbefalingene av instrumentenes produsent. Generelt er anbefalingene som følger:

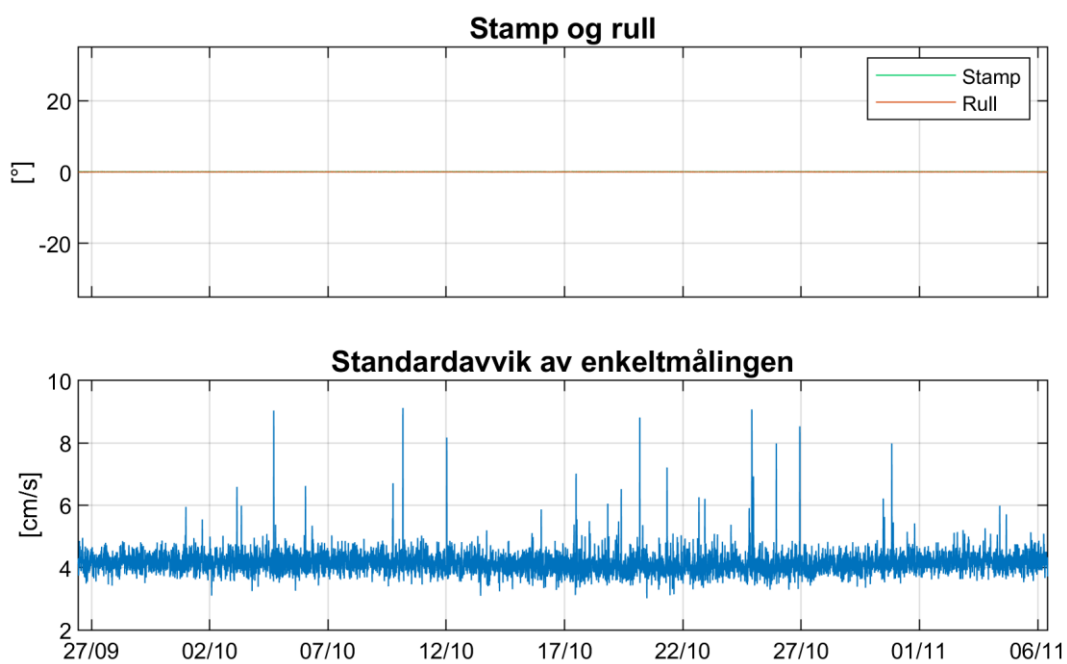
- Seaguard: stamp og rull mindre enn 35° og standardavvik av enkeltmålingen ca. 4 cm/s.
- Signature: stamp og rull mindre enn 30°, signalstyrke mer enn 7 counts over støygulvet.

Strømretningen er ikke korrigert for misvisning og alle retninger er referert mot magnetisk nord. Der instrumentprodusenten anbefaler det, er deviasjon tatt hensyn til gjennom kalibrering av kompasset før utsett. Tilfeller hvor disse kriteriene ikke blir møtt, må vurderes nøye. I tillegg til anbefalingene over ble målingene sjekket for uteliggere som også ble fjernet. Data som ble fjernet er beskrevet i Appendiks E. Figur 16 til Figur 15 viser noen av parameterne etter datarensing.

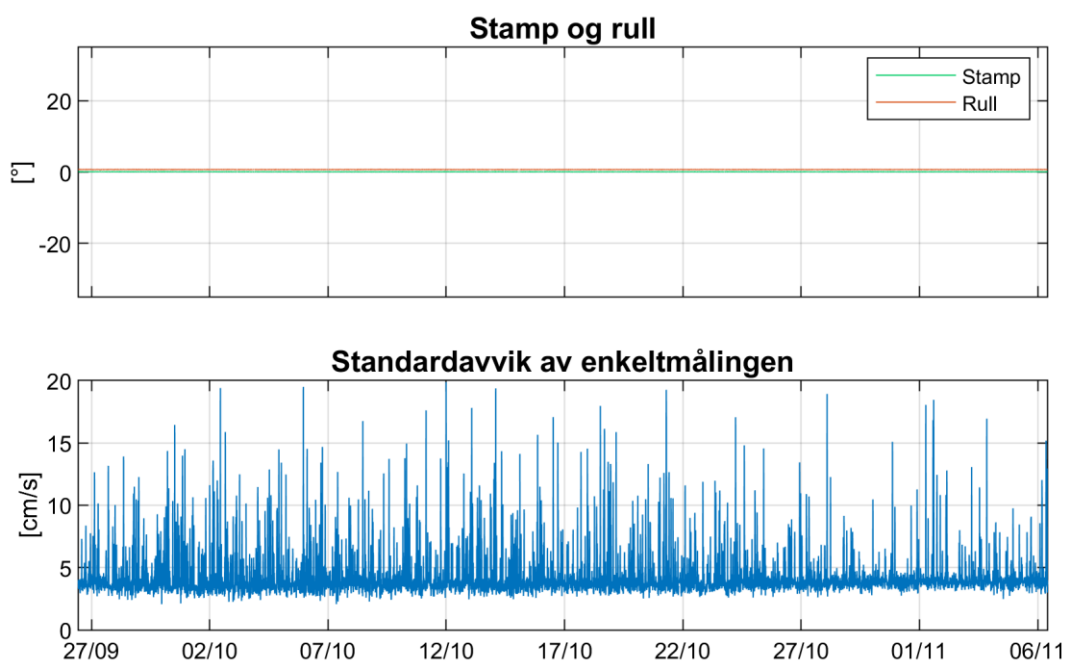
Strømdata rapportert som 5 m dybde er hentet fra cellen som strekker seg fra 5 m til 7 m dybde på grunn av likhet med målt strøm i dypene under. Cellen fra 3 m til 5 m er i større grad påvirket av støy fra overflaten. Strømdata rapportert som 15 m dybde er hentet fra cellen som strekker seg fra 13 m til 15 m dybde på grunn av likhet med målingene i dypene over og under.



Figur 15: Kvalitetssikring Signature500 20 m etter datarensing.



Figur 16: Kvalitetssikring Seaguard 99 m etter datarensing.



Figur 17: Kvalitetssikring Seaguard 149 m etter datarensing.

Appendiks B Terminologi

Tabell 9: Begrepsbeskrivelse.

Lavpassfiltrert	Et Gauss lavpassfilter med cut-off frekvens på 1/33 time har blitt benyttet for å fjerne svingningene skapt av tidevannet. Lavpassfilter er benyttet til fordel for bruk av reststrømmen som ble beregnet i Kapittel kap4. Dette er fordi reststrømproduktet fra tidevannsanalysen ikke alltid er fri for energi fra tidevannet.
Korrelasjonskoeffisient	Korrelasjonskoeffisienten ligger alltid mellom -1 og 1, der 0 betyr at det ikke er en sammenheng mellom de undersøkte tidsseriene. Korrelasjonskoeffisient på 1 betyr at det er en perfekt lineær sammenheng der begge variablene går opp og ned samtidig og -1 betyr at det er en perfekt lineær sammenheng der en variabel går opp når den andre går ned. Sterk korrelasjon (nært 1) betyr ikke at strømmen nødvendigvis skyldes vinden, men indikerer en mulig sammenheng.
Median	Median er den midterste målingen av måldata sortert etter størrelse. Median er mindre påvirket av enkelte ekstremverdier.
Middelverdi	Middelverdien er summen av alle målte hastigheter delt på antall målinger.
Neumanns parameter	Neumanns parameter er et mål for hvor stabil strømmetningen har vært. Den beregnes ut ifra for eksempel et progressivt vektor-diagram og er definert som forholdet mellom lengden av den rette linjen mellom start- og sluttpunkt og lengden av den totale banen. For Neumanns parameter under 0.7 er reststrømmen ikke representativ for store deler av strømmålingen i perioden. Neumanns parameter bør ses i sammenheng med vektormidlet strøm og gjennomsnittsstrømmen. Å bruke kun Neumanns parameter til å beskrive vannutskiftningen blir utilstrekkelig. Den har flere begrensninger. For eksempel blir den påvirket variasjoner i strømhastigheten og er avhengig av midlingstiden. På steder med sterk tidevannsstrøm kan Neumanns parameter være nært null uten at vannutskiftningen er redusert.
Progressiv vektordiagram	Et progressiv vektordiagram viser hvordan en tenkt vannpartikkel på en gitt dybde ville forflytte seg i måleperioden der startpunktet er i midten av diagrammet. Dette er kun en visualisering. I virkeligheten forlater vannpartikkelen målestedet og instrumentet måler forskjellige vannpartikler over hele perioden. Diagrammet gir imidlertid et inntrykk av hvor effektiv vannutskiftningen er. Dersom vannet hele tiden føres bort fra startstedet tyder det på at vannutskiftningen er bra. Dersom vannmassene driver fram og tilbake, kan utskiftningen være redusert.
Reststrøm	Reststrømmen er den vektorielle differansen mellom den målte strømmen og tidevannsanalysen. Vektoriell i denne sammenheng betyr at hvis det er målt 10 cm/s strøm mot nord og tidevannet på samme tid ville gitt en 5 cm/s strøm mot sør, så vil reststrømmen være 15 cm/s mot nord.
Tidevann	Tidevannet er en følge av tiltrekningskreftene mellom jord, måne og sol og de relative bevegelsene i jord-måne-solsystemet (Kartverket, 2014). Det finnes tidevannskomponenter med forskjellige perioder, som f.eks. halvdaglige (fra månen (M2) 12.42 timer og fra solen (S2) 12 timer), daglige (prinsipiell daglig månekomponent (O1) 25.82 timer) og komponenter med lengre perioder (spring -nippsyklus (MSF) 14.77 dager). Det er lokale forhold som avgjør hvilke komponenter som dominerer. Tidevannsanalysen forutsetter stasjonære forhold og uavhengige komponenter og har naturlige begrensninger på grunn av andre faktorer som påvirker strømmen og kan føre til ikke-stasjonære forhold (f.eks. vind, lufttrykk, elveavrenning). Tidevannsstrømmen som oscillerer fram og tilbake vil alltid ha 0 cm/s som vektormiddel.
Vannstand	Høyden av vannflaten på et bestemt sted på et gitt tidspunkt. For havet påvirkes vannstanden av tidevann og værrets virkning (vind, lufttrykk, med mer).
Vannutskiftning	Vannutskiftningen er definert som vannfluksen, som er mengden av vann som transporteres gjennom en kvadratmeters flate i løpet av måleperioden. Dette beregnes som strømhastighet ganger tiden den varer og oppgis i m^3/m^2 .
Vektormidlet strøm	Vektormidlet strøm er den vektormidlete strømmen over hele perioden. Den er i praksis alltid lavere enn gjennomsnittsstrømmen. Hvis strømmen har vært 10 cm/s mot nord i en periode, og så 10 cm/s mot sør i like lang periode, så vil den vektormidlete strømmen være 0 cm/s, mens gjennomsnittsstrømmen ville være 10 cm/s.

Appendiks C Operasjonell strøm og sektorvis statistikk

Tabell 10: Sektorvis strømstatistikk.

	Retning (mot)								Alle retninger
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
Dybde	Gjennomsnitt horisontal strøm [cm/s]								
6	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14	1	1	1	1	1	2	2	2	2
99	1	1	1	1	1	1	1	1	1
149	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dybde	95 prosentil [cm/s]								
6	5	4	8	6	5	4	4	5	5
14	4	3	3	4	3	4	5	4	4
99	3	3	3	3	3	2	3	3	3
149	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Dybde	Horisontal maksimalstrøm [cm/s]								
6	9	11	12	14	10	12	8	10	14
14	6	6	6	5	6	9	9	9	9
99	4	5	4	4	4	4	5	4	5
149	3	3	4	3	3	3	4	3	4
Dybde	Relativ vannutskiftning [%]								
6	13	15	18	15	12	9	10	9	100
14	10	7	9	10	10	19	23	12	100
99	12	13	16	13	10	10	12	13	100
149	11	13	20	13	9	9	13	12	100
Dybde	Antall målinger [%]								
6	13	15	14	14	13	10	10	10	100
14	11	9	11	11	11	17	19	11	100
99	12	13	15	13	10	11	13	13	100
149	11	13	18	13	10	10	13	12	100

Tabell 11: Operasjonell strøm – prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 5 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0 cm/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0-1 cm/s	3.3	3.3	2.6	2.9	3.4	2.6	2.6	3.3	24.0
1-5 cm/s	8.8	11.7	10.3	10.3	9.0	7.1	7.4	6.4	71.1
5-10 cm/s	0.7	0.3	1.3	0.7	0.6	0.3	0.2	0.3	4.4
10-20 cm/s	0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0	0.0	0.5
Sum	12.8	15.4	14.5	14.1	13.0	10.0	10.2	10.0	100.0

Tabell 12: Operasjonell strøm – prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 5 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s		0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0	0.0	0.5

Tabell 13: Operasjonell strøm – prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 15 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0 cm/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0-1 cm/s	4.3	4.3	4.3	4.4	4.3	4.9	5.2	3.9	35.7
1-5 cm/s	6.4	5.1	6.3	6.5	6.9	11.3	12.8	6.8	62.1
5-10 cm/s	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	0.9	0.4	2.2
Sum	10.9	9.4	10.7	10.9	11.3	16.6	19.0	11.1	100.0

Tabell 14: Operasjonell strøm – prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 15 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabell 15: Operasjonell strøm – prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 99 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0 cm/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0-1 cm/s	4.2	4.3	4.3	3.8	3.7	4.1	4.5	4.2	33.1
1-5 cm/s	8.2	8.7	10.9	8.9	6.7	6.5	8.2	8.8	66.9
5-10 cm/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Sum	12.4	13.0	15.2	12.7	10.4	10.5	12.7	13.0	100.0

Tabell 16: Operasjonell strøm – prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 99 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0

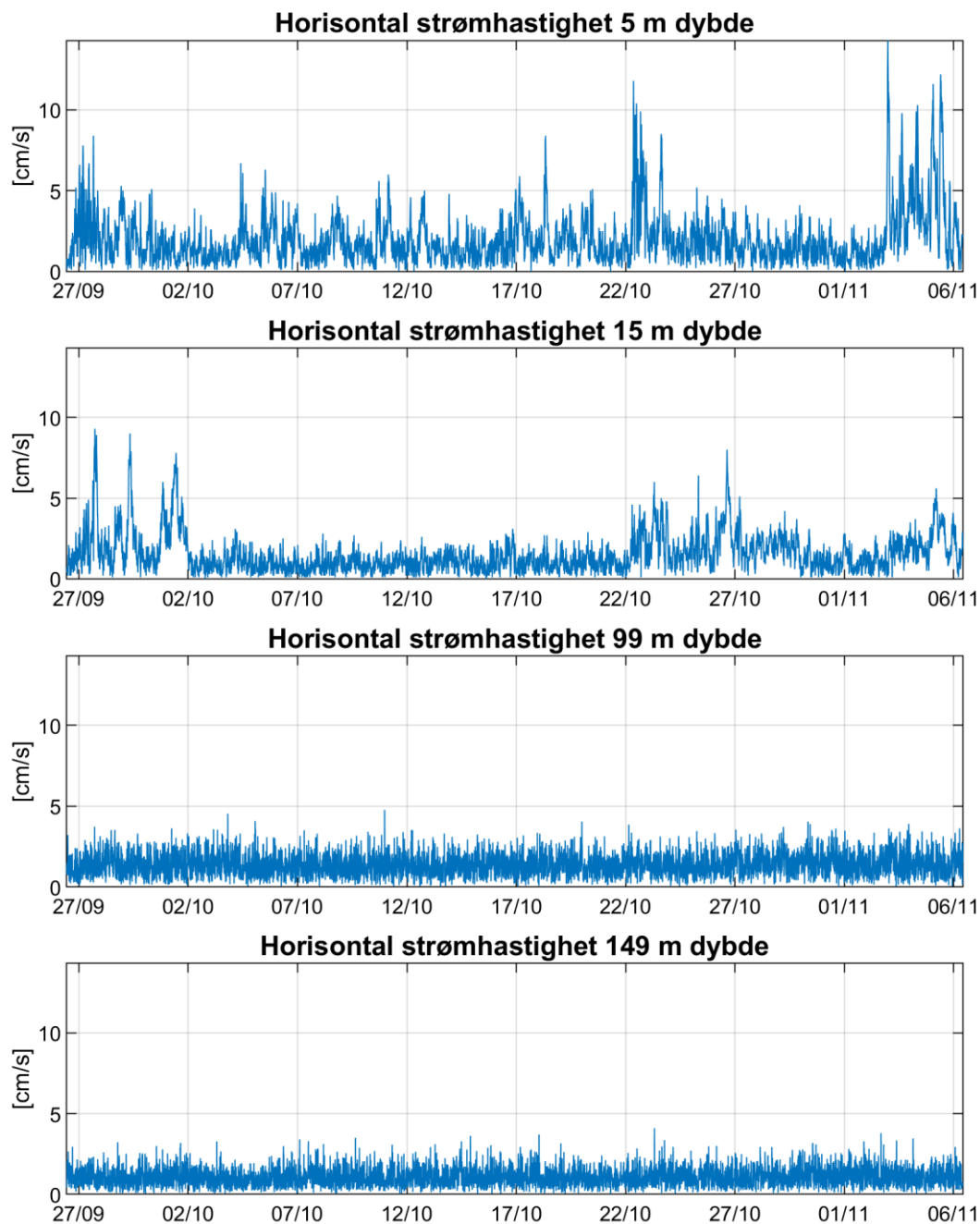
Tabell 17: Operasjonell strøm – prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 149 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0 cm/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0-1 cm/s	6.0	6.7	7.5	6.7	5.5	5.7	6.8	7.1	52.0
1-5 cm/s	5.5	6.2	10.3	6.2	4.2	4.1	6.1	5.3	48.0
5-10 cm/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Sum	11.5	12.9	17.9	12.9	9.8	9.8	12.9	12.4	100.0

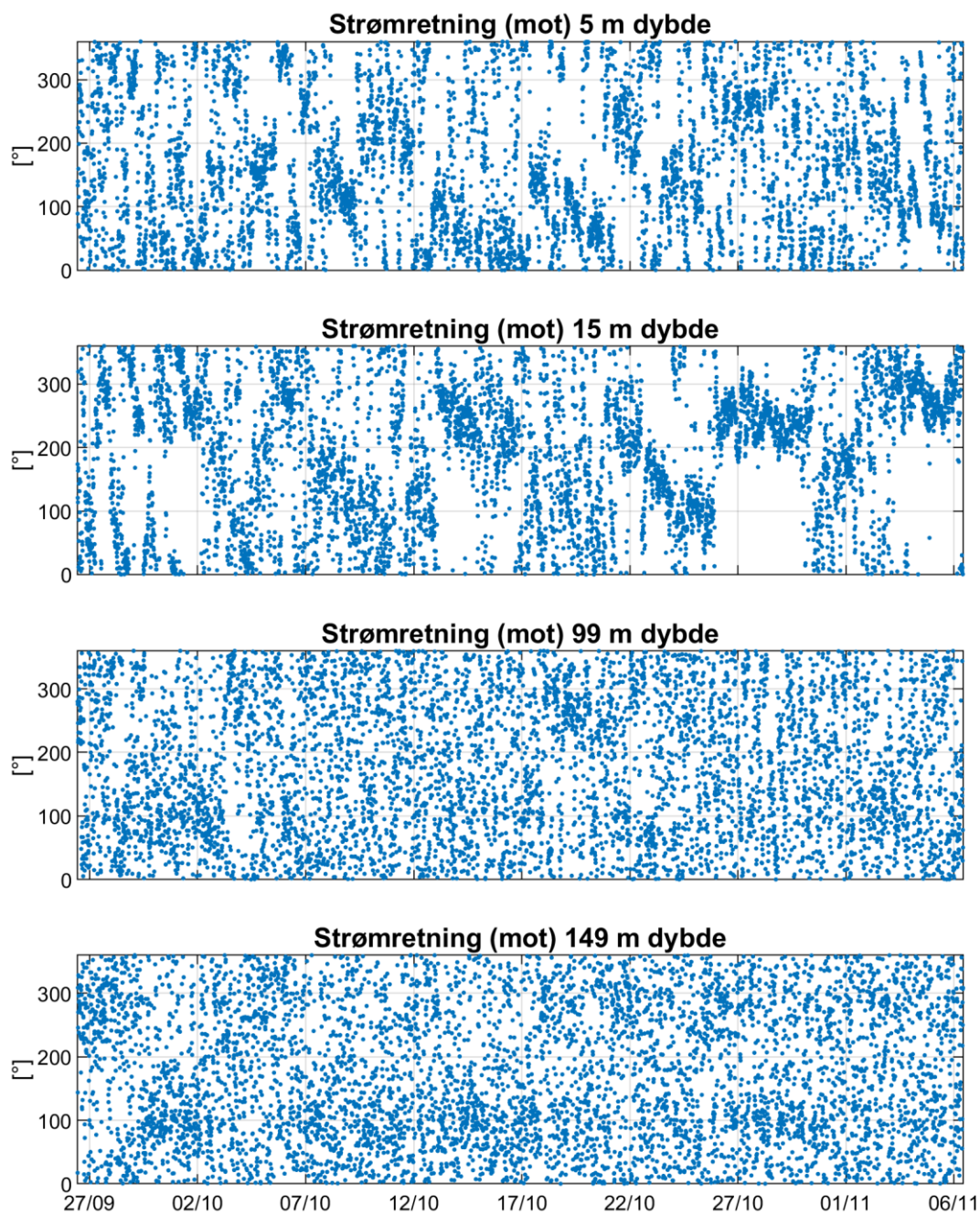
Tabell 18: Operasjonell strøm – prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 149 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0

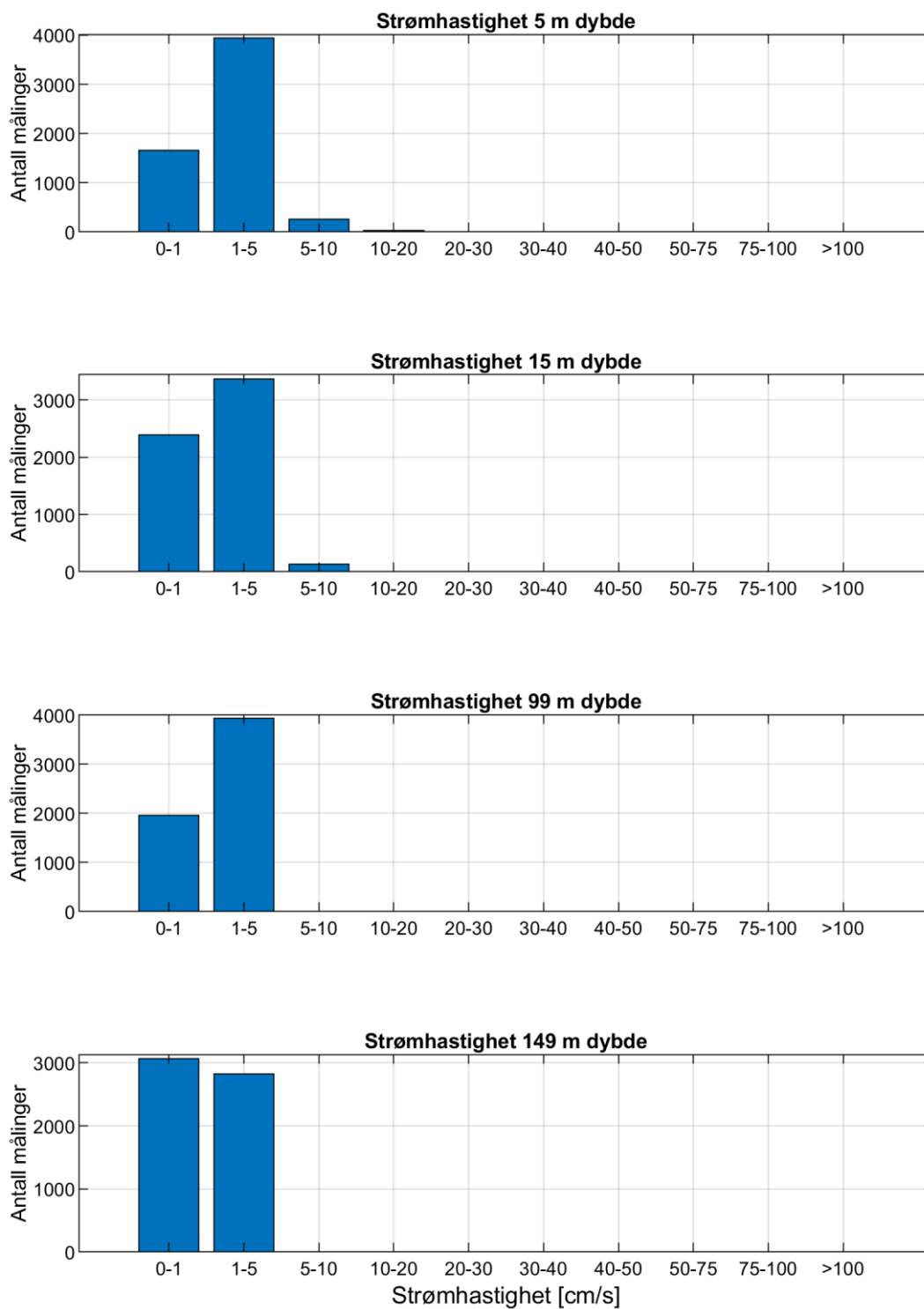
Appendiks D Tidsserier og fordelinger



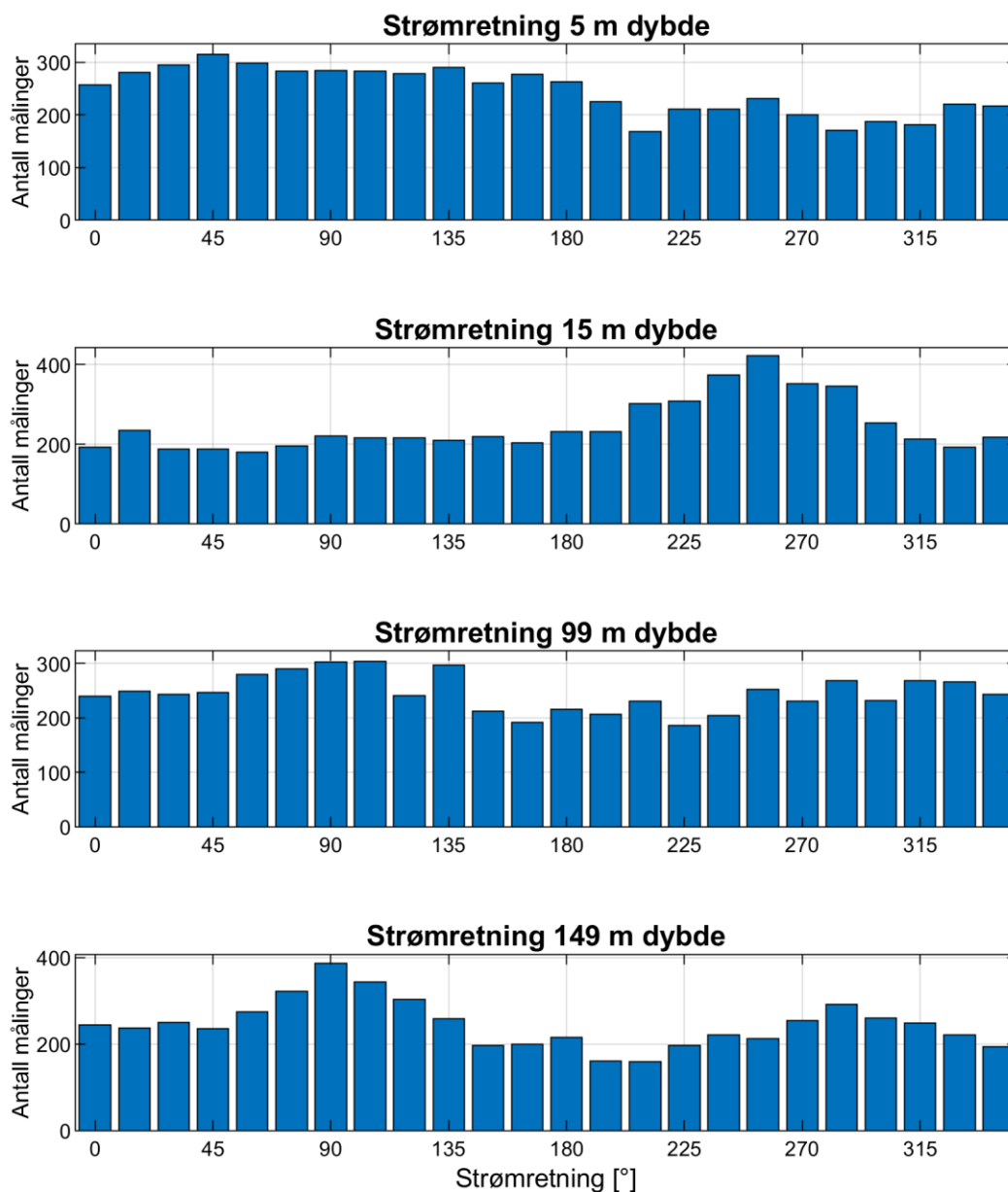
Figur 18: Tidsserier av horisontal strømshastighet.



Figur 19: Tidsserier av horisontal strømretning.



Figur 20: Histogram av horisontal strømhastighet.



Figur 21: Histogram av horisontal strømretning.

Appendiks E Fjernet data

Signature data:

Fjernet 30 punkter på grunn av Trykk utenfor [18.38, 21.00]:

26-Sep-2019 06:00:00 til 26-Sep-2019 10:20:00, 06-Nov-2019 12:10:00 til 06-Nov-2019 12:30:00

Antall NaN (hull) i intervallet: 0

Støygulvet er til instrumentet er satt til 25 counts.

Høyeste godkjente celle er valgt på grunnlag av visuell vurdering. Data med lav signalstyrke (under støygulvet + 7 counts) er også fjernet.

Høyeste godkjente celle er på 6.0 m dyp. Fjerner 5 celler over dette.

Korrelasjon limit er satt til 50.

Grensen for topper i signalstyrken er satt til 20 counts.

5 punkter er fjernet fra cellen ved 6.0 m dyp pga refleksjoner

5 punkter er fjernet fra cellen ved 8.0 m dyp pga refleksjoner

5 punkter er fjernet fra cellen ved 10.0 m dyp pga refleksjoner

6 punkter er fjernet fra cellen ved 12.0 m dyp pga refleksjoner

1 punkter er fjernet fra cellen ved 14.0 m dyp pga refleksjoner

16 punkter er fjernet fra cellen ved 16.0 m dyp pga refleksjoner

1 celler fjernet pga refleksjoner:

18.0 dyp

Fjernet punkter utenfor intervallet 26-Sep-2019 10:40:00 - 06-Nov-2019 10:00:00 for å bruke overlappende periode mellom de forskjellige instrumentene.

Seaguard 1 data:

Fjernet 41 punkter på grunn av MaxTilt utenfor [-1.72, 1.04]:

26-Sep-2019 06:09:59 til 26-Sep-2019 08:39:59, 06-Nov-2019 10:09:59 til 06-Nov-2019 14:10:00

Fjernet 42 punkter på grunn av Std utenfor [2.19, 10.01]:

26-Sep-2019 06:09:59 til 26-Sep-2019 08:10:00, 09-Oct-2019 02:19:59, 22-Oct-2019 01:39:59, 22-Oct-2019 22:00:00, 25-Oct-2019 10:30:00, 25-Oct-2019 20:10:00, 06-Nov-2019 10:30:00 til 06-Nov-2019 14:19:59

Fjernet 36 punkter på grunn av signalstyrke utenfor [-48.86, -38.53]:

26-Sep-2019 06:09:59 til 26-Sep-2019 08:10:00, 06-Nov-2019 10:39:59 til 06-Nov-2019 14:19:59

Fjernet 38 punkter på grunn av Salinitet utenfor [33.52, 35.94]:

26-Sep-2019 06:09:59 til 26-Sep-2019 08:19:59, 06-Nov-2019 10:30:00 til 06-Nov-2019 14:19:59

Fjernet 39 punkter på grunn av Temperatur utenfor [7.95, 9.06]:

26-Sep-2019 06:09:59 til 26-Sep-2019 08:19:59, 06-Nov-2019 10:20:00 til 06-Nov-2019 14:19:59

Antall NaN (hull) i intervallet: 5

Fjernet punkter utenfor intervallet 26-Sep-2019 10:40:00 - 06-Nov-2019 10:00:00 for å bruke overlappende periode mellom de forskjellige instrumentene.

Seaguard 2 data:

Fjernet 40 punkter på grunn av MaxTilt utenfor [0.12, 1.73]:

26-Sep-2019 06:09:59 til 26-Sep-2019 08:39:59, 06-Nov-2019 10:09:59 til 06-Nov-2019 10:20:00, 06-Nov-2019 10:39:59 til 06-Nov-2019 14:10:00

Fjernet 51 punkter på grunn av Std utenfor [1.80, 19.99]:

26-Sep-2019 06:09:59 til 26-Sep-2019 08:10:00, 03-Oct-2019 03:49:59, 03-Oct-2019 12:40:00, 03-Oct-2019 19:30:00, 03-Oct-2019 21:09:59, 05-Oct-2019 22:39:59, 07-Oct-2019 00:09:59, 13-Oct-2019 06:09:59, 13-Oct-2019 20:30:00, 14-Oct-2019 10:59:59, 15-Oct-2019 01:00:00, 15-Oct-2019 01:50:00, 15-Oct-2019 02:30:00, 16-Oct-2019 02:30:00, 18-Oct-2019 09:00:00, 21-Oct-2019 19:59:59, 23-Oct-2019 18:20:00, 06-Nov-2019 10:50:00 til 06-Nov-2019 14:19:59

Fjernet 35 punkter på grunn av Signalstyrke utenfor [-45.91, -26.85]:

26-Sep-2019 06:09:59 til 26-Sep-2019 08:10:00, 06-Nov-2019 10:50:00 til 06-Nov-2019 14:19:59

Fjernet 40 punkter på grunn av Dybde utenfor [144.12, 153.32]:

26-Sep-2019 06:09:59 til 26-Sep-2019 08:19:59, 06-Nov-2019 10:09:59 til 06-Nov-2019 14:19:59

Antall NaN (hull) i intervallet: 16

Fjernet punkter utenfor intervallet 26-Sep-2019 10:40:00 - 06-Nov-2019 10:00:00 for å bruke overlappende periode mellom de forskjellige instrumentene.

Appendiks F Instrumentspesifikasjoner

Tabell 19: Instrumentspesifikasjonene.

	Seaguard	Signature500
Horisontal nøyaktighet	± 0.15 cm/s, $\pm 1\%$	$\pm 0.3\%$ ± 0.3 cm/s
Vertikal nøyaktighet		
Enkeltving statistisk støy	± 0.3 cm/s	
Nøyaktighet retning	$\pm 5^\circ$ - 7.5°	$\pm 2^\circ$
Temperatur nøyaktighet	$\pm 0.03^\circ\text{C}$	$\pm 0.1^\circ$
Oksygen nøyaktighet	$< \pm 8\mu\text{m}$, $< \pm 5\%$	
Konduktivitet nøyaktighet	$\pm 0.005\text{S/m}$	

Appendiks G Kalibrering Seaguard RCM 730

Tabell 20: Test og spesifikasjoner.

Produkt	Dato
Seaguard RCM SW	23.02.2018
Main Assembly Seaguard 9340	23.02.2018
DCS 4420	23.02.2018
Conductivity Sensor 4319A	31.08.2015
Oxygen optode 4835	25.03.2011

Tabell 21: Kalibrering.

Produkt	Dato
Conductivity Sensor 4319A SN573	31.08.2015
Oxygen optode 4835	23.03.2011
O2 Sensing Foil PSt3	23.08.2010
DCS 4420	23.02.2018

Appendiks H Kalibrering Seaguard RCM 1590

Tabell 22: Test og spesifikasjoner

Produkt	Dato
Seaguard RCM IW	26.03.2015
Main Assembly Seaguard 9340	26.03.2015
DCS 4420	29.01.2015
Pressure Sensor 4117B	09.03.2015

Tabell 23: Kalibrering.

Produkt	Dato
Pressure Sensor 4117B	11.03.2015

Appendiks I Kalibrering Signature500 SIG101420

Tabell 24: Test og spesifikasjoner.

	Dato	Utført av
Service/test	08.05.2019	Nortek
Funksjonstest	26.09.2019	Multiconsult
Tilt	26.09.2019	Multiconsult
Temperatur	26.09.2019	Multiconsult
Kompass	26.09.2019	Multiconsult
Ping sjekk	26.09.2019	Multiconsult

Tabell 25: Kalibrering.

	Dato	Utført av
Kompasskalibrering	26.09.2019	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	06.11.2019	Multiconsult