
RAPPORT

Gunnarbåten, Hadsel kommune

23.02.2016 - 12.04.2016

OPPDRAAGSGIVER

Kystverket

EMNE

Strømanalyse

DATO / REVISJON: 28.04.2016 / 0

DOKUMENTKODE: 713309-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	Miljøundersøkelser	DOKUMENTKODE	713309-RIMT-RAP-001
EMNE	Strømanalyse, Gunnarbåten, Hadsel kommune, 2016	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Kystverket	OPPDRAGSLEDER	Sanja Forsström
KONTAKTPERSON	Atle Rønning	UTARBEIDET AV	Juliane Borge
KOORDINATER	15°12.098' Ø 68°27.715' N	ANSVARLIG ENHET	4042 Tromsø Marint miljø og havbruk

SAMMENDRAG

Det er utført strømmålinger ved Gunnarbåten, Hadsel kommune, i perioden 23.02.2016 - 12.04.2016. Gjennomsnitts- og maksimalstrøm og andel nullmålinger er som følgende:

Dybde [m]	Gjennomsnittstrøm [cm/s]	Maksimalstrøm [cm/s]	Retning av maksimalstrøm [°]	Målinger <=1cm/s [%]
7 m	18	65	23	0.7
17 m	15	63	35	0.5
27 m	15	63	26	0.8
37 m	15	55	23	0.7
56 m	17	67	33	0.4

Horizontal strøm: Det er målt strøm med gjennomsnittshastighet på mellom 15 og 18 cm/s i hele vannsøylen. Strømmens to hovedretninger er nord-nordøst og sør-sørvest. Den nordgående strømmen er sterkere enn den sørgående ved alle dybder. Ved 7 m dyp opptrer det hyppigere nordgående enn sørgående strøm, mens det er omvendt ved bunn. Maksimalstrømmen er målt ved bunn. Varierende strømhastighet- og retning under perioder med nordgående strøm kan tyde på virveldannelse i området ved Raftsundbrua.

Tidevann og vind: Ved Gunnarbåten er strømmen sterkt tidevannsdrevet. Den lokale vinden ser ut til å kunne påvirke strømmen når vinden er sterkere enn 12-15 m/s. Mulige andre prosesser som påvirker strømmen er vær-situasjon over et større område (f.eks. trykk, temperatur, vind), variasjoner i kyststrømmen og ferskvannsavrenning som bidrar til lagdeling i sommerhalvåret.

0	28.04.2016	Strømanalyse	HMF	JB	JVL	EH
REV.	DATO	BESKRIVELSE	MÅLING UTFØRT	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Oversikt - Strømmålinger	5
2	Statistisk analyse - Strømmålinger	7
2.1	Gjennomsnitt- og maksimalstrøm	7
2.2	Vannutskiftning.....	10
3	Tidevann og vind	12
3.1	Tidevannsanalyse.....	12
3.2	Sammenheng mellom vind og strøm	14
4	Strøm - Todagersperiode	17
5	Sammendrag	18
6	Referanser	20

1 Oversikt - Strømmålinger

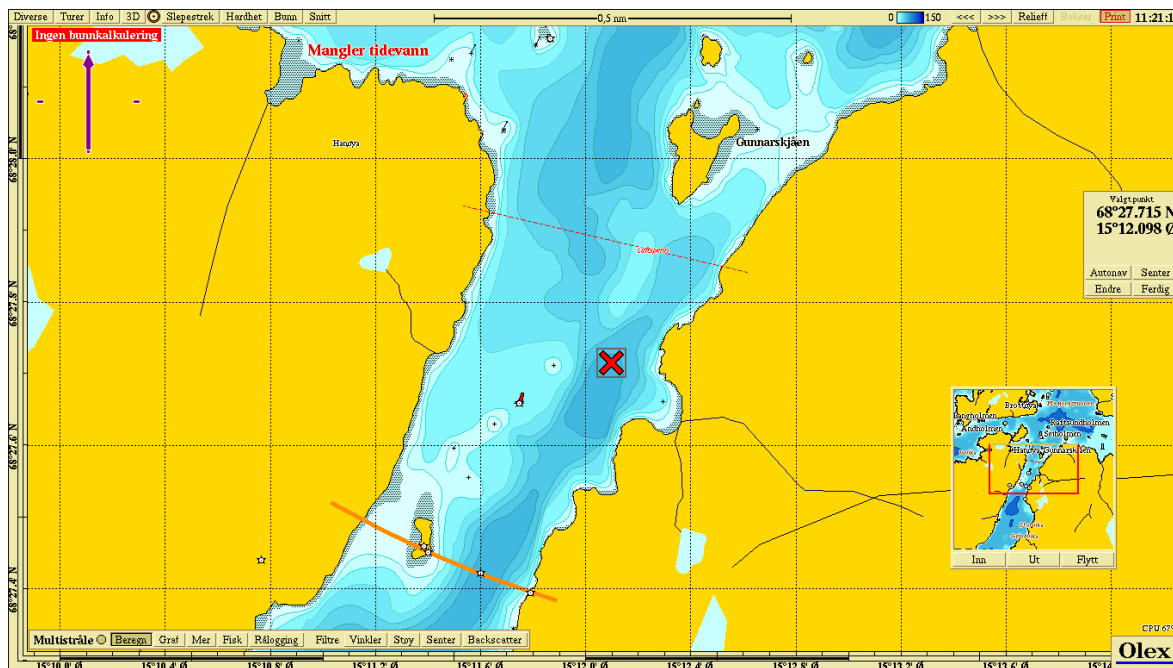
Strømmålinger ble foretatt ved Gunnarbåten i perioden 23.02.2016 - 12.04.2016.

Tabell 1 sammenfatter den viktigste bakgrunnsinformasjonen for målingen:

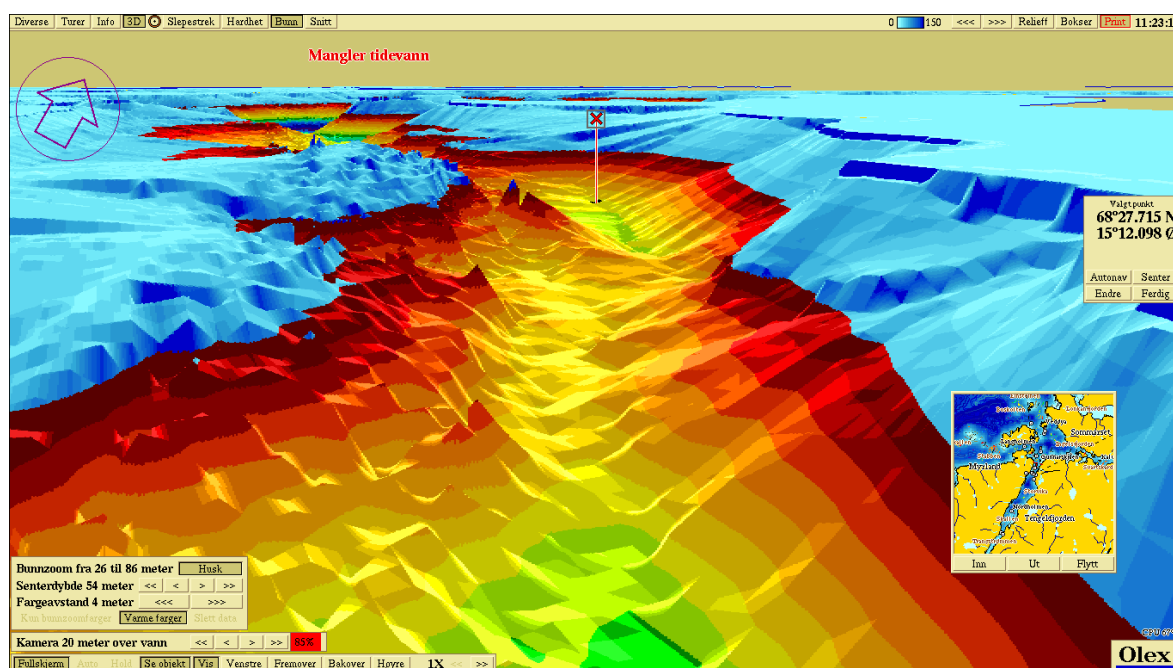
- **Plassering av måler:** Figur 1 og Figur 2 viser hvor måleriggen var plassert. Det vurderes å bruke området til deponi av mudrete masser og plasseringen ble valgt fordi den er ansett som representativ for deponiet.
- **Måledybder:** Det ble satt ut en doppler profilmåler ved 46 m dyp og en doppler punktmåler ved 56 m dyp. Målet er å kartlegge strømmen i hele vannsøylen.
- **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 48 dager.

Tabell 1: Generell informasjon om strømmålingen utført ved Gunnarbåten

Posisjon	68°27.715 N 15°12.098 Ø
Ca. dybde på målestedet	57 m
Måleperiode	23-Feb.-2016 20:10:00 til 12-Apr.-2016 14:40:00
Varighet	48 dager, 18 timer, 30 minutter
Antall målinger	7024
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigert for misvisning)
Målertype - 46 m dybde	Doppler profilmåler (Nortek Aquadopp profiler, Serienummer 12765), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 7 til 43 m dybde, cellediameter 2 m
Type måling - 46 m dybde	Burst (måling i 80 sekunder)
Målertype - 56 m dybde	Doppler punktmåler (AADI RCM 400, Serienummer 730), måling av horisontal strøm på instrumentdybde
Type måling - 56 m dybde	Burst (måling i 1 minutt), 150 ping
Frekvens	Hvert 10 minutt



Figur 1: Lokaltet Gunnarbåten. Målepunktet er merket med rødt kryss. Dybdekotene har 10 meters intervall



Figur 2: 3D modell av lokalitet Gunnarbåten. Målepunktet er merket med rødt kryss. Farget område er fra 26 m til 86 m dybde med fargeavstand på 4 m

2 Statistisk analyse - Strømmålinger

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

Dette kapitlet er en oppsummering av de viktigste statistiske egenskapene for strøm ved dybdene 7 m, 17 m, 27 m, 37 m og bunn. For flere detaljer henvises det til:

- Kapittel 5: Statistikktabell for forskjellige dybder
- Appendiks B: Rose- og pinnediagram for alle dybder

2.1 Gjennomsnitt- og maksimalstrøm

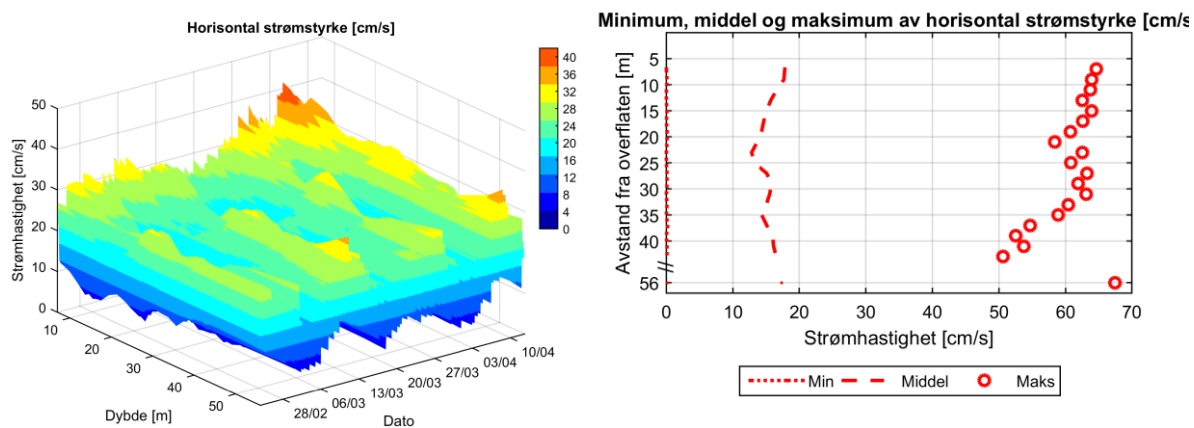
Tabell 2 viser maksimalstrøm i 8 retningssektorer for forskjellig dybde. Retningssektorene er sentrert rundt 0°, 45°, 90° osv. Figur 3 viser et 3D-diagram av horisontal strømhastighet over tid (venstre panel) samt minimum, middel- og maksimalstrøm ved forskjellige dybder (høyre panel). Figur 4 og Figur 5 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder i to og tre dimensjoner.

Maksimalstrømmen for denne lokaliteten ble målt ved 56 m dybde og var 67 cm/s mot 33°. At det oppstår så sterk strøm ved bunn kan forklares med at målepunktet ligger i nordenden av en fordypning og nordgående strøm vil akselereres av grunnen nord for målepunktet. Maksimalstrøm ved alle dyp er rettet mot nordøst, som er også den retningen som har høyest gjennomsnittsstrøm.

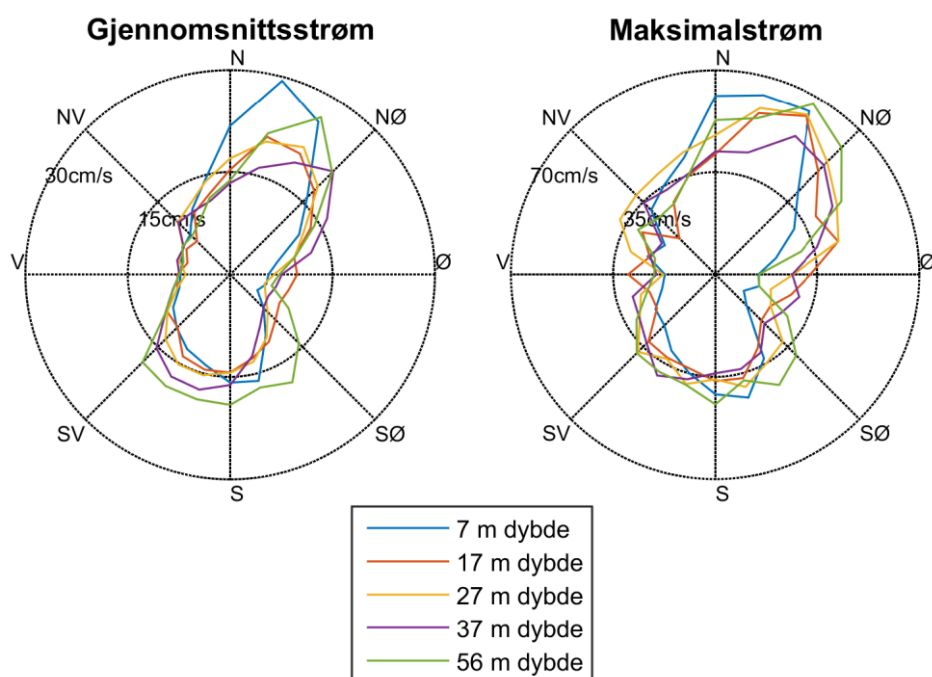
Dataene viser at det ofte er større variasjoner i strømhastigheten når det er nordgående strøm. Dette er også registrert i strømrretning og vertikalstrøm. Dette kan tyde på at det oppstår virvler i vannet som har passert under Raftsundbrua.

Tabell 2: Maksimal horisontal strøm [cm/s] og tilsvarende retning i 8 sektorer

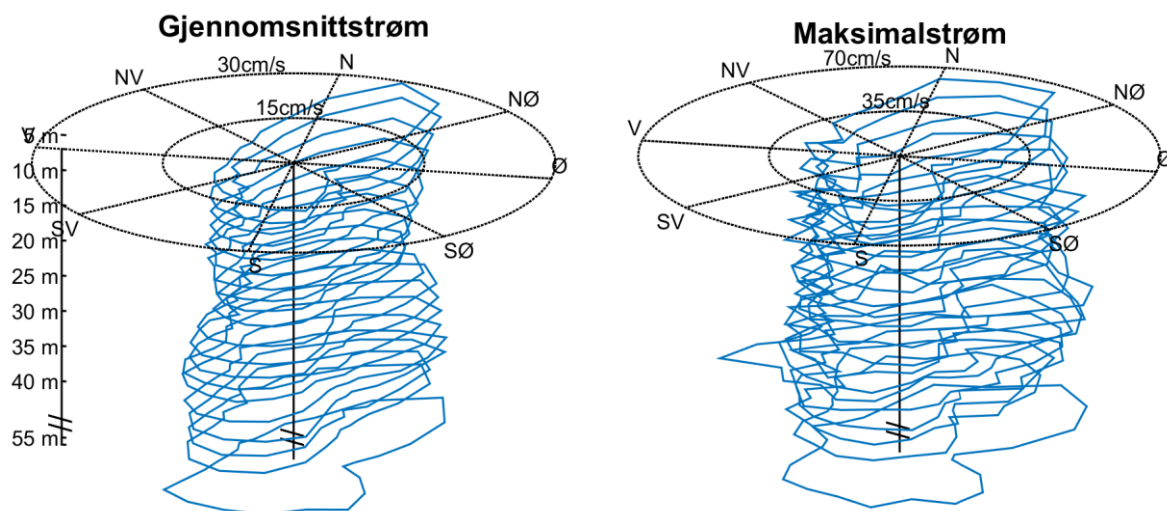
	Retning (mot)								Alle retninger
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
Dybde	Maksimal horisontal strøm [cm/s]								
7 m	64	65	21	33	44	30	24	35	65 (23°)
17 m	57	63	44	29	37	33	30	29	63 (35°)
27 m	59	63	44	35	40	38	30	40	63 (26°)
37 m	43	55	36	31	37	40	29	35	55 (23°)
56 m	55	67	30	44	44	38	24	31	67 (33°)



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



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



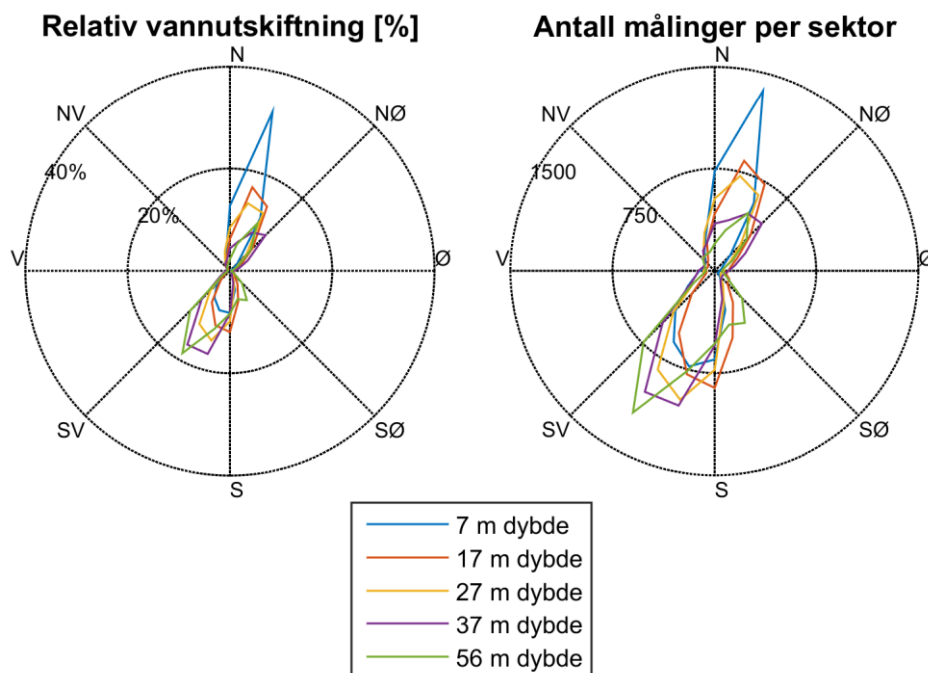
Figur 5: Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger i tre dimensjoner (15 graders sektorer) og dybder

2.2 Vannutskifting

Dette kapittelet omhandler vannutskiftningen. 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 . Vannutskiftningen kan oppgis per sektor, dvs. per retningsintervall. Vannutskiftningen i en sektor er den delen av vannfluksen hvor strømretningen er i et visst retningsintervall. Vannutskiftningen i 8 sektorer er inkludert i Tabell 3. Retningssektorene er sentrert rundt 0° , 45° , 90° osv. Figur 6 viser relativ vannutskifting og antall målinger i 15 graders sektorer for forskjellige dybder.

Figur 7 er et progressiv vektordiagram som viser hvordan en tenkt vannpartikkel på en gitt dybde ville forflyttet 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.

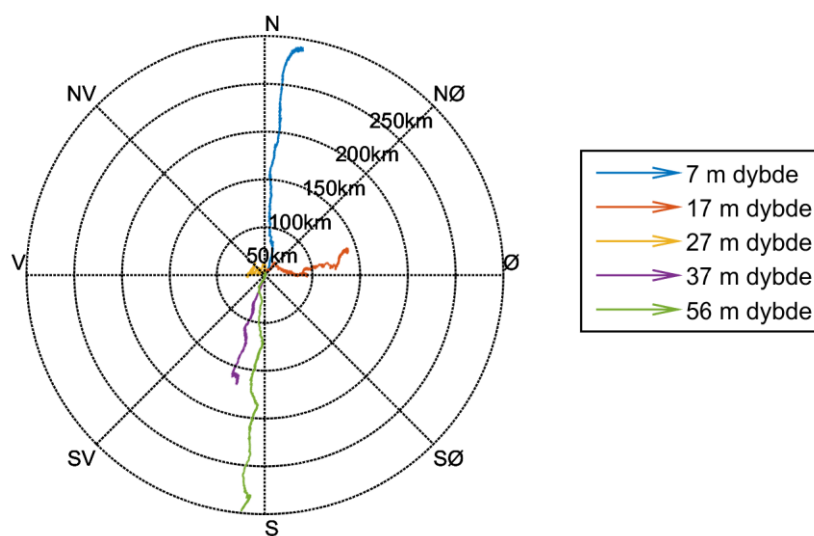
Figurene illustrerer at strømmens hovedretninger ved Gunnarbåten er nord-nordøst og sør-sørvest. Ved 7 m dyp er netto-vannutskiftningen rettet mot nord, ved bunn er den rettet mot sør og ved 27 m er den nær null.



Figur 6: Relativ vannutskifting og antall målinger per 15 graders sektor

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 [m³/m²]								
7 m	359442	109569	4490	8557	150642	85799	14922	18524	751946
17 m	158917	144529	17682	31833	180790	65376	8254	11486	618866
27 m	165475	121574	8526	12529	172837	122172	10903	23267	637283
37 m	79507	143608	19234	9893	176540	169828	17373	21731	637715
56 m	65987	133150	8853	78950	189071	227956	10252	17111	731332

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

3 Tidevann og vind

3.1 Tidevannsanalyse

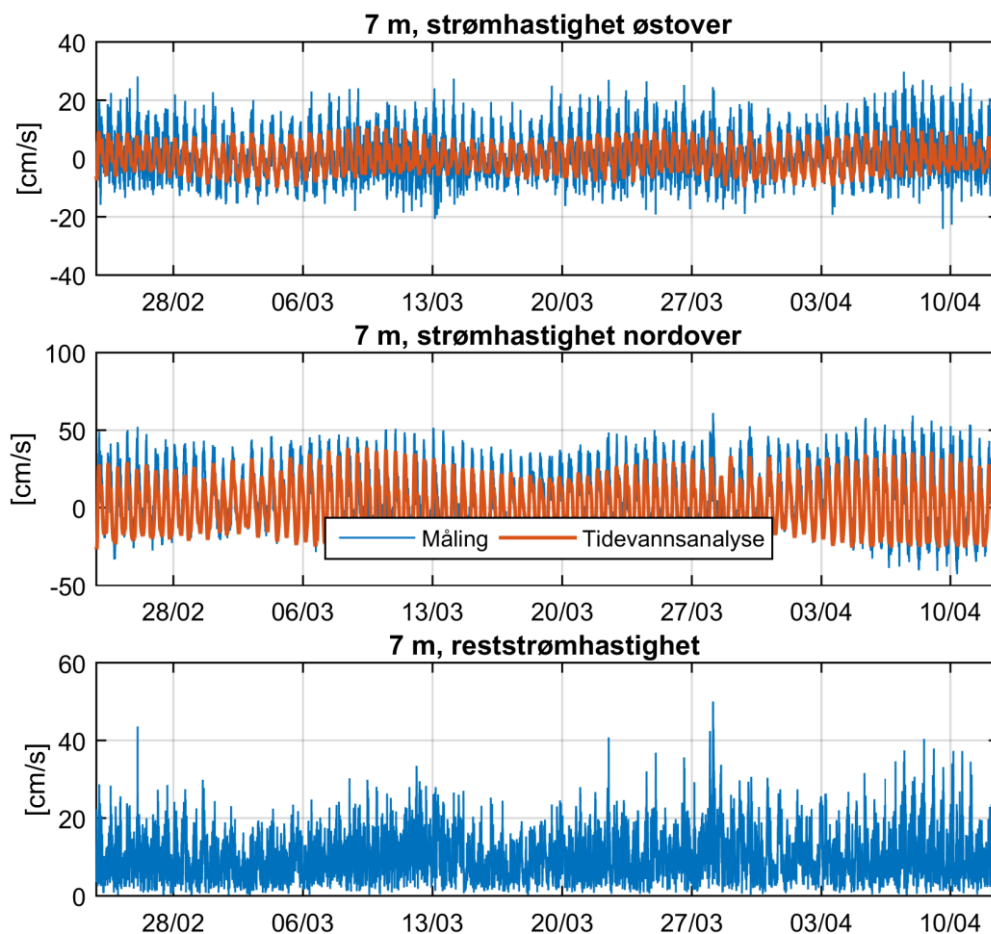
Det ble foretatt en tidevannsanalyse av den målte strømmen ved forskjellige dyp, som gir informasjon om tidevannets bidrag til strømbildet (Codiga, 2011). Tidevannet er en følge av tiltrekningskreftene mellom jord, måne og sol og de relative bevegelsene i jord-måne-solsystemet (Kartverket, 2014). Det 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) og komponenter med lengre perioder (spring-nippsyklus (MSF) 14.77 dager). Det er lokale forhold som avgjør hvilke komponenter som dominerer.

Resultatene fra tidevannsanalysen er gitt i Figur 8 til Figur 10.

Figur 8 viser tidsserien av strømmen ved 7 m dybde med tidevannsanalyse for den nordgående og østgående komponenten av strømmen samt reststrømmen.

Reststrømmen er den vektorielle differansen mellom den målte strømmen og tidevannsanalysen. 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 ved Gunnarbåten forklarer 75 % av variansen i datasettet. Maksimal tidevannsstrøm ved 7 m dybde er 39 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 17 cm/s (signifikant maksimum), men har en maksimalverdi på 50 cm/s.



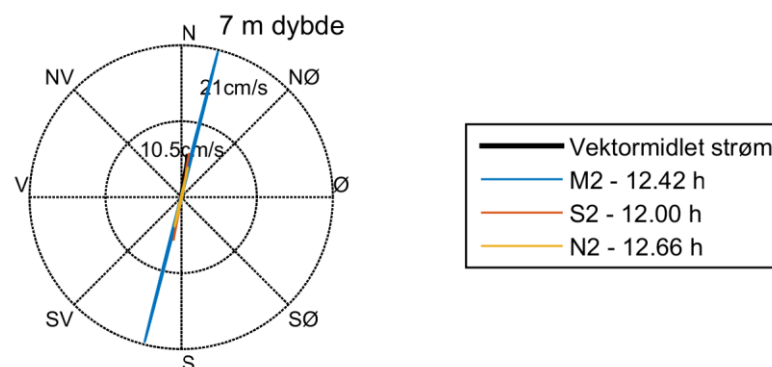
Figur 8: Horisontal strømhastighet, 7 m dybde, med tidevannsanalyse

Tidevannsstrømmer følger en ellipse, dvs. at strømrretningen roterer og strømhastigheten når maksimumsverdien og minimumsverdien to ganger i løpet av tidevannsperioden. Figur 9 viser tidevannsellipsene for de sterkeste tidevannskonstituentene av strømmen ved 7 m dybde. Ellipsene er veldig smale ved Gunnarbåten, som betyr at strømrretningen endrer seg fort når tidevannet snur. Hovedperiodene til tidevannssignalet ved 7 m dybde er 12.42 timer, 12.00 timer og 12.66 timer. Det "vanlige" tidevannet fra månen (to perioder per døgn) er mest framtreddende og figuren viser at tidevannsstrømmen oscillerer mellom nord-nordøstlig og sør-sørvestlig retning.

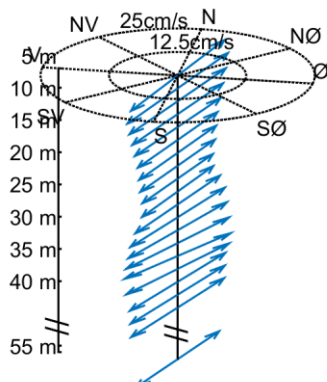
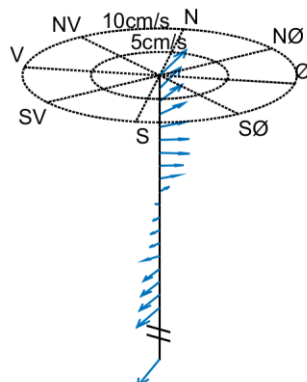
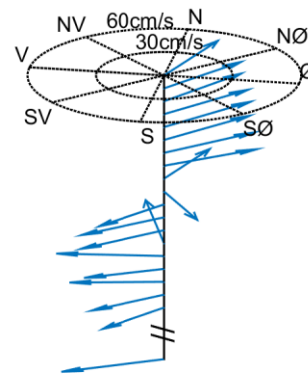
Vektormidlet strøm er vist som en svart strek i Figur 9. Dette er en gjennomsnittlig strøm som tar hensyn til strømrretningen. Hvis strømmen har vært 10 cm/s mot nord i en periode, og så 10 cm/s mot sør i like lang periode, så vil den vektormidlete strømmen være 0 cm/s, mens gjennomsnittsstrømmen ville være 10 cm/s. Tidevannsstrømmen som oscillerer fram og tilbake vil alltid ha 0 cm/s som vektormiddel. Den vektormidlete strømmen viser at vanntransporten er mot nord-nordøst ved 7 m dyp ved Gunnarbåten.

Figur 10 viser resultatene av tidevannsanalysen ved alle målte dybder. Figuren lengst til venstre viser hovedaksen av tidevannsellipsen som er mest framtreddende gjennom hele vannsøylen, i dette tilfellet M2. Figuren i midten viser den vektormidlete strømmen for hvert dyp, mens figuren til høyre viser maksimal avvik av den faktiske strømmen fra tidevannsanalysen. Figuren viser at både tidevannsstrømmen er stabil med dypet, mens den vektormidlete strømmen er rettet mot nord-nordøst ved overflaten, mot øst ved 17 m, nær null ved 27 m og mot sør-sørvest ved bunn. Tidevannsanalysen i de forskjellige dybdene forklarer mellom 66 og 75 % av variansen i strømmålingene.

Det konkluderes med at strømmen ved Gunnarbåten er sterk tidevannsdrevet og tidevannsstrømmen oscillerer mellom nord-nordøstlig og sør-sørvestlig retning.



Figur 9: Tidevannsellipsene av strømmen ved 7 m dybde. M2, S2 og N2 refererer til tidevannskonponentene. Middelstrømmen er vektorbasert

Tidevann - M2: 12.42 h**Vektormidlet strøm****Maksimal reststrøm**

Figur 10: Resultatene av tidevannsanalysen ved alle målte dybder

3.2 Sammenheng mellom vind og strøm

Sammenhengen mellom strøm og vind er også undersøkt. Det ble brukt vindmålinger fra Stokmarknes LH - Skagen målestasjon (eKlima) som ligger 15 km nordvest for Gunnarbåten og anses som mest representativ for lokaliteten. Verdiene er 10 minutters middelerverdier 10 meter over bakken. Figur 12 viser vindhastighet og vindretning, samt reststrømhastighet og reststrømretning ved 7 m dybde (dvs. strøm uten tidevann).

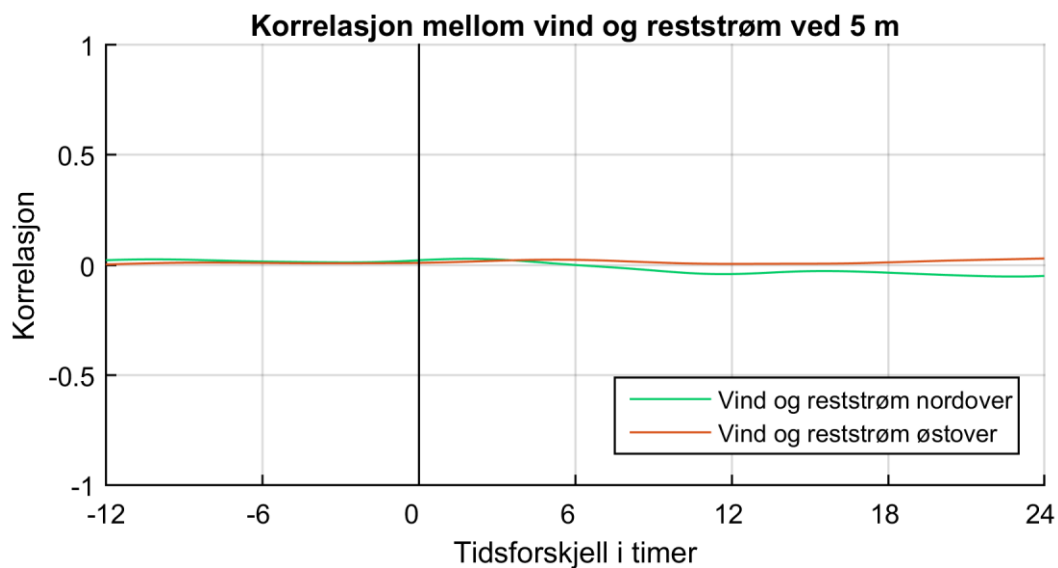
Figur 13 viser fordeling av retninger og styrke av både vind og reststrøm ved 7 m dybde.

Korrelasjon mellom vind og reststrøm ved 7 m dybde ble undersøkt (Figur 11).

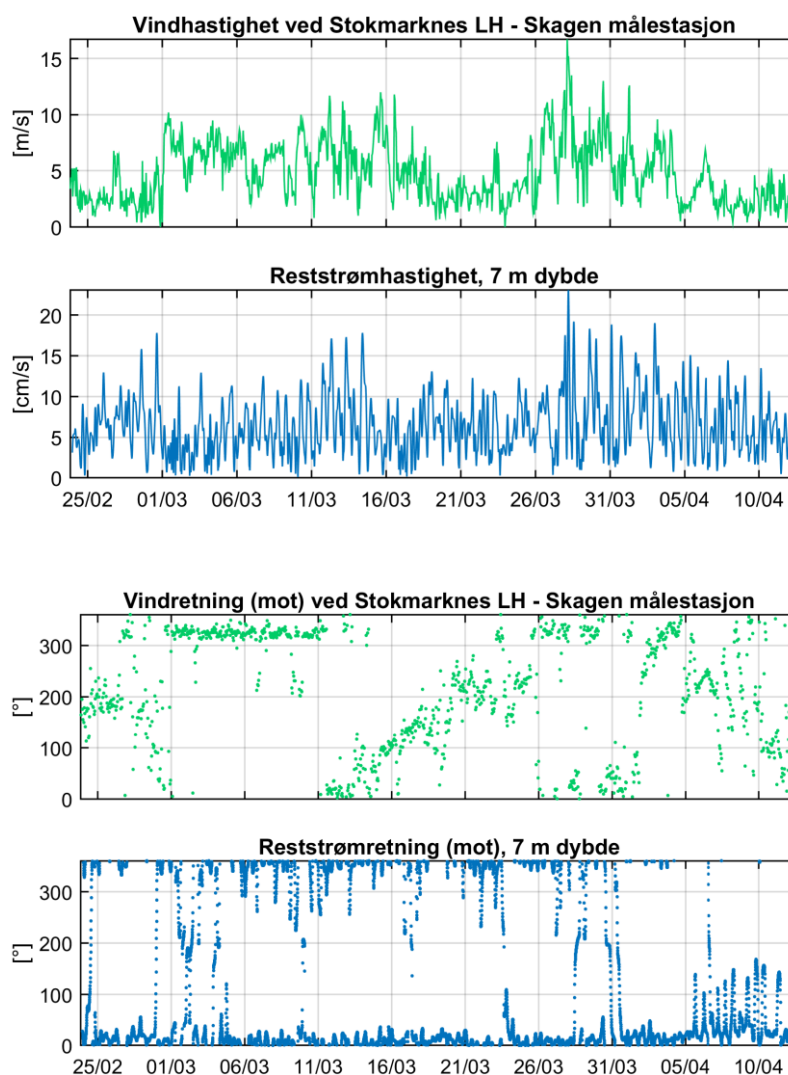
Korrelasjonskoeffisienten ligger alltid mellom -1 og 1, der 0 betyr at det ikke er en sammenheng mellom de undersøkte tidsseriene. Korrelasjonskoeffisient på 1 betyr at det er en perfekt lineær sammenheng der begge variablene går opp og ned samtidig og -1 betyr at det er en perfekt lineær sammenheng 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.

For sammenfallende vind og strøm, dvs. ved null tidsforskjell, er korrelasjonskoeffisienten 0.02 for nordlige og 0.01 for østlige komponentene ved Gunnarbåten. Dette er en svært lav korrelasjon.

Til tross for den lave korrelasjonen, viser Figur 12 at perioden med størst reststrøm i slutten av mars sammenfaller med perioden med sterkest vind. Vi konkluderer derfor at den lokale vinden ser ut til å påvirke strømmen ved 7 m dybde når vinden er sterkere enn 12-15 m/s.

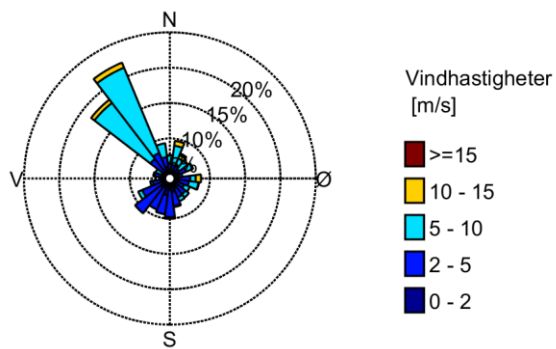
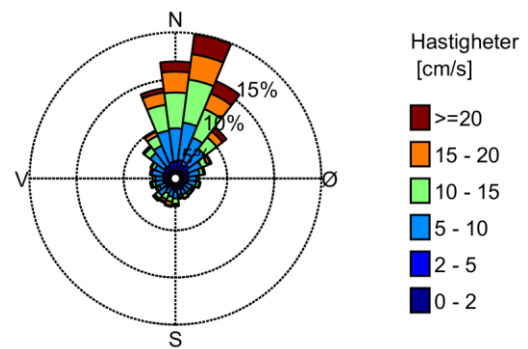


Figur 11: Korrelasjonskoeffisient mellom vind og reststrøm ved 7 m dybde for varierende tidsforskjell mellom vind og strøm. Verdien på y-aksen ved tidsforskjell null er korrelasjonen mellom sammenfallende vind og strøm.



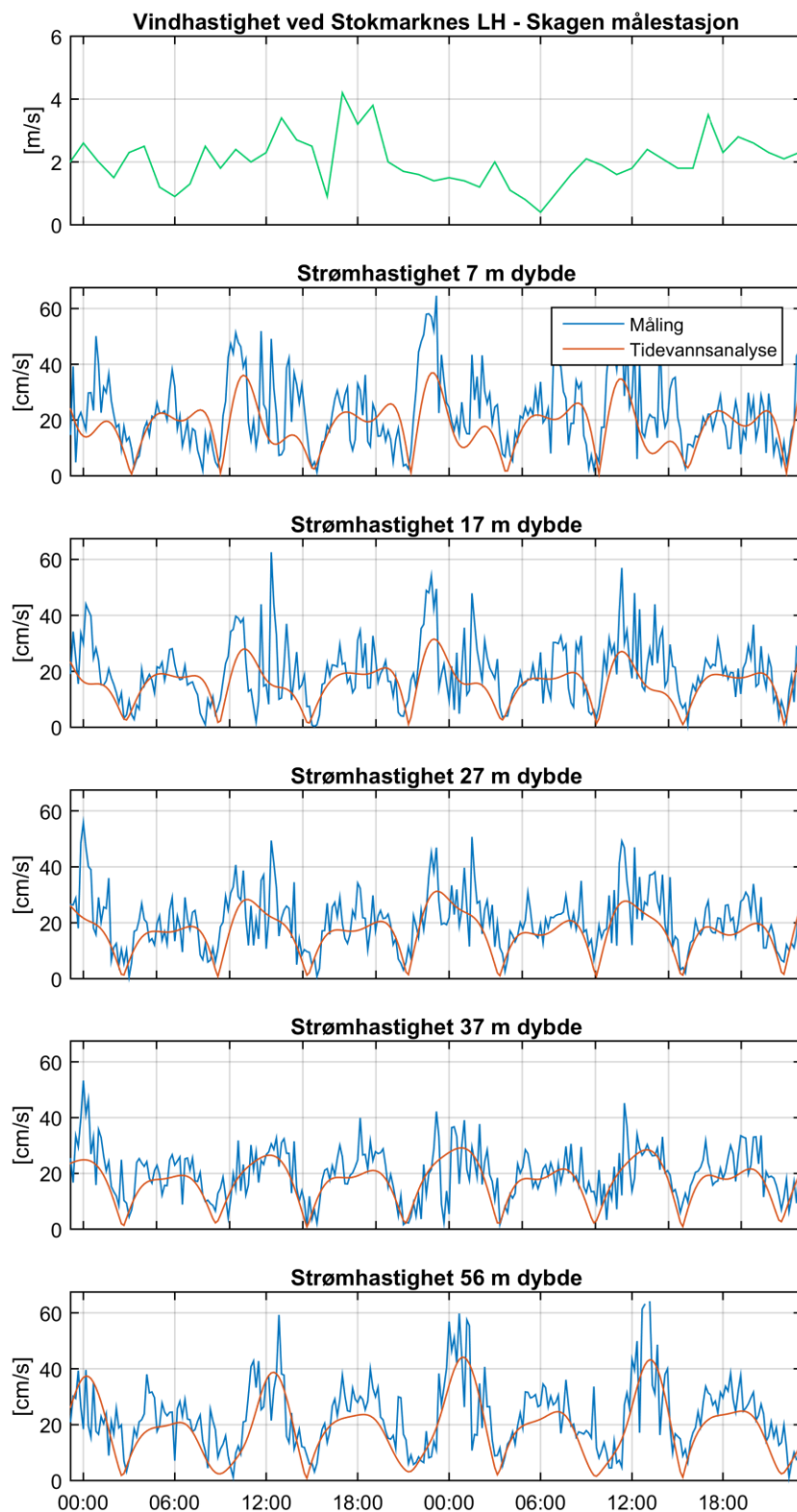
Figur 12: Vindretning, vindhastighet, reststrømrretning og reststrømhastighet ved 7 m dybde, lavpassfiltrert

Vind ved Stokmarknes LH - Skagen målestasjon

Reststrøm
7 m dybde**Figur 13:** Vind, og reststrøm ved 7 m dybde

4 Strøm - Todagersperiode

Figur 14 viser vind og strøm i todagersperioden rundt maksimalstrømmen ved 7 m dyp, 06.04.2016 - 08.04.2016. I de periodene der strømmen er sterkere, f.eks. 06.04. 12:00 og 00:00, er strømrretningen nordgående.



Figur 14: Vind og strøm i todagersperioden 06.04.2016-08.04.2016

5 Sammendrag

Det er foretatt strømmålinger ved Gunnarbåten, Hadsel kommune, i perioden 23.02.2016 til 12.04.2016. Tabell 4 gir en oversikt over resultatene.

Det er målt strøm med gjennomsnittshastighet på mellom 15 og 18 cm/s i hele vannsøylen. Strømmens to hovedretninger er nord-nordøst og sør-sørvest. Ved 7 m dyp opptrer det hyppigere nordgående enn sørgående strøm, mens det er omvendt ved bunn. Maksimalstrømmen er målt ved bunn. Strømmen ved Gunnarbåten er sterkt tidevannsdrevet. Lokal vind ser ut til å kunne spille en rolle når vinden er sterkere enn 12-15 m/s. Mulige andre prosesser som påvirker strømmen er vær-situasjon over et større område (f.eks. lufttrykk, temperatur, vind), variasjoner i kyststrømmen og ferskvannsavrenning som bidrar til lagdeling i sommerhalvåret.

Tabell 4: Oversikt statistikk, retningssektorene er sentrert rundt 15°, 30°, 45° osv.

Dybde	7 m	17 m	27 m	37 m	56 m
Horisontal strøm					
Gjennomsnittsstrøm (median)	18 (15) cm/s	15 (13) cm/s	15 (14) cm/s	15 (14) cm/s	17 (16) cm/s
Standardavvik	12 cm/s	9 cm/s	9 cm/s	8 cm/s	10 cm/s
Signifikant maksimumstrøm	33 cm/s	25 cm/s	26 cm/s	25 cm/s	30 cm/s
Maksimumstrøm	65 cm/s	63 cm/s	63 cm/s	55 cm/s	67 cm/s
Retning maksimumstrøm	23°	35°	26°	23°	33°
Signifikant minimumstrøm	6.2 cm/s	6.0 cm/s	6.1 cm/s	5.9 cm/s	6.3 cm/s
Minimumstrøm	0.0 cm/s	0.0 cm/s	0.1 cm/s	0.2 cm/s	0.2 cm/s
Neumanns parameter	0.32	0.14	0.02	0.18	0.34
Vektormidlet strøm	6 cm/s	2 cm/s	0 cm/s	3 cm/s	6 cm/s
Vektormidlet strømrretning	10°	75°	277°	194°	186°
Fire hyppigst forekommende strømrretningene (synkende rekkefølge, 15 graders sektor)	15°, 0°, 195°, 180°	180°, 15°, 195°, 30°	195°, 210°, 180°, 15°	210°, 195°, 180°, 225°	210°, 195°, 225°, 180°
Fire hyppigst forekommende strømhastighetene (synkende rekkefølge)	10-20, 5-10, 20-30, 30-40	10-20, 5-10, 20-30, 1-5	10-20, 5-10, 20-30, 1-5	10-20, 20-30, 5-10, 1-5	10-20, 20-30, 5-10, 1-5
Vannutskiftning					
Mest vannutskiftning pr. 15 graders sektor	241928 m ³ /m ² ved 15°	104724 m ³ /m ² ved 15°	89708 m ³ /m ² ved 195°	107176 m ³ /m ² ved 195°	135896 m ³ /m ² ved 210°
Minst vannutskiftning pr 15 graders sektor	691 m ³ /m ² ved 120°	2487 m ³ /m ² ved 285°	1627 m ³ /m ² ved 105°	2580 m ³ /m ² ved 120°	2248 m ³ /m ² ved 90°
Gjennomsnittlig total vannutskiftning pr. time (alle retninger)	642 m ³ /m ²	529 m ³ /m ²	544 m ³ /m ²	545 m ³ /m ²	625 m ³ /m ²
Nullmålinger					
Andel målinger <1cm/s	0.7 %	0.5 %	0.8 %	0.7 %	0.4 %
Lengste periode <1cm/s	20 min	30 min	20 min	20 min	10 min

Tabell 4 inkluderer både middelerdi og median. Middelerdien er summen av alle målte hastigheter delt på antall målinger, mens median er den midterste målingen av måledata sortert etter størrelse. Median er mindre påvirket av enkelte ekstremverdier. Signifikant maksimal strøm er gjennomsnittsverdien av den høyeste tredjedelen av alle målte hastigheter i perioden.

Vektormidlet strøm er den vektormidlete strømmen over hele perioden. Den er i praksis alltid lavere enn gjennomsnittsstrømmen.

Neumanns parameter er et mål for hvor stabil strømretningen har vært. Den beregnes ut ifra Figur 7 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.

For nøyaktigheten av målingene, se Appendiks E.

6 Referanser

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

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

Codiga, Daniel L.: Unified Tidal Analysis and Prediction

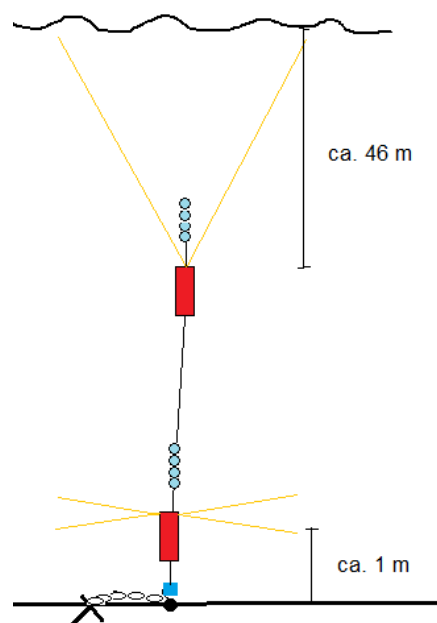
eKilma (eklima.no): Meteorologisk data fra Meteorologisk Institutt

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

Appendiks A Måling og kvalitetssikring

Strømmen ble målt med en akustisk doppler profilmåler (Aquadopp Profiler, produsent Nortek) og en akustisk doppler punktmåler (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. Aquadopp Profiler sender ut pulser i tre 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 15. Det ble brukt en akustisk utløser.

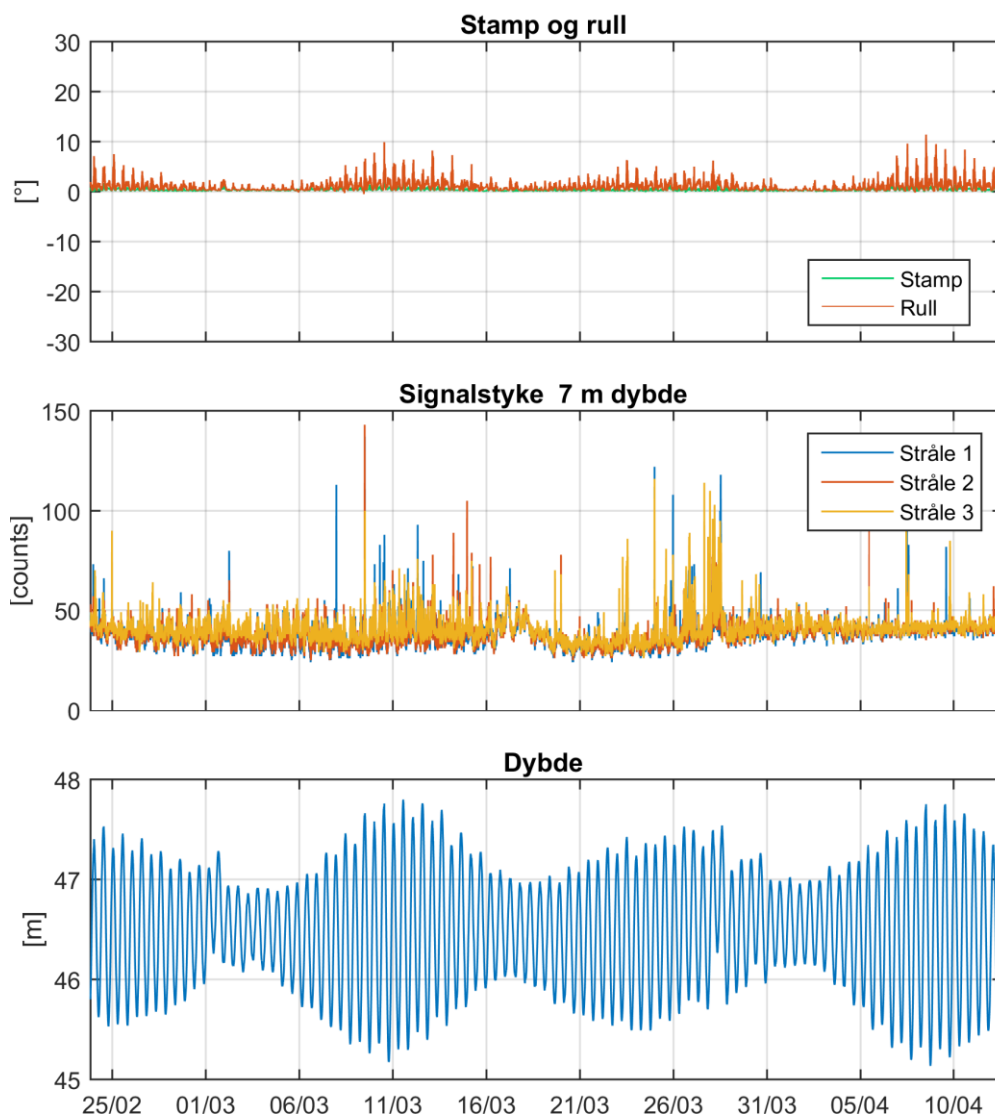


Figur 15: Skisse av riggen

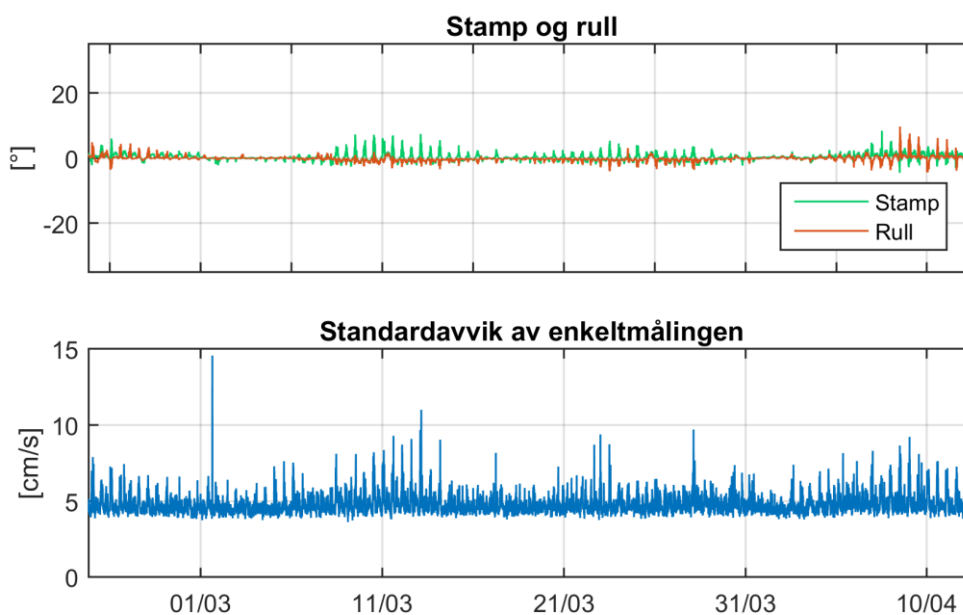
Det er gjennomført kvalitetssikring etter anbefalingene av instrumentenes produsent. Generelt er anbefalingene som følger:

- Seaguard: stamp og rull mindre enn 35° og standardavvik av enkeltmålingen ca. 4 cm/s
- 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 16 og Figur 17 viser noen av parametrene etter datarensing.

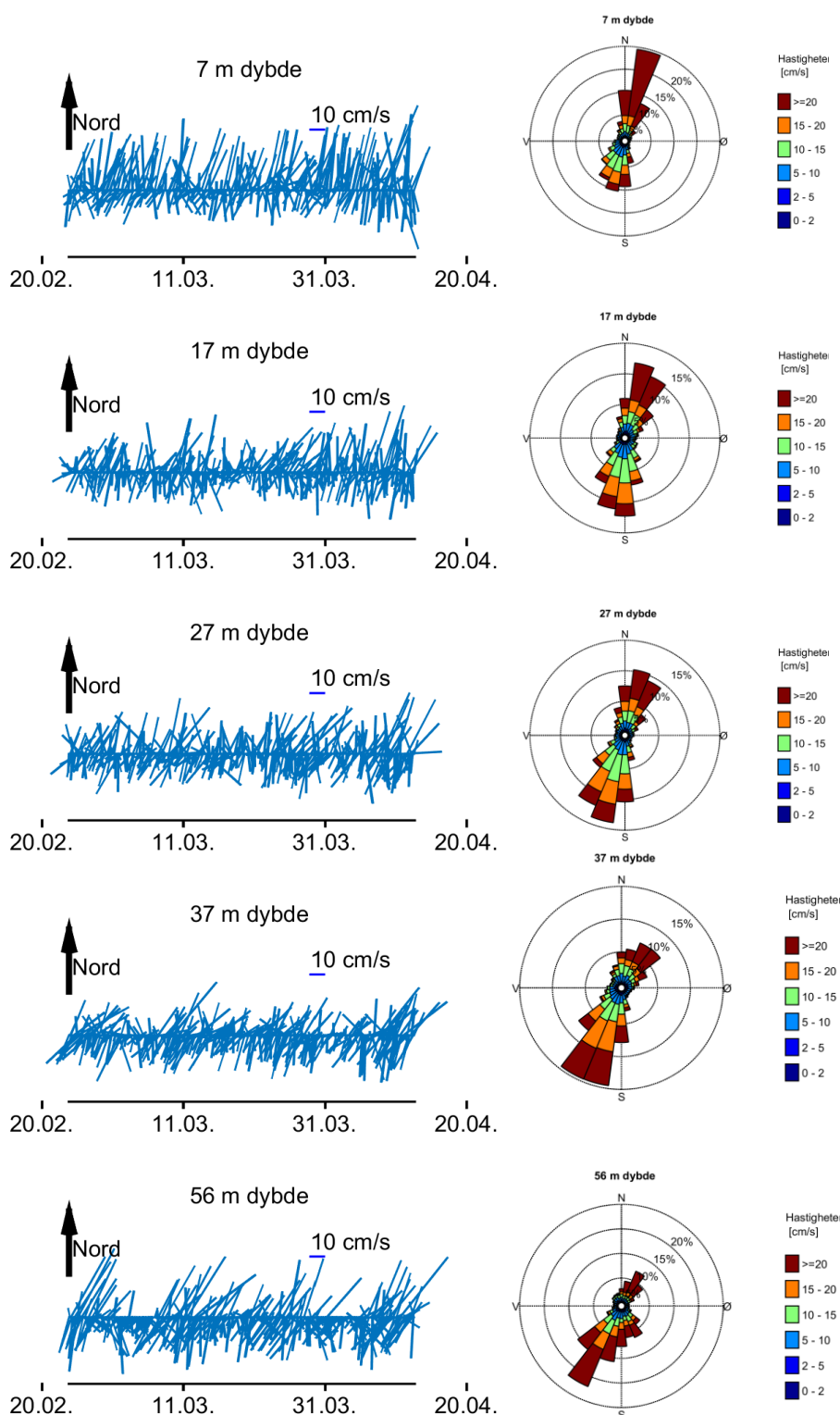


Figur 16: Kvalitetssikring Aquadopp Profiler 46 m etter datarensing



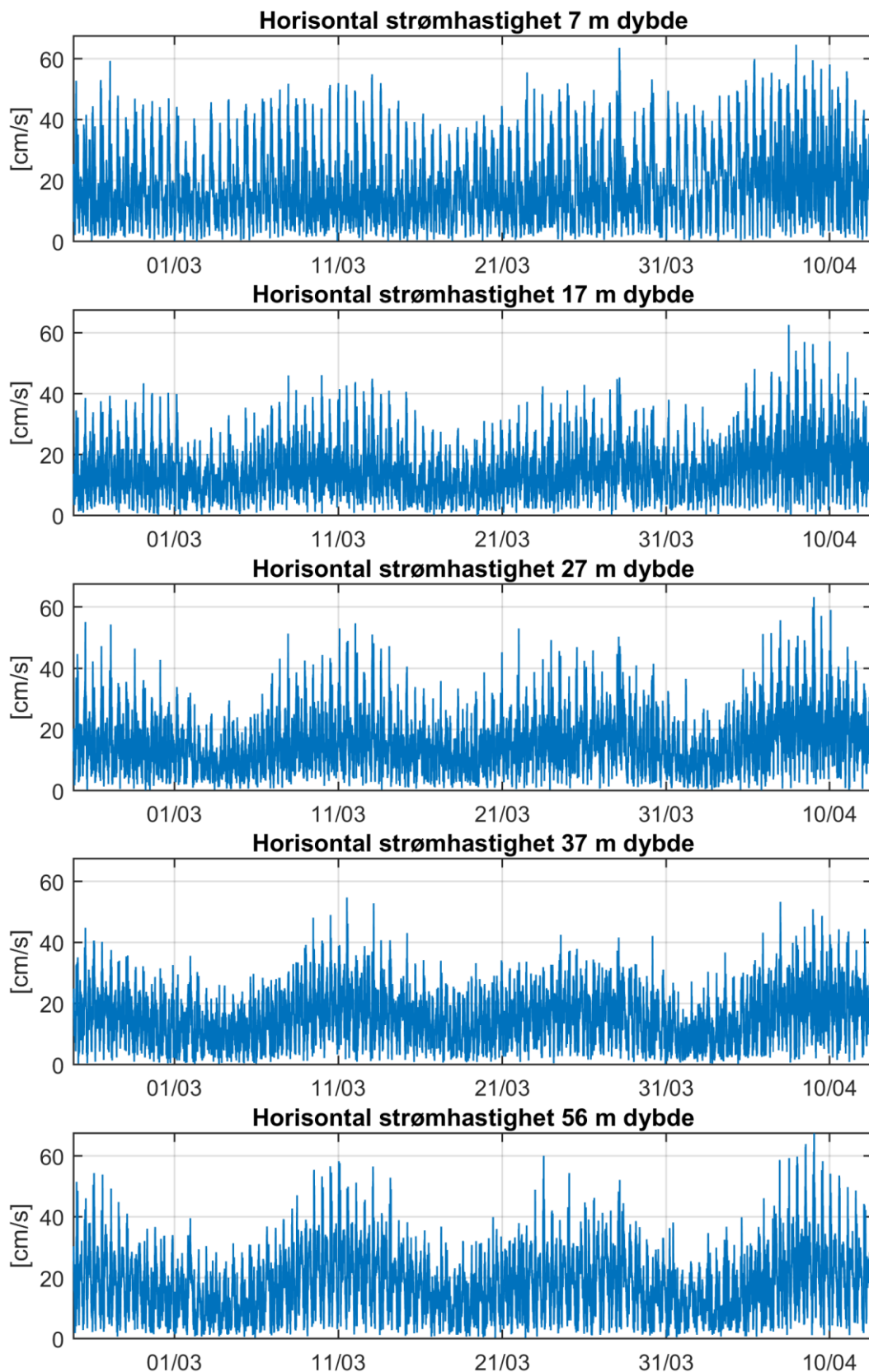
Figur 17: Kvalitetssikring Seaguard 56 m etter datarensing

Appendiks B Pinne- og rosediagram

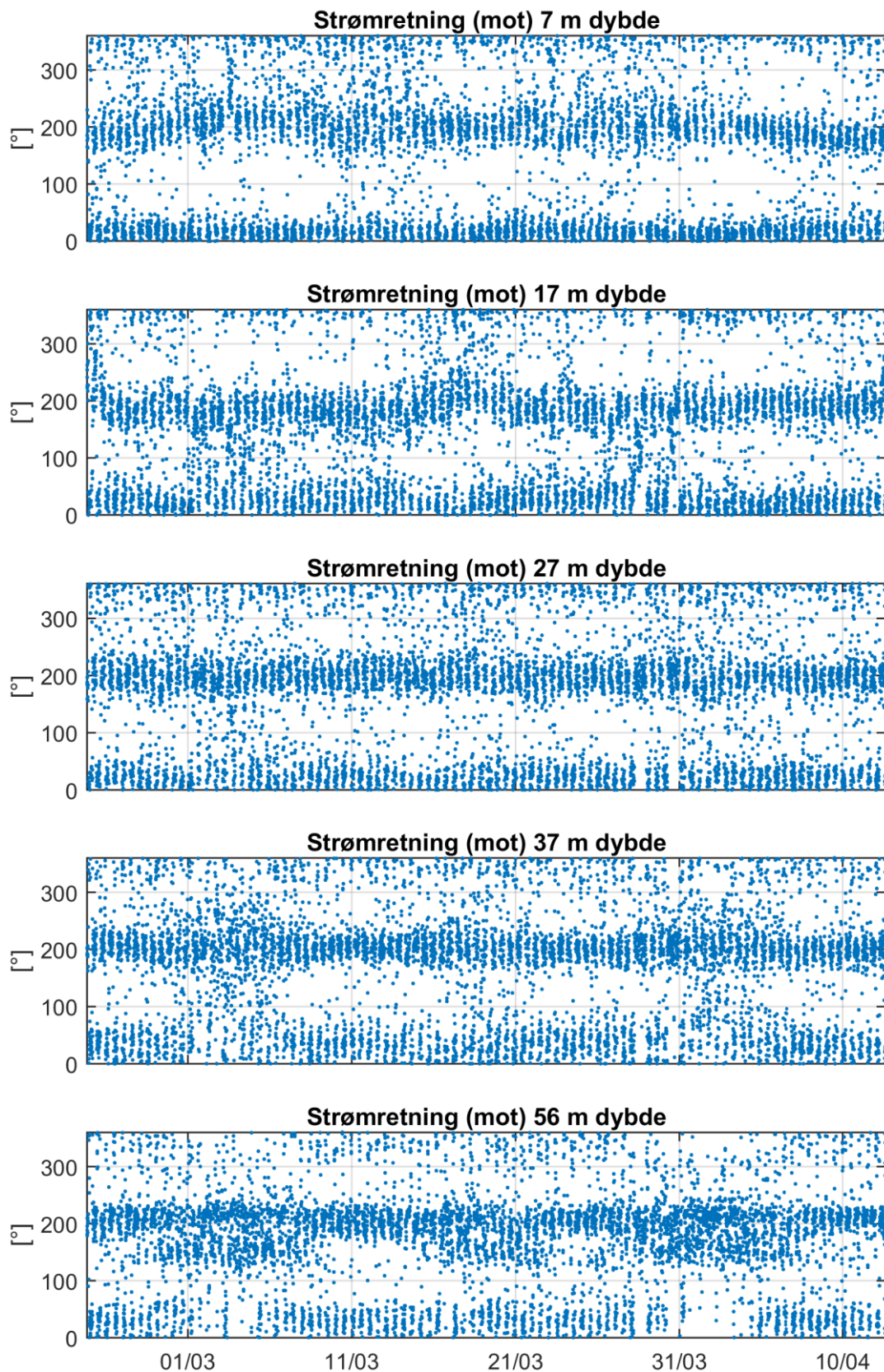


Figur 18: Strømretninger og strømhastigheter: pinnediagram som viser hastighet og retning over tid (en strek hver tredje time); rosediagram som viser fordelingen av retninger i kompasset og hastigheter i farge

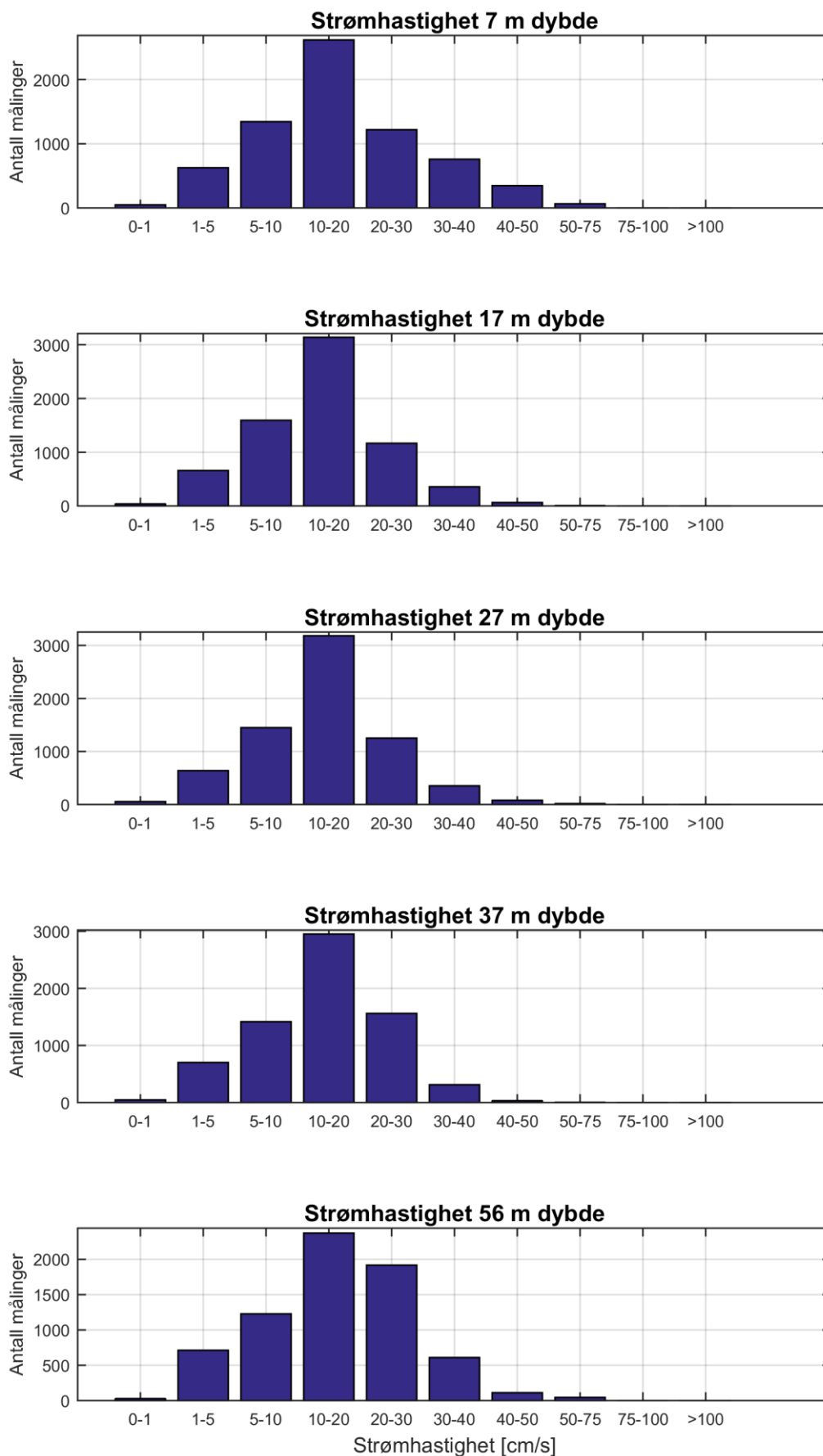
Appendiks C Tidsserier

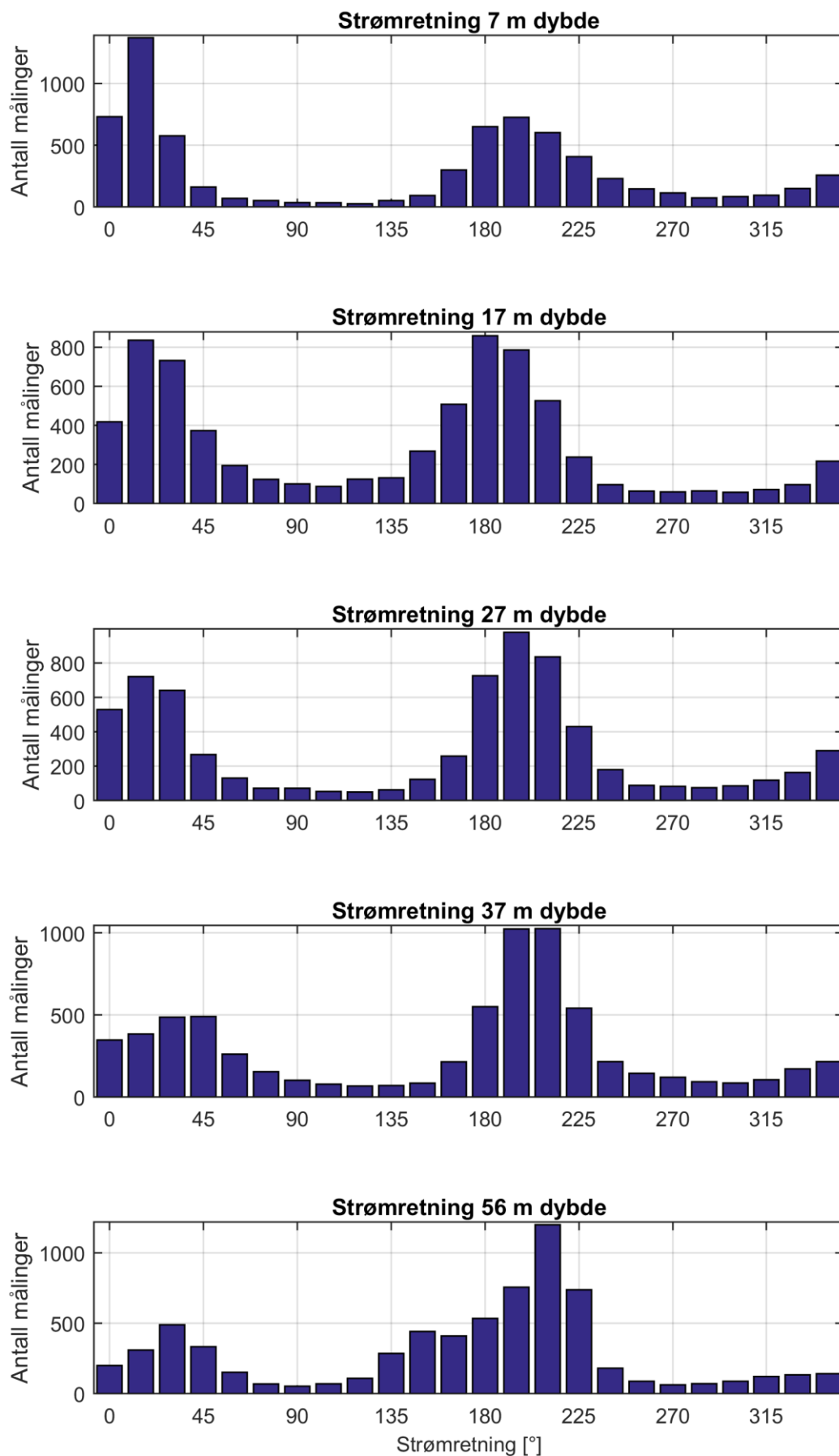


Figur 19: Tidsserier av horisontal strømshastighet



Figur 20: Tidsserier av horisontal strømretning

**Figur 21:** Histogram av horisontal strømhastighet

**Figur 22:** Histogram av horisontal strømretning

Tabell 5: Strømstyrke-retningsmatrise ved 7 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°	6	31	63	245	222	130	29	5	0	0	10	95523	13
15°	3	25	53	264	330	409	244	43	0	0	20	241928	32
30°	2	21	55	123	154	139	66	16	0	0	8	89321	12
45°	2	18	29	56	46	9	1	0	0	0	2	15433	2
60°	2	15	12	29	10	1	0	0	0	0	1	4824	1
75°	2	16	22	9	2	0	0	0	0	0	1	2196	0
90°	3	13	15	4	0	0	0	0	0	0	0	1177	0
105°	1	18	12	3	0	0	0	0	0	0	0	1118	0
120°	2	12	10	1	0	0	0	0	0	0	0	691	0
135°	0	16	24	11	0	0	0	0	0	0	1	2125	0
150°	1	20	32	28	10	1	0	0	0	0	1	5742	1
165°	2	27	60	114	72	22	2	0	0	0	4	28933	4
180°	2	37	124	301	149	33	4	0	0	0	9	61769	8
195°	3	51	146	421	100	5	0	0	0	0	10	59952	8
210°	5	38	143	370	45	1	0	0	0	0	9	45570	6
225°	0	41	137	218	11	0	0	0	0	0	6	26990	4
240°	2	34	93	96	4	0	0	0	0	0	3	13247	2
255°	0	33	71	42	0	0	0	0	0	0	2	6753	1
270°	3	27	59	24	0	0	0	0	0	0	2	4929	1
285°	1	29	22	18	3	0	0	0	0	0	1	3241	0
300°	2	20	34	26	1	0	0	0	0	0	1	3957	1
315°	1	32	30	29	1	1	0	0	0	0	1	4670	1
330°	1	27	44	63	11	3	0	0	0	0	2	9900	1
345°	2	25	54	122	48	5	1	0	0	0	4	22020	3
Sum%	1	9	19	37	17	11	5	1	0	0			

Tabell 6: Strømstyrke-retningsmatrise ved 17 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°	3	37	86	180	84	27	1	0	0	0	6	38514	6
15°	1	45	94	269	259	134	31	3	0	0	12	104724	17
30°	0	30	100	247	206	124	22	3	0	0	10	89762	15
45°	1	32	57	145	103	26	8	1	0	0	5	38927	6
60°	1	18	56	78	31	10	0	0	0	0	3	15851	3
75°	0	32	52	30	5	3	1	0	0	0	2	7169	1
90°	3	21	39	29	7	1	0	0	0	0	1	5894	1
105°	1	22	36	24	4	0	0	0	0	0	1	4621	1
120°	1	30	50	42	1	0	0	0	0	0	2	6209	1
135°	0	22	51	57	1	0	0	0	0	0	2	7367	1
150°	2	21	99	127	19	0	0	0	0	0	4	18259	3
165°	2	37	112	310	42	5	0	0	0	0	7	38696	6
180°	1	34	168	516	126	14	0	0	0	0	12	74056	12
195°	1	41	148	454	134	8	0	0	0	0	11	68052	11
210°	2	35	117	285	86	1	0	0	0	0	7	43716	7
225°	1	38	82	100	15	1	0	0	0	0	3	15497	3
240°	0	14	28	49	5	0	0	0	0	0	1	6167	1
255°	3	19	21	17	3	0	0	0	0	0	1	3036	0
270°	4	18	22	13	2	0	0	0	0	0	1	2731	0
285°	1	29	25	7	2	0	0	0	0	0	1	2487	0
300°	3	16	27	9	2	0	0	0	0	0	1	2530	0
315°	4	24	29	14	0	0	0	0	0	0	1	2929	0
330°	2	17	32	38	7	0	0	0	0	0	1	6027	1
345°	1	27	63	99	23	3	0	0	0	0	3	15691	3
Sum%	1	9	23	45	17	5	1	0	0	0			

Tabell 7: Strømstyrke-retningsmatrise ved 27 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°	4	43	82	222	122	50	6	0	0	0	8	53934	8
15°	1	37	77	276	201	100	25	4	0	0	10	87087	14
30°	4	34	80	204	161	111	35	12	0	0	9	82763	13
45°	2	21	45	97	64	29	8	1	0	0	4	29112	5
60°	0	20	37	51	18	2	2	0	0	0	2	9709	2
75°	1	14	32	17	5	1	1	0	0	0	1	4152	1
90°	5	24	29	12	1	0	0	0	0	0	1	2748	0
105°	5	23	20	4	0	0	0	0	0	0	1	1627	0
120°	2	18	25	3	1	0	0	0	0	0	1	1765	0
135°	0	21	25	15	0	1	0	0	0	0	1	2892	0
150°	2	23	45	40	12	1	0	0	0	0	2	7874	1
165°	1	31	60	128	30	8	0	0	0	0	4	20469	3
180°	6	36	145	394	135	10	0	0	0	0	10	62674	10
195°	1	29	161	574	200	14	0	0	0	0	14	89708	14
210°	0	34	114	519	165	4	0	0	0	0	12	76249	12
225°	2	28	100	248	50	2	0	0	0	0	6	34567	5
240°	2	27	62	78	10	0	0	0	0	0	3	11366	2
255°	4	21	38	23	2	0	0	0	0	0	1	4249	1
270°	4	26	40	12	0	0	0	0	0	0	1	3215	1
285°	4	22	28	17	2	1	0	0	0	0	1	3439	1
300°	2	26	38	15	3	1	0	0	0	0	1	4049	1
315°	1	23	41	44	7	2	0	0	0	0	2	7669	1
330°	0	33	45	67	12	6	0	0	0	0	2	11550	2
345°	2	24	80	122	51	9	2	0	0	0	4	24468	4
Sum%	1	9	21	45	18	5	1	0	0	0			

Tabell 8: Strømstyrke-retningsmatrise ved 37 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°	6	28	86	166	51	9	1	0	0	0	5	27870	4
15°	2	17	73	179	82	29	2	0	0	0	5	37237	6
30°	0	37	75	155	146	60	10	3	0	0	7	55178	9
45°	2	22	58	145	149	98	15	1	0	0	7	62758	10
60°	4	35	46	89	56	27	4	0	0	0	4	25684	4
75°	1	32	43	48	23	7	0	0	0	0	2	11343	2
90°	4	33	41	19	5	0	0	0	0	0	1	4641	1
105°	3	27	33	14	1	0	0	0	0	0	1	3250	1
120°	1	26	33	6	1	0	0	0	0	0	1	2580	0
135°	1	27	30	11	1	0	0	0	0	0	1	2904	0
150°	1	26	31	25	0	1	0	0	0	0	1	4411	1
165°	2	27	63	87	31	4	0	0	0	0	3	15941	2
180°	3	40	83	248	157	19	0	0	0	0	8	53437	8
195°	2	38	103	513	337	30	0	0	0	0	15	107176	17
210°	1	31	107	529	343	14	0	0	0	0	15	106180	17
225°	1	25	94	294	122	5	0	0	0	0	8	49588	8
240°	1	32	68	98	15	1	0	0	0	0	3	14074	2
255°	0	32	62	48	2	0	0	0	0	0	2	7523	1
270°	3	37	50	29	1	0	0	0	0	0	2	5367	1
285°	2	29	31	30	1	0	0	0	0	0	1	4484	1
300°	1	28	29	26	1	0	0	0	0	0	1	4004	1
315°	1	17	43	33	9	2	0	0	0	0	1	6764	1
330°	2	34	61	54	16	4	0	0	0	0	2	10965	2
345°	2	22	73	105	11	2	0	0	0	0	3	14405	2
Sum%	1	10	20	42	22	4	0	0	0	0			

Tabell 9: Strømstyrke-retningsmatrise ved 56 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°	1	43	33	81	27	11	1	2	0	0	3	16482	2
15°	2	21	35	93	82	49	25	2	0	0	4	39683	5
30°	0	27	42	108	124	93	63	32	0	0	7	78039	11
45°	1	19	44	98	102	49	12	8	0	0	5	42229	6
60°	1	19	39	55	29	5	3	0	0	0	2	12892	2
75°	0	15	24	26	2	1	0	0	0	0	1	4006	1
90°	2	13	27	10	0	0	0	0	0	0	1	2248	0
105°	1	30	27	11	0	0	0	0	0	0	1	2601	0
120°	0	21	43	39	5	0	0	0	0	0	2	6399	1
135°	2	37	58	122	54	12	0	0	0	0	4	24329	3
150°	2	42	70	140	112	71	4	0	0	0	6	48228	7
165°	0	42	61	141	141	24	0	0	0	0	6	42054	6
180°	2	36	95	154	157	87	3	0	0	0	8	61204	8
195°	1	33	95	271	287	69	0	0	0	0	11	85829	12
210°	1	35	141	449	508	66	0	0	0	0	17	135896	19
225°	2	47	90	294	238	67	0	0	0	0	11	80381	11
240°	2	34	56	72	15	1	0	0	0	0	3	11697	2
255°	1	24	31	29	2	0	0	0	0	0	1	4504	1
270°	1	24	20	15	2	0	0	0	0	0	1	2771	0
285°	0	30	25	12	3	0	0	0	0	0	1	2979	0
300°	2	28	29	25	2	1	0	0	0	0	1	4235	1
315°	2	40	44	30	5	0	0	0	0	0	2	5739	1
330°	2	34	52	38	7	0	0	0	0	0	2	7138	1
345°	0	18	47	59	14	3	0	0	0	0	2	9827	1
Sum%	0	10	17	34	27	9	2	1	0	0			

Appendiks D Fjernet data

Seaguard data:

Fjernet 1 punkter på grunn av MaxTilt utenfor [-35.00, 35.00]:

12-Apr-2016 14:50:00

Fjernet 1 punkter på grunn av Std utenfor [-6.13, 15.76]:

12-Apr-2016 14:50:00

Fjernet 3 punkter på grunn av Strength utenfor [-41.29, -26.71]:

11-Mar-2016 01:30:00, 08-Apr-2016 13:00:00, 12-Apr-2016 14:50:00

Antall NaN (hull) i intervallet: 2

Fjernet punkter utenfor intervallet 23-Feb-2016 20:10:00 - 12-Apr-2016 14:39:59 for å bruke overlappende periode mellom de forskjellige instrumentene.

Aquadopprofiler data:

Fjernet 1 punkt på grunn av Pressure utenfor [44.07, 48.90]:

12-Apr-2016 14:50:00

Antall NaN (hull) i intervallet: 0

Støygulvet er til instrumentet er satt til 19 counts.

Høyeste godkjente celle er på 7.0 m dyp. Fjerner 6 celler over dette pga overflatestøy.

2 punkter er fjernet fra cellen ved 11.0 m dyp pga for lav signalstyrke

Fjernet punkter utenfor intervallet 23-Feb-2016 20:10:00 - 12-Apr-2016 14:39:59 for å bruke overlappende periode mellom de forskjellige instrumentene.

Appendiks E Instrumentspesifikasjoner

Tabell 10: Instrumentspesifikasjonene

	Seaguard	Aquadop Profiler
Horisontal nøyaktighet	±0.15 cm/s, ±1%	±0.5 cm/s, ±1%
Horisontal presisjon		2.4 cm/s
Vertikal presisjon		0.8 cm/s
Enkeltping statistisk støy	±0.3 cm/s	
Nøyaktighet retning	±5°-7.5°	±2°
Temperatur nøyaktighet	±0.03°C	±0.1°
Oksygen nøyaktighet	<±8µm, <±5%	
Konduktivitet nøyaktighet	±0.005S/m	

Appendiks F Kalibrering Seaguard RCM 730

Tabell 11: Test og spesifikasjoner

Produkt	Dato
Seaguard RCM SW	01.09.2015
Main Assembly Seaguard 9340	03.05.2011
DCS 4420	04.04.2011
Conductivity Sensor 4319A	31.08.2015
Oxygen optode 4835	25.03.2011

Tabell 12: Kalibrering

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

Appendiks G Aquadopp Profiler QAD 12765

Tabell 13: Test og spesifikasjoner

	Dato	Utført av
Service/test	09.06.2015	Nortek
Funksjonstest	23.02.2016	Multiconsult
Tilt	23.02.2016	Multiconsult
Temperatur	23.02.2016	Multiconsult
Kompass	23.02.2016	Multiconsult
Ping sjekk	23.02.2016	Multiconsult

Tabell 14: Kalibrering

	Dato	Utført av
Service/test	Ukjent	Nortek
Kompasskalibrering	23.02.2016	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	12.04.2016	Multiconsult