

E6 Ranheim – Værnes

Strømrapport Stjørdalsfjorden

E6RV-MUL-EV-RPT-CA#00-0016



RECORD OF REVIEWS				
Rev.	Status	Date revised	Date approved	Description
01	IFR	14.06.2019		Issued for review

Multiconsult					
	Produced by:	Checked by:	Approved by:	Reviewed by:	Reviewed by:
Name:	Juni Vaardal-Lunde	Martin Arntsen	Vegar Alterås		
Position:	Rådgiver – Marint miljø og havbruk	Rådgiver – Marint miljø og havbruk	Design coordinator		
Signature:			VeA		

Strømrapport Stjørdalsfjorden

Doc.code: E6RV-MUL-EV-RPT-CA#00-0016

Rev:01

Date: 14/06/2019



Revision	Change log	Page(s)

Sammendrag

Det er foretatt strømmålinger i Stjørdalsfjorden (vannforekomst 0320041000-10-C) rett utenfor munningen av Stjørdalselva (Stjørdal kommune), i perioden 01.02.2019 til 08.03.2019. Strømmålingene er utført i forbindelse med en vannkvalitetsundersøkelse hvor dagens situasjon i sjøen utenfor tiltaksområdet for fylling (Hellstranda og Sandfærhus), samt etablering av brukar i Stjørdalselvas utløp, skal dokumenteres.

Gjennomsnittsstrømmen ble målt til 7 cm/s ved 5 m dybde, 6 cm/s ved 11 m dybde og 5 cm/s ved 21 m og 31 m dybde. Strømretningen varierte i hovedsak mellom nordøst og sør. Den største vanntransporten var mot sør. Strømmen innerst i Stjørdalsfjorden var i liten grad påvirket av tidevannet i måleperioden. Vinden i måleperioden var generelt lav (under 5 m/s) og har derfor ikke påvirket strømmen i stor grad. I perioder med vind over 10 m/s ser man at vinden kan påvirke strømmen innerst i fjorden. Andre prosesser som antas å påvirke strømmen er vær-situasjon over et større område (f.eks. lufttrykk, temperatur, større vindsystemer), variasjoner i kyststrømmen og ferskvannsavrenning fra Stjørdalselva som kan øke strømstyrken i overflatelaget samt bidra til lagdeling.

INNHALDSFORTEGNELSE

1	INTRODUKSJON	5
1.1	FORMÅL	5
2	OVERSIKT – STRØMMÅLINGER	5
3	STATISTISK ANALYSE - STRØMMÅLINGER	6
3.1	GJENNOMSNIITTS- OG MAKSIMALSTRØM	6
3.2	VANNUTSKIFTNING	8
4	TIDEVANN, VIND OG ANDRE STRØMKOMPONENTER	9
4.1	TIDEVANNSANALYSE	9
4.2	SAMMENHENG MELLOM VIND OG STRØM	12
4.3	ANDRE STRØMKOMPONENTER	14
4.4	SAMMENDRAG AV TIDEVANN- OG VINDPÅVIRKNING, SAMT ANDRE STRØMKOMPONENTER	14
5	REFERANSER	16

1 INTRODUKSJON

1.1 Formål

I forbindelse med utbygging av ny veg for E6 mellom Ranheim og Værnes skal de eksisterende fyllingene på Hellstranda og Sandfærhus utvides. Det skal også etableres en ny bruforbindelse over Stjørdalselva, dette inkluderer bygging av nye brukar. Den marine vannkvalitetsundersøkelsen gjennomført vinteren 2018-2019 skal dokumentere dagens situasjon i sjøen utenfor det planlagte tiltaksområdet. Det ble derfor utført strømmålinger innerst i Stjørdalsfjorden i perioden 01.02.2019 - 08.03.2019, se Figur 1.



Figur 1 Innerste del av Stjørdalsfjorden. Målepunktet er merket med rødt punkt

2 OVERSIKT – STRØMMÅLINGER

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 37 m dyp.
- **Målingsutstyr:** Måleriggen 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.

Tabell 1 Generell informasjon om strømmålingen utført i Stjørdalsfjorden

Posisjon	63°27.04 N 10°51.64 Ø
Ca. dybde på målestedet	40 m
Måleperiode	01-Feb-2019 18:00:00 til 08-Mar-2019 11:20:00
Varighet	34 dager, 17 timer, 20 minutter
Antall målinger	5001
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigeret for misvisning)
Målertype - 37 m dybde	Doppler profilmåler (Nortek Aquadopp profiler, Serienummer 5569), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 5 til 33 m dybde, cellestørrelse 2 m
Type måling - 37 m dybde	Burst (måling i 60 sekunder)
Frekvens	Hvert 10. minutt

3 STATISTISK ANALYSE - STRØMMÅLINGER

Formålet med strømmålingen er å kvantifisere strømhastighet og -retning ved forskjellige dyp i vannsøylen.

Dette kapittelet er en oppsummering av de viktigste statistiske egenskapene for strøm ved utvalgte dyp som representerer vannsøylen. For flere detaljer henvises det til:

- Appendiks B: Rose- og pinnediagram for alle dybder
- Appendiks C: Tidsserier, histogrammer og strømstyrke-retningsmatrise

3.1 Gjennomsnitts- og maksimalstrøm

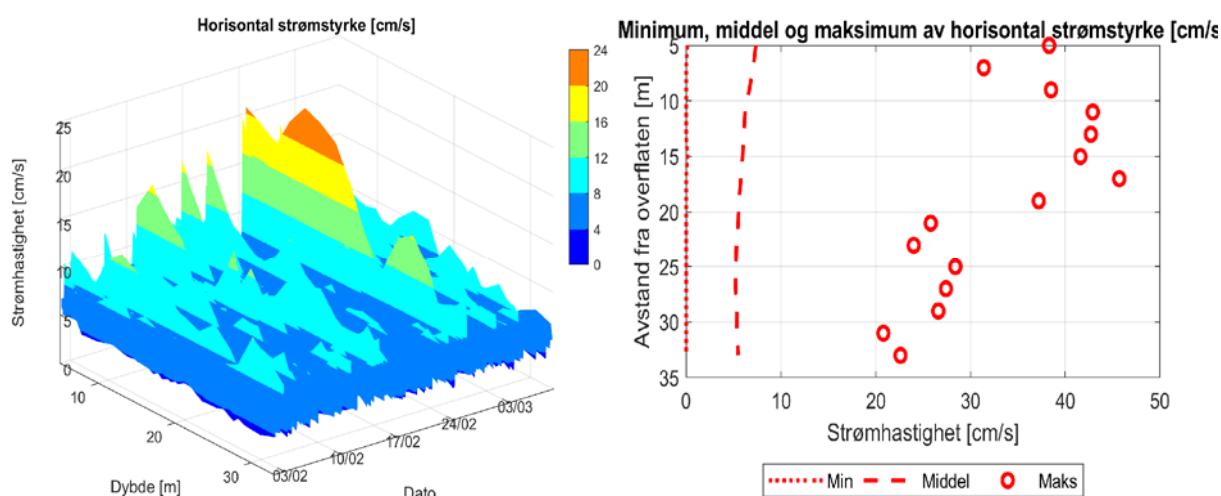
Figur 2 viser et 3D-diagram av horisontal strømhastighet over tid mellom 5 m og 33 m (venstre panel) samt minimum, middel- og maksimalstrøm ved forskjellige dybder (høyre panel).

Figur 3 og Figur 4 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder i to og tre dimensjoner.

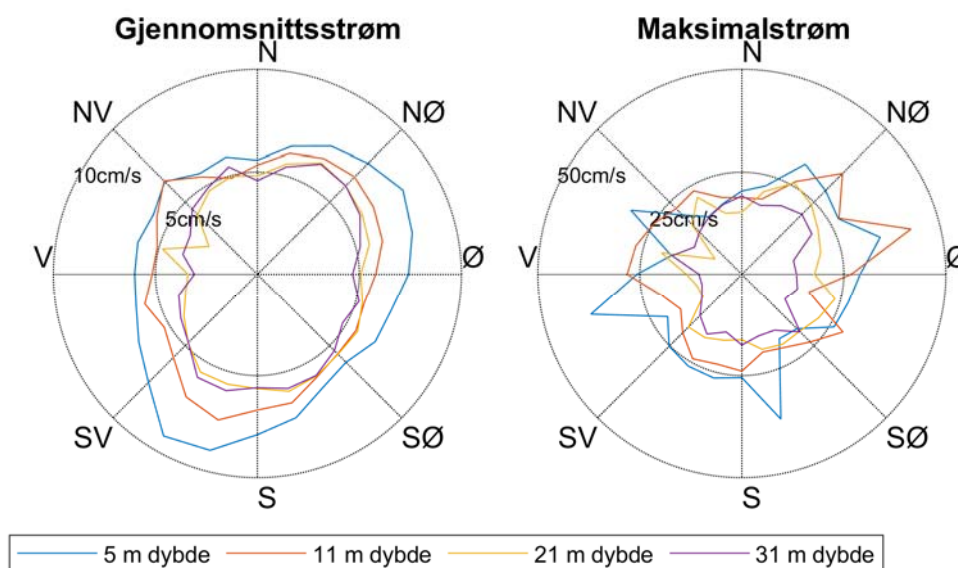
Gjennomsnitts- og maksimalstrøm, samt retning ved maksimalstrøm er gitt i Tabell 2.

Tabell 2 Gjennomsnitts- og maksimalstrøm, samt retning av maksimalstrøm

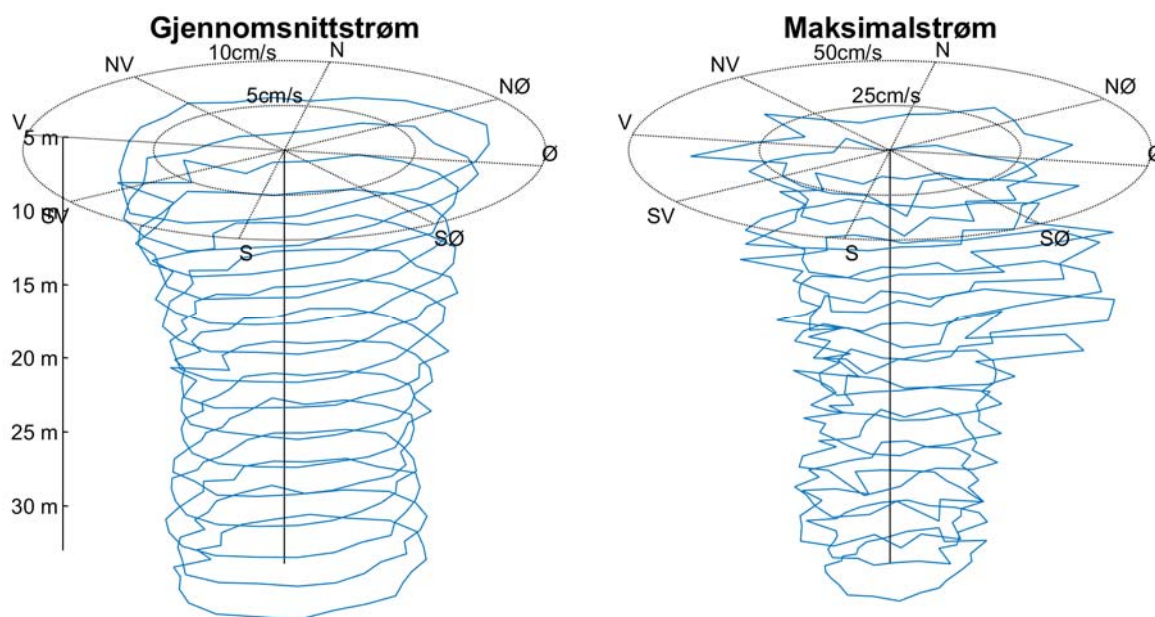
Dybde [m]	Gjennomsnittstrøm [cm/s]	Maksimalstrøm [cm/s]	Retning av maksimalstrøm [°]
5 m	7	38	251
11 m	6	43	69
21 m	5	26	23
31 m	5	21	43



Figur 2 3D-diagram av horisontal strømstyrke over tid mellom 5 m og 33 m (data er lavpassfiltrert, dvs. maksimumverdier er lavere enn 10 minutters maksimumverdier) og minimal, middel og maksimal horisontal strøm ved alle målte dybder



Figur 3 Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger (15 graders sektorer) og dybder. NB det er ulik skala på gjennomsnitts- og maksimalstrøm



Figur 4 Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger i tre dimensjoner (15 graders sektorer) og dybder. NB det er ulik skala på gjennomsnitts- og maksimalstrøm

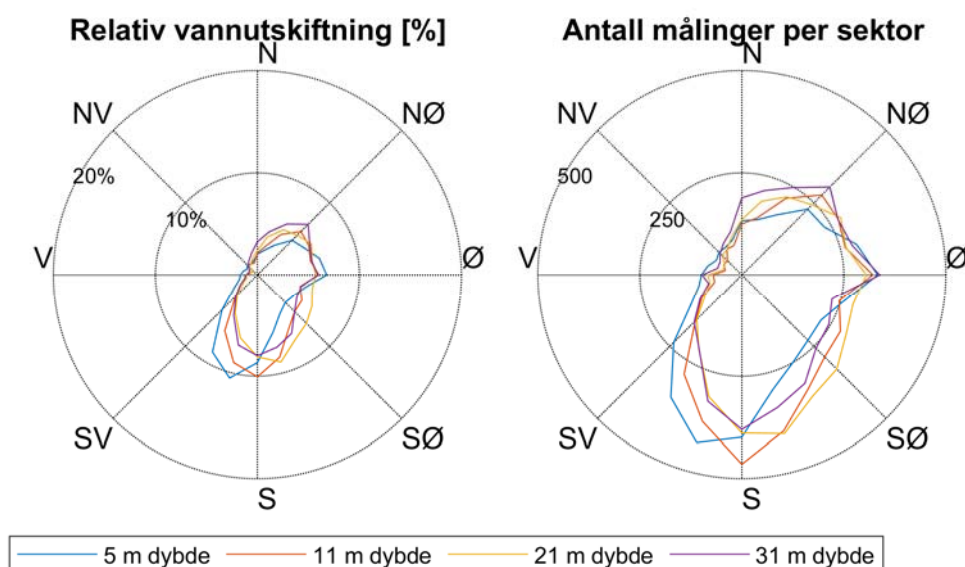
3.2 Vannutskiftingning

Vannutskiftingningen 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 . Vannutskiftingningen kan oppgis per sektor, dvs. per retningsintervall. Vannutskiftingningen i en sektor er den delen av vannfluksen hvor strømretningen er i et visst retningsintervall. Vannutskiftingningen i 8 sektorer er gitt i Tabell 3. Retningssektorene er sentrert rundt 0° , 45° , 90° osv. Figur 5 viser relativ vannutskiftingning og antall målinger i 15 graders sektorer for forskjellige dybder.

Figurene illustrerer at strømmen i hele vannsøylen hovedsakelig varierer i retning fra nordøst til sør, med en hovedretning mot sør.

Tabell 3 Vannutskiftning [m^3/m^2] i 8 sektorer. Den største vannutskiftningen for hvert dyp er uthevet

	Retning (mot)								
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	Alle retninger
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
Dybde	Vannutskiftning [m^3/m^2]								
5 m	13055	29423	39019	27063	54733	35645	10728	8274	217940
11 m	11509	30463	29203	30317	50905	21049	5812	6090	185348
21 m	13078	27202	27295	33101	38111	14156	4852	4548	162343
31 m	15721	29896	25315	26043	36049	15209	5215	6076	159523



Figur 5 Relativ vannutskiftning og antall målinger per 15 graders sektor

4 TIDEVANN, VIND OG ANDRE STRØMKOMPONENTER

4.1 Tidevannsanalyse

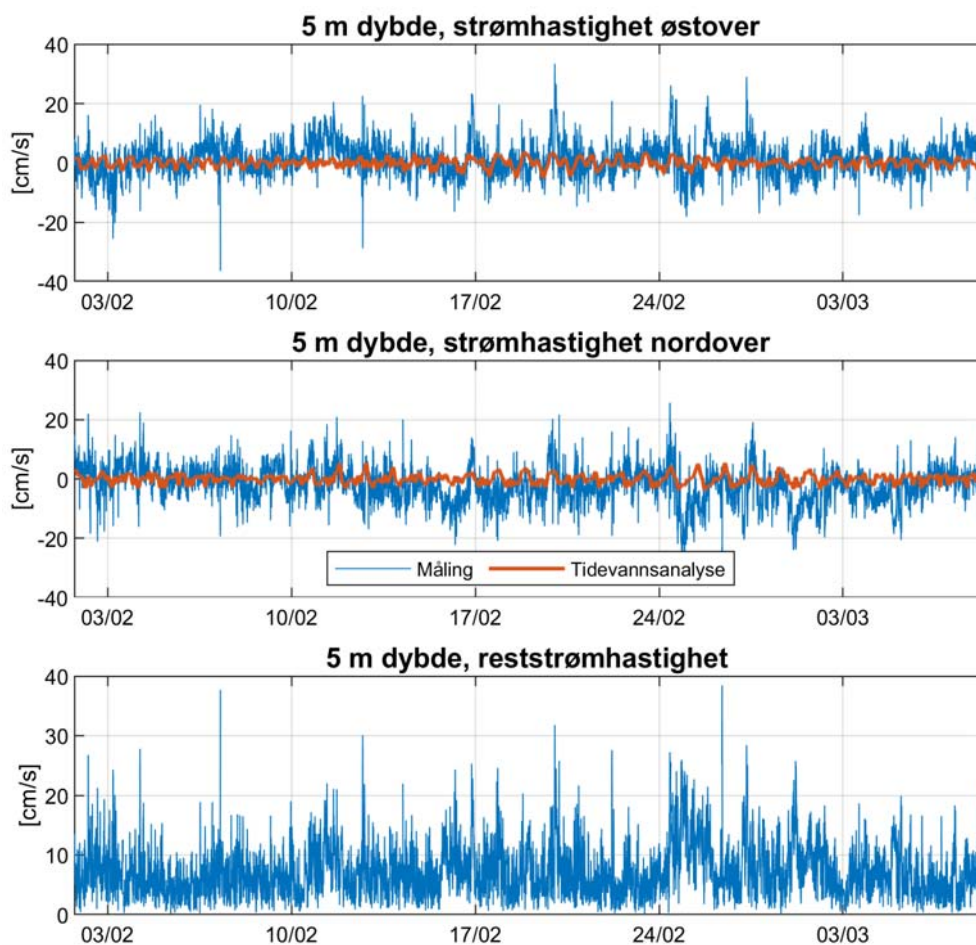
Det ble foretatt en tidevannsanalyse av den målte strømmen ved forskjellige dyp, som gir informasjon om tidevannets bidrag til strømbildet (Codiga, 2011). Tidevannet er en følge av tiltrekningskreftene mellom jord, måne og sol og de relative bevegelsene i jord-måne-solsystemet (Kartverket, 2014). Det 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). Lokale forhold er med på å avgjøre i hvor stor

grad de enkelte komponentene bidrar. 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 som påvirker lagdelingen i vannsøylen).

Resultatene fra tidevannsanalysen er gitt i Figur 6 og Figur 7. Figur 6 viser tidsserien av strømmen ved 5 m dybde sammen med beregnet tidevann fra tidevannsanalysen for den nordgående og østgående komponenten av strømmen samt reststrømmen.

Reststrømmen er den vektorielle differansen mellom den målte strømmen og beregnet tidevann. Vektoriell 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.

Tidevannsanalysen på strømmålingene i Stjørdalsfjorden ved 5 m dybde viser at tidevannet forklarer 7 % av variansen i datasettet. Maksimal beregnet tidevannsstrøm ved 5 m dybde er 6 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 12 cm/s (signifikant maksimum), men har en maksimalverdi på 38 cm/s.



Figur 6 Horisontal strømshastighet, 5 m dybde, med tidevannsanalyse

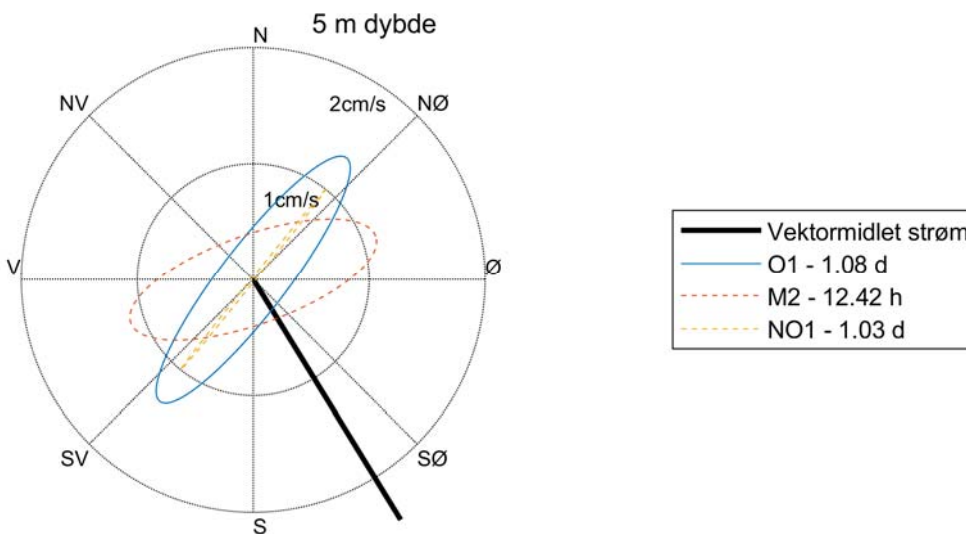
Tidevannsstrømmer følger en ellipse, dvs. at strømretningen roterer og strømshastigheten når maksimumsverdien og minimumsverdien to ganger i løpet av tidevannsperioden. Figur 7 viser tidevannsellipsene for de sterkeste tidevannskomponentene av strømmen ved 5 m dybde. Hovedperiodene til tidevannssignalet ved 5 m dybde er 1.08 dager, 12.42 timer og 1.03 dager. Det er det daglige og halvdaglige tidevannet fra månen som er mest framtrødende, og figuren viser at tidevannsstrømmen oscillerer mellom nordøstlig og sørvestlig retning.

Vektormidlet strøm er vist som en svart strek i Figur 7. Dette er en gjennomsnittlig strøm som tar hensyn til strømretningen. 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. Tidevannsstrømmen som oscillerer fram og tilbake vil alltid ha 0 cm/s

som vektormiddel. Siden strømmen hovedsakelig varierer mellom nordøst og sør får man en vektormidlet strøm mot sørøst.

Tidevannsanalysen viser at tidevannet i de forskjellige dybdene forklarer mellom 7 og 9 % av variansen i strømmålingene.

Resultatene viser at tidevannsstrømmen spiller en liten rolle i å styre strømmen innerst i Stjørdalsfjorden.



Figur 7 Tidevannsellipsene av strømmen ved 5 m dybde. O1, M2 og NO1 refererer til tidevannskomponentene. Middelstrømmen er vektorbasert

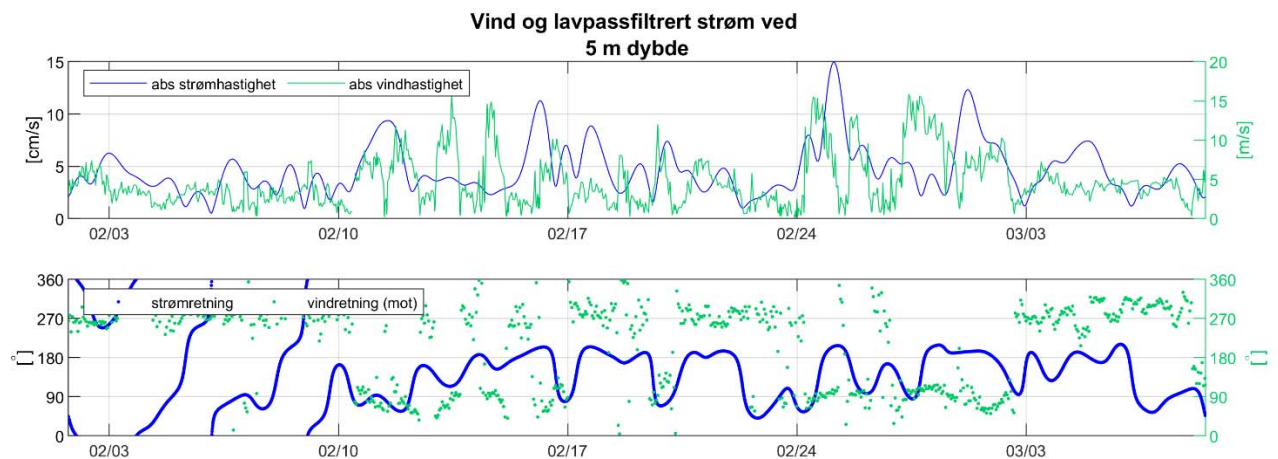
4.2 Sammenheng mellom vind og strøm

Sammenhengen mellom vind og strøm ble også undersøkt. Det ble brukt vindmålinger fra Værnes målestasjon (Frost) som ligger 3.5 km øst-nordøst for måleriggen. Verdiene er 10 minutters middelerverdier 10 meter over bakken. For å lettere kunne sammenligne strøm med vind, er strømmen 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 4.1. Dette er fordi reststrømproduktet fra tidevannsanalysen ikke alltid er fri for energi fra tidevannet. Figur 8 viser vindhastighet og vindretning, samt hastighet og retning på lavpassfiltrert strøm ved 5 m dybde. Figur 9 viser fordeling av retninger og styrke av både vind og lavpassfiltrert strøm ved 5 m dybde.

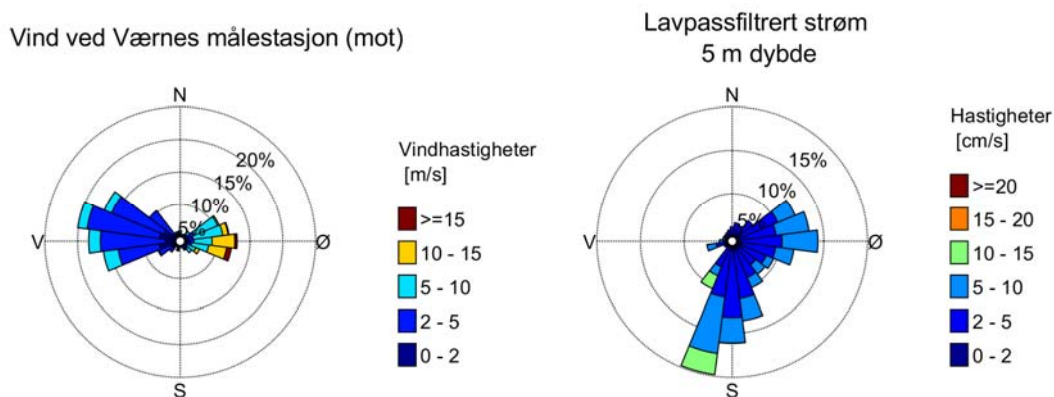
Korrelasjon mellom vind og lavpassfiltrert strøm ved 5 m dybde ble også undersøkt. Korrelasjonskoeffisienten ligger alltid mellom -1 og 1, der 0 betyr at

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. Den høyeste korrelasjonen mellom vind og laspassfiltrert strøm var 0.4.

Det er observert enkelte perioder hvor vinden ser ut til å ha påvirket strømmen i Stjørdalsfjorden. Periodene med vindpåvirket strøm er stort sett observert når vindhastigheten overstiger 10 m/s. Vinden er i store deler av måleperioden målt til under 5 m/s og lave vindhastigheter kan derfor være en av grunnene til at man ser liten sammenheng mellom vind og strøm.



Figur 8 De to øverste paneler viser vindretning og vindhastighet (grønn) samt retning og hastighet på lavpassfiltrert strøm (blå).



Figur 9 Vind og reststrøm ved 5 m dybde (retninger mot)

4.3 Andre strømkomponenter

Andre strømkomponenter som kan bidra til det totale strømbildet er eks. endringer i kyststrømmen og vannmassene lenger ut i fjorden, vårflom på grunn av snø- og issmelting og avrenning.

Høy vannføring i Stjørdalselva på grunn av snø- og issmelting og ferskvannsavrenning kan bidra til lagdeling av vannmassene, samt påvirke den estuarine sirkulasjonen og bidra til økt strømstyrke i øvre del av vannsøylen. Snø- og issmelting, samt ferskvannsavrenning, er oftest observert i sommerhalvåret men kan også finne sted i vinterhalvåret. En hendelse rundt 14. februar 2019 viser høy vannføring i Stjørdalselva (nve.no), antatt forårsaket av snøsmelting (xgeo.no). På samme tidspunkt har man et dropp i vanntemperatur ved 37 m (se Figur 10). Det er i denne perioden observert lavere temperatur og noe lavere saltholdighet i hele vannsøylen, samt høyere turbiditet, flere steder i innerste del av Stjørdalsfjorden (Multiconsult, 2019). Dette indikerer at Stjørdalselva kan påvirke strømmen og lagdeling i Stjørdalsfjorden når vannføringen i elven øker. Hendelsen den 14. februar 2019 kan ikke direkte sees i sammenheng med endring i strømbildet, men man kan anta at høy vannføring over tid kan påvirke strømmen i fjorden.



Figur 10 Temperaturmålinger ved 37 m dypde (Aquadopp sensor)

4.4 Sammendrag av tidevann- og vindpåvirkning, samt andre strømkomponenter

- Resultatene viser at tidevannsstrømmen spiller en liten rolle i å styre strømmen innerst i Stjørdalsfjorden.
- Det er observert enkelte perioder hvor vinden ser ut til å ha påvirket strømmen i Stjørdalsfjorden. Periodene med vindpåvirket strøm er stort sett observert når vindhastigheten overstiger 10 m/s. Vinden er i store deler av måleperioden målt til under 5 m/s og lave vindhastigheter kan derfor være en av grunnene til at man ser liten sammenheng mellom vind og strøm.

- Stjørdalselva har ikke påvirket strømbildet i vesentlig grad gjennom måleperioden, men det antas at elven kan påvirke strømmen og lagdeling i Stjørdalsfjorden ved økt vannføringen.

5 REFERANSER

Nortek, 2005: "Aquadopp Current Profiler, User Guide"

Codiga, Daniel L.: Unified Tidal Analysis and Prediction

Frost (frost.met.no): Meteorologisk data fra Meteorologisk Institutt

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

Multiconsult, 2019: Marin vannkvalitet. Rapport: E6RV-MUL-EV-RPT-CA#00-15

nve.no: <http://www2.nve.no/h/hd/plotreal/Q/index.html> Målestasjoner med sanntids-vannføring

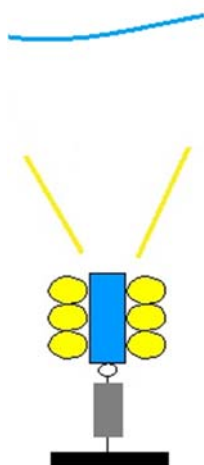
xgeo.no: www.xgeo.no Ekspertverktøy for varsling og beredskap.

Sammarbeidspartnere: Norges vassdrag- og energidirektorat (NVE), Statens vegvesen, Bane NOR, Meteorologisk institutt (MET) og Kartverket

APPENDIKS A MÅLING OG KVALITETSSIKRING

Strømmen ble målt med en akustisk doppler profilmåler (Aquadopp Profiler, Nortek 2005).

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. Aquadopp Profiler sender ut pulser i tre stråler i forskjellige retninger for å kunne rekonstruere den horisontale og vertikale strømhastigheten i mange dyp. Strømmåleren i Stjørdalsfjorden ble forankret som vist i Figur 11.

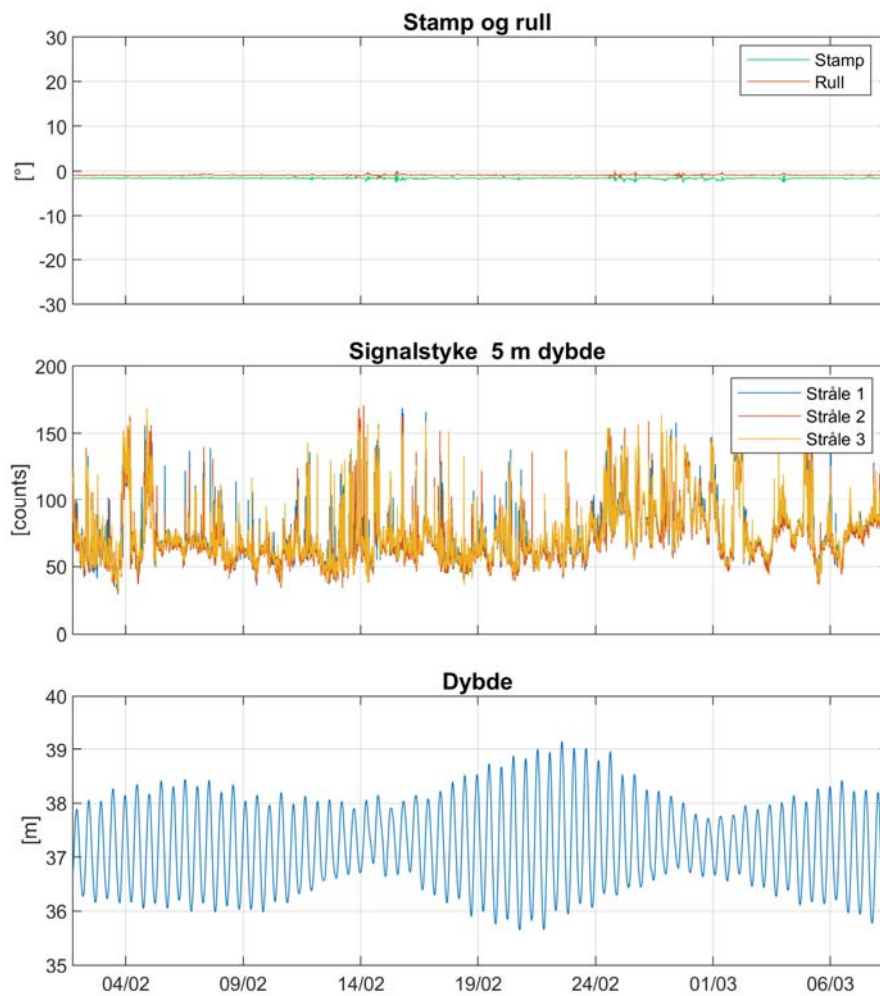


Figur 11 Skisse av riggen i Stjørdalsfjorden (Akustisk utløser er markert med grå farge, Aquadoppen er markert med blå farge og oppdrift er markert med gul farge)

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

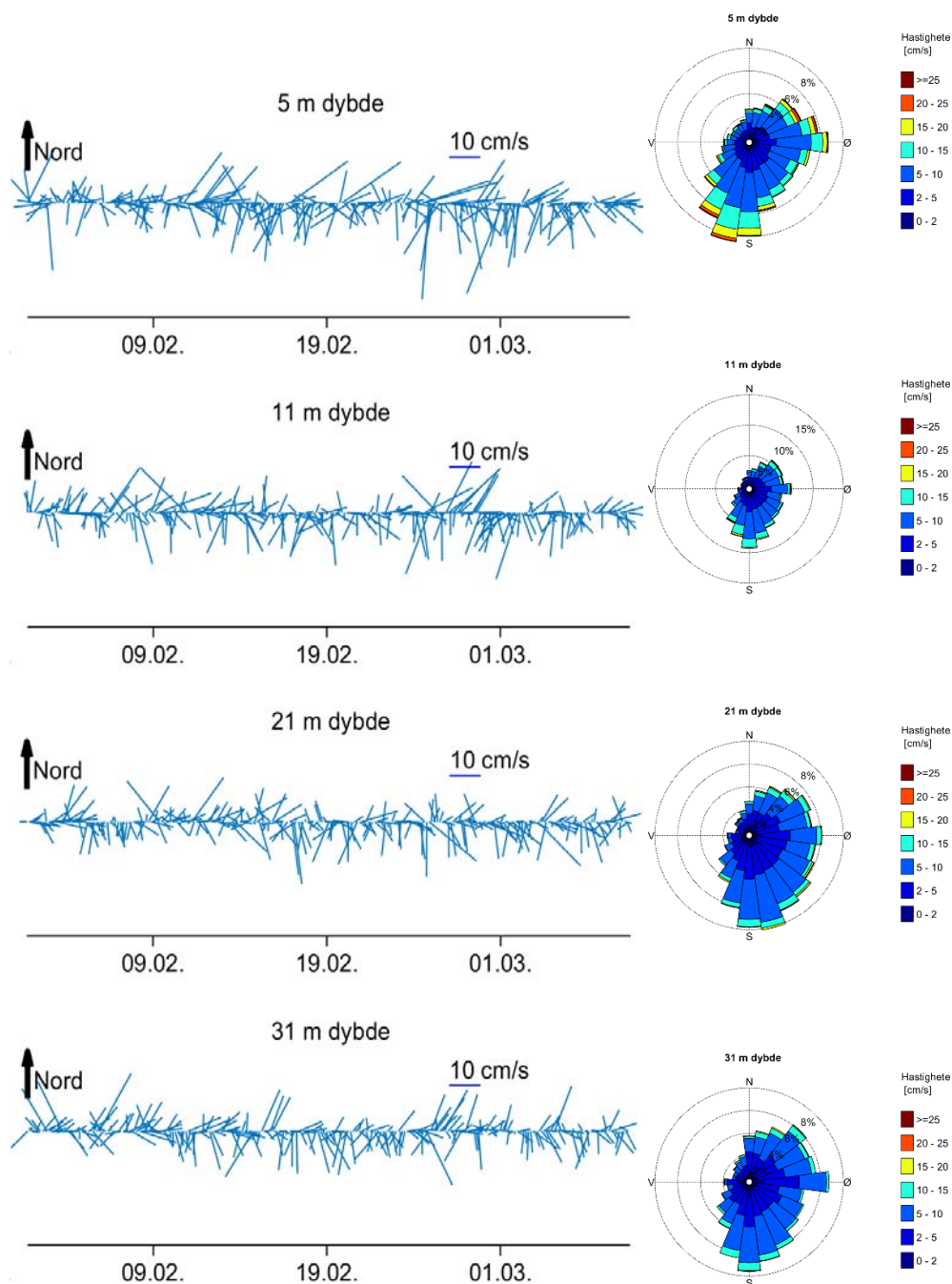
- Aquadopp Profiler: stamp og rull mindre enn 30°, signalstyrke mer enn 7 counts over støygulvet

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 D. Figur 12 viser noen av parameterne etter datarensing.



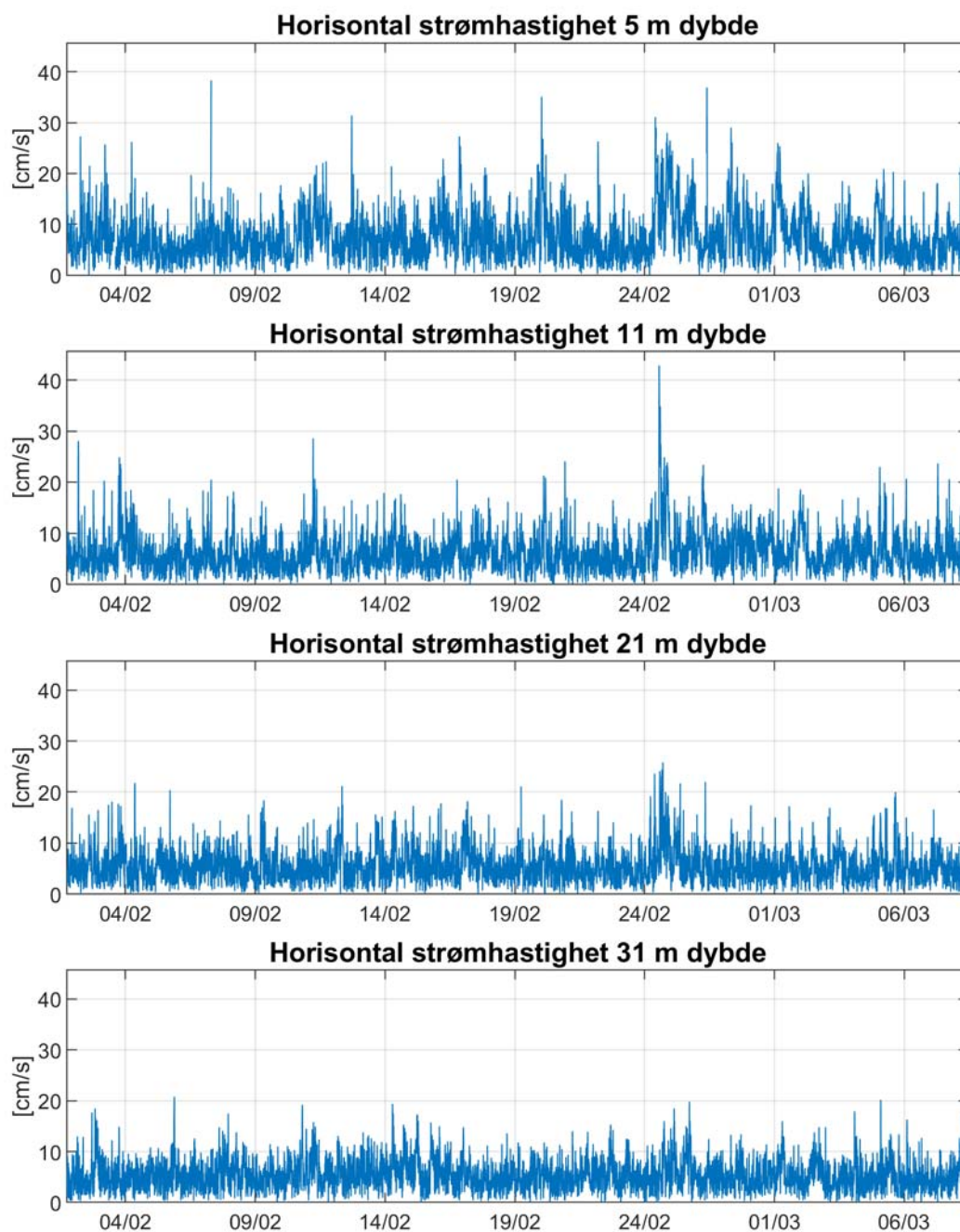
Figur 12 Kvalitetssikring Aquadopp Profiler ved 37 m dyp etter datarensing

APPENDIKS B PINNE- OG ROSEDIAGRAM

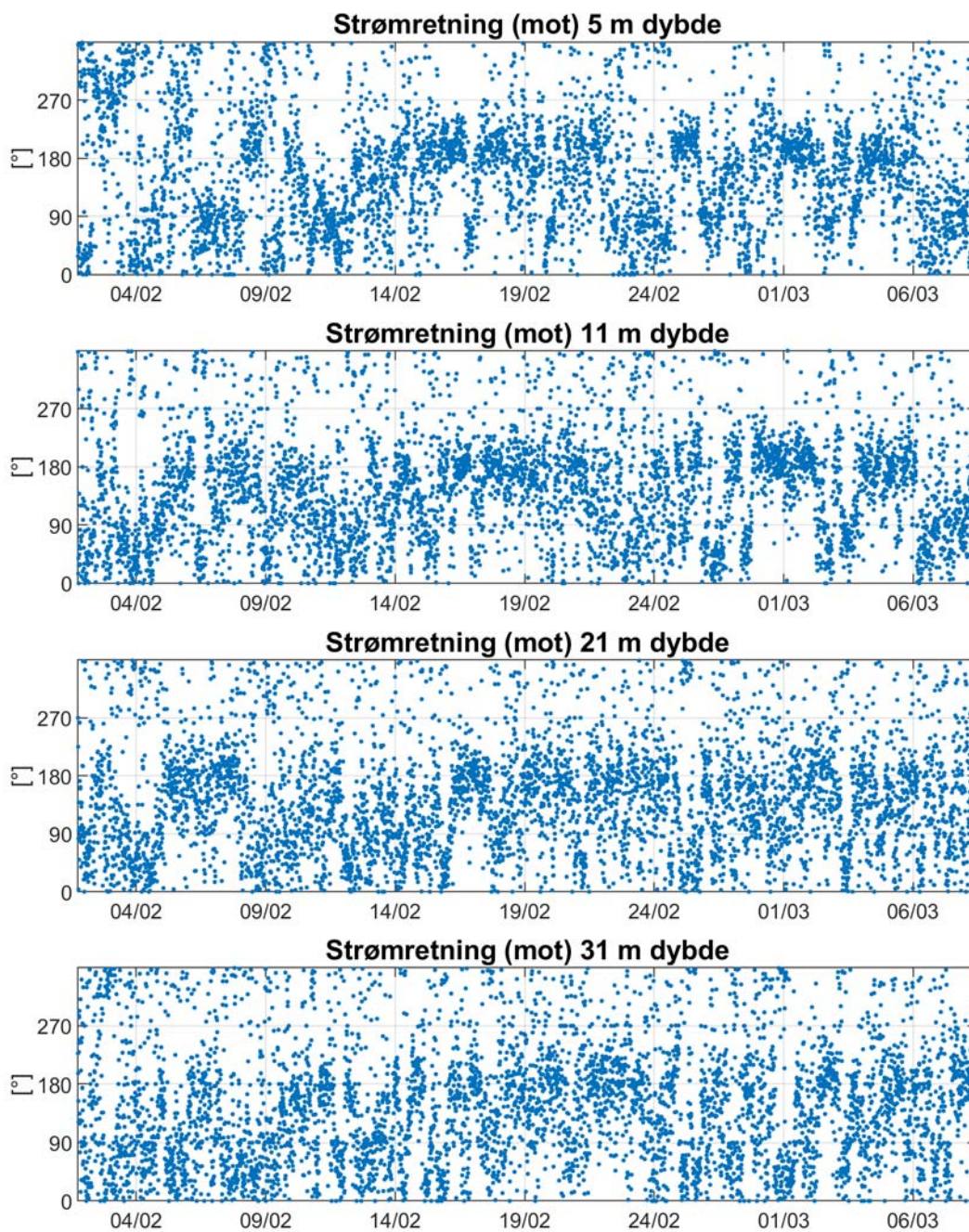


Figur 13 Strømretninger og strømhastigheter: pinnediagram som viser hastighet og retning over tid (en strek hver tredje time); rosedigram som viser fordelingen av retninger i kompasset og hastigheter i farge. NB det er ulik skala på prosentssirkelene i strømrosene

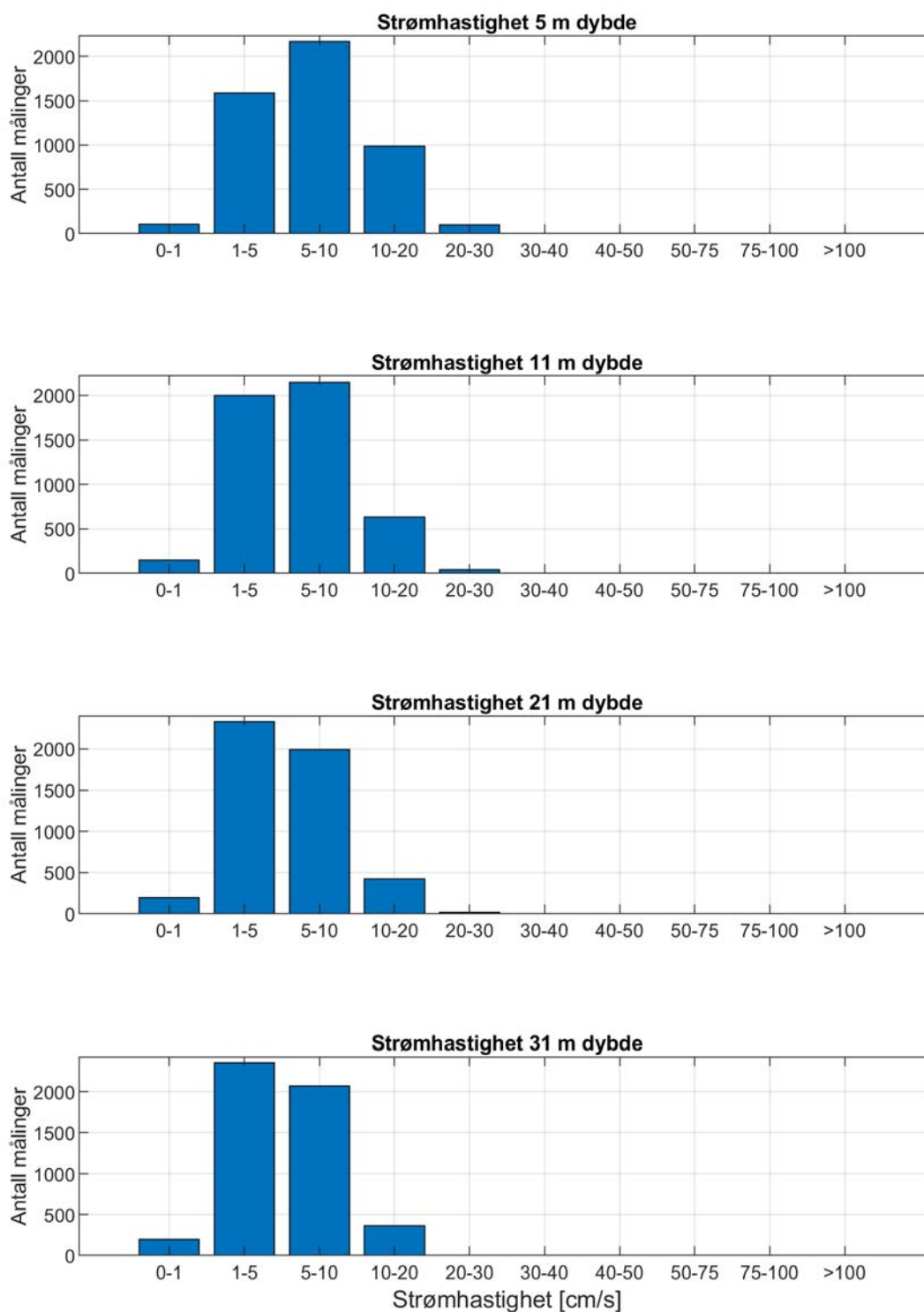
APPENDIKS C TIDSSERIER, HISTOGRAMMER OG STRØMSTYRKE-RETNINGSMATRISE



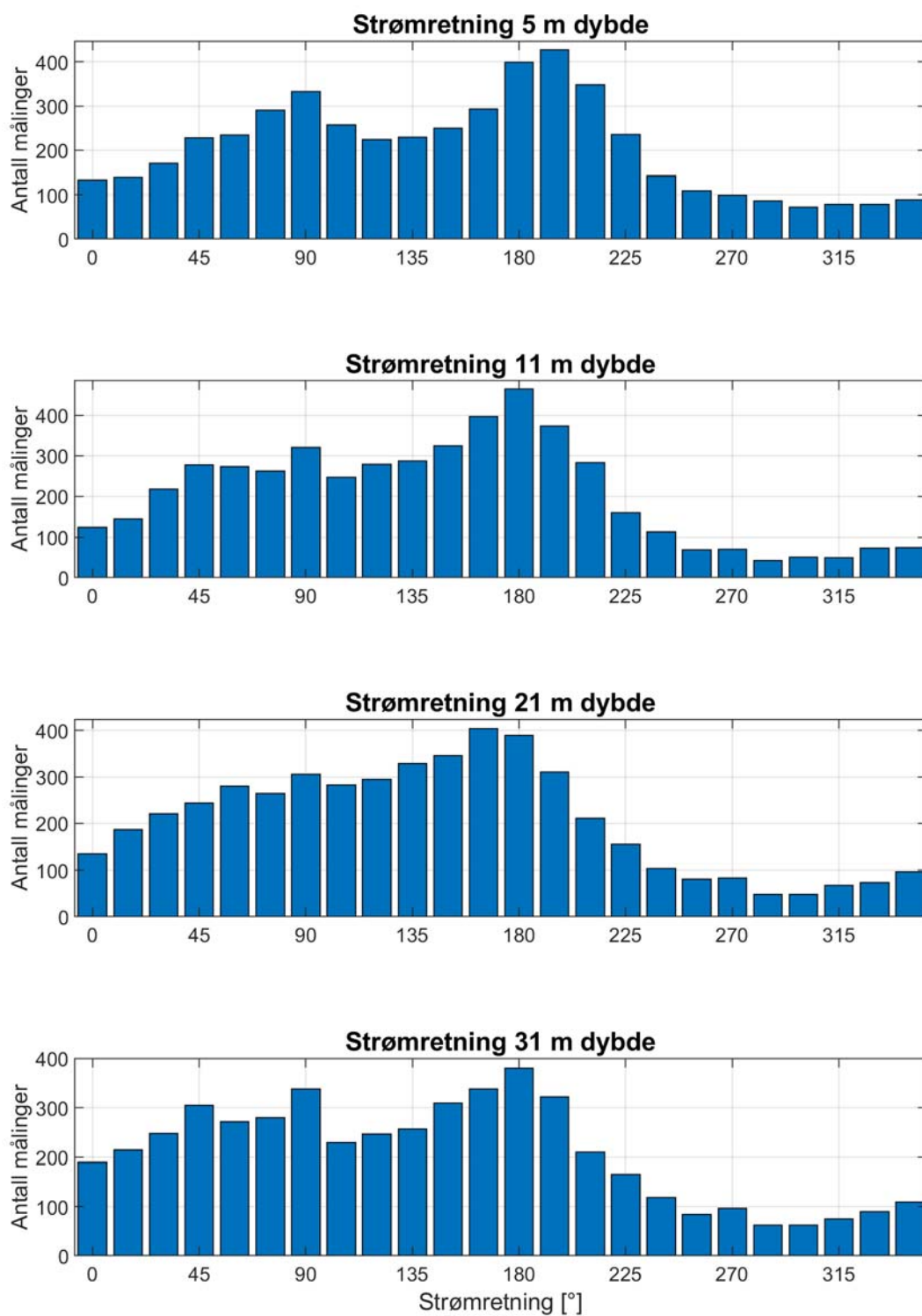
Figur 14 Tidsserier av horisontal strømshastighet



Figur 15 Tidsserier av horisontal strømretning



Figur 16 Histogram av horisontal strømhastighet



Figur 17 Histogram av horisontal strømretning

Tabell 4 Strømstyrke-retningsmatrise ved 5 m dybde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor

	Strømhastighet [cm/s]											Utskiftning	
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m ³ /m ²	%
0°	10	62	45	15	1	0	0	0	0	0	3	4450	2
15°	8	45	65	20	2	0	0	0	0	0	3	5441	2
30°	6	55	74	29	5	1	0	0	0	0	3	7370	3
45°	0	74	99	51	4	0	0	0	0	0	5	10485	5
60°	5	70	93	51	15	0	0	0	0	0	5	11567	5
75°	4	74	142	60	10	1	0	0	0	0	6	13720	6
90°	10	95	153	69	6	0	0	0	0	0	7	14807	7
105°	3	81	132	40	1	0	0	0	0	0	5	10492	5
120°	1	81	99	40	3	0	0	0	0	0	5	8963	4
135°	6	92	103	28	0	0	0	0	0	0	5	8444	4
150°	4	92	116	38	0	0	0	0	0	0	5	9656	4
165°	1	110	122	54	5	1	0	0	0	0	6	12858	6
180°	8	110	173	104	4	0	0	0	0	0	8	18902	9
195°	4	95	178	135	15	0	0	0	0	0	9	22973	11
210°	3	67	158	104	16	0	0	0	0	0	7	19193	9
225°	4	64	115	49	4	0	0	0	0	0	5	10693	5
240°	5	52	60	24	2	0	0	0	0	0	3	5759	3
255°	1	47	51	9	0	1	0	0	0	0	2	4022	2
270°	7	43	33	14	2	0	0	0	0	0	2	3576	2
285°	2	41	28	15	0	0	0	0	0	0	2	3130	1
300°	7	27	28	9	0	1	0	0	0	0	1	2539	1
315°	4	33	28	12	2	0	0	0	0	0	2	3042	1
330°	2	38	33	6	0	0	0	0	0	0	2	2693	1
345°	2	40	37	10	0	0	0	0	0	0	2	3164	1
Sum%	2	32	44	20	2	0	0	0	0	0			

Tabell 5 Strømstyrke-retningsmatrise ved 11 m dybde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor

	Strømhastighet [cm/s]											Utskiftning	
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m ³ /m ²	%
0°	10	60	45	10	0	0	0	0	0	0	3	4001	2
15°	6	64	52	23	0	0	0	0	0	0	3	5315	3
30°	4	80	97	34	2	0	0	0	0	0	4	8500	5
45°	7	90	132	44	3	1	0	0	0	0	6	11195	6
60°	7	93	135	34	4	0	0	0	0	0	5	10768	6
75°	5	105	122	26	2	1	1	0	0	0	5	9977	5
90°	18	138	132	26	7	0	0	0	0	0	6	11176	6
105°	6	121	106	14	0	0	0	0	0	0	5	8050	4
120°	5	136	114	23	1	0	0	0	0	0	6	9335	5
135°	6	130	129	21	1	0	0	0	0	0	6	9583	5
150°	7	132	152	33	1	0	0	0	0	0	7	11399	6
165°	7	135	199	56	0	0	0	0	0	0	8	15617	8
180°	18	145	224	77	1	0	0	0	0	0	9	18664	10
195°	9	107	164	89	4	0	0	0	0	0	7	16624	9
210°	3	98	129	47	6	0	0	0	0	0	6	11857	6
225°	6	64	73	17	1	0	0	0	0	0	3	5620	3
240°	6	53	45	9	0	0	0	0	0	0	2	3572	2
255°	1	35	26	6	1	0	0	0	0	0	1	2365	1
270°	9	39	14	7	1	0	0	0	0	0	1	2166	1
285°	3	28	5	5	1	0	0	0	0	0	1	1281	1
300°	1	33	7	9	1	0	0	0	0	0	1	1741	1
315°	2	26	10	10	2	0	0	0	0	0	1	1940	1
330°	3	44	17	8	1	0	0	0	0	0	1	2409	1
345°	3	45	20	7	0	0	0	0	0	0	2	2192	1
Sum%	3	40	43	13	1	0	0	0	0	0			

Tabell 6 Strømstyrke-retningsmatrise ved 21 m dybde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor

	Strømhastighet [cm/s]											Utskiftning	
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m ³ /m ²	%
0°	14	69	41	12	0	0	0	0	0	0	3	3926	2
15°	10	87	65	24	1	0	0	0	0	0	4	6265	4
30°	6	89	95	29	2	0	0	0	0	0	4	8327	5
45°	4	107	94	36	2	0	0	0	0	0	5	8928	5
60°	4	130	117	28	1	0	0	0	0	0	6	9947	6
75°	9	111	124	19	1	0	0	0	0	0	5	9003	6
90°	19	148	115	23	0	0	0	0	0	0	6	9268	6
105°	4	150	104	22	2	0	0	0	0	0	6	9024	6
120°	5	139	129	20	2	0	0	0	0	0	6	10035	6
135°	7	145	150	26	1	0	0	0	0	0	7	11036	7
150°	12	142	157	34	1	0	0	0	0	0	7	12029	7
165°	7	155	208	34	0	0	0	0	0	0	8	14475	9
180°	14	163	177	35	0	0	0	0	0	0	8	13159	8
195°	10	134	144	23	0	0	0	0	0	0	6	10477	6
210°	8	100	82	21	0	0	0	0	0	0	4	7063	4
225°	11	79	58	8	0	0	0	0	0	0	3	4499	3
240°	7	63	32	2	0	0	0	0	0	0	2	2594	2
255°	9	54	17	1	0	0	0	0	0	0	2	1771	1
270°	8	58	14	3	0	0	0	0	0	0	2	1694	1
285°	4	30	11	2	1	0	0	0	0	0	1	1387	1
300°	5	38	5	0	0	0	0	0	0	0	1	789	0
315°	8	42	12	6	0	0	0	0	0	0	1	1693	1
330°	6	43	17	5	2	0	0	0	0	0	1	2066	1
345°	5	56	26	10	0	0	0	0	0	0	2	2886	2
Sum%	4	47	40	9	0	0	0	0	0	0			

Tabell 7 Strømstyrke-retningsmatrise ved 31 m dybde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor

	Strømhastighet [cm/s]											Utskiftning	
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m ³ /m ²	%
0°	22	96	59	12	0	0	0	0	0	0	4	5190	3
15°	14	101	72	27	0	0	0	0	0	0	4	6974	4
30°	4	92	122	29	0	0	0	0	0	0	5	9209	6
45°	3	129	137	35	1	0	0	0	0	0	6	11208	7
60°	4	117	130	21	0	0	0	0	0	0	5	9479	6
75°	10	135	117	18	0	0	0	0	0	0	6	8762	5
90°	19	187	120	12	0	0	0	0	0	0	7	9461	6
105°	5	115	99	10	0	0	0	0	0	0	5	7091	4
120°	7	135	97	7	0	0	0	0	0	0	5	7120	4
135°	3	120	121	12	1	0	0	0	0	0	5	8233	5
150°	8	119	161	21	0	0	0	0	0	0	6	10690	7
165°	3	135	172	28	0	0	0	0	0	0	7	11820	7
180°	18	165	158	39	0	0	0	0	0	0	8	12753	8
195°	9	125	155	33	0	0	0	0	0	0	6	11476	7
210°	9	83	94	24	0	0	0	0	0	0	4	7403	5
225°	5	93	57	10	0	0	0	0	0	0	3	4736	3
240°	9	68	38	3	0	0	0	0	0	0	2	3070	2
255°	7	52	24	1	0	0	0	0	0	0	2	2012	1
270°	15	69	11	2	0	0	0	0	0	0	2	1796	1
285°	3	46	12	1	0	0	0	0	0	0	1	1407	1
300°	7	40	14	1	0	0	0	0	0	0	1	1415	1
315°	6	38	28	3	0	0	0	0	0	0	2	2032	1
330°	8	42	32	8	0	0	0	0	0	0	2	2629	2
345°	3	57	40	9	0	0	0	0	0	0	2	3557	2
Sum%	4	47	41	7	0	0	0	0	0	0			

APPENDIKS D FJERNET DATA

Aquadopp Profiler:

Fjernet 442 punkter på grunn av målinger etter opptak

08-Mar-2019 11:30:00 til 11-Mar-2019 13:00:00

Antall NaN (hull) i intervallet: 0

Støygulvet til instrumentet er satt til 22 counts.

Høyeste godkjente celle er valgt på grunnlag av moden for de tre strålene. Data med lav signalstyrke (under støygulvet + 7 counts) er også fjernet.

Høyeste godkjente celle er på 5.0 m dyp. Fjerner 5 celler over dette.

1 punkter er fjernet fra cellen ved 5.0 m dyp pga. støy

2 celler fjernet pga. målinger for nært instrumentet: 35.0 dyp og 37.0 dyp

Uteliggere:

Fjernet 52 punkter ved 5.0 m dybde:

02-Feb-2019 09:30:00, 02-Feb-2019 09:40:00, 03-Feb-2019 04:20:00, 03-Feb-2019 04:30:00, 03-Feb-2019 08:50:00, 03-Feb-2019 11:20:00, 03-Feb-2019 11:30:00, 03-Feb-2019 14:20:00, 04-Feb-2019 10:30:00, 04-Feb-2019 16:20:00, 04-Feb-2019 16:30:00, 05-Feb-2019 07:00:00, 05-Feb-2019 16:00:00, 07-Feb-2019, 07-Feb-2019 00:10:00, 07-Feb-2019 05:00:00, 07-Feb-2019 07:20:00, 07-Feb-2019 07:30:00, 07-Feb-2019 08:00:00, 07-Feb-2019 23:00:00, 07-Feb-2019 23:10:00, 08-Feb-2019 03:10:00, 08-Feb-2019 07:20:00, 09-Feb-2019 05:10:00, 09-Feb-2019 09:40:00, 11-Feb-2019 04:20:00, 12-Feb-2019 03:50:00, 13-Feb-2019 16:00:00, 13-Feb-2019 19:00:00, 13-Feb-2019 23:00:00, 14-Feb-2019 05:30:00, 14-Feb-2019 05:40:00, 14-Feb-2019 06:40:00, 14-Feb-2019 06:50:00, 14-Feb-2019 07:00:00, 17-Feb-2019 18:30:00, 18-Feb-2019 04:50:00, 18-Feb-2019 17:30:00, 20-Feb-2019 17:30:00, 21-Feb-2019 00:10:00, 22-Feb-2019 17:30:00, 24-Feb-2019 10:50:00, 24-Feb-2019 11:20:00, 26-Feb-2019 06:20:00, 26-Feb-2019 09:10:00, 26-Feb-2019 10:20:00, 03-Mar-2019 18:40:00, 05-Mar-2019 06:30:00, 05-Mar-2019 07:10:00, 05-Mar-2019 12:00:00, 05-Mar-2019 12:10:00, 05-Mar-2019 12:20:00

Fjernet 48 punkter ved 7.0 m dybde:

02-Feb-2019 06:20:00, 02-Feb-2019 07:30:00, 02-Feb-2019 08:20:00, 02-Feb-2019 09:30:00, 03-Feb-2019 06:40:00, 03-Feb-2019 08:50:00, 03-Feb-2019 11:30:00, 04-Feb-2019 16:30:00, 07-Feb-2019, 07-Feb-2019 05:00:00, 07-Feb-2019 05:20:00, 07-Feb-2019 07:10:00, 07-Feb-2019 07:20:00, 07-Feb-2019 07:30:00, 07-Feb-2019 17:00:00, 07-Feb-2019 22:50:00, 07-Feb-2019 23:00:00, 08-Feb-2019 07:20:00, 09-Feb-2019 09:40:00, 10-Feb-2019 01:00:00, 12-Feb-2019 03:50:00, 12-Feb-2019 16:20:00, 12-Feb-2019 18:30:00, 12-Feb-2019 18:40:00, 13-Feb-2019 16:00:00, 13-Feb-2019 19:00:00, 14-Feb-2019 07:00:00, 16-Feb-2019 06:00:00, 20-Feb-2019 08:20:00, 20-Feb-2019 18:20:00, 20-Feb-2019 22:30:00, 20-Feb-2019 22:40:00, 21-Feb-2019 00:10:00, 22-Feb-2019 06:30:00, 22-Feb-2019 17:30:00, 23-Feb-2019 04:50:00, 24-Feb-2019 07:20:00, 24-Feb-2019 07:30:00, 24-Feb-2019 09:20:00, 24-Feb-2019 15:00:00, 26-Feb-2019 10:20:00, 02-Mar-2019 16:10:00, 02-Mar-2019 16:20:00, 05-Mar-2019 06:30:00, 05-Mar-2019 12:00:00, 05-Mar-2019 12:10:00, 08-Mar-2019 04:00:00, 08-Mar-2019 04:40:00

Fjernet 38 punkter ved 9.0 m dybde:

02-Feb-2019 06:10:00, 02-Feb-2019 06:20:00, 02-Feb-2019 08:20:00, 02-Feb-2019 09:30:00, 03-Feb-2019 05:00:00, 03-Feb-2019 08:50:00, 03-Feb-2019 11:30:00, 04-Feb-2019 10:10:00, 04-Feb-2019 10:20:00, 04-Feb-2019 10:30:00, 04-Feb-2019 16:30:00, 07-Feb-2019, 07-Feb-2019 07:20:00, 09-Feb-2019 05:00:00, 09-Feb-2019 09:40:00, 11-Feb-2019 06:10:00, 11-Feb-2019 08:50:00, 12-Feb-2019 16:20:00, 13-Feb-2019 15:10:00, 13-Feb-2019 23:00:00, 18-Feb-2019 17:30:00, 20-Feb-2019 08:20:00, 20-Feb-2019 19:00:00, 21-Feb-2019 01:00:00, 21-Feb-2019 07:30:00, 24-Feb-2019 07:20:00, 24-Feb-2019 09:20:00, 24-Feb-2019 09:30:00, 24-Feb-2019 17:10:00, 25-Feb-2019 20:50:00, 26-Feb-

2019 09:30:00, 02-Mar-2019 07:00:00, 02-Mar-2019 16:10:00, 02-Mar-2019 16:20:00, 05-Mar-2019 06:20:00, 05-Mar-2019 06:30:00, 05-Mar-2019 12:10:00, 08-Mar-2019 04:40:00

Fjernet 21 punkter ved 11.0 m dybde:

02-Feb-2019 06:20:00, 02-Feb-2019 08:20:00, 02-Feb-2019 09:30:00, 03-Feb-2019 08:50:00, 04-Feb-2019 16:30:00, 06-Feb-2019 18:40:00, 07-Feb-2019, 09-Feb-2019 05:00:00, 12-Feb-2019 16:20:00, 13-Feb-2019 15:10:00, 15-Feb-2019 02:20:00, 16-Feb-2019 01:40:00, 20-Feb-2019 03:50:00, 20-Feb-2019 19:00:00, 20-Feb-2019 21:30:00, 21-Feb-2019 01:00:00, 24-Feb-2019 07:20:00, 24-Feb-2019 09:20:00, 25-Feb-2019 07:50:00, 25-Feb-2019 08:00:00, 05-Mar-2019 12:10:00

Fjernet 39 punkter ved 13.0 m dybde:

01-Feb-2019 22:30:00, 02-Feb-2019 04:10:00, 02-Feb-2019 04:20:00, 02-Feb-2019 08:20:00, 02-Feb-2019 09:30:00, 02-Feb-2019 18:40:00, 03-Feb-2019 04:20:00, 03-Feb-2019 11:20:00, 03-Feb-2019 11:30:00, 03-Feb-2019 17:20:00, 03-Feb-2019 18:20:00, 04-Feb-2019 07:50:00, 06-Feb-2019 18:40:00, 08-Feb-2019 03:20:00, 09-Feb-2019 05:00:00, 09-Feb-2019 23:30:00, 10-Feb-2019 21:00:00, 12-Feb-2019 16:20:00, 13-Feb-2019 15:10:00, 15-Feb-2019 02:20:00, 16-Feb-2019 01:40:00, 18-Feb-2019 03:50:00, 18-Feb-2019 04:00:00, 20-Feb-2019 02:40:00, 20-Feb-2019 19:00:00, 21-Feb-2019 01:00:00, 21-Feb-2019 07:10:00, 22-Feb-2019 17:30:00, 22-Feb-2019 19:00:00, 24-Feb-2019 09:50:00, 24-Feb-2019 14:00:00, 24-Feb-2019 16:40:00, 24-Feb-2019 16:50:00, 24-Feb-2019 17:00:00, 25-Feb-2019 07:50:00, 25-Feb-2019 08:40:00, 26-Feb-2019 09:00:00, 07-Mar-2019 07:00:00, 07-Mar-2019 17:30:00

Fjernet 24 punkter ved 15.0 m dybde:

02-Feb-2019 09:30:00, 04-Feb-2019 07:50:00, 04-Feb-2019 19:10:00, 06-Feb-2019 18:40:00, 09-Feb-2019 05:00:00, 13-Feb-2019 15:10:00, 15-Feb-2019 02:20:00, 15-Feb-2019 02:30:00, 17-Feb-2019 04:10:00, 17-Feb-2019 16:40:00, 17-Feb-2019 17:30:00, 20-Feb-2019 02:40:00, 20-Feb-2019 02:50:00, 21-Feb-2019 07:10:00, 22-Feb-2019 19:00:00, 24-Feb-2019 13:50:00, 24-Feb-2019 16:40:00, 24-Feb-2019 16:50:00, 25-Feb-2019 08:30:00, 25-Feb-2019 08:40:00, 25-Feb-2019 08:50:00, 05-Mar-2019 06:30:00, 07-Mar-2019 07:00:00, 07-Mar-2019 17:30:00

Fjernet 19 punkter ved 17.0 m dybde:

02-Feb-2019 09:30:00, 13-Feb-2019 15:10:00, 15-Feb-2019 01:20:00, 17-Feb-2019 04:00:00, 17-Feb-2019 04:10:00, 17-Feb-2019 04:20:00, 17-Feb-2019 17:30:00, 20-Feb-2019 18:00:00, 24-Feb-2019 16:40:00, 24-Feb-2019 16:50:00, 24-Feb-2019 19:50:00, 25-Feb-2019 08:30:00, 25-Feb-2019 08:40:00, 03-Mar-2019 02:20:00, 03-Mar-2019 03:00:00, 05-Mar-2019 05:00:00, 05-Mar-2019 05:10:00, 05-Mar-2019 19:10:00, 07-Mar-2019 07:00:00

Fjernet 34 punkter ved 19.0 m dybde:

02-Feb-2019 05:40:00, 03-Feb-2019 07:40:00, 05-Feb-2019 17:10:00, 07-Feb-2019 19:10:00, 07-Feb-2019 21:50:00, 08-Feb-2019 17:40:00, 09-Feb-2019 09:00:00, 13-Feb-2019 21:10:00, 15-Feb-2019 01:20:00, 16-Feb-2019 01:20:00, 16-Feb-2019 16:40:00, 17-Feb-2019 04:10:00, 17-Feb-2019 17:30:00, 20-Feb-2019 02:40:00, 20-Feb-2019 19:10:00, 23-Feb-2019 16:00:00, 24-Feb-2019 09:10:00, 24-Feb-2019 13:50:00, 24-Feb-2019 16:40:00, 24-Feb-2019 16:50:00, 25-Feb-2019 08:40:00, 26-Feb-2019 09:40:00, 28-Feb-2019 02:10:00, 01-Mar-2019 14:10:00, 03-Mar-2019 02:20:00, 03-Mar-2019 03:00:00, 03-Mar-2019 14:10:00, 04-Mar-2019 14:10:00, 04-Mar-2019 16:50:00, 05-Mar-2019 04:50:00, 05-Mar-2019 05:00:00, 05-Mar-2019 05:10:00, 05-Mar-2019 17:50:00, 08-Mar-2019 05:40:00

Fjernet 40 punkter ved 21.0 m dybde:

04-Feb-2019 18:30:00, 07-Feb-2019 19:10:00, 11-Feb-2019 20:50:00, 13-Feb-2019 09:20:00, 13-Feb-2019 09:30:00, 15-Feb-2019 01:20:00, 15-Feb-2019 03:50:00, 16-Feb-2019 01:20:00, 16-Feb-2019 15:00:00, 16-Feb-2019 16:40:00, 17-Feb-2019 17:30:00, 17-Feb-2019 17:40:00, 19-Feb-2019 05:20:00, 19-Feb-2019 05:30:00, 19-Feb-2019 06:10:00,

19-Feb-2019 06:20:00, 21-Feb-2019 17:50:00, 22-Feb-2019 20:50:00, 23-Feb-2019 16:00:00, 23-Feb-2019 19:20:00, 24-Feb-2019 07:10:00, 26-Feb-2019 09:40:00, 27-Feb-2019 11:50:00, 28-Feb-2019 00:10:00, 03-Mar-2019 02:20:00, 03-Mar-2019 02:30:00, 03-Mar-2019 14:10:00, 04-Mar-2019 16:00:00, 04-Mar-2019 16:50:00, 05-Mar-2019 04:30:00, 05-Mar-2019 04:50:00, 05-Mar-2019 05:00:00, 06-Mar-2019 05:00:00, 06-Mar-2019 15:10:00, 06-Mar-2019 15:20:00, 06-Mar-2019 17:50:00, 07-Mar-2019 18:30:00, 07-Mar-2019 19:00:00, 08-Mar-2019 05:40:00, 08-Mar-2019 07:30:00

Fjernet 22 punkter ved 23.0 m dybde:

03-Feb-2019 03:40:00, 11-Feb-2019 18:30:00, 11-Feb-2019 21:30:00, 14-Feb-2019 08:10:00, 14-Feb-2019 08:20:00, 15-Feb-2019 03:50:00, 15-Feb-2019 14:50:00, 16-Feb-2019 15:00:00, 17-Feb-2019 17:30:00, 19-Feb-2019 05:20:00, 19-Feb-2019 05:30:00, 21-Feb-2019 04:30:00, 22-Feb-2019 20:50:00, 22-Feb-2019 21:00:00, 24-Feb-2019 07:10:00, 24-Feb-2019 16:40:00, 25-Feb-2019 20:50:00, 01-Mar-2019 12:40:00, 04-Mar-2019 18:00:00, 06-Mar-2019 15:20:00, 08-Mar-2019 05:40:00, 08-Mar-2019 07:30:00

Fjernet 10 punkter ved 25.0 m dybde:

11-Feb-2019 18:30:00, 11-Feb-2019 21:30:00, 18-Feb-2019 16:20:00, 18-Feb-2019 16:50:00, 21-Feb-2019 17:40:00, 21-Feb-2019 18:40:00, 22-Feb-2019 20:50:00, 26-Feb-2019 10:00:00, 05-Mar-2019 03:50:00, 05-Mar-2019 18:30:00

Fjernet 4 punkter ved 27.0 m dybde:

21-Feb-2019 19:20:00, 06-Mar-2019 01:50:00, 06-Mar-2019 17:50:00, 06-Mar-2019 18:00:00

Fjernet 6 punkter ved 29.0 m dybde:

04-Feb-2019 10:10:00, 11-Feb-2019 14:10:00, 18-Feb-2019 04:50:00, 19-Feb-2019 16:20:00, 21-Feb-2019 19:20:00, 06-Mar-2019 17:50:00

Fjernet 3 punkter ved 31.0 m dybde:

12-Feb-2019 08:10:00, 13-Feb-2019 15:10:00, 06-Mar-2019 17:50:00

Fjernet 2 punkter ved 33.0 m dybde:

13-Feb-2019 16:00:00, 27-Feb-2019 07:40:00

APPENDIKS E INSTRUMENTSPESIFIKASJONER

Tabell 8 Instrumentspesifikasjonene

	Aquadopp Profiler
Horisontal nøyaktighet	±0.5 cm/s, ±1%
Nøyaktighet retning	±2°
Temperatur nøyaktighet	±0.1°

APPENDIKS F KALIBRERING AQUADOPP PROFILER AQD 5569

Tabell 9 Test og spesifikasjoner

	Dato	Utført av
Service/test		Nortek
Funksjonstest	01.02.2019	Multiconsult
Tilt	01.02.2019	Multiconsult
Temperatur	01.02.2019	Multiconsult
Kompass	01.02.2019	Multiconsult
Ping sjekk	01.02.2019	Multiconsult

Tabell 10 Kalibrering

	Dato	Utført av
Kompasskalibrering	01.02.2019	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	08.03.2019	Multiconsult