
RAPPORT

Raudsand utfylling, Nesset kommune

OPPDRAGSGIVER

Bergmesteren Raudsand AS

EMNE

Strømanalyse

DATO / REVISJON: 7. november 2017 / 0

DOKUMENTKODE: 10200131-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. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. 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	10200131-RIMT-RAP-001
EMNE	Strømanalyse, Raudsand utfylling, Nesset kommune, 2017	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Bergmesteren Raudsand AS	OPPDRAGSLEDER	Juni Vaardal-Lunde
KONTAKTPERSON	Vidar Aarvold	UTARBEIDET AV	Håvard Falck
KOORDINATER	62°50.850'N 8°7.561'Ø	ANSVARLIG ENHET	10235042 Nord Marint miljø og havbruk

SAMMENDRAG

Det er utført strømmålinger ved Raudsand utfylling, Nesset kommune, i perioden 14.09.2017 - 31.10.2017 for å kartlegge strømforholdene i vannsøylen.

Gjennomsnitt- og maksimalstrøm og andel nullmålinger er som følgende:

Dybde [m]	Gjennomsnittstrøm [cm/s]	Maksimalstrøm [cm/s]	Retning av maksimalstrøm [°]	Målinger <=1cm/s [%]
7 m	10	43	332	1.4
23 m	7	23	168	2.6
57 m	5	19	344	5.8
85 m	4	18	96	6.7
135 m	2	11	147	21.5

Hydrografi: Det er funnet tydelig overflatelag som strekker seg ned til omkring 20 m dyp. Mellom 20 og 50 m dyp er det funnet et sprangsjikt. Under sjiktningen er vannmassen homogen ned til bunnen.

Horisontal strøm: Det er målt strøm med gjennomsnittshastighet på 10 cm/s ved 7 m dybde, maksimalstrømmen ved 7 m dyp er 43 cm/s. Strømmens hovedretning varierer med dypet. Både gjennomsnittstrøm og maksimalstrøm avtar med dypet. Ved 57 m dyp er maksimalstrømmen målt til 19 cm/s og gjennomsnittstrømmen er 5 cm/s. Ved 135 m dyp er strømhastigheten mindre enn 1 cm/s i 21.5% av målingene.

Tidevann og vind: Lokal vind er funnet å ha påvirket strømbildet ved Raudsand utfylling i måleperioden. Tidevannet er også funnet å påvirke strømbildet, spesielt i nedre del av vannsøylen. 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.

0	07.11.2017	Strømanalyse	HF/Arne Fagerhaug	HF	SAF	JVL
REV.	DATO	BESKRIVELSE	MÅLING UTFØRT	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHALDSFORTEGNELSE

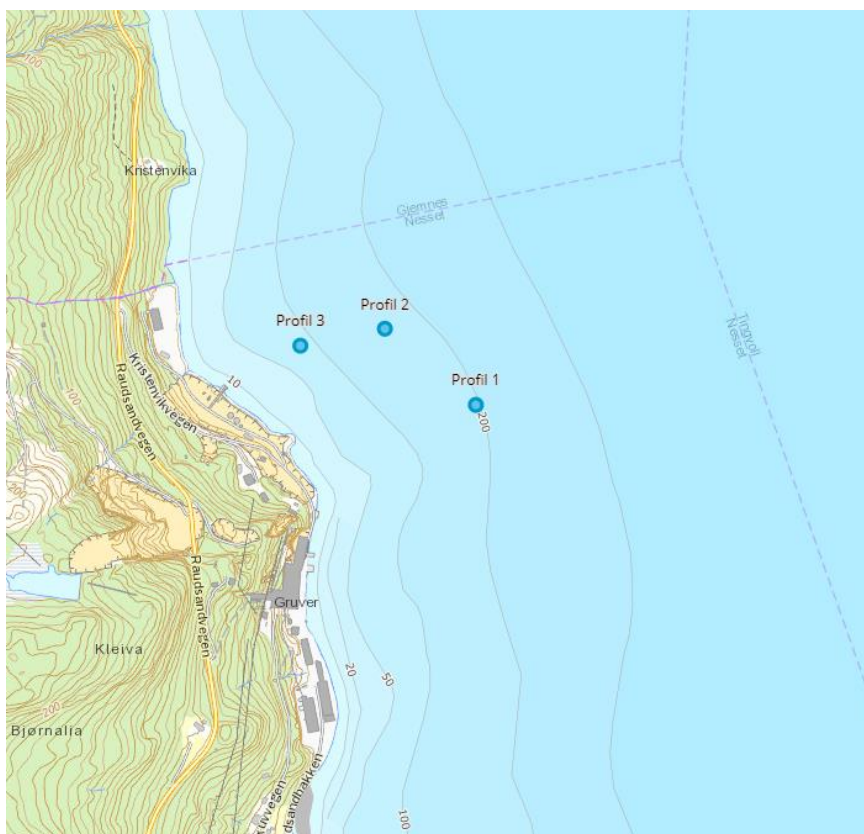
1	Hydrografi	5
2	Oversikt - Strømmålinger	7
3	Statistisk analyse - Strømmålinger	9
3.1	Gjennomsnitts- og maksimalstrøm	9
3.2	Vannutskiftning.....	11
4	Tidevann og vind	13
4.1	Tidevannsanalyse.....	13
4.2	Sammenheng mellom vind og strøm	14
5	Sammendrag	17
6	Referanser	19
Appendiks A	Måling og kvalitetssikring.....	20
Appendiks B	Pinnediagram	24
Appendiks C	Rosediagram	25
Appendiks D	Tidsserier og tabeller.....	26
Appendiks E	Fjernet data.....	35
Appendiks F	Instrumentspesifikasjoner.....	35
Appendiks G	Kalibrering Seaguard RCM 1879.....	36
Appendiks H	Kalibrering Aquadopp Profiler AQD 5569	36
Appendiks I	Kalibrering Aquadopp Profiler AQD 12552	36

1 Hydrografi

Det ble gjennomført tre hydrografiske profiler 26.10.2017. Se Figur 1 for kart som viser hvor profilene ble tatt og Tabell 1 posisjoner til de tre hydrografiske profilene. Målingene er gjort med en SAIV SD204.

Figur 2 viser saliniteten. Alle tre profilene viser et overflatelag fra 0 m til 20 m dyp. Fra 20 m til 50 m dyp øker saliniteten fra omtrent 31.5 til 33.5. Videre ned i dypet øker saliniteten svakt videre. Profil 2 viser salinitet på 35.8 ved 145 m dyp. Temperaturprofilene i Figur 3 viser at temperaturen øker fra 12°C til 13°C fra overflaten ned til 30 m dyp. Fra 30 m dyp til bunnen (omtrent 145 m dyp) av profilene avtar temperaturen fra 13°C til 8°C ved Profil 1 og 2. Profil 3 er grunnere, og stopper ved omtrent 85 m dyp, her er bunntemperaturen målt til omtrent 10°C.

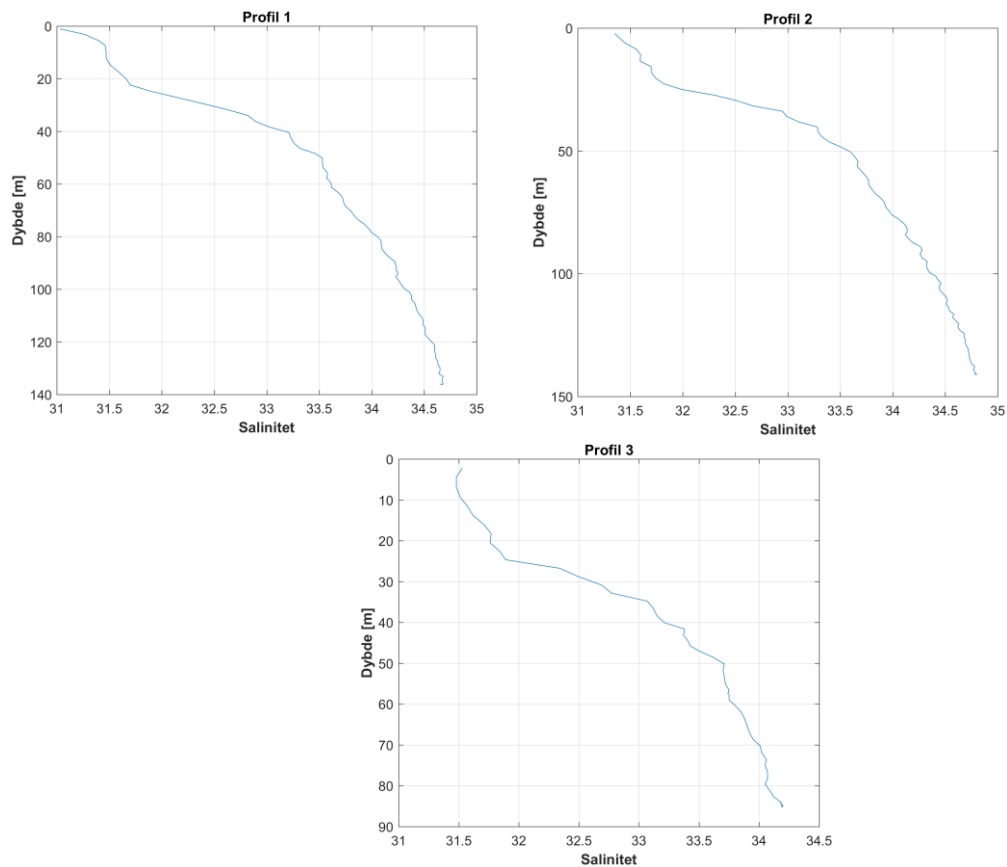
Resultatene fra de hydrografiske profilene viser et overflatelag ned til omtrent 20 m dyp. Under overflatelaget er det funnet et sprangsjikt mellom 20 og 50 m dyp, og under dette sjiktet er vannmassene homogen ned til bunnen.



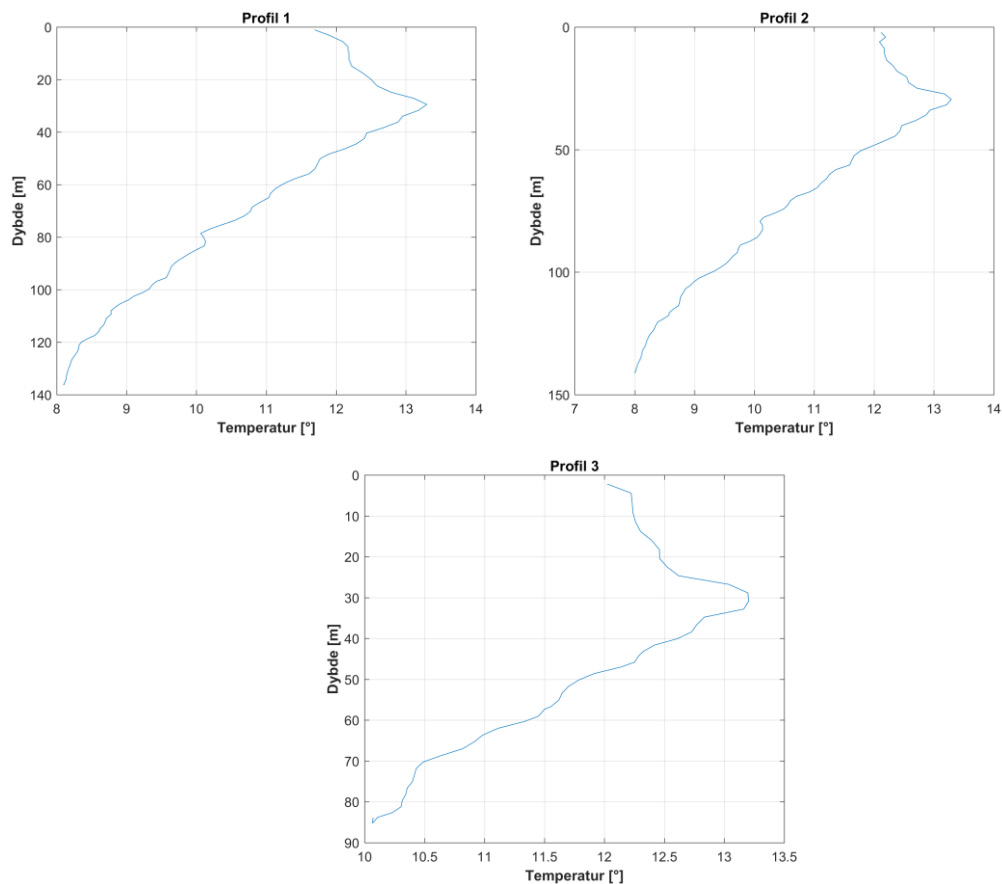
Figur 1: Kart som viser hvor de tre hydrografiske profilene ble gjennomført 26.10.2017

Tabell 1: Koordinater til vannprofilene

Profil	N	E
1	62° 50.774	8° 07.884'
2	62° 50.851'	8° 07.636'
3	62° 50.821'	8° 07.429'



Figur 2: Salinitetsprofiler gjennomført 26.10.2017



Figur 3: Temperaturprofiler gjennomført 26.10.2017

2 Oversikt - Strømmålinger

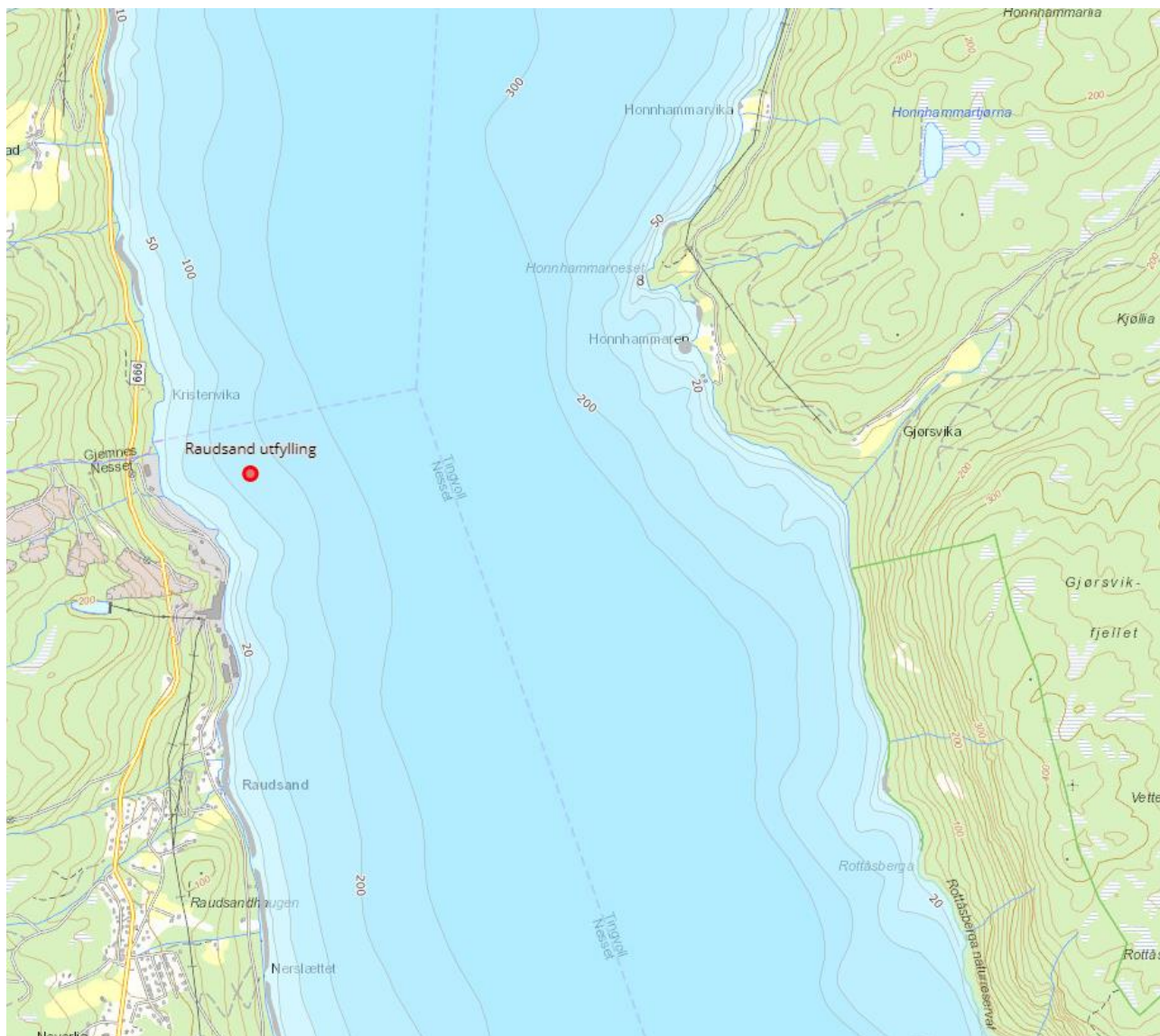
Strømmålinger ble foretatt ved lokalitet Raudsand utfylling i perioden 14.09.2017 - 31.10.2017.

Tabell 2 sammenfatter den viktigste bakgrunnsinformasjonen for målingen:

- **Plassering av måler:** Figur 4 viser hvor måleriggen var plassert.
- **Måledybder:** Det ble satt ut 2 doppler profilmålere ved 30 m og 103 m dyp og en doppler punktmåler ved 135 m dyp. Målet er å kartlegge strømforholdene i området.
- **Målingsutstyr:** Målerne ble forankret fra bunn og opp. Beskrivelse av riggen og instrumentene er gitt i Appendiks A.
- **Kvalitetsvurdering av målte data:** Datasettet ble kvalitetssikret i henhold til anbefalingene fra instrumentenes produsent. En nærmere beskrivelse av denne prosessen finnes i Appendiks A.
- **Målingens varighet:** Det ble målt i mer enn 46 dager.

Tabell 2: Generell informasjon om strømmålingen utført ved Raudsand utfylling

Posisjon	62°50.850 N 8°7.561 Ø
Ca. dybde på målestedet	145 m
Måleperiode	14-Sep-2017 14:10:00 til 31-Okt-2017 13:00:00
Varighet	46 dager, 22 timer, 50 minutter
Antall målinger	6762
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigert for misvisning)
Målertype - 30 m dybde	Doppler profilmåler (Nortek Aquadopp profiler, Serienummer 5569), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 7 til 25 m dybde, cellestørrelse 2 m
Type måling - 30 m dybde	Burst (måling i 80 sekunder)
Målertype - 103 m dybde	Doppler profilmåler (Nortek Aquadopp profiler, Serienummer 12552), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 55 til 99 m dybde, cellestørrelse 2 m
Type måling - 103 m dybde	Burst (måling i 80 sekunder)
Målertype - 135 m dybde	Doppler punktmåler (AADI RCM 400, Serienummer 1879), måling av horisontal strøm på instrumentdybde
Type måling - 135 m dybde	Burst (måling i 1 minutt), 150 ping
Frekvens	Hvert 10. minutt



Figur 4: Plassering av måleriggen ved Raudsand utfylling. Målepunktet er merket med rødt punkt

3 Statistisk analyse - Strømmålinger

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

Dette kapittelet er en oppsummering av de viktigste statistiske egenskapene for strøm ved dybdene 7 m, 23 m, 57 m, 85 m og 135 m

- Kapittel 5: Statistikktabell
- Appendiks B: Pinnediagram
- Appendiks C: Rosediagram

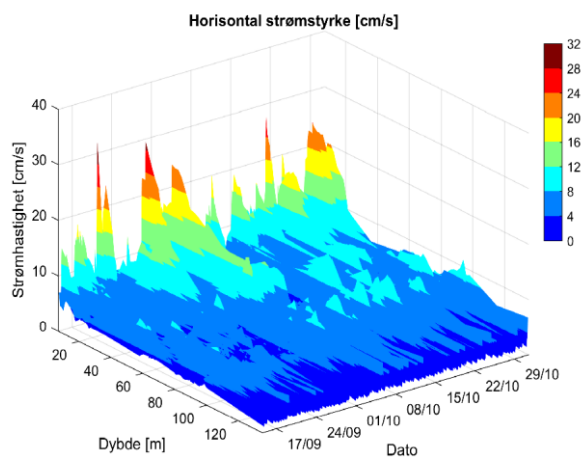
3.1 Gjennomsnitt- og maksimalstrøm

Figur 5 viser et 3D-diagram av horisontal strømhastighet over tid. Tabell 3 viser maksimalstrøm i 8 retningssektorer for forskjellig dybde. Retningssektorene er sentrert rundt 0°, 45°, 90° osv. Figur 6 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder i to dimensjoner.

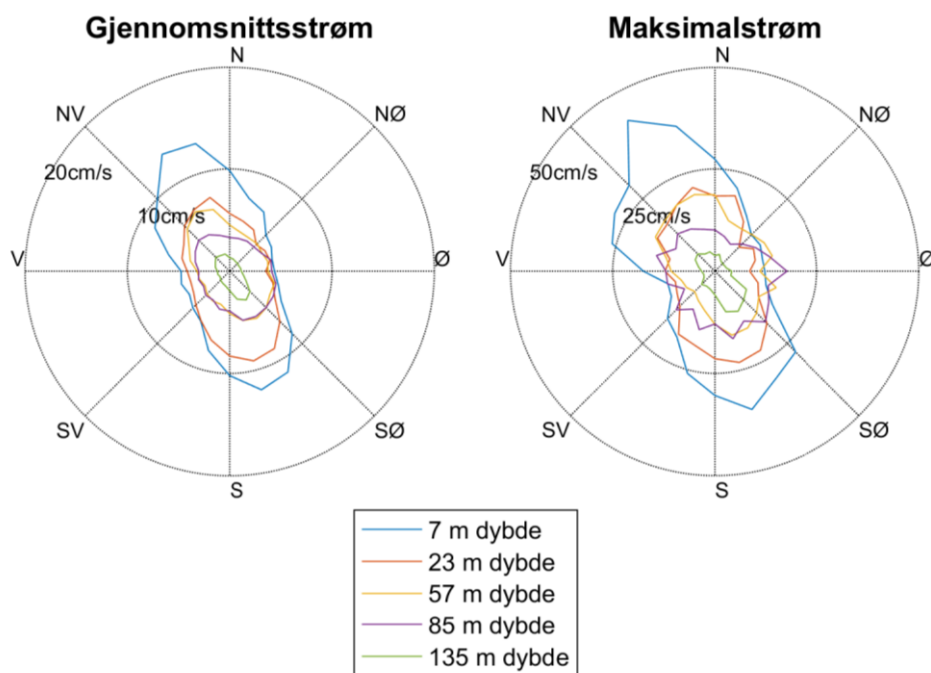
Maksimalstrømmen for denne lokaliteten ble målt ved 7 m dybde og var 43 cm/s mot 332°. Fra 23 m til 85 m dybde var målt maksimalstrøm mellom 23 cm/s og 18 cm/s. Ved 135 m dybde er maksimalstrømmen 11 cm/s mot sørøst. Gjennomsnittstrømmen avtar fra 10 cm/s ved 7 m til 2 cm/s ved 135 m dyp.

Tabell 3: Maksimal horisontal strøm [cm/s] og tilsvarende retning i 8 sektorer

	Retning (mot)								
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	Alle retninger
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
Dybde	Maksimal horisontal strøm [cm/s]								
7 m	37	16	13	30	35	19	26	43	43 (332°)
23 m	21	14	11	22	23	18	12	19	23 (168°)
57 m	19	14	16	16	16	8	12	19	19 (344°)
85 m	11	12	18	18	17	13	15	13	18 (96°)
135 m	5	3	4	11	10	5	4	6	11 (147°)



Figur 5: 3D-diagram av horisontal strømstyrke over tid (data er lavpassfiltrert, dvs. maksimumverdier er lavere enn 10 minutters maksimumverdier)



Figur 6: Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger (15 graders sektorer) og dybder

3.2 Vannutskiftning

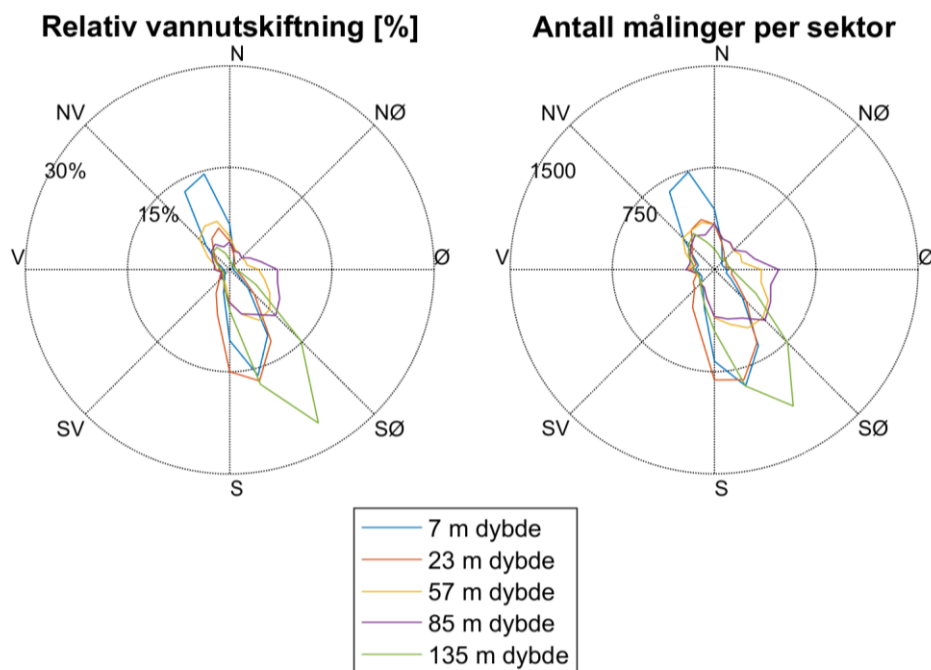
Vannutskiftningen er definert som vannfluksen, som er mengden av vann som transporteres gjennom en kvadratmeters flate i løpet av måleperioden. Dette beregnes som strømhastighet ganger tiden den varer og oppgis i m^3/m^2 . Vannutskiftningen kan oppgis per sektor, dvs. per retningsintervall. Vannutskiftningen i en sektor er den delen av vannfluksen hvor strømretningen er i et visst retningsintervall. Vannutskiftningen i 8 sektorer er gitt i Tabell 4. Retningssektorene er sentrert rundt 0° , 45° , 90° osv. Figur 7 viser relativ vannutskiftning og antall målinger i 15 graders sektorer for forskjellige dybder.

Figur 8 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.

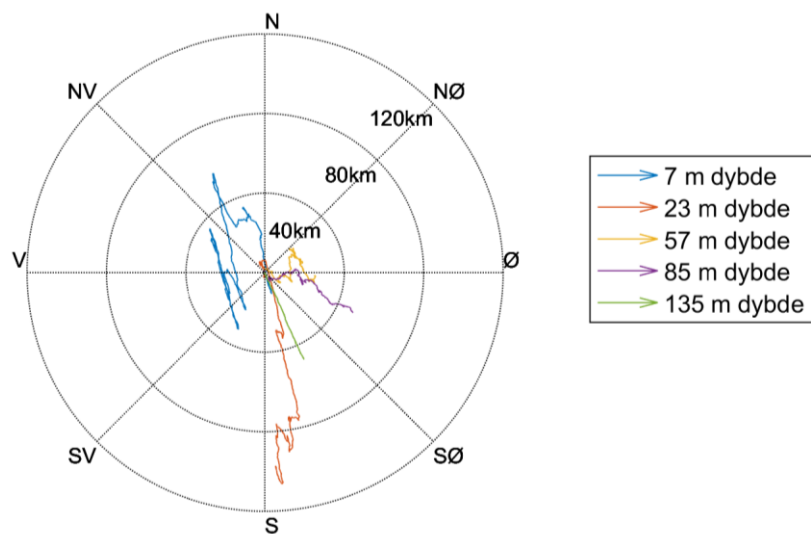
Figurene illustrerer at strømmens hovedretning varierer med dypet. Ved 7 m veksler strømretningen mellom nordvest og sørøst. Ved 23 m og 135 m er strømmens stort sett rettet mot sør-sørøst. Ved 57 og 85 m er strømmen mer østlig rettet. Vannutskiftningen i hele vannsøylen er stort sett mot sørøst. Unntaket er ved 7 m hvor dyp hvor vannutskiftningen er omtrent omkring like stor mot sørøst som mot nordvest.

Tabell 4: Vannutskiftning [m^3/m^2] i 8 sektorer. Den største vannutskiftningen for hvert dyp er uthevet.

Dybde	Retning (mot)								
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	Alle retninger
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
	Vannutskiftning [m^3/m^2]								
7 m	92785	8600	6995	64026	118731	12725	11819	80108	395790
23 m	34529	8619	8284	52106	104558	20938	11703	28633	269370
57 m	28031	14391	22192	43330	25465	7780	10239	31769	183196
85 m	17060	14396	31336	42456	24319	8119	9798	18192	165676
135 m	4222	1974	3042	39098	22703	3457	3362	8453	86312



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



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

4 Tidevann og vind

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) og komponenter med lengre perioder (spring-nippsyklus (MSF) 14.77 dager). Det er lokale forhold som avgjør hvilke komponenter som dominerer.

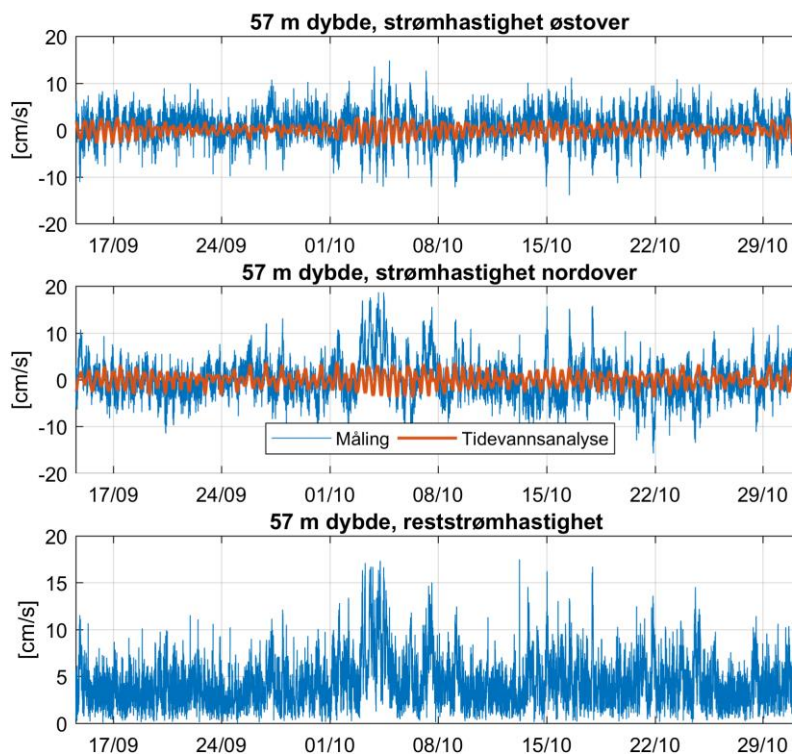
Tidevannsanalysen forutsetter stasjonære forhold og uavhengige komponenter og har naturlige begrensninger på grunn av andre faktorer som påvirker strømmen og kan føre til ikke-stasjonære forhold (f.eks. vind, lufttrykk, elveavrenning).

Resultatene fra tidevannsanalysen er gitt i Figur 9 og Figur 10.

Figur 9 viser tidsserien av strømmen ved 57 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 Raudsand utfylling ved 57 m dybde forklarer 14 % av variansen i datasettet. Maksimal beregnet tidevannsstrøm ved 57 m dybde er 5 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 7 cm/s (signifikant maksimum), men har en maksimalverdi på 17 cm/s. Ved 135 m forklarer tidevannsanalysen 32 % av variansen i datasettet og maksimal beregnet tidevannsstrøm er 3 cm/s. Signifikant maksimal reststrøm ved 135 m dybde er 3 cm/s.



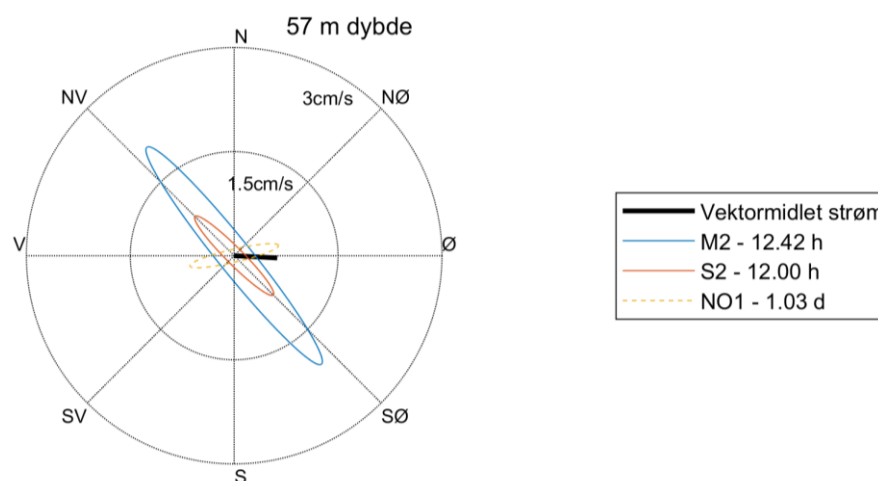
Figur 9: Horisontal strømhastighet, 57 m dybde, med tidevannsanalyse

Tidevannsstrømmer følger en ellipse, dvs. at strømrretningen roterer og strømhastigheten når maksimumsverdien og minimumsverdien to ganger i løpet av tidevannsperioden. Figur 10 viser tidevannsellipsene for de sterkeste tidevannskonstituentene av strømmen ved 57 m dybde.

Hovedperiodene til tidevannssignalet ved 57 m dybde er 12.42 timer, 12.00 timer og 1.03 dager. Det er tidevannet fra månen (to perioder per døgn(M2)) som er mest framtreddende og figuren viser at tidevannsstrømmen fra månen og sola (M2 og S2) oscillerer mellom nordvestlig og sørøstlig retning.

Vektormidlet strøm er vist som en svart strek i Figur 10. 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 øst ved Raudsand utfylling ved 57 m dyp. Tidevannsanalysen i de forskjellige dybdene forklarer mellom 6 og 32 % av variansen i strømmålingene hvor påvirkningen fra tidevannet øker med dypet.

Tidevannsanalysen har vist at tidevannsstrømmen spiller en rolle i å styre strømbildet ved Raudsand utfylling fra omtrent midt i vannsøylen og ned til bunnen. Over 57 m dybde er påvirkningen fra tidevannet mindre.



Figur 10: Tidevannsellipsene av strømmen ved 57 m dybde. M2, S2 og NO1 refererer til tidevannskonponentene. Middelstrømmen er vektorbasert

4.2 Sammenheng mellom vind og strøm

Sammenhengen mellom strøm og vind er også undersøkt. Det ble brukt vindmålinger fra Sunndalsøra III målestasjon (eKlima) som ligger 30 km nordvest for Raudsand utfylling og anses som mest representativ for området. Verdiene er 10 minutters middelerverdier 10 meter over bakken. For å lettere kunne sammenligne strøm med vind, har strømmen blitt lavpassfiltrert. Et Gauss lavpassfilter med cut-off frekvens på 1/33 time har blitt benyttet for å fjerne svingningene skapt av tidevannet. Et lavpassfilter er her benyttet til fordel for bruk av restrømmen som ble beregnet i Kapittel 4.1. Dette er fordi reststrømproduktet fra tidevannsanalysen ikke alltid er fri for energi fra tidevannet. Figur 11 viser vindhastighet og vindretning, samt hastighet på lavpassfiltrert strøm for ved 57 m.

Figur 12 viser fordeling av retninger og styrke av både vind og lavpassfiltrert strøm ved 7 m dybde.

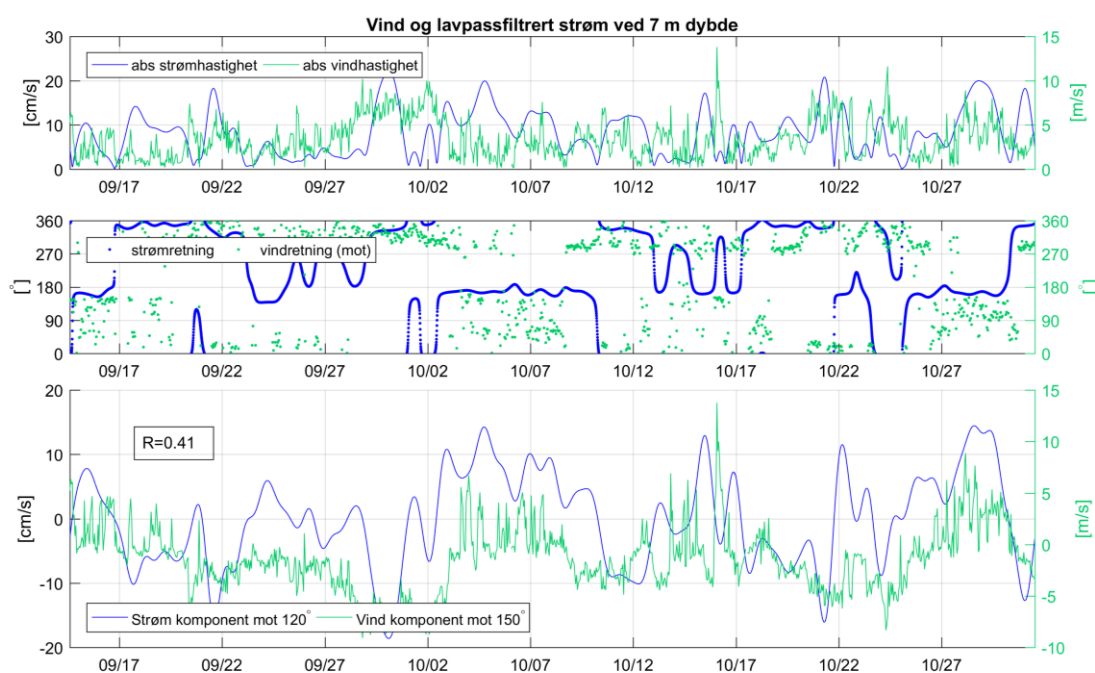
Korrelasjon mellom vind og reststrøm ved 7 m dybde ble undersøkt. Korrelasjonskoeffisienten ligger alltid mellom -1 og 1, der 0 betyr at det ikke er en sammenheng mellom de undersøkte tidsseriene. Korrelasjonskoeffisient på 1 betyr at det er en perfekt lineær sammenheng der begge variablene går opp og 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.

Det er blitt beregnet korrelasjon mellom vind og strøm dekomponert langs 8 himmelretninger, 0°, 30°, 60° osv. for å finne ut hvilke retninger av vind og strøm som viser størst samvarians. Dette er gjort for å studere innvirkning fra eventuelle topografiske effekter på vindens og strømmens retning. Slike topografiske effekter kan gjøre seg gjeldende hvis man kun ser på vind og strøm langs samme retninger. Nederste panel i Figur 11 viser vind og lavpassfiltrert strøm dekomponert langs den retningen med høyest korrelasjon.

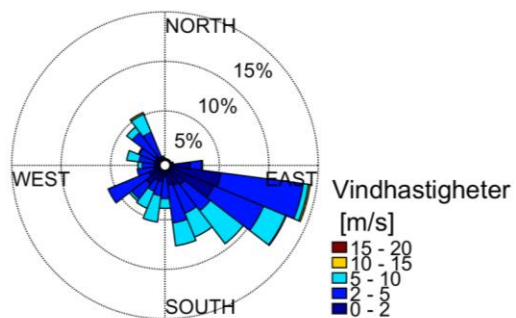
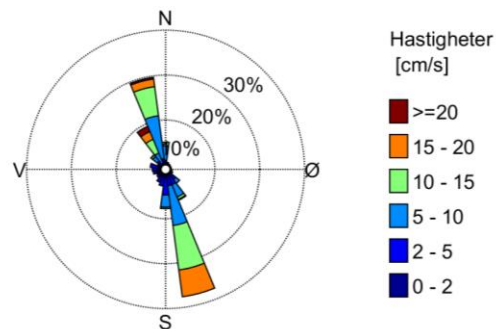
For samtidig vind og lavpassfiltrert strøm ved 7 m dybde er korrelasjonen 0.41. Høyeste korrelasjon er funnet mellom strøm langs aksen 120° og vind langs aksen 150°. Dette betyr at vind fra sørøstlig og nordvestlig retning ved Sunndalsøra III ser ut til å ha påvirket strømmen ved overflaten mest i løpet av måleperioden.

Resultatene over viser at vinden har vært med på å påvirke strømbildet ved Raudsand utfylling i måleperioden.



Figur 11: Vindretning, vindhastighet (grønn), retning og hastighet på lavpassfiltrert strøm (blå) samt hastighet på vind og lavpassfiltrert strøm dekomponert langs retninger som gir høyest korrelasjon mellom disse parametrene ved 7 m dybde

Vind ved Sunndalsøra III målestasjon (mot)

Lavpassfiltrert strøm
7 m dybde**Figur 12:** Vind og lavpassfiltrert reststrøm ved 7 m dybde (retninger mot)

5 Sammendrag

Det er foretatt strømmålinger ved lokalitet Raudsand utfylling, Nesset kommune, i perioden 14.09.2017 til 31.10.2017. Tabell 5 gir en oversikt over resultatene.

Lokal vind er funnet å ha påvirket strømbildet ved Raudsand utfylling i måleperioden. Tidevannet er også funnet å påvirke strømbildet, spesielt i nedre del av vannsøylen. 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 5: Oversikt statistikk, retningssektorene er sentrert rundt 15°, 30°, 45° osv.

Dybde	7 m	23 m	57 m	85 m	135 m
Horisontal strøm					
Gjennomsnittsstrøm (median)	10 (9) cm/s	7 (6) cm/s	5 (4) cm/s	4 (4) cm/s	2 (2) cm/s
Standardavvik	6 cm/s	4 cm/s	3 cm/s	2 cm/s	1 cm/s
Signifikant maksimumstrøm	17 cm/s	11 cm/s	8 cm/s	7 cm/s	4 cm/s
Maksimumstrøm	43 cm/s	23 cm/s	19 cm/s	18 cm/s	11 cm/s
Retning maksimumstrøm	332°	168°	344°	96°	147°
Signifikant minimumstrøm	3.6 cm/s	2.5 cm/s	1.7 cm/s	1.5 cm/s	0.8 cm/s
Minimumstrøm	0.0 cm/s	0.0 cm/s	0.0 cm/s	0.0 cm/s	0.0 cm/s
Neumanns parameter	0.06	0.37	0.14	0.29	0.56
Vektormidlet strøm	1 cm/s	2 cm/s	1 cm/s	1 cm/s	1 cm/s
Vektormidlet strømrretning	226°	177°	93°	114°	156°
Fire hyppigst forekommende strømrretningene (synkende rekkefølge, 15 graders sektor)	165°, 345°, 180°, 330°	165°, 180°, 150°, 195°	135°, 150°, 120°, 165°	135°, 120°, 90°, 105°	150°, 165°, 135°, 180°
Fire hyppigst forekommende strømhastighetene (synkende rekkefølge)	10-20, 5-10, 1-5, 20-30	5-10, 1-5, 10-20, 0-1	1-5, 5-10, 0-1, 10-20	1-5, 5-10, 0-1, 10-20	1-5, 0-1, 5-10, 10-20
Vannutskiftning					
Mest vannutskiftning pr. 15 graders sektor	63650 m ³ /m ² ved 165°	45563 m ³ /m ² ved 165°	15715 m ³ /m ² ved 150°	15826 m ³ /m ² ved 135°	22458 m ³ /m ² ved 150°
Minst vannutskiftning pr. 15 graders sektor	1863 m ³ /m ² ved 60°	2127 m ³ /m ² ved 75°	2075 m ³ /m ² ved 240°	2215 m ³ /m ² ved 255°	600 m ³ /m ² ved 30°
Gjennomsnittlig total vannutskiftning pr. time (alle retninger)	351 m ³ /m ²	239 m ³ /m ²	163 m ³ /m ²	147 m ³ /m ²	77 m ³ /m ²
Nullmålinger					
Andel målinger <1cm/s	1.4 %	2.6 %	5.8 %	6.7 %	21.5 %
Lengste periode <1cm/s	20 min	20 min	30 min	40 min	100 min

Tabell 5 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 strømrretningen har vært. Den beregnes ut ifra Figur 8 og er definert som forholdet mellom lengden av den rette linjen mellom start- og sluttpunkt og

lengden av den totale banen. For Neumanns parameter under 0.7 er reststrømmen ikke representativ for store deler av strømmålingen i perioden. Neumanns parameter bør ses i sammenheng med vektormidlet strøm og gjennomsnittsstrømmen. Å bruke kun Neumanns parameter til å beskrive vannutskiftningen blir utilstrekkelig. Den har flere begrensninger. For eksempel blir den påvirket variasjoner i strømhastigheten og er avhengig av midlingstiden. På steder med sterk tidevannsstrøm kan Neumanns parameter være nært null uten at vannutskiftningen er redusert.

For nøyaktigheten av målingene, se Appendiks F.

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

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

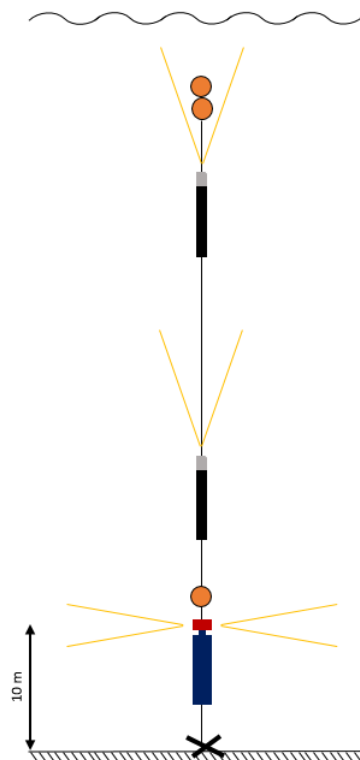
SAIV, 2009: "Operating manual for STD/CTD model SD2009"

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

Appendiks A Måling og kvalitetssikring

Strømmen ble målt med 2 akustiske doppler profilmålere (Aquadopp Profiler, Nortek 2005) og en akustisk doppler punktmåler (Seaguard, Aanderaa 2007). De hydrografiske profilene ble målt med en SAIV SD204 med serienummer 314 (SAIV, 2009).

Målingene er basert på dopplereffekten. Instrumentet sender ut en akustisk puls (et kort lydssignal) 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 13.



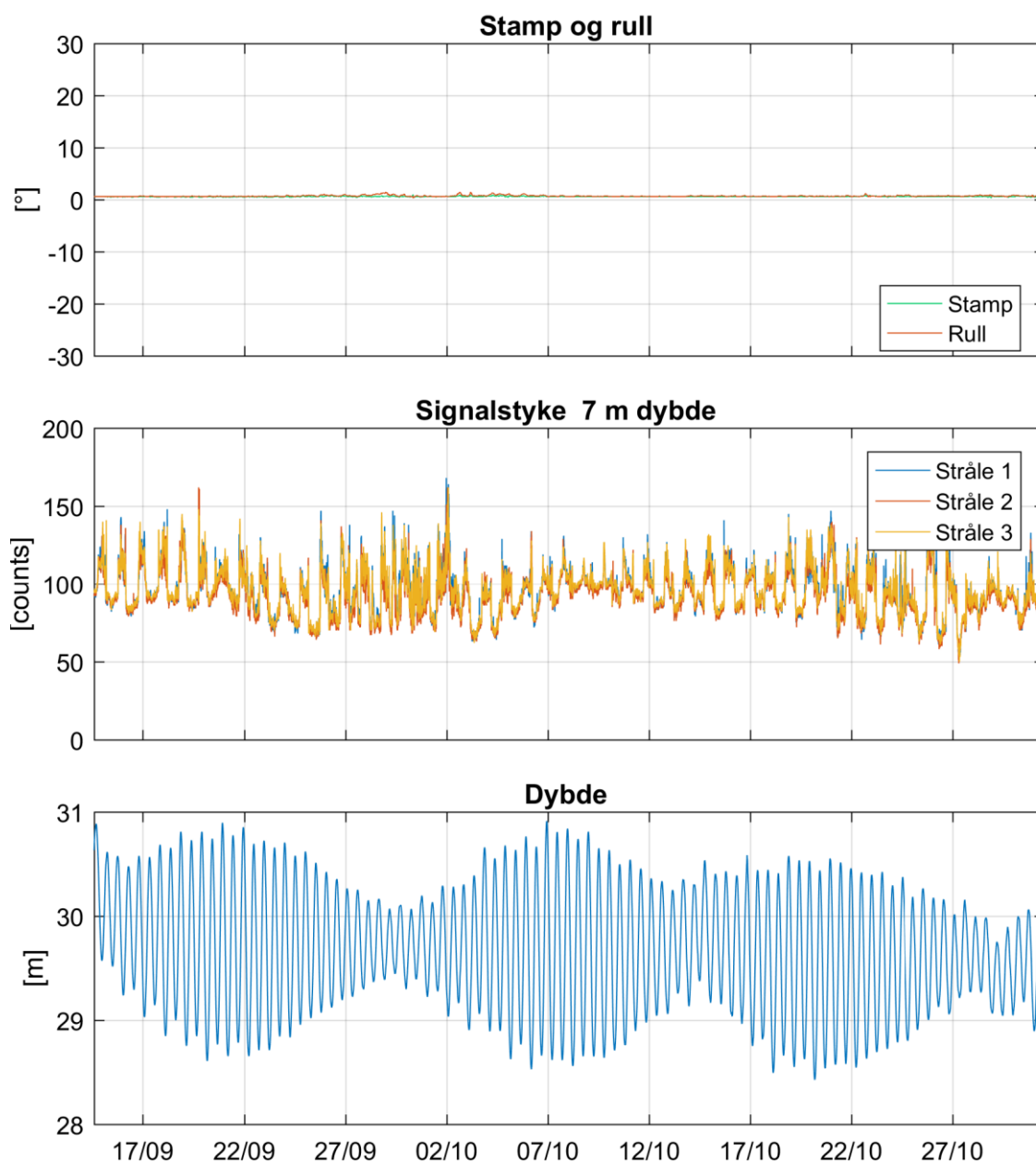
Figur 13: Skisse av riggen

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

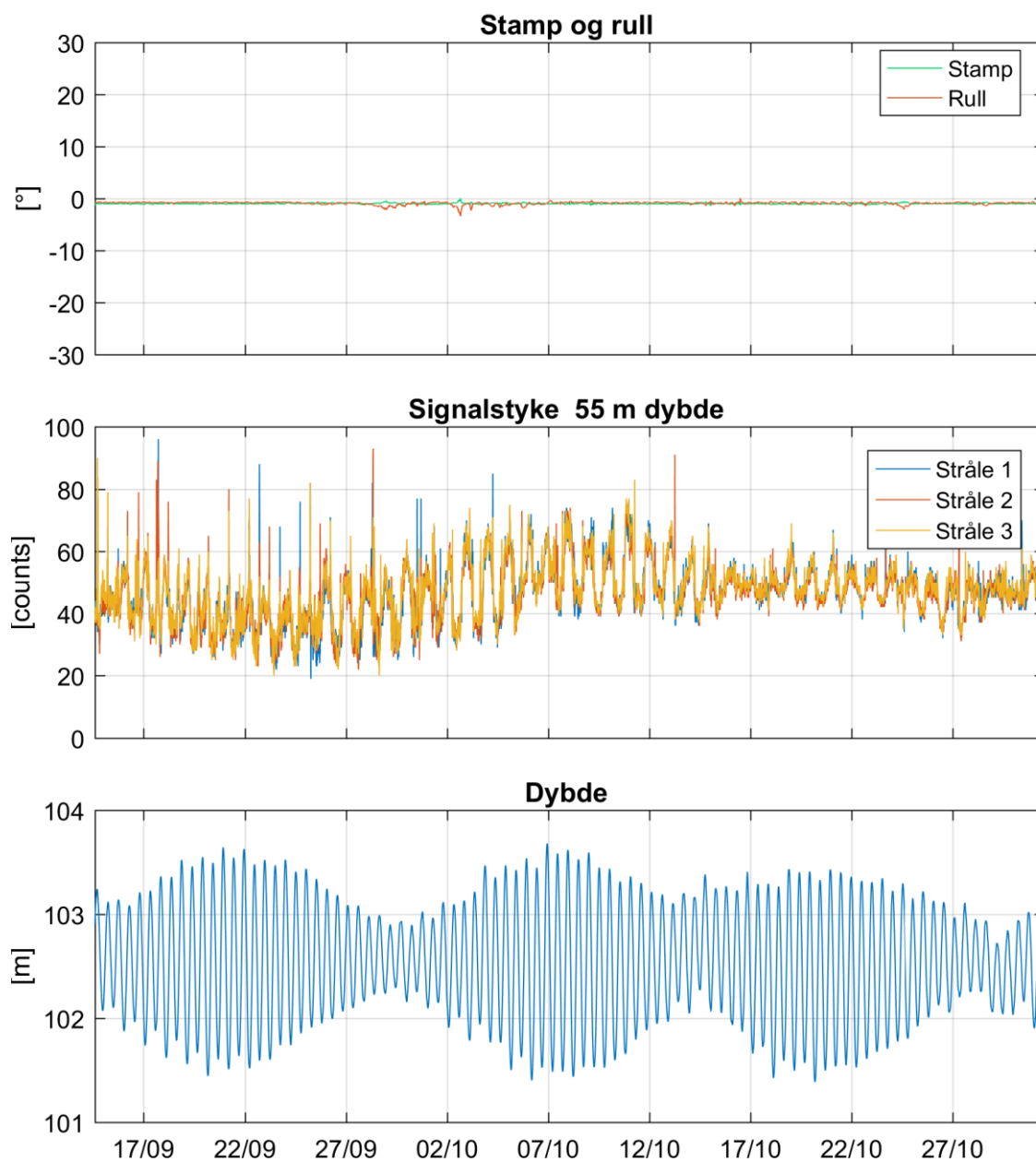
- Seaguard: stamp og rull mindre enn 35° og standardavvik av enkeltmålingen ca. 4 cm/s
- Aquadopp Profiler: stamp og rull mindre enn 30°, signalstyrke mer enn 7 counts over støygulvet

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 E. Figur 15 til Figur 16 viser noen av parametrene etter datarensing.

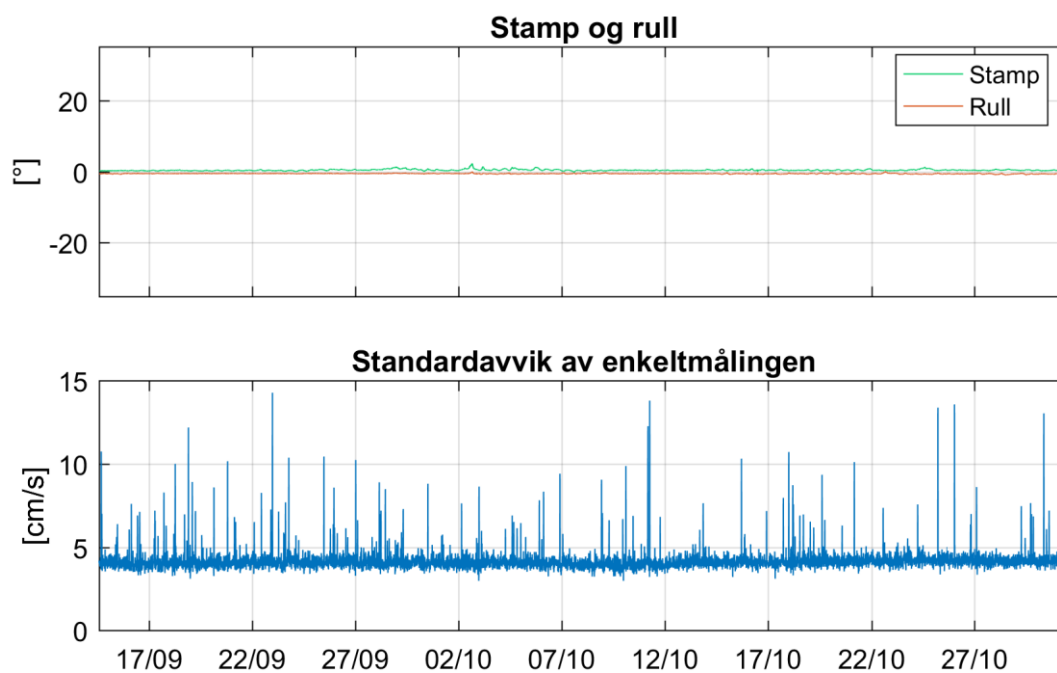
Dybden fra og med 67 m til og med 75 m er fjernet på grunn av flere perioder med unormalt høye vertikale hastigheter i samråd med instrumentprodusenten.



Figur 14: Kvalitetssikring Aquadopp Profiler 30 m etter datarensing

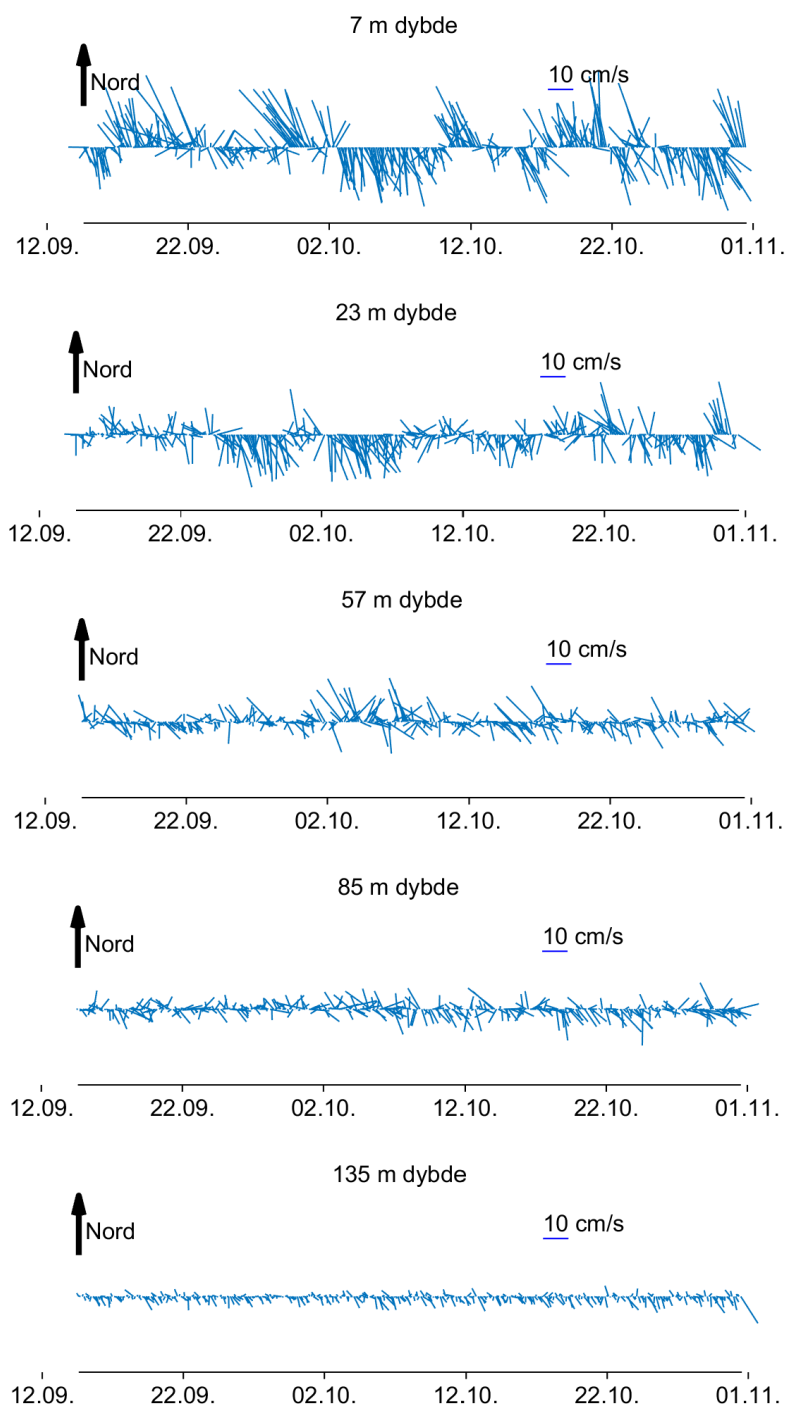


Figur 15: Kvalitetssikring Aquadopp Profiler 103 m etter datarensing



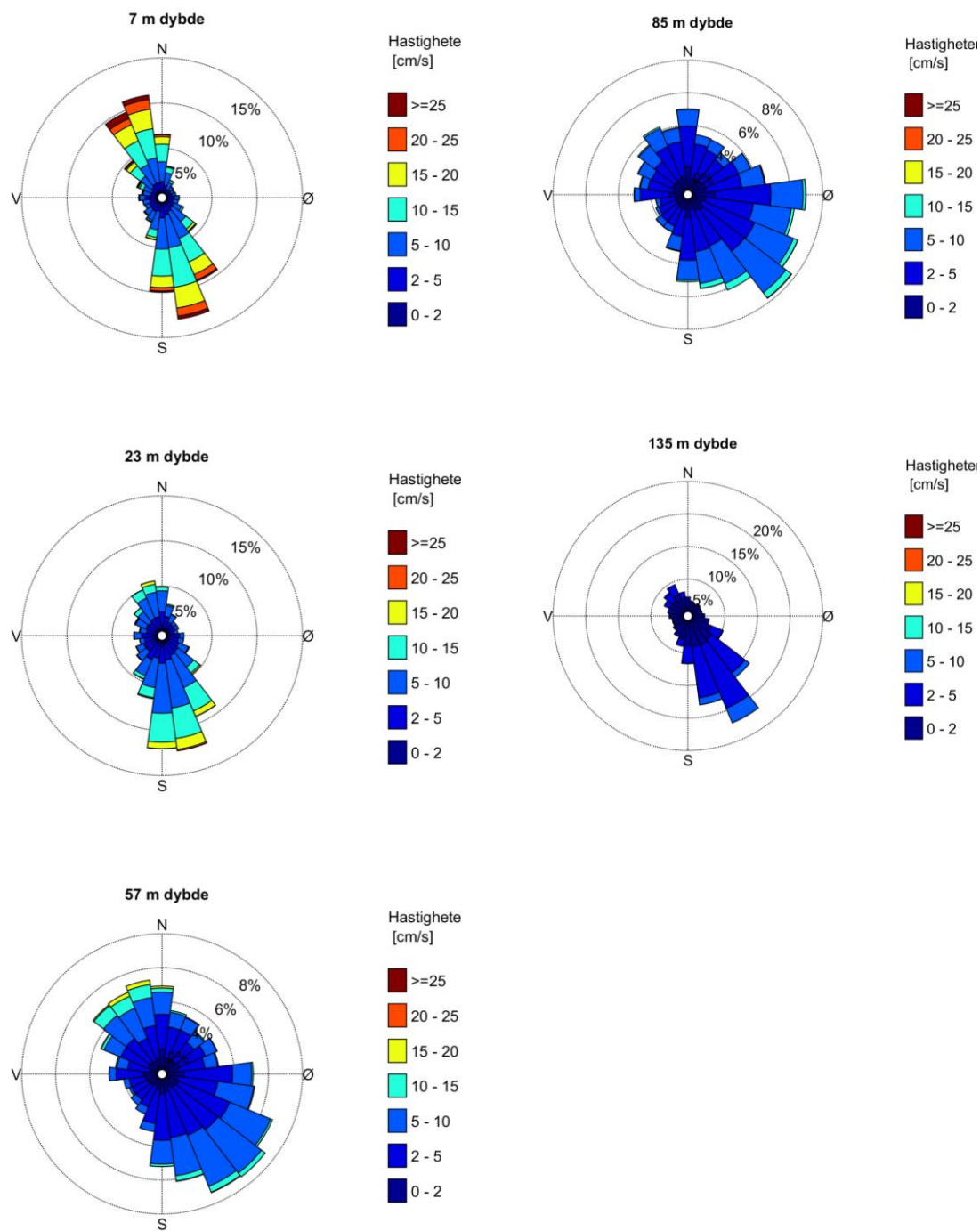
Figur 16: Kvalitetssikring Seaguard 135 m etter datarensing

Appendiks B Pinnediagram



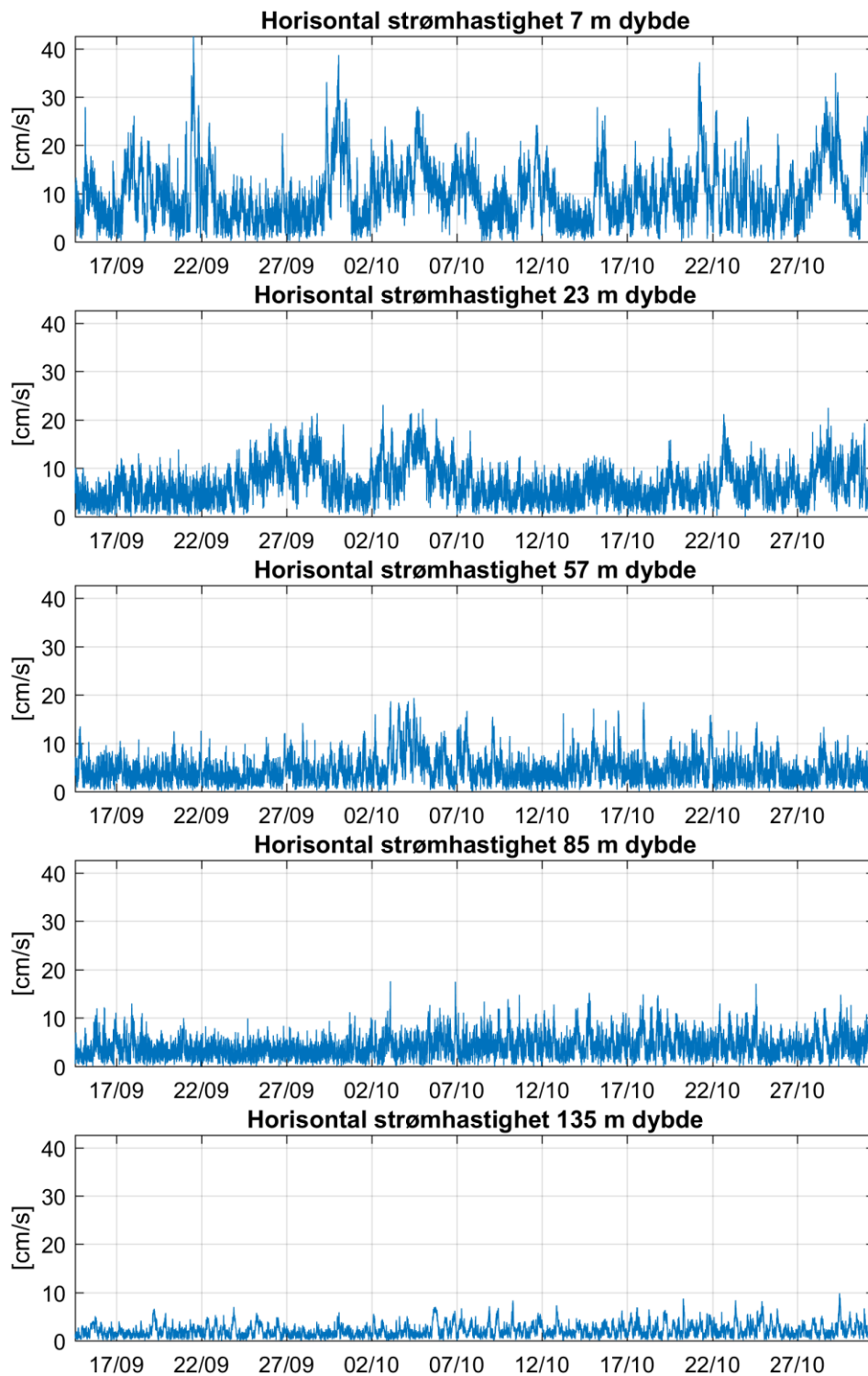
Figur 17: Strømretninger og strømhastigheter: pinnediagram som viser hastighet og retning over tid (en strek hver tredje time)

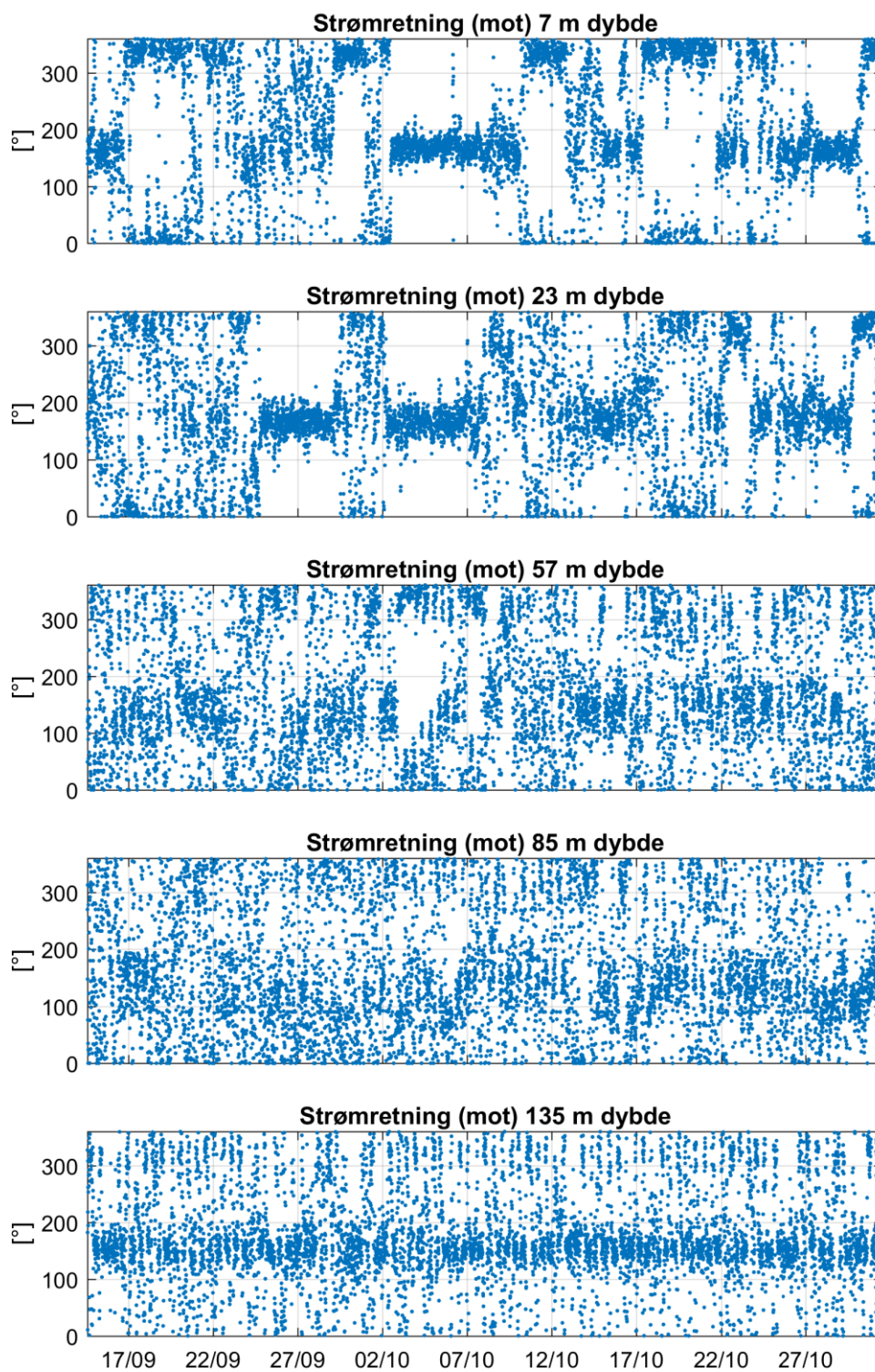
Appendiks C Rosediagram



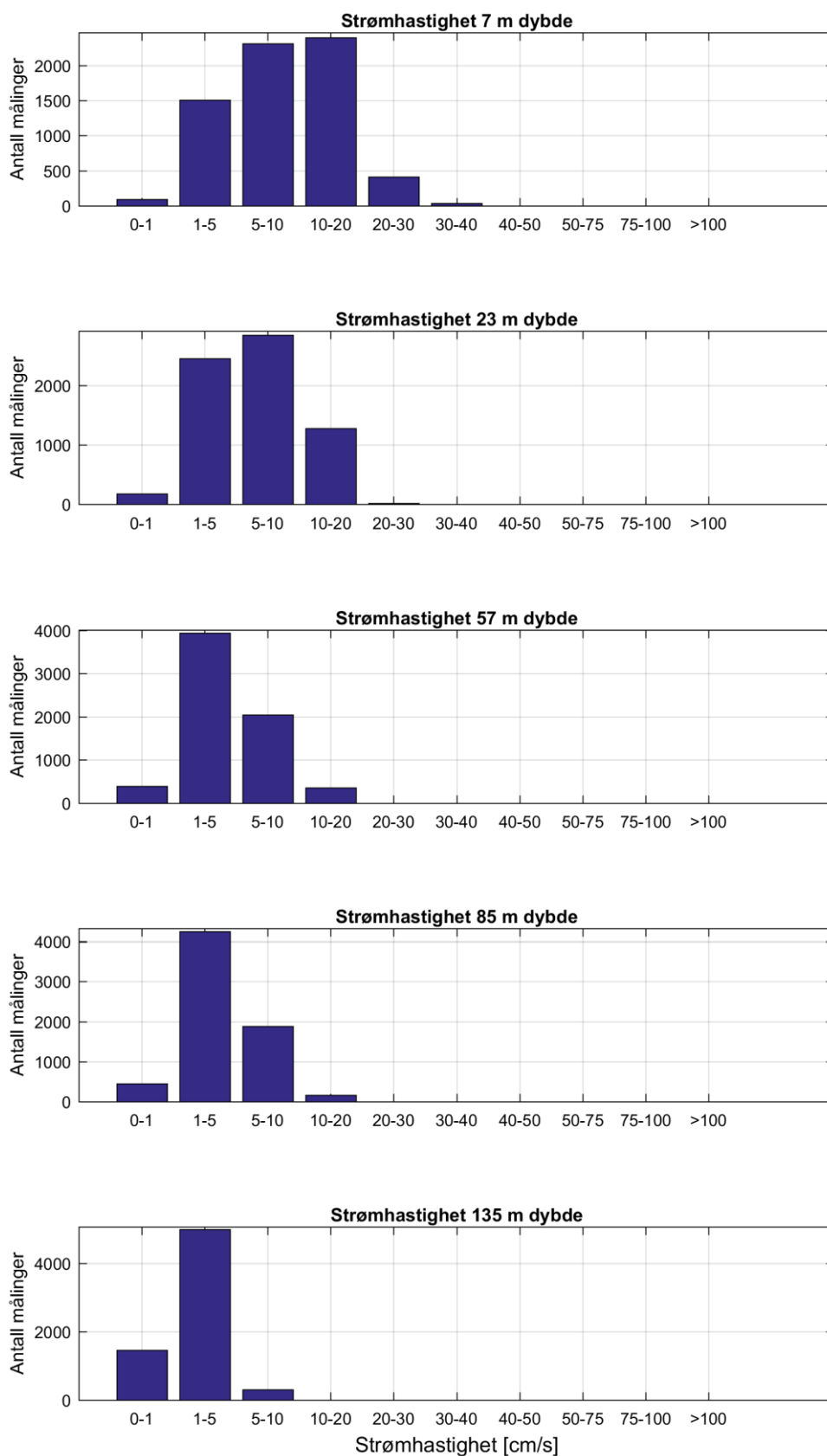
Figur 18: Strømretninger og strømhastigheter: rosedigram som viser fordelingen av retninger i kompasset og hastigheter i farge

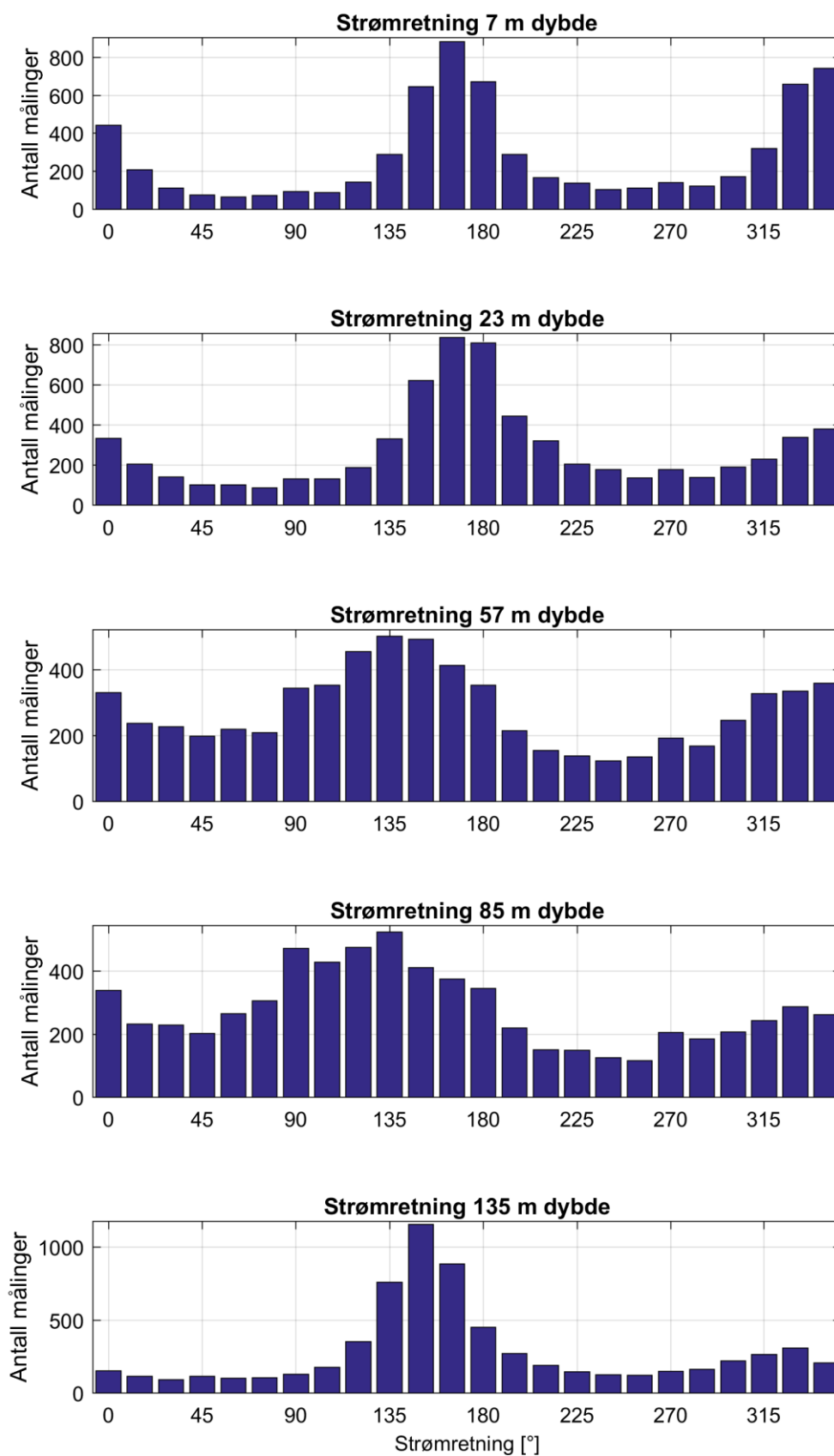
Appendiks D Tidsserier og tabeller

**Figur 19:** Tidsserier av horisontal strømhastighet



Figur 20: Tidsserier av horisontal strømretning

**Figur 21:** Histogram av horisontal strømhastighet



Figur 22: Histogram av horisontal strømretning

Tabell 6: 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°	11	78	147	188	19	0	0	0	0	0	7	26122	7
15°	4	59	94	49	2	0	0	0	0	0	3	9178	2
30°	2	34	55	21	0	0	0	0	0	0	2	4482	1
45°	2	41	28	4	0	0	0	0	0	0	1	2256	1
60°	3	34	24	5	0	0	0	0	0	0	1	1863	0
75°	1	43	27	2	0	0	0	0	0	0	1	1881	0
90°	5	52	36	2	0	0	0	0	0	0	1	2500	1
105°	2	48	37	2	0	0	0	0	0	0	1	2615	1
120°	3	60	63	16	0	0	0	0	0	0	2	4946	1
135°	2	61	128	91	8	0	0	0	0	0	4	15034	4
150°	3	75	218	293	55	1	0	0	0	0	10	44051	11
165°	3	94	247	456	82	2	0	0	0	0	13	63650	16
180°	12	105	233	288	33	2	0	0	0	0	10	41227	10
195°	0	67	143	75	3	0	0	0	0	0	4	13863	4
210°	6	73	73	15	0	0	0	0	0	0	2	5658	1
225°	1	72	57	8	0	0	0	0	0	0	2	4208	1
240°	4	64	35	2	0	0	0	0	0	0	2	2860	1
255°	2	57	51	2	0	0	0	0	0	0	2	3282	1
270°	8	83	43	7	0	0	0	0	0	0	2	4019	1
285°	4	50	56	9	3	0	0	0	0	0	2	4520	1
300°	8	44	66	41	12	0	0	0	0	0	3	8653	2
315°	2	63	105	132	18	0	0	0	0	0	5	19186	5
330°	4	76	155	324	81	18	2	0	0	0	10	52276	13
345°	3	77	188	367	95	12	0	0	0	0	11	57493	15
Sum%	1	22	34	35	6	1	0	0	0	0			

Tabell 7: Strømstyrke-retningsmatrise ved 23 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°	15	127	159	32	0	0	0	0	0	0	5	11274	4
15°	10	103	81	12	0	0	0	0	0	0	3	6248	2
30°	9	70	59	4	0	0	0	0	0	0	2	3980	1
45°	5	68	28	0	0	0	0	0	0	0	1	2224	1
60°	6	67	26	2	0	0	0	0	0	0	1	2416	1
75°	4	55	27	1	0	0	0	0	0	0	1	2127	1
90°	13	85	32	0	0	0	0	0	0	0	2	2756	1
105°	5	83	40	2	0	0	0	0	0	0	2	3402	1
120°	7	95	78	8	0	0	0	0	0	0	3	5744	2
135°	5	111	148	66	0	0	0	0	0	0	5	13732	5
150°	5	121	261	234	2	0	0	0	0	0	9	32634	12
165°	6	145	361	314	11	0	0	0	0	0	12	45563	17
180°	14	158	373	265	1	0	0	0	0	0	12	40375	15
195°	2	135	223	85	0	0	0	0	0	0	7	18628	7
210°	5	155	131	30	0	0	0	0	0	0	5	10782	4
225°	8	107	86	5	0	0	0	0	0	0	3	5772	2
240°	10	106	59	4	0	0	0	0	0	0	3	4385	2
255°	4	94	37	1	0	0	0	0	0	0	2	3219	1
270°	16	104	55	4	0	0	0	0	0	0	3	4459	2
285°	1	83	50	5	0	0	0	0	0	0	2	4026	1
300°	5	92	83	9	0	0	0	0	0	0	3	5872	2
315°	4	89	100	37	0	0	0	0	0	0	3	8617	3
330°	10	97	163	69	0	0	0	0	0	0	5	14146	5
345°	7	102	185	85	1	0	0	0	0	0	6	17011	6
Sum%	3	36	42	19	0	0	0	0	0	0			

Tabell 8: Strømstyrke-retningsmatrise ved 57 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°	35	183	89	24	0	0	0	0	0	0	5	8967	5
15°	18	153	59	7	0	0	0	0	0	0	4	5623	3
30°	19	154	51	3	0	0	0	0	0	0	3	5108	3
45°	9	134	50	5	0	0	0	0	0	0	3	4509	2
60°	18	151	49	2	0	0	0	0	0	0	3	4775	3
75°	13	141	51	4	0	0	0	0	0	0	3	4817	3
90°	24	239	76	6	0	0	0	0	0	0	5	7764	4
105°	11	195	145	3	0	0	0	0	0	0	5	9613	5
120°	20	254	174	8	0	0	0	0	0	0	7	12427	7
135°	16	247	220	19	0	0	0	0	0	0	7	15192	8
150°	13	234	220	27	0	0	0	0	0	0	7	15715	9
165°	20	217	154	23	0	0	0	0	0	0	6	12378	7
180°	21	226	96	10	0	0	0	0	0	0	5	8762	5
195°	16	166	33	0	0	0	0	0	0	0	3	4326	2
210°	11	114	30	0	0	0	0	0	0	0	2	3111	2
225°	11	102	25	0	0	0	0	0	0	0	2	2594	1
240°	14	100	10	0	0	0	0	0	0	0	2	2075	1
255°	21	93	22	0	0	0	0	0	0	0	2	2495	1
270°	28	137	27	1	0	0	0	0	0	0	3	3693	2
285°	9	112	43	5	0	0	0	0	0	0	3	4052	2
300°	13	147	72	14	0	0	0	0	0	0	4	6743	4
315°	11	151	112	54	0	0	0	0	0	0	5	11540	6
330°	10	127	129	69	0	0	0	0	0	0	5	13490	7
345°	14	162	113	70	0	0	0	0	0	0	5	13443	7
Sum%	6	58	30	5	0	0	0	0	0	0			

Tabell 9: Strømstyrke-retningsmatrise ved 85 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°	44	224	69	2	0	0	0	0	0	0	5	6712	4
15°	14	181	38	0	0	0	0	0	0	0	3	4632	3
30°	15	168	47	0	0	0	0	0	0	0	3	4679	3
45°	11	156	35	0	0	0	0	0	0	0	3	4058	2
60°	13	196	55	1	0	0	0	0	0	0	4	5661	3
75°	14	193	95	4	0	0	0	0	0	0	5	7694	5
90°	37	289	134	12	0	0	0	0	0	0	7	11622	7
105°	17	240	159	12	0	0	0	0	0	0	6	12022	7
120°	18	264	174	20	0	0	0	0	0	0	7	14036	8
135°	17	261	217	30	0	0	0	0	0	0	8	15826	10
150°	20	193	169	29	0	0	0	0	0	0	6	12597	8
165°	17	203	133	22	0	0	0	0	0	0	6	11173	7
180°	35	220	83	7	0	0	0	0	0	0	5	8071	5
195°	11	146	60	3	0	0	0	0	0	0	3	5076	3
210°	20	104	25	1	0	0	0	0	0	0	2	2925	2
225°	10	112	26	1	0	0	0	0	0	0	2	2965	2
240°	16	97	13	0	0	0	0	0	0	0	2	2230	1
255°	14	86	16	1	0	0	0	0	0	0	2	2215	1
270°	29	151	24	2	0	0	0	0	0	0	3	3721	2
285°	17	132	33	3	0	0	0	0	0	0	3	3863	2
300°	17	128	60	2	0	0	0	0	0	0	3	4823	3
315°	13	143	83	5	0	0	0	0	0	0	4	6267	4
330°	17	182	82	7	0	0	0	0	0	0	4	7103	4
345°	17	186	58	2	0	0	0	0	0	0	4	5718	3
Sum%	7	63	28	2	0	0	0	0	0	0			

Tabell 10: Strømstyrke-retningsmatrise ved 135 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°	51	101	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1209	1
15°	48	67	0	0	0	0	0	0	0	0	2	858	1
30°	44	46	0	0	0	0	0	0	0	0	1	600	1
45°	60	55	0	0	0	0	0	0	0	0	2	737	1
60°	54	49	0	0	0	0	0	0	0	0	2	637	1
75°	55	50	0	0	0	0	0	0	0	0	2	692	1
90°	63	66	0	0	0	0	0	0	0	0	2	884	1
105°	56	122	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1467	2
120°	69	279	4	0	0	0	0	0	0	0	5	3884	4
135°	62	640	58	0	0	0	0	0	0	0	11	12760	15
150°	67	925	164	1	0	0	0	0	0	0	17	22458	26
165°	72	740	73	1	0	0	0	0	0	0	13	15050	17
180°	83	364	4	0	0	0	0	0	0	0	7	5189	6
195°	85	188	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2466	3
210°	57	133	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1554	2
225°	60	87	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1100	1
240°	62	63	0	0	0	0	0	0	0	0	2	804	1
255°	47	75	0	0	0	0	0	0	0	0	2	876	1
270°	63	86	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1064	1
285°	55	109	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1423	2
300°	61	158	1	0	0	0	0	0	0	0	3	2139	2
315°	53	209	3	0	0	0	0	0	0	0	4	3054	4
330°	71	236	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3261	4
345°	56	151	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2155	2
Sum%	22	74	5	0	0	0	0	0	0	0			

Appendiks E Fjernet data

Aquadopp Profiler – 30 m dybde:

Fjernet 106 punkter på grunn av Trykk utenfor [25.11, 31.29]:

31-Oct-2017 13:10:00 til 01-Nov-2017 06:40:00

Antall NaN (hull) i intervallet: 0

Støygulvet er til instrumentet er satt til 25 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 7.0 m dyp. Fjerner 7 celler over dette.

1 celler fjernet pga. for lav signalstyrke: 27.0 dyp

Outliers:

Fjernet 1 punkter ved 7.0 m dybde:

16-Sep-2017 03:20:00

Fjernet punkter utenfor intervallet 14-Sep-2017 14:10:00 - 31-Oct-2017 13:00:00 for å bruke overlappende periode mellom de forskjellige instrumentene.

AquadoppProfiler – 103 m dybde:

Fjernet 101 punkter på grunn av Trykk utenfor [64.08, 137.99]:

31-Oct-2017 13:15:00 til 01-Nov-2017 05:55:00

Antall NaN (hull) i intervallet: 0

Støygulvet er til instrumentet er satt til 16 counts.

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

Høyeste godkjente celle er på 55.0 m dyp. Fjerner 2 celler over dette.

36 punkter er fjernet fra cellen ved 55.0 m dyp pga lav signalstyrke

24 punkter er fjernet fra cellen ved 57.0 m dyp pga lav signalstyrke

16 punkter er fjernet fra cellen ved 59.0 m dyp pga lav signalstyrke

11 punkter er fjernet fra cellen ved 61.0 m dyp pga lav signalstyrke

9 punkter er fjernet fra cellen ved 63.0 m dyp pga lav signalstyrke

6 punkter er fjernet fra cellen ved 65.0 m dyp pga lav signalstyrke

6 celler fjernet pga overflatestøy eller for lav signalstyrke:

67.0 dyp

69.0 dyp

71.0 dyp

73.0 dyp

75.0 dyp

101.0 dyp

Fjernet punkter utenfor intervallet 14-Sep-2017 14:10:00 - 31-Oct-2017 13:00:00 for å bruke overlappende periode mellom de forskjellige instrumentene.

Seaguard – 135 m dybde:

Fjernet 1 punkter på grunn av Tilt utenfor [-2.53, 5.42]:

31-Oct-2017 13:09:59

Fjernet 13 punkter på grunn av Dybde utenfor [125.19, 162.47]:

31-Oct-2017 13:20:00 til 31-Oct-2017 15:20:00

Antall NaN (hull) i intervallet: 0

Fjernet punkter utenfor intervallet 14-Sep-2017 14:10:00 - 31-Oct-2017 13:00:00 for å bruke overlappende periode mellom de forskjellige instrumentene.

Appendiks F Instrumentspesifikasjoner

Tabell 11: Instrumentspesifikasjonene

	Seaguard	Aquadopp Profiler
Horisontal nøyaktighet	±0.15 cm/s, ±1%	±0.5 cm/s, ±1%
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 G Kalibrering Seaguard RCM 1879**Tabell 12:** Test og spesifikasjoner

Produkt	Dato
Seaguard RCM SW	31.03.2016
Main Assembly Seaguard 9340	18.03.2016
DCS 4420	31.03.2016
Pressure Sensor 4117B	07.04.2016

Tabell 13: Kalibrering

Produkt	Dato
Pressure Sensor 4117B	08.04.2016

Appendiks H Kalibrering Aquadopp Profiler AQD 5569**Tabell 14:** Test og spesifikasjoner

	Dato	Utført av
Service/test	24.11.2008	Nortek
Funksjonstest	14.09.2017	Multiconsult
Tilt	14.09.2017	Multiconsult
Temperatur	14.09.2017	Multiconsult
Kompass	14.09.2017	Multiconsult
Ping sjekk	14.09.2017	Multiconsult

Tabell 15: Kalibrering

	Dato	Utført av
Kompasskalibrering	14.09.2017	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	31.10.2017	Multiconsult

Appendiks I Kalibrering Aquadopp Profiler AQD 12552**Tabell 16:** Test og spesifikasjoner

	Dato	Utført av
Service/test	09.06.2015	Nortek
Funksjonstest	14.09.2017	Multiconsult
Tilt	14.09.2017	Multiconsult
Temperatur	14.09.2017	Multiconsult
Kompass	14.09.2017	Multiconsult
Ping sjekk	14.09.2017	Multiconsult

Tabell 17: Kalibrering

	Dato	Utført av
Kompasskalibrering	14.09.2017	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	31.10.2017	Multiconsult