
RAPPORT

Strømmålinger Tjeldsundet og Mågøysundet

Kystsaksnr: 2021/1787

OPPDRAGSGIVER

Kystverket

EMNE

Steinsvikflua utdypning

DATO / REVISJON: 24.11.2021 / 0

DOKUMENTKODE: 10219434-01-RIMT-RAP-005



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	Strømmålinger Tjeldsundet og Måggøysundet Kystsaksnummer: 2021/1787	DOKUMENTKODE	10219434-01-RIMT-RAP-005
EMNE	Steinsvikflua utdypning	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Kystverket	OPPDRAGSLEDER	Juni Vaardal-Lunde
KONTAKTPERSON	Bjørn Konopka	UTARBEIDET AV	Juni Vaardal-Lunde
KOORDINATER	68°33.462'N 16°19.762'Ø	ANSVARLIG ENHET	10235042 Tromsø Marint miljø og havbruk

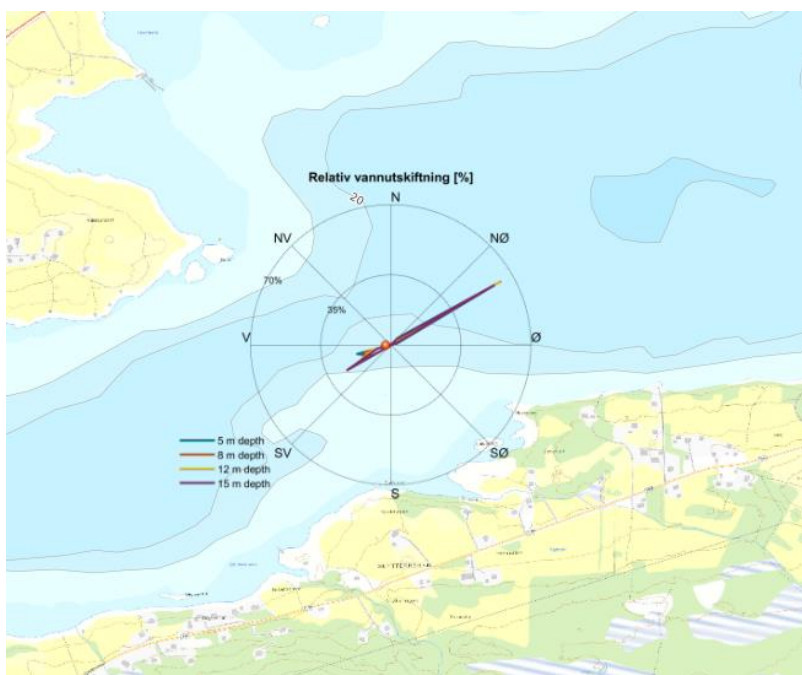
SAMMENDRAG

Det er utført strømmålinger ved Steinsvikflua, Tjeldsundet kommune, i forbindelse med planlagt utdypning. Strømmålingene ble utført over en periode på én måned fra 28.09.2021 til 01.11.2021. Det ble målt strøm fra 5 m til 15 m dybde.

Gjennomsnittsstrømmen ved Steinsvikflua var 78 cm/s ved 5 m dybde og 64 cm/s ved 15 m dybde, og avtagende mot bunn. Maksimalstrømmen er rettet mot nord og målt til 223 cm/s ved 5 m dybde.

Målingene viser at strømrretningen ved Steinsvikflua varierer mellom nordøst og sørvest i hele vannsøylen. Strømmens hovedretning, samt de kraftigste strømtoppene, er mot nordøst.

Strømmen ved Steinsvikflua er dominert av tidevannet. Både ved høyvann og lavvann er det registrert kraftige strømtopper. De kraftigste strømtoppene ser ut til å opptre rundt høyvann når strømmen har en retning mot nordøst. Strømmen skifter retning raskt omtrent tre timer etter høyvann og lavvann, og går mot nordøst når det flør og mot sørvest på fallende sjø.



00	24.11.2021	Strømrappport Steinsvikflua	MARTIA	JVL	MARTIA	JVL
REV.	DATO	BESKRIVELSE	MÅLING UTFØRT	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Metodebeskrivelse	6
3	Resultater	7
3.1	Strømdata	7
3.2	Vantransport	10
3.3	Tidevann og vindpåvirket strøm	11
3.3.1	Tidevannsanalyse og vannstand	11
3.3.2	Sammenheng mellom vind og strøm	13
3.4	Strøm - Todagersperiode	14
4	Referanser	16
Appendiks A	Måling og kvalitetssikring	17
Appendiks B	Terminologi	20
Appendiks C	Operasjonell strøm og sektorvis statistikk	21
Appendiks D	Tidsserier og fordelinger	30
Appendiks E	Fjernet data	34
Appendiks F	Instrumentspesifikasjoner	35
Appendiks G	Kalibrering Signature500 SIG101197	35

1 Innledning

I forbindelse med innsamling av supplerende data for å bedre beslutningsgrunnlaget i mudre- og dumpesøknaden til Statsforvalter i Troms og Finnmark er det utført strømmålinger i mudrings- og deponiområder ved Mågøya og i Tjeldsundet. Målet med strømmålingene er å få et mer solid grunnlag for å vurdere om det er fare for kritisk transport av finstoff fra planlagte tiltak til sårbare områder i nærheten. I tillegg er informasjon om strømmen viktig i forbindelse med planleggingen av gjennomføring av arbeidet da det er forventet kraftig strøm i enkelt av undersøkelsesområdene.

Det er utført strømundersøkelser ved Mågøysundet (utdypning), sør for Mågøya (deponi), Kobbesteinen (utdypning), Steinstigrunnen (utdypning), Hårvik (deponi) og Steinsvikflua (utdypning).

Denne rapporten tar for seg strømmålinger utført ved Steinsvikflua i forbindelse med utdypning, se Figur 1.



Figur 1: Oversiktskart over Steinsvikflua. Plassering av strømmåleren er merket med rødt punkt, utdypningsområdet er antydnet

2 Metodebeskrivelse

Det ble utført strømmålinger ved Steinsvikflua i perioden 28.09.2021 - 01.11.2021.

Tabell 1 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 17 m dyp. Målet er å kartlegge strømmen i hele vannsøylen og spesielt dybder hvor utdypningen skal utføres. Alle dybder er referert til gjennomsnittlig vannstand gjennom måleperioden.
- **Målingsutstyr:** Måleren ble forankret i bunnramme. Beskrivelse av riggen og instrumentet 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 33 dager.

Tabell 1: Generell informasjon om strømmålingen utført ved Steinsvikflua

Posisjon	68°33.462 N 16°19.762 Ø
Ca. dybde på målestedet	15 m
Måleperiode	28-Sep-2021 09:00:00 til 01-Nov-2021 10:40:00 (UTC)
Varighet	33 dager
Antall målinger	4907
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigert for misvisning)
Målertype - 17 m dybde	Doppler profilmåler (Signature500, Serienummer 101197), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 5 til 15 m dybde, cellestørrelse 1 m
Type måling - 17 m dybde	Måling i 180 sekunder, Broadband (Antall ping: 360)
Frekvens	Hvert 10. minutt

3 Resultater

3.1 Strømdata

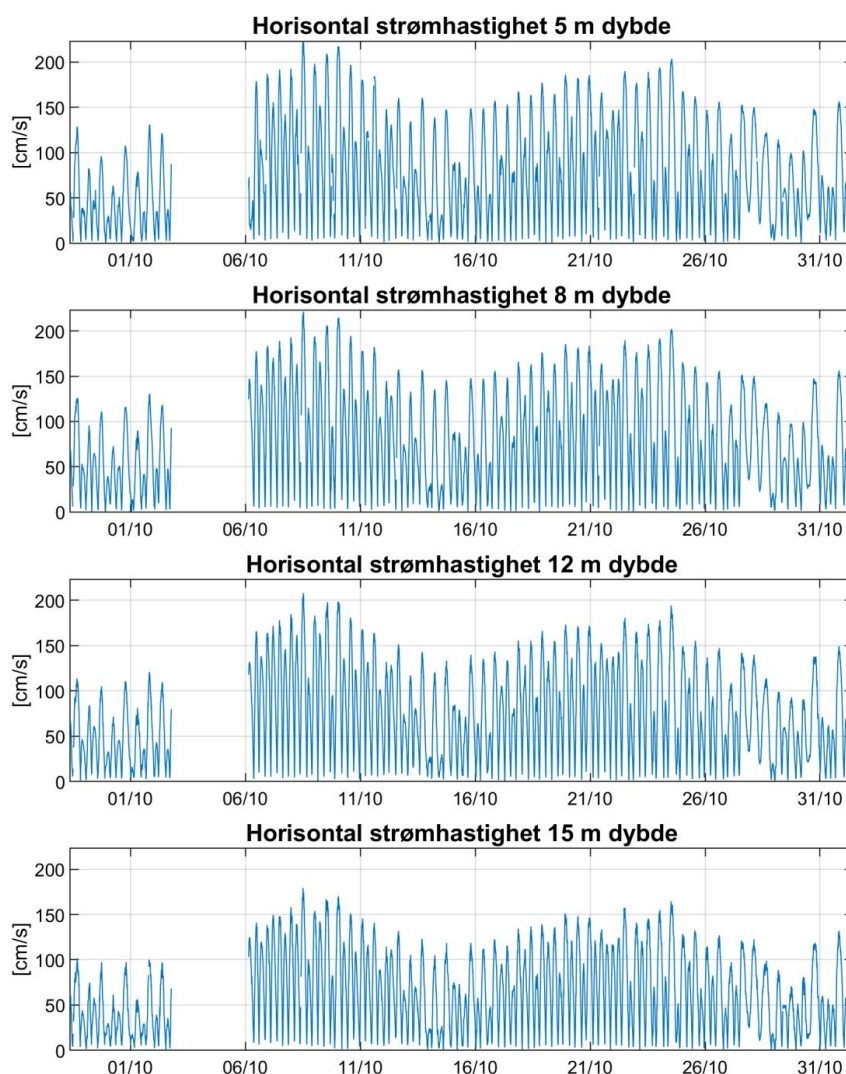
Tidsserien av målt strøm, samt strømrosen for valgte dybder er gitt i Figur 2 og Figur 3. Figur 4 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder. Figur 5 viser minimum, middel- og maksimalstrøm ved forskjellige dybder. Hovedresultater fra strømmålingene er oppsummert i Tabell 2. Operasjonell og sektorvis strømstatistikk, strømhastighet-retnings matrise og fordelinger er gitt i Appendiks C og Appendiks D.

Det ble målt strøm fra 5 m til 15 m dybde. Gjennomsnittsstrømmen ved Steinsvikflua var avtagende fra overflata mot bunn, 78 cm/s ved 5 m dybde og 64 cm/s ved 15 m dybde. Det er kraftig strøm i hele vannsøylen. Maksimalstrømmen er rettet mot nord og målt til 223 cm/s ved 5 m dybde.

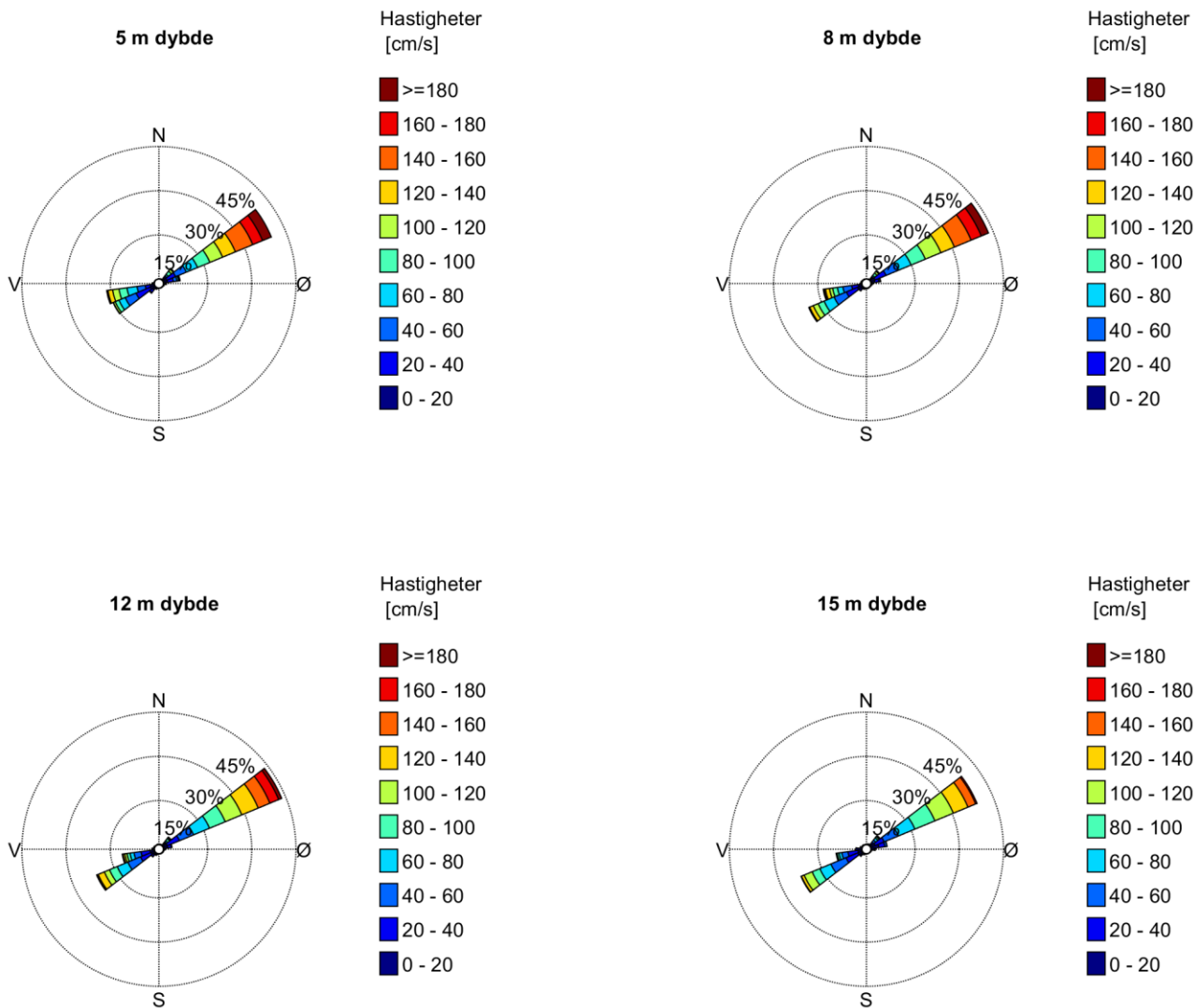
Målingene viser at strømrretningen ved Steinsvikflua varierer mellom nord-øst og sør-vest i hele vannsøylen. Strømmen er sterkest mot nordøstlig retning.

Mot slutten av måleperioden endrer strømbildet seg og tidevannssignalet, samt strømhastigheten reduseres noe.

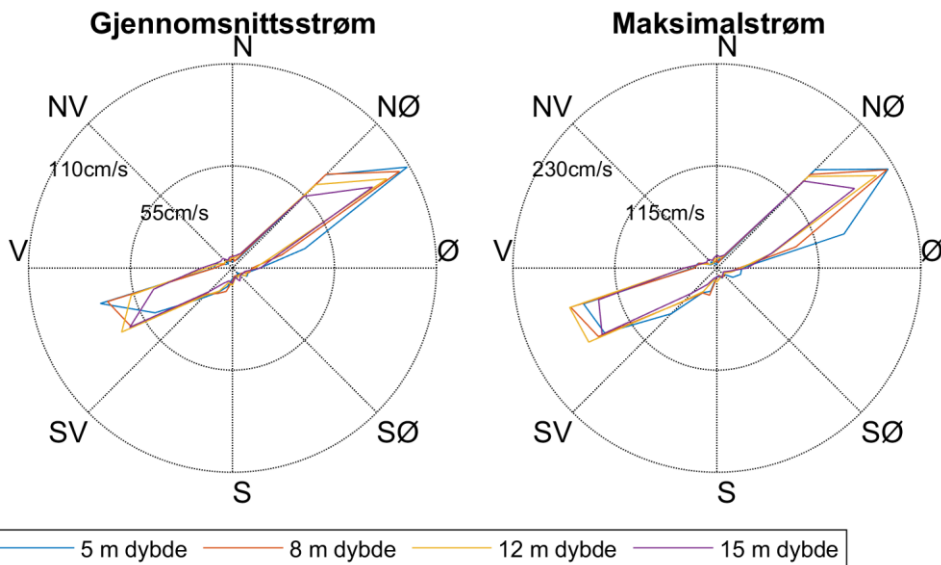
Strømdata mangler i perioden fra 2.10.2021 til 6.10.2021 grunnet bevegelser i riggen som medførte at instrumentet var snudd opp ned i denne periode.



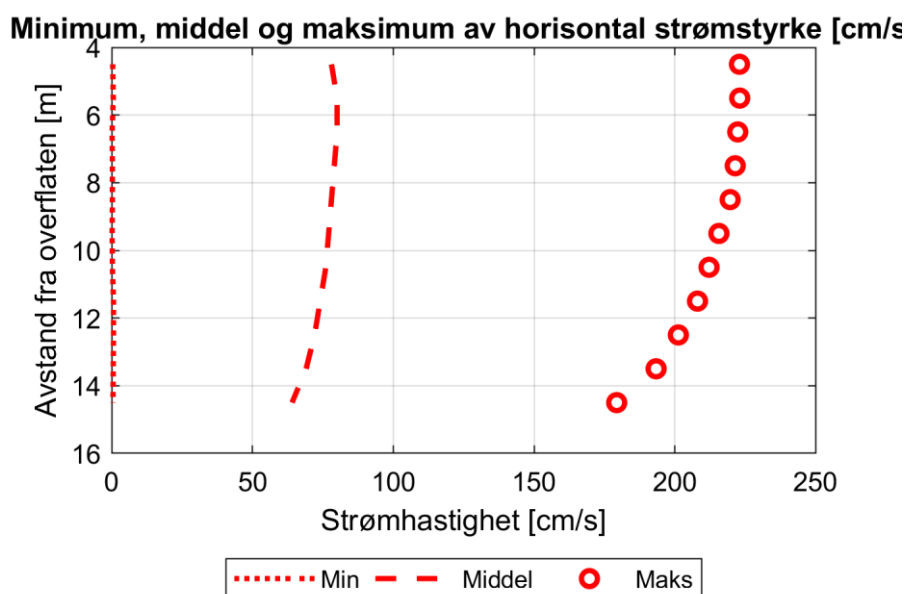
Figur 2: Tidsserier av horisontal strømhastighet



Figur 3: Rosediagram som viser fordelingen av retninger i kompasset og hastigheter i farge



Figur 4: Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger (15 graders sektorer) og dybder



Figur 5: Minimal, middel og maksimal horisontal strøm ved alle målte dybder

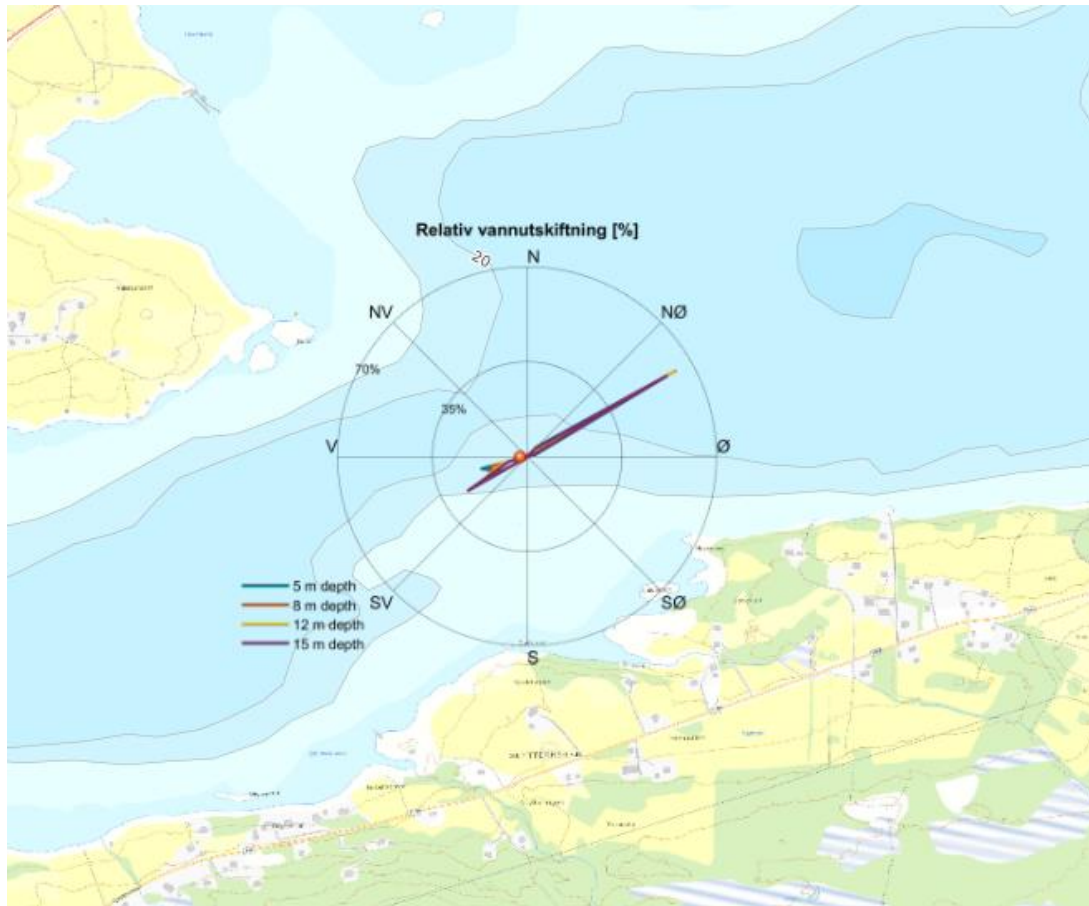
Tabell 2: Statistikk fra strømmålingene ved Steinsvikflua

Dybde	5 m dybde	8 m dybde	12 m dybde	15 m dybde
Gjennomsnittsstrøm [cm/s]	78	79	74	64
Median [cm/s]	70	72	68	58
Standardavvik [cm/s]	52	51	48	41
Maksimumstrøm [cm/s]	223	221	208	179
Retning maksimumstrøm [°]	59	60	61	65
95 prosentil [cm/s]	174	171	160	136
Andel målinger >30 cm/s [%]	70.2	71.5	69.8	65.9
Vannutskifting/Vanntransport				
Neumanns parameter	0.42	0.38	0.36	0.34
Vektormidlet strøm [cm/s]	33	30	26	21
Vektormidlet strømretning [°]	55	53	51	53
Nullmålinger				
Andel målinger < 1cm/s [%]	0.2	0.1	0.1	0.2
Lengste periode < 1cm/s [min]	10	10	10	10

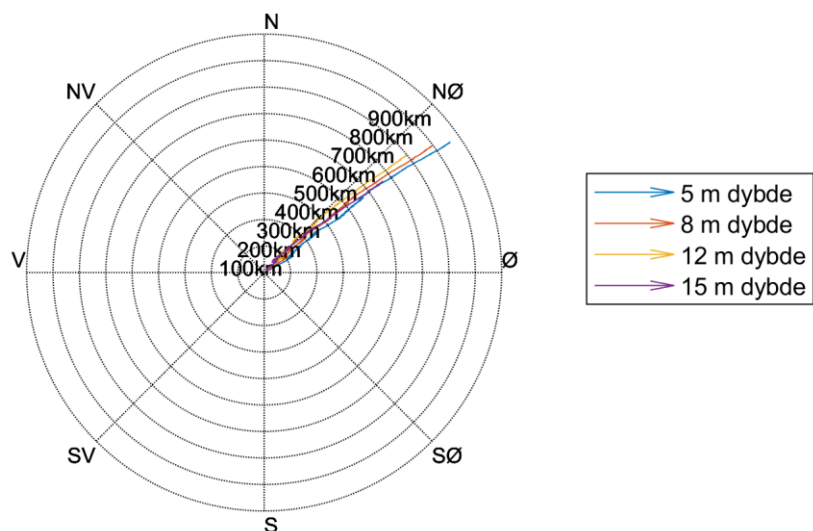
3.2 Vanntransport

Relativ vannutsiftning per retningssektor (15 graders sektorer) er gitt i Figur 6 og viser en hovedtransport mot nordøst. Et progressiv vektor-diagram er vist i Figur 7. For forklaring av vannutsiftning og progressiv vektor-diagram se Appendiks B.

Vannutsiftning og antall målinger per sektor er gitt i Appendiks C.



Figur 6: Relativ vannutsiftning per 15 graders sektor



Figur 7: Progressiv vektor-diagram, viser forflytningen av en tenkt vannpartikkel i løpet av måleperioden

3.3 Tidevann og vindpåvirket strøm

3.3.1 Tidevannsanalyse og vannstand

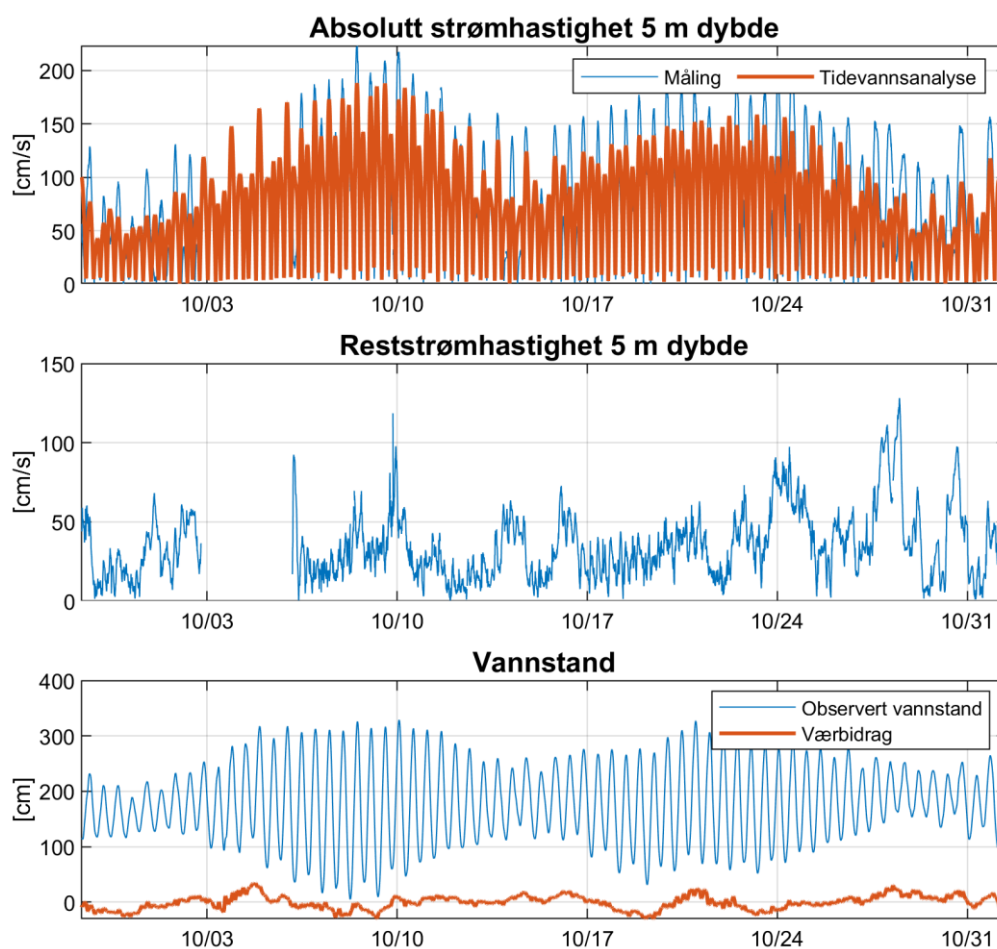
Det ble foretatt en tidevannsanalyse av den målte strømmen ved forskjellige dyp, som gir informasjon om tidevannets bidrag til strømbildet (Codiga, 2011). Tidevannet er en følge av tiltrekningskreftene mellom jord, måne og sol og de relative bevegelsene i jord-måne-solsystemet (Kartverket, 2014), se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

Resultatene fra tidevannsanalysen er gitt i Figur 8 og Figur 9.

Figur 8 viser tidsserien av strømmen ved 5 m dybde med beregnet tidevann fra tidevannsanalysen, reststrøm og vannstand fra sehavniva.no.

Tidevannsanalysen av strømmålingene viser at tidevannet forklarer 93 % av variansen i datasettet ved 5 m dybde. Maksimal beregnet tidevannsstrøm ved 5 m dybde er 188 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 60 cm/s (signifikan maksimum), men har en maksimalverdi på 128 cm/s.

Både ved høyvann og lavvann er det registrert kraftig strøm ved Steinsvikflua. De kraftigste strømtoppene ser ut til å opptre rundt høyvann når strømmen har en retning mot nordøst. Strømmen skifter retning raskt omtrent midt mellom høyvann og lavvann. Strømmen går mot nordøst når det flør og mot sørvest på fallende sjø. Se Kapittel 3.4 for flere figurer.

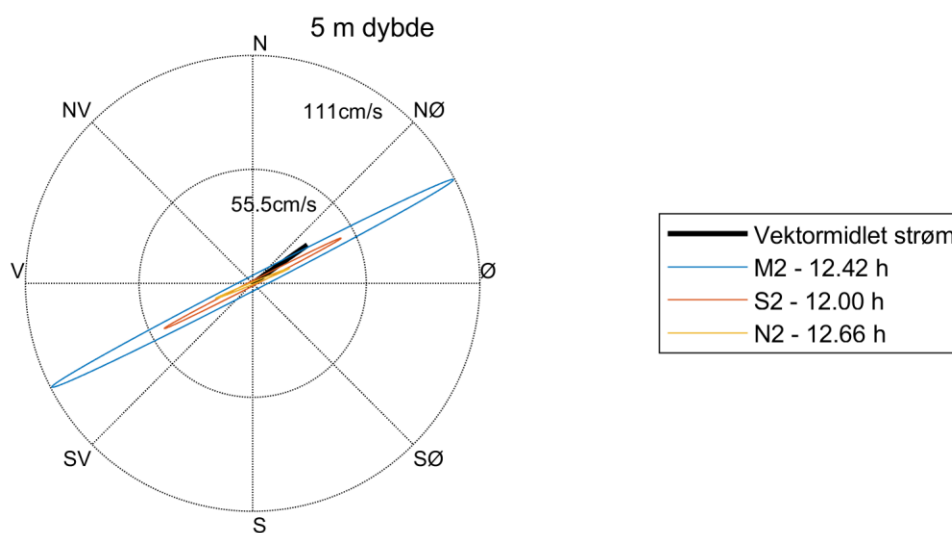


Figur 8: Horisontal strømshastighet, 5 m dybde, med tidevannsanalyse (vannstand fra Narvik, tidsforskjell: 5, høydekorreksjonsfaktor: 0.91 (sehavniva.no))

Tidevannsstrømmer følger en ellipse, dvs. at strømretningen roterer og strømhastigheten når maksimumsverdien og minimumsverdien to ganger i løpet av tidevannsperioden. Figur 9 viser tidevanssellipsene for de sterkeste tidevannskomponentene til strømmen ved 5 m dybde. Hovedperiodene i tidevannssignalet ved 5 m dybde er 12.42 timer, 12.00 timer og 12.66 timer. Det er tidevannet fra månen M2 (to perioder per døgn) som er mest framtrepende, og figuren viser at tidevannsstrømmen svinger mellom nordøstlig og sørvestlig retning.

Vektormidlet strøm er vist som en svart strek i Figur 9. Den vektormidlete strømmen viser at netto vantransport er mot nordøst ved Steinsvikflua.

Resultatene viser at strømmen ved Steinsvikflua i all hovedsak domineres av tidevannet.



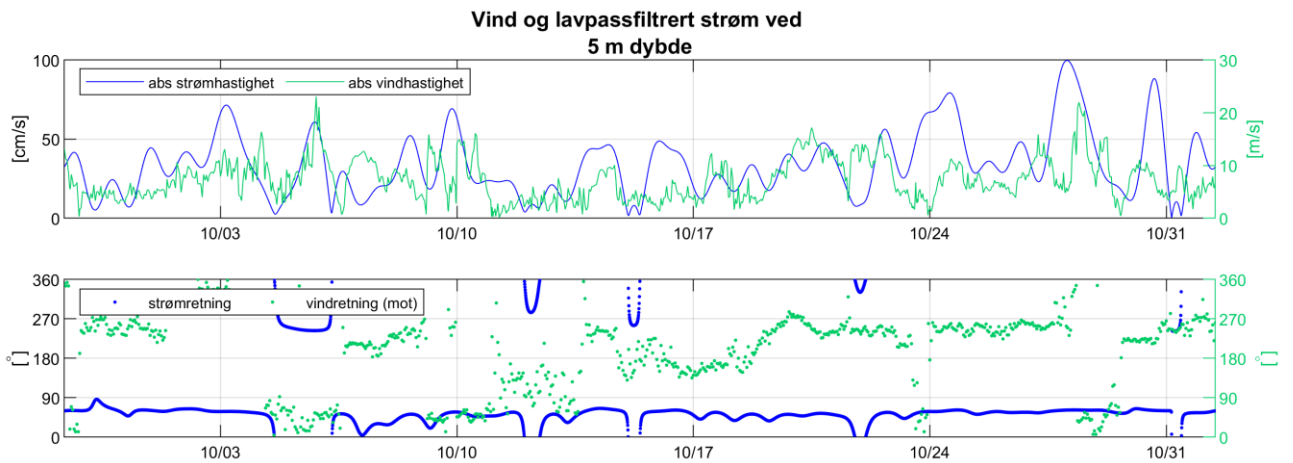
Figur 9: Tidevanssellipsene av strømmen ved 5 m dybde. M2, S2 og N2 refererer til tidevannskomponentene. Middelstrømmen er vektorbasert

3.3.2 Sammenheng mellom vind og strøm

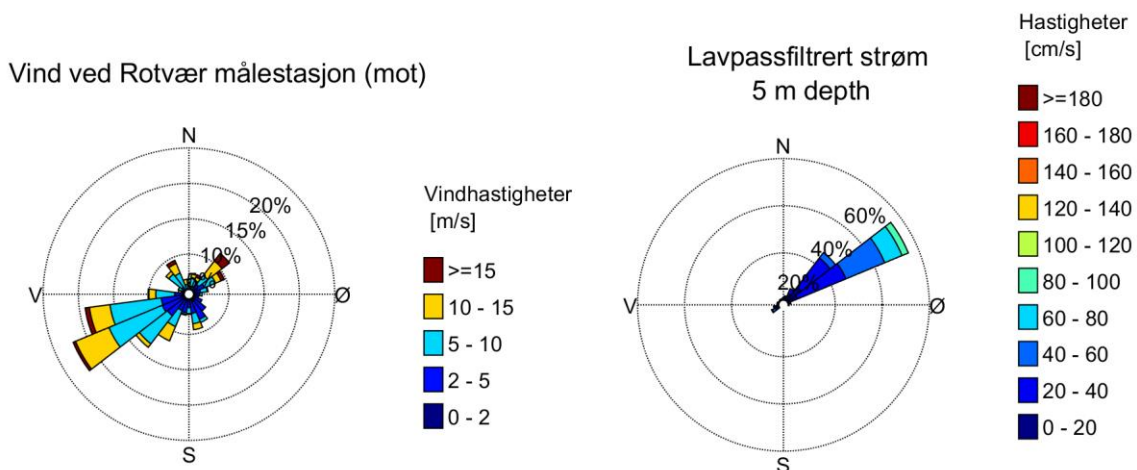
Sammenhengen mellom vind og strøm er også undersøkt. Det ble brukt vindmålinger fra Rotvær målestasjon (Frost) som ligger 25 km sørvest for Steinsvikflua og anses som mest representativ for lokaliteten. Verdiene er 10 minutters middelværddier 10 meter over bakken. For å lettere kunne sammenligne strøm med vind, er strømmen lavpassfiltrert (se forklaring i Appendiks B).

Figur 10 viser vindhastighet og vindretning, samt hastighet og retning på lavpassfiltrert strøm ved 5 m dybde. Figur 11 viser fordeling av retninger og styrke av både vind og lavpassfiltrert strøm ved 5 m dybde.

Strømmen ved Steinsvikflua er tidevannsstyrt, men det ser likevel ut til at vind fra sørlig retning kan bidra til økt strømhastighet ved Steinsvikflua.



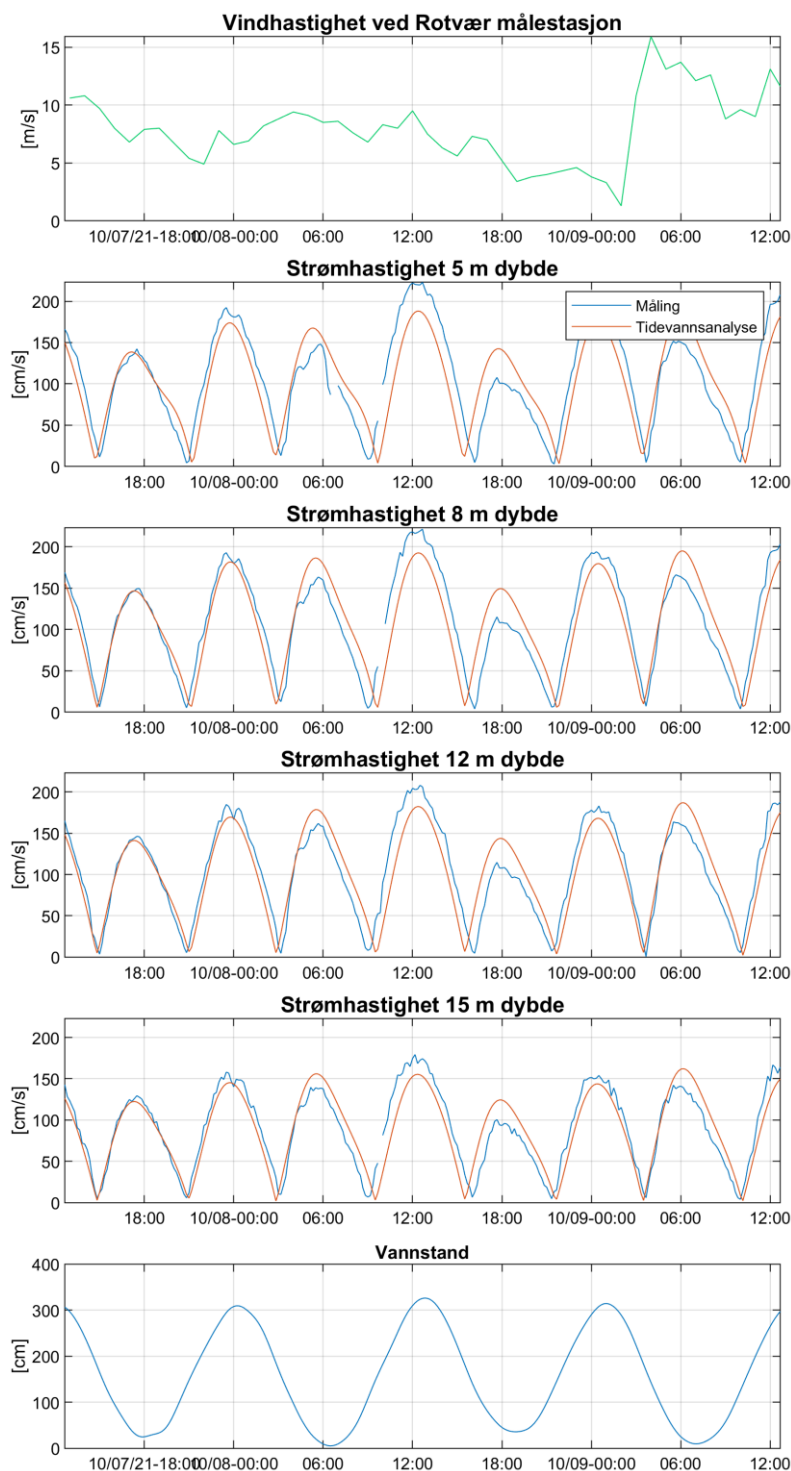
Figur 10: Vindretning og vindhastighet (grønn), samt retning og hastighet på lavpassfiltrert strøm (blå) ved 5 m dybde



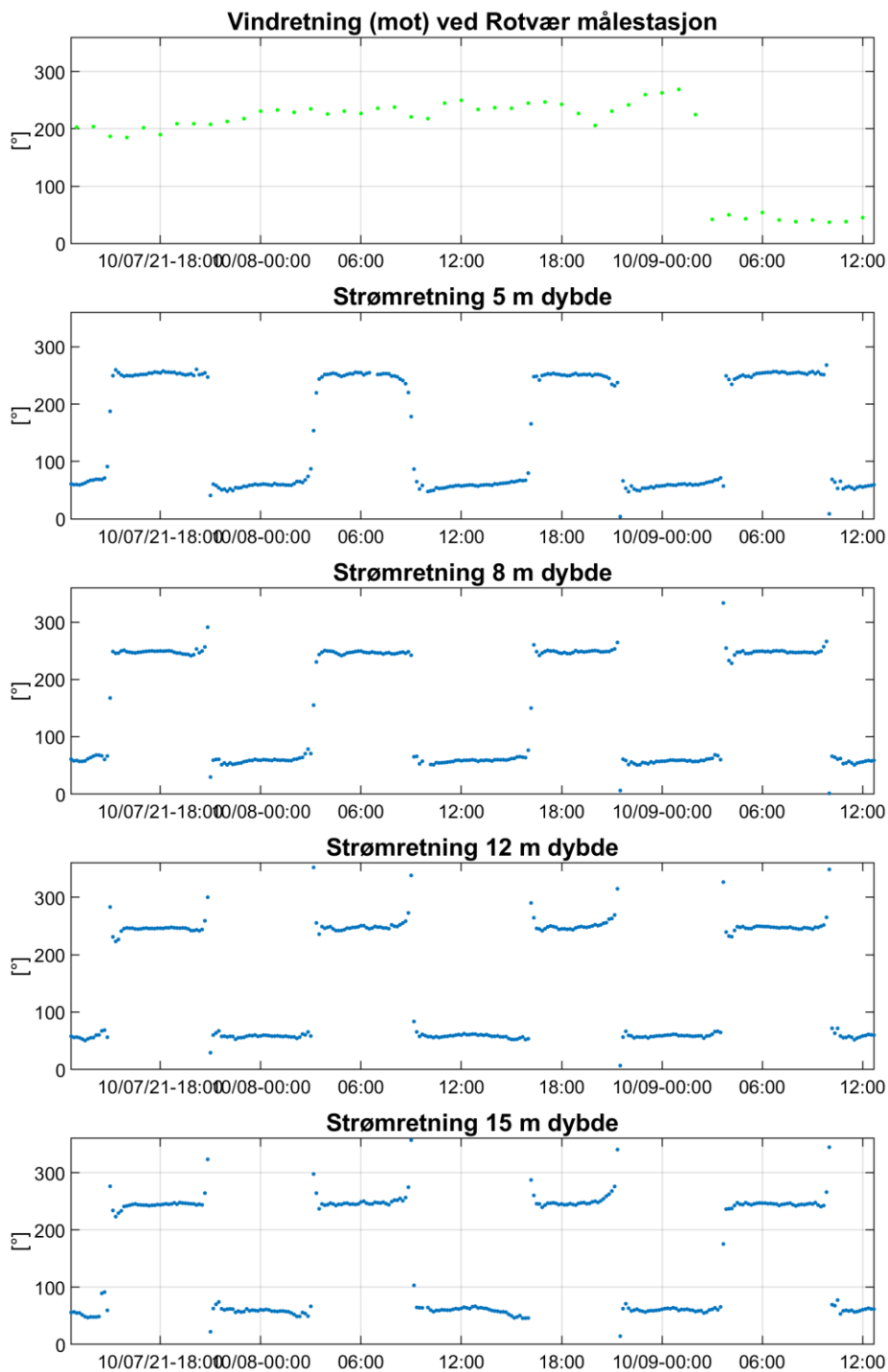
Figur 11: Vind og reststrøm ved 5 m dybde (retninger mot)

3.4 Strøm - Todagersperiode

Figur 12 og Figur 13 viser vind, strøm og vannstand i todagersperioden rundt maksimalstrømmen ved 5 m dyp, 07.10.2021 - 09.10.2021. Både ved høyvann og lavvann er det registrert kraftig strøm ved Steinsvikflua. De kraftigste strømtoppene ser ut til å opptre rundt høyvann når strømmen har en retning mot nordøst. Strømmen skifter retning raskt omtrent midt mellom høyvann og lavvann. Strømmen går mot nordøst når det flør og mot sørvest på fallende sjø.



Figur 12: Vind og strøm og vannstand i todagersperioden 07.10.2021-09.10.2021 (UTC)



Figur 13: Vind og strøm og vannstand i todagersperioden 07.10.2021-09.10.2021 (UTC)

4 Referanser

Nortek, 2017: "Nortek Manuals, Signature Operations"

Codiga, D.L., 2011. Unified Tidal Analysis and Prediction Using the UTide Matlab Functions. Technical Report 2011-01. Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island, Narragansett, RI. 59pp.

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

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

Appendiks A Måling og kvalitetssikring

Strømmen ble målt med en akustisk doppler profilmåler Signature500 (Nortek, 2015) i bunnramme.

Målingene er basert på dopplereffekten. Instrumentet sender ut en akustisk puls (et kort lydsignal) med en bestemt frekvens og måler frekvensen av innkommende refleksjoner. Refleksjonene 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. Signaure500 sender ut pulser i fire stråler i forskjellige retninger for å kunne rekonstruere den horisontale og vertikale strømhastigheten i flere dyp. Målerne ble forankret som vist i Figur 14 og Figur 15.



Figur 14: Skisse av riggen ved Steinsvikflua

Det er gjennomført kvalitetssikring etter anbefalingene av instrumentenes produsent. Generelt er anbefalingene som følger for en Signatur500:

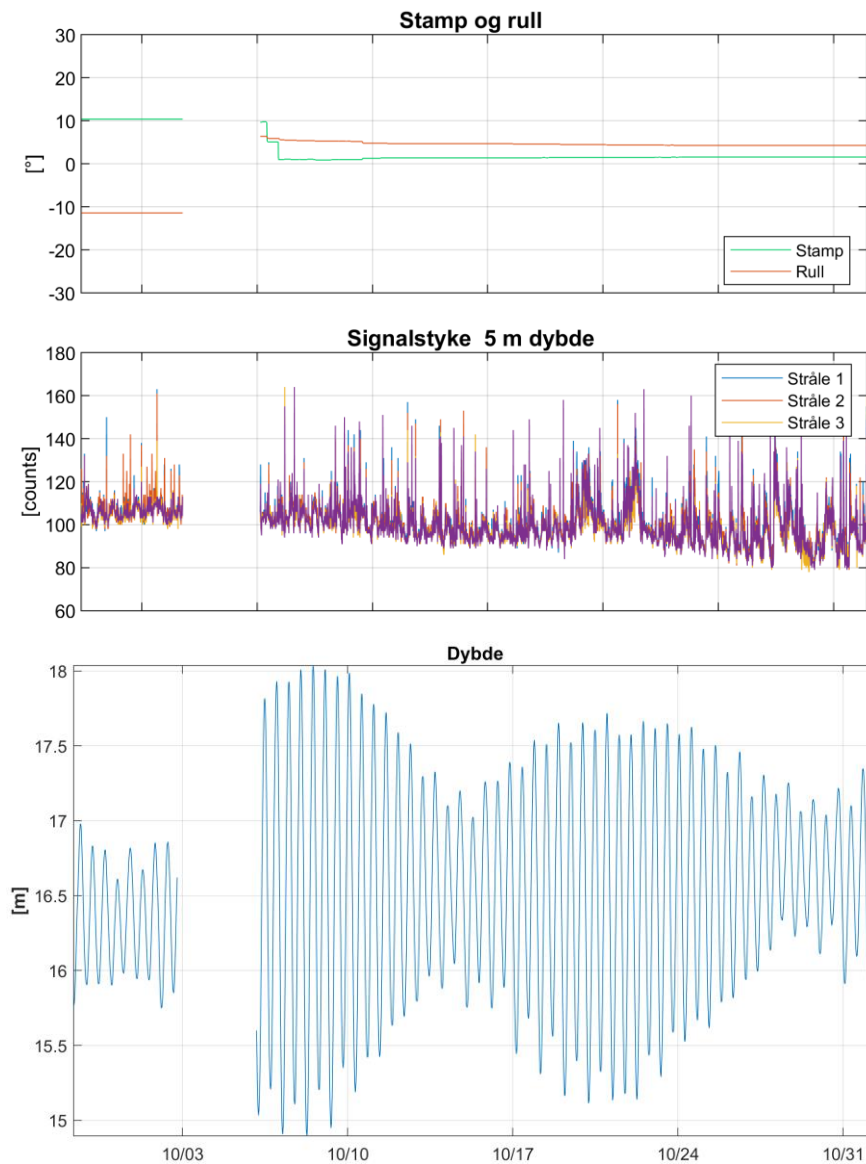
- stamp og rull mindre enn 30°,
- signalstyrke mer enn 7 counts over støygulvet (59)

Tilfeller hvor disse kriteriene ikke blir møtt, har blitt vurdert nøye. I tillegg til anbefalingene over ble målingene sjekket for uteliggere som også ble fjernet. Data som ble fjernet er beskrevet i Appendiks E. Strømretningen er ikke korrigeret for misvisning og alle retninger er referert mot magnetisk nord. Deviasjon har blitt tatt hensyn til gjennom kalibrering av kompasset før utsett. Figur 16 viser noen av parameterne etter datarensing.

Det mangler strømdata i perioden fra 2.10.2021 til 6.10.2021. Riggen har i denne perioden rulle rundt og instrumentet er antatt å ha målt ned mot bunnen. Etter 4 dager snudde riggen seg tilbake og sto dermed riktig orientert igjen. Data før og etter denne hendelsen er av god kvalitet.



Figur 15: Bilde av strømriggeren ved Steinsvikflua (fra SJ Dykk)



Figur 16: Kvalitetssikring Signature500 ved 17 m etter datarensing

Appendiks B Terminologi

Tabell 3: 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 måledata 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 strømrretningen 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 slutt punkt 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. Vektorieell i denne sammenhengen 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 - nippesyklus (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 4: 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]								
5	4	104	35	6	8	44	70	4	78
8	5	101	24	5	9	58	66	5	79
12	5	93	19	6	8	64	52	5	74
15	7	83	22	6	7	60	37	7	64
Dybde	95 prosentil [cm/s]								
5	9	184	95	16	21	97	131	9	174
8	9	182	59	12	21	129	142	11	171
12	11	170	39	11	14	132	127	8	160
15	13	146	46	11	12	120	94	13	136
Dybde	Horisontal maksimalstrøm [cm/s]								
5	10	223	148	21	27	146	156	10	223
8	10	221	92	12	32	154	171	11	221
12	12	208	65	11	16	167	172	9	208
15	14	179	64	12	12	149	138	14	179
Dybde	Relativ vannutskiftning [%]								
5	0	67	4	0	0	12	18	0	100
8	0	67	1	0	0	18	13	0	100
12	0	66	1	0	0	23	10	0	100
15	0	64	3	0	0	26	8	0	100
Dybde	Antall målinger [%]								
5	0	50	8	1	1	21	19	0	100
8	0	53	5	0	1	24	16	0	100
12	1	53	4	1	1	27	14	1	100
15	1	49	8	0	1	27	13	1	100

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

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1-5 cm/s	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.3	2.5
5-10 cm/s	0.0	0.8	0.8	0.1	0.2	0.9	0.7	0.1	3.6
10-20 cm/s	0.0	1.6	1.8	0.1	0.1	2.5	1.4		7.4
20-30 cm/s		1.7	1.6	0.0	0.0	3.8	0.9		8.0
30-40 cm/s		2.5	1.0			3.5	1.1		8.1
40-50 cm/s		2.2	0.8			2.6	1.3		6.9
50-60 cm/s		2.8	0.6			2.0	1.9		7.3
60-70 cm/s		2.6	0.4			1.5	1.8		6.2
70-80 cm/s		2.8	0.3			1.1	2.0		6.1
80-90 cm/s		3.0	0.1			0.9	1.5		5.5
90-100 cm/s		3.5	0.2			0.7	1.6		6.0
100-110 cm/s		3.0	0.0			0.4	1.2		4.6
110-120 cm/s		3.1	0.1			0.3	1.3		4.8
120-130 cm/s		2.8	0.1			0.1	1.2		4.1
130-140 cm/s		2.8	0.0			0.0	0.6		3.5
140-150 cm/s		4.3	0.0			0.0	0.4		4.7
150-160 cm/s		2.9					0.1		3.0
160-170 cm/s		2.1							2.1
170-180 cm/s		1.9							1.9
180-190 cm/s		1.8							1.8
190-200 cm/s		0.8							0.8
200-210 cm/s		0.5							0.5
210-220 cm/s		0.3							0.3
220-230 cm/s		0.1							0.1
Sum	0.4	50.2	8.0	0.5	0.6	20.6	19.3	0.4	100.0

Tabell 6: 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	0.0	49.0	7.0	0.1	0.2	19.4	18.1		93.8
>20 cm/s		47.5	5.2	0.0	0.0	16.9	16.8		86.3
>30 cm/s		45.8	3.6			13.1	15.8		78.3
>40 cm/s		43.3	2.6			9.6	14.7		70.3
>50 cm/s		41.1	1.8			7.0	13.5		63.4
>60 cm/s		38.3	1.2			5.0	11.6		56.1
>70 cm/s		35.8	0.9			3.5	9.8		49.9
>80 cm/s		33.0	0.6			2.4	7.7		43.8
>90 cm/s		30.0	0.5			1.5	6.3		38.3
>100 cm/s		26.5	0.3			0.8	4.7		32.3
>110 cm/s		23.5	0.3			0.4	3.5		27.7
>120 cm/s		20.3	0.1			0.1	2.3		22.9
>130 cm/s		17.6	0.0			0.0	1.1		18.8
>140 cm/s		14.8	0.0			0.0	0.5		15.3
>150 cm/s		10.5					0.1		10.6
>160 cm/s		7.6							7.6
>170 cm/s		5.5							5.5
>180 cm/s		3.6							3.6
>190 cm/s		1.8							1.8
>200 cm/s		0.9							0.9
>210 cm/s		0.4							0.4
>220 cm/s		0.1							0.1

Tabell 7: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 8 m dybde

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1-5 cm/s	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.4	0.3	1.8
5-10 cm/s	0.1	0.7	0.7	0.1	0.4	0.8	0.6	0.1	3.6
10-20 cm/s		1.8	1.5	0.1	0.3	2.4	1.3	0.0	7.5
20-30 cm/s		2.3	0.9		0.0	3.1	1.2		7.5
30-40 cm/s		2.7	0.6		0.0	2.6	1.4		7.3
40-50 cm/s		2.6	0.4			2.6	1.7		7.3
50-60 cm/s		2.9	0.1			2.4	1.6		7.1
60-70 cm/s		3.1	0.2			2.1	1.0		6.4
70-80 cm/s		2.7	0.0			2.0	1.0		5.8
80-90 cm/s		3.6	0.0			1.2	1.1		5.9
90-100 cm/s		3.4	0.0			1.2	0.7		5.3
100-110 cm/s		3.6				1.2	0.6		5.5
110-120 cm/s		3.6				0.8	0.6		4.9
120-130 cm/s		2.9				0.7	0.9		4.5
130-140 cm/s		2.9				0.7	0.7		4.4
140-150 cm/s		3.9				0.3	0.4		4.6
150-160 cm/s		3.0				0.1	0.1		3.2
160-170 cm/s		1.9					0.3		2.2
170-180 cm/s		2.2					0.0		2.3
180-190 cm/s		1.4							1.4
190-200 cm/s		0.7							0.7
200-210 cm/s		0.5							0.5
210-220 cm/s		0.2							0.2
220-230 cm/s		0.0							0.0
Sum	0.2	52.9	4.8	0.5	0.9	24.4	15.7	0.5	100.0

Tabell 8: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 8 m dybde

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s		51.9	3.9	0.1	0.4	23.4	14.7	0.0	94.4
>20 cm/s		50.1	2.3		0.0	21.1	13.5		87.0
>30 cm/s		47.8	1.4		0.0	18.0	12.2		79.4
>40 cm/s		45.1	0.8			15.4	10.8		72.1
>50 cm/s		42.6	0.4			12.8	9.1		64.8
>60 cm/s		39.7	0.2			10.4	7.5		57.7
>70 cm/s		36.6	0.1			8.3	6.4		51.4
>80 cm/s		34.0	0.0			6.3	5.4		45.6
>90 cm/s		30.4	0.0			5.1	4.3		39.8
>100 cm/s		27.0				3.9	3.6		34.5
>110 cm/s		23.4				2.7	3.0		29.0
>120 cm/s		19.8				1.9	2.4		24.1
>130 cm/s		16.9				1.1	1.5		19.5
>140 cm/s		14.0				0.4	0.8		15.2
>150 cm/s		10.1				0.1	0.4		10.6
>160 cm/s		7.1					0.3		7.4
>170 cm/s		5.2					0.0		5.2
>180 cm/s		2.9							2.9
>190 cm/s		1.5							1.5
>200 cm/s		0.8							0.8
>210 cm/s		0.2							0.2
>220 cm/s		0.0							0.0

Tabell 9: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 12 m dybde

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1-5 cm/s	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	2.0
5-10 cm/s	0.3	0.8	0.6	0.3	0.2	0.7	0.4	0.3	3.7
10-20 cm/s	0.1	1.9	1.7	0.1	0.2	2.2	2.2		8.4
20-30 cm/s		2.5	1.2			2.7	1.8		8.2
30-40 cm/s		2.9	0.3			2.7	1.7		7.7
40-50 cm/s		2.9	0.1			2.7	1.4		7.1
50-60 cm/s		3.3	0.0			2.6	1.3		7.2
60-70 cm/s		3.6	0.0			2.3	0.7		6.7
70-80 cm/s		3.6				2.1	0.7		6.4
80-90 cm/s		3.7				1.7	0.6		6.1
90-100 cm/s		3.6				1.4	0.5		5.6
100-110 cm/s		4.0				1.2	0.5		5.6
110-120 cm/s		3.3				1.0	0.3		4.5
120-130 cm/s		3.1				1.5	0.4		5.0
130-140 cm/s		3.8				1.0	0.2		5.0
140-150 cm/s		3.0				0.4	0.0		3.4
150-160 cm/s		1.9				0.1	0.2		2.1
160-170 cm/s		2.2				0.1	0.1		2.4
170-180 cm/s		1.4					0.0		1.4
180-190 cm/s		0.8							0.8
190-200 cm/s		0.3							0.3
200-210 cm/s		0.1							0.1
Sum	0.7	52.9	4.2	0.7	0.7	26.6	13.7	0.6	100.0

Tabell 10: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 12 m dybde

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s	0.1	51.9	3.4	0.1	0.2	25.6	12.9		94.2
>20 cm/s		50.0	1.7			23.4	10.7		85.8
>30 cm/s		47.4	0.5			20.7	8.9		77.5
>40 cm/s		44.5	0.2			18.0	7.1		69.9
>50 cm/s		41.6	0.1			15.3	5.8		62.7
>60 cm/s		38.3	0.0			12.7	4.5		55.5
>70 cm/s		34.7				10.4	3.7		48.8
>80 cm/s		31.1				8.4	3.0		42.5
>90 cm/s		27.4				6.7	2.4		36.4
>100 cm/s		23.8				5.2	1.8		30.8
>110 cm/s		19.8				4.1	1.3		25.2
>120 cm/s		16.5				3.1	1.0		20.6
>130 cm/s		13.4				1.6	0.6		15.6
>140 cm/s		9.6				0.6	0.3		10.6
>150 cm/s		6.7				0.2	0.3		7.2
>160 cm/s		4.8				0.1	0.1		5.1
>170 cm/s		2.6					0.0		2.7
>180 cm/s		1.2							1.2
>190 cm/s		0.5							0.5
>200 cm/s		0.1							0.1

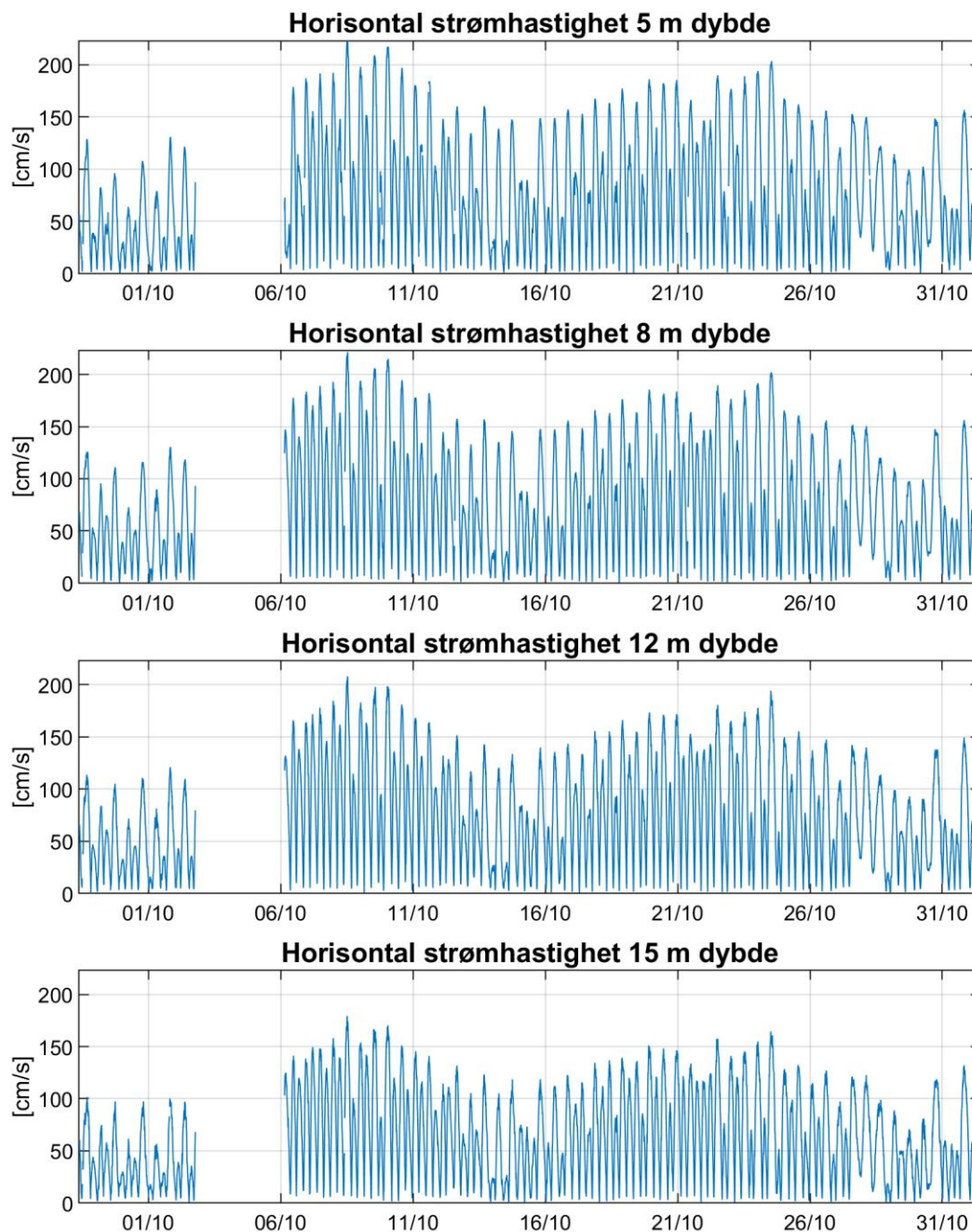
Tabell 11: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 15 m dybde

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1-5 cm/s	0.3	0.4	0.2	0.1	0.1	0.5	0.4	0.2	2.2
5-10 cm/s	0.4	0.8	1.0	0.3	0.3	0.7	0.7	0.4	4.6
10-20 cm/s	0.1	2.0	3.4	0.0	0.1	2.4	2.8	0.2	11.0
20-30 cm/s		1.9	1.4			2.4	3.0		8.7
30-40 cm/s		2.6	1.3			3.1	1.5		8.4
40-50 cm/s		3.3	0.6			3.1	1.4		8.5
50-60 cm/s		3.6	0.2			3.1	0.9		7.7
60-70 cm/s		4.0	0.0			2.4	0.5		6.9
70-80 cm/s		3.8				2.1	0.6		6.5
80-90 cm/s		4.6				1.8	0.4		6.8
90-100 cm/s		4.2				1.3	0.3		5.8
100-110 cm/s		3.6				1.7	0.1		5.4
110-120 cm/s		4.3				1.6	0.2		6.0
120-130 cm/s		3.5				0.7	0.1		4.3
130-140 cm/s		2.6				0.3	0.0		3.0
140-150 cm/s		2.0				0.2			2.2
150-160 cm/s		1.1							1.1
160-170 cm/s		0.4							0.4
170-180 cm/s		0.1							0.1
Sum	0.8	48.8	8.2	0.4	0.5	27.4	13.0	0.8	100.0

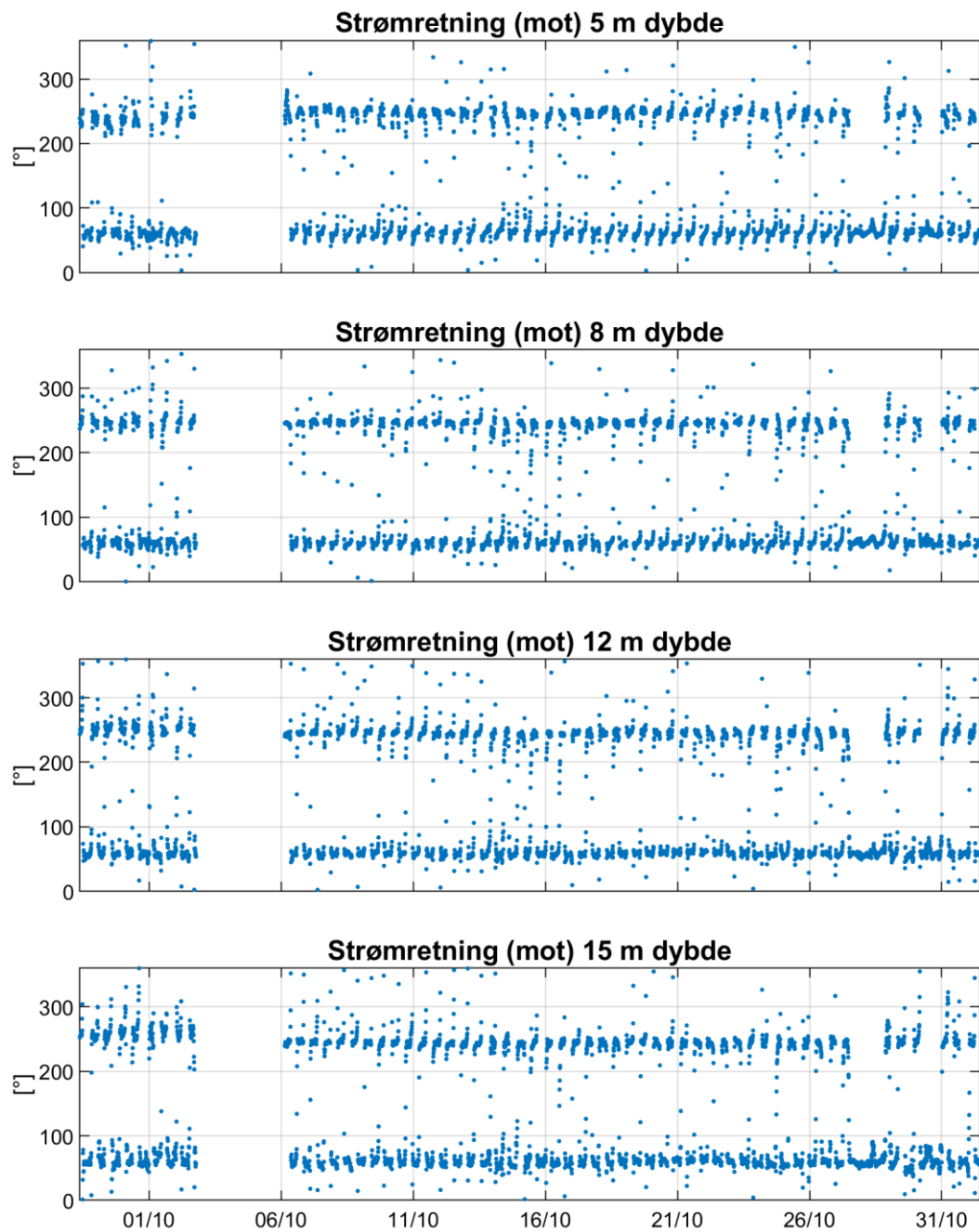
Tabell 12: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 15 m dybde

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s	0.1	47.6	7.0	0.0	0.1	26.2	11.9	0.2	93.0
>20 cm/s		45.6	3.6			23.8	9.0		82.0
>30 cm/s		43.7	2.1			21.5	6.0		73.3
>40 cm/s		41.1	0.8			18.4	4.5		64.8
>50 cm/s		37.8	0.2			15.2	3.1		56.4
>60 cm/s		34.2	0.0			12.2	2.2		48.7
>70 cm/s		30.2				9.8	1.7		41.7
>80 cm/s		26.5				7.7	1.1		35.3
>90 cm/s		21.9				5.8	0.7		28.4
>100 cm/s		17.7				4.6	0.4		22.7
>110 cm/s		14.1				2.9	0.3		17.3
>120 cm/s		9.8				1.3	0.1		11.3
>130 cm/s		6.3				0.5	0.0		6.9
>140 cm/s		3.7				0.2			3.9
>150 cm/s		1.7							1.7
>160 cm/s		0.6							0.6
>170 cm/s		0.1							0.1

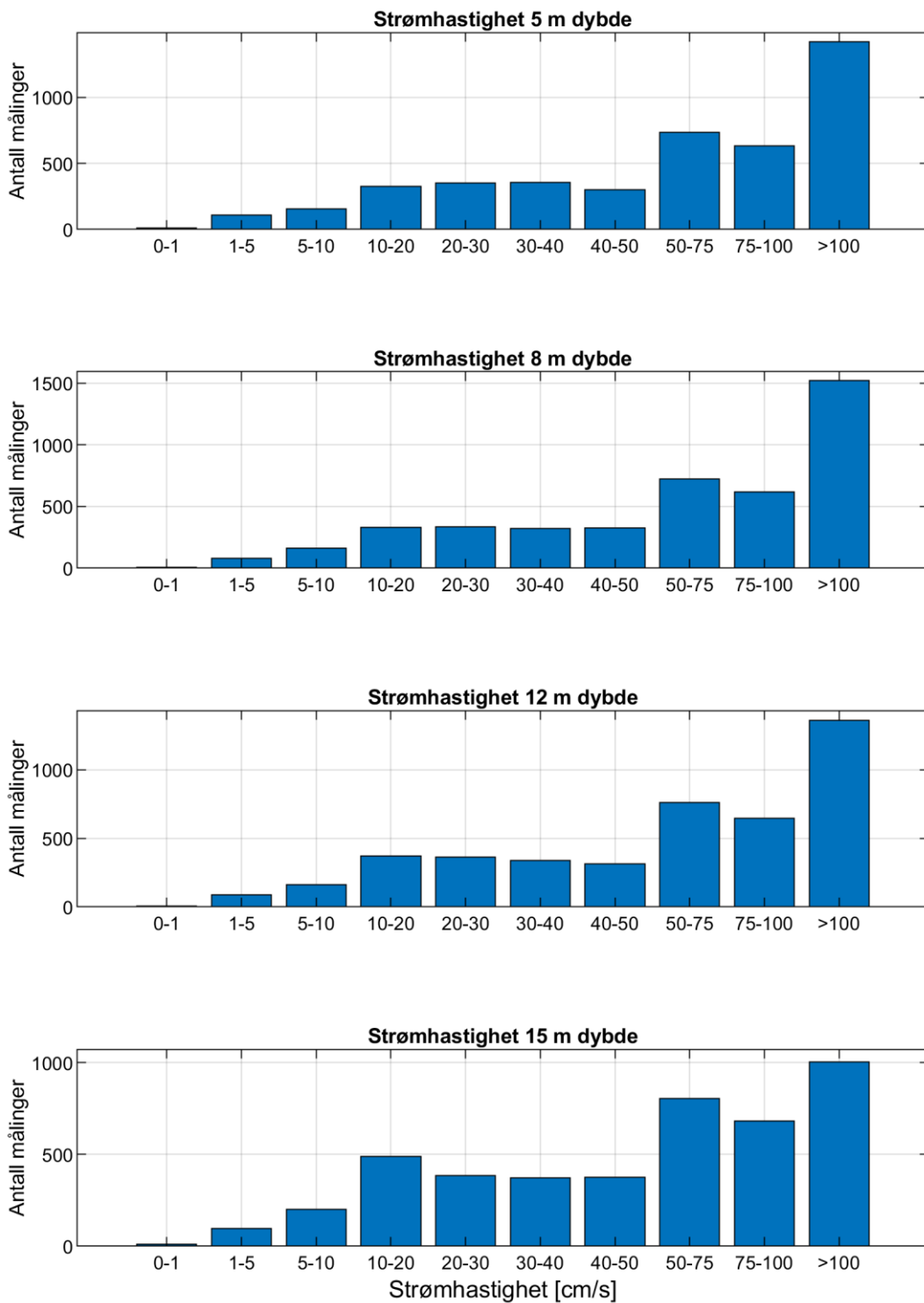
Appendiks D Tidsserier og fordelinger



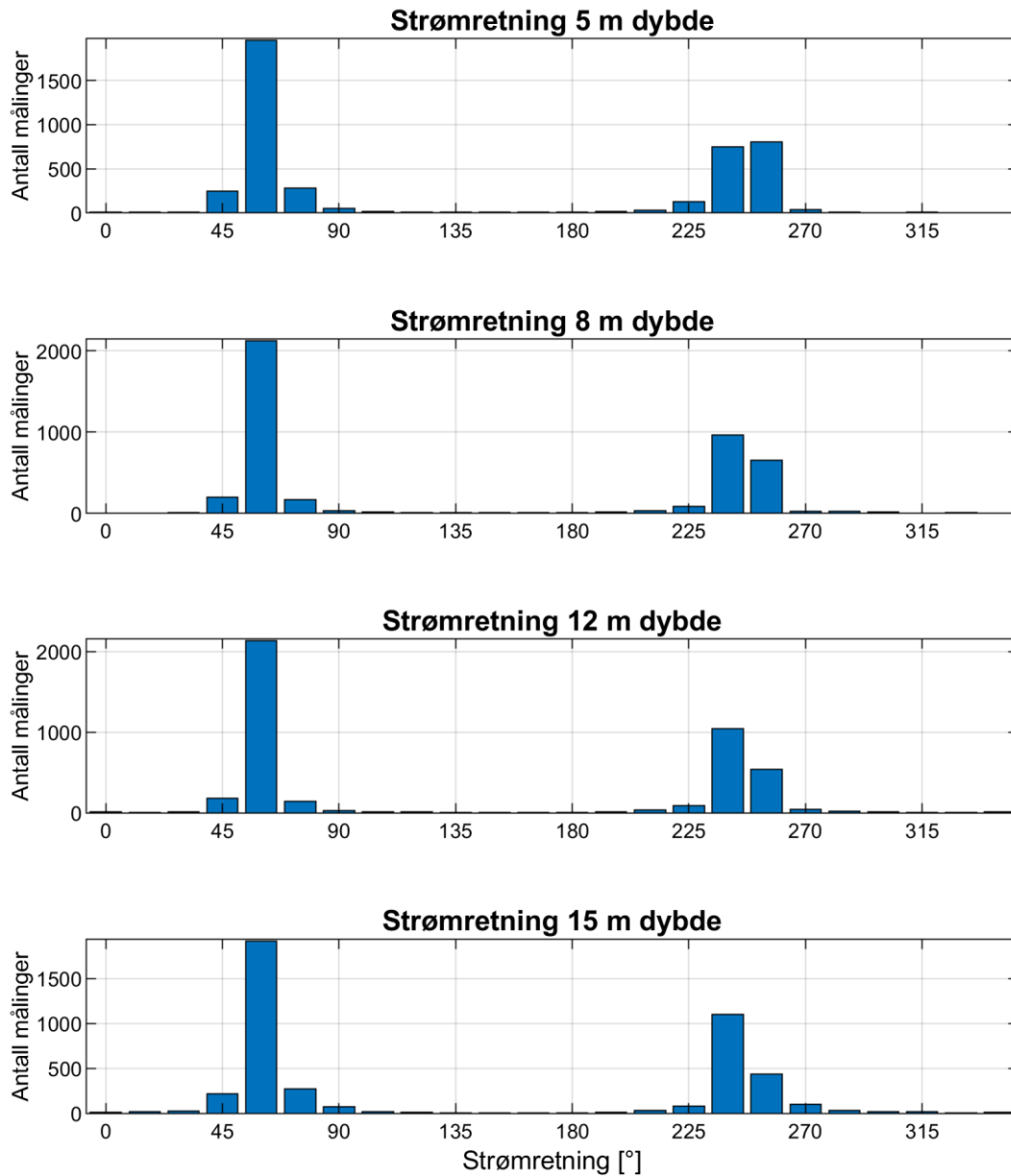
Figur 17: Tidsserier av horisontal strømshastighet



Figur 18: Tidsserier av horisontal strømretning



Figur 19: Histogram av horisontal strømhastighet



Figur 20: Histogram av horisontal strømretning

Appendiks E Fjernet data

Signature500 data:

Fjernet 26 punkter på grunn av trykk utenfor [12.57, 20.36]:

28-Sep-2021 05:00:00 til 28-Sep-2021 08:50:00, 01-Nov-2021 10:50:00 til 01-Nov-2021 11:00:00

Deler av måleperioden mellom 2-oct-2021 til 6-oct-2021 ble fjernet grunnet målinger ned mot bunn da riggen ruller rundt. Strømdata er fjernet basert på tilt (Pitch og Roll) som følger:

Fjernet 484 punkter på grunn av Pitch utenfor [0.06, 12.30]:

28-Sep-2021 05:20:00 til 28-Sep-2021 08:30:00, 28-Sep-2021 08:50:00, 02-Oct-2021 18:40:00 til 05-Oct-2021 20:00:00, 06-Oct-2021 til 06-Oct-2021 03:10:00, 01-Nov-2021 10:50:00 til 01-Nov-2021 11:00:00

Fjernet 486 punkter på grunn av Roll utenfor [-12.27, 6.97]:

28-Sep-2021 08:50:00, 28-Sep-2021 09:10:00, 02-Oct-2021 18:50:00 til 06-Oct-2021 03:10:00, 01-Nov-2021 10:50:00

Antall NaN (hull) i intervallet: 945

Instrumentet er instrumentreferert.

Instrumentet er instrumentreferert.

Støygulvet er til instrumentet er satt til 59 counts.

Correlation limit er satt til 50.

Grensen for topper i signalstyrken er satt til 40 counts.

4 celler fjernet pga. overflatestøy og refleksjoner fra overflaten:

0.5 dyp

1.5 dyp

2.5 dyp

3.5 dyp

Outliers:

Fjernet 22 punkter ved 4.5 m dybde:

28-Sep-2021 12:10:00, 06-Oct-2021 21:20:00, 08-Oct-2021 06:40:00, 08-Oct-2021 06:50:00, 08-Oct-2021 09:50:00, 09-Oct-2021 18:00:00, 09-Oct-2021 20:00:00, 11-Oct-2021 05:20:00, 11-Oct-2021 08:20:00, 11-Oct-2021 14:10:00, 12-Oct-2021 13:40:00, 13-Oct-2021 23:50:00, 21-Oct-2021 09:10:00, 21-Oct-2021 09:20:00, 22-Oct-2021 22:00:00, 28-Oct-2021 06:10:00, 29-Oct-2021 09:10:00, 01-Nov-2021 03:30:00, 01-Nov-2021 07:20:00, 01-Nov-2021 07:30:00, 01-Nov-2021 10:10:00, 01-Nov-2021 10:20:00

Fjernet 19 punkter ved 5.5 m dybde:

28-Sep-2021 12:00:00, 28-Sep-2021 12:10:00, 06-Oct-2021 21:20:00, 07-Oct-2021 04:50:00, 08-Oct-2021 09:50:00, 09-Oct-2021 18:00:00, 09-Oct-2021 20:10:00, 11-Oct-2021 08:20:00, 12-Oct-2021 13:40:00, 13-Oct-2021 23:50:00, 21-Oct-2021 09:10:00, 21-Oct-2021 09:20:00, 22-Oct-2021 22:00:00, 29-Oct-2021 09:10:00, 31-Oct-2021 16:20:00, 01-Nov-2021 03:30:00, 01-Nov-2021 07:20:00, 01-Nov-2021 07:30:00, 01-Nov-2021 10:20:00

Fjernet 16 punkter ved 6.5 m dybde:

28-Sep-2021 12:00:00, 28-Sep-2021 12:10:00, 08-Oct-2021 09:50:00, 09-Oct-2021 20:10:00, 11-Oct-2021 08:20:00, 12-Oct-2021 13:40:00, 13-Oct-2021 02:30:00, 13-Oct-2021 23:50:00, 21-Oct-2021 09:20:00, 22-Oct-2021 22:00:00, 29-Oct-2021 09:10:00, 31-Oct-2021 16:20:00, 01-Nov-2021 03:30:00, 01-Nov-2021 07:20:00, 01-Nov-2021 07:30:00, 01-Nov-2021 10:20:00

Fjernet 7 punkter ved 7.5 m dybde:

28-Sep-2021 12:00:00, 08-Oct-2021 09:50:00, 08-Oct-2021 10:00:00, 12-Oct-2021 13:40:00, 21-Oct-2021 09:20:00, 01-Nov-2021 07:20:00, 01-Nov-2021 07:30:00

Fjernet 6 punkter ved 8.5 m dybde:

28-Sep-2021 12:00:00, 28-Sep-2021 12:10:00, 08-Oct-2021 09:50:00, 12-Oct-2021 13:40:00, 01-Nov-2021 07:20:00, 01-Nov-2021 07:30:00

Fjernet 5 punkter ved 9.5 m dybde:

28-Sep-2021 12:00:00, 28-Sep-2021 12:10:00, 08-Oct-2021 09:50:00, 01-Nov-2021 07:20:00, 01-Nov-2021 07:30:00

Fjernet 8 punkter ved 10.5 m dybde:

28-Sep-2021 12:00:00, 28-Sep-2021 12:10:00, 11-Oct-2021 08:20:00, 22-Oct-2021 22:00:00, 29-Oct-2021 09:10:00, 01-Nov-2021 03:30:00, 01-Nov-2021 07:20:00, 01-Nov-2021 07:30:00

Fjernet 4 punkter ved 11.5 m dybde:

28-Sep-2021 12:00:00, 28-Sep-2021 12:10:00, 01-Nov-2021 07:20:00, 01-Nov-2021 07:30:00

Fjernet 3 punkter ved 12.5 m dybde:

28-Sep-2021 12:10:00, 01-Nov-2021 07:20:00, 01-Nov-2021 07:30:00

Fjernet 6 punkter ved 13.5 m dybde:

28-Sep-2021 12:10:00, 08-Oct-2021 09:50:00, 29-Oct-2021 09:10:00, 01-Nov-2021 03:30:00, 01-Nov-2021 07:20:00, 01-Nov-2021 07:30:00

Fjernet 7 punkter ved 14.5 m dybde:

28-Sep-2021 12:10:00, 01-Oct-2021 19:00:00, 08-Oct-2021 09:50:00, 29-Oct-2021 09:10:00, 01-Nov-2021 03:30:00, 01-Nov-2021 07:20:00, 01-Nov-2021 07:30:00

Appendiks F Instrumentspesifikasjoner

Tabell 13: Instrumentspesifikasjonene

	Signature500
Horisontal nøyaktighet	$\pm 0.3\% \pm 0.3 \text{ cm/s}$
Vertikal nøyaktighet	
Enkeltping statistisk støy	
Nøyaktighet retning	$\pm 2^\circ$
Temperatur nøyaktighet	$\pm 0.1^\circ$
Oksygen nøyaktighet	
Konduktivitet nøyaktighet	

Appendiks G Kalibrering Signature500 SIG101197

Tabell 14: Test og spesifikasjoner

	Dato	Utført av
Service/test	06.11.2018	Nortek
Funksjonstest	28.09.2021	Multiconsult
Tilt	28.09.2021	Multiconsult
Temperatur	28.09.2021	Multiconsult
Kompass	28.09.2021	Multiconsult
Ping sjekk	28.09.2021	Multiconsult

Tabell 15: Kalibrering

	Dato	Utført av
Kompasskalibrering	28.09.2021	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	01.11.2021	Multiconsult