
RAPPORT

Stad Skipstunnel – Strømmålinger

Kystsaks nr: 2021/1246

OPPDRAUGSGIVER

Kystverket

EMNE

Strømmåling Moldefjorden entringsområde

DATO / REVISJON: 07.06.2022 / 01

DOKUMENTKODE: 10243085-01-RIMT-RAP-003



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 | Stad Skipstunnel – Strømmålinger Kystsaks nr: 2021/1246 | DOKUMENTKODE | 10243085-01-RIMT-RAP-003 |
| EMNE | Strømmåling Moldefjorden entringsområde | TILGJENGELIGHET | Åpen |
| OPPDRAGSGIVER | Kystverket | OPPDRAGSLEDER | Bård Øyvind Solberg |
| KONTAKTPERSON | Terje Skjeppestad | UTARBEIDET AV | Jan Potac |
| KOORDINATER | 62°0.992'N 5°25.252'Ø | ANSVARLIG ENHET | 10235042 Tromsø Marint miljø og havbruk |

SAMMENDRAG

Det er utført strømmålinger i fire punkt som grunnlag for mudre/dumpe søknad og dimensjonerende skip studie for Stad Skipstunnel. Måleprogrammet omfatter målinger over 1 måned i områdene Saltasundet, Sjødeponi ytre Moldefjorden, Entringsområde Kjødpollen og Entringsområde Moldefjorden.

Formålet med målingene er å kartlegge strømforholdene i flere dyp og beskrive hvordan disse varierer som følge av ytre påvirkning som vind og tidevann. I denne rapporten beskrives det strømmen ved Entringsområde Moldefjorden.

Målingene viser at strømmen ved Entringsområde Moldefjorden varierer mellom nordøst og sørvest.

Maksimalstrømmen for ble målt ved 5 m dybde og var 24 cm/s mot 190°. Den sterkeste gjennomsnittsstrømmen var 3 cm/s ved 5 m dybde.

| | | | | | | |
|------|------------|--------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| 01 | 07.06.2022 | Strømanalyse | MA/AFa | Jan Potac | Martin Arntsen | Bård Ø. Solberg |
| REV. | DATO | BESKRIVELSE | MÅLING UTFØRT | UTARBEIDET AV | KONTROLLERT AV | GODKJENT AV |

INNHOLDSFORTEGNELSE

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 1 | Innledning | 5 |
| 2 | Metodebeskrivelse | 6 |
| 3 | Resultater | 7 |
| 3.1 | Strømdata | 7 |
| 3.2 | Vantransport..... | 10 |
| 3.3 | Tidevann, vindpåvirket strøm og andre strømkomponenter..... | 11 |
| 3.3.1 | Tidevannsanalyse og vannstand | 11 |
| 3.3.2 | Sammenheng mellom vind og strøm | 12 |
| 4 | Referanser | 14 |
| Appendiks A | Måling og kvalitetssikring..... | 15 |
| Appendiks B | Terminologi | 17 |
| Appendiks C | Operasjonell strøm og sektorvis statistikk | 18 |
| Appendiks D | Tidsserier og fordelinger | 21 |
| Appendiks E | Fjernet data | 25 |
| Appendiks F | Instrumentspesifikasjoner..... | 26 |
| Appendiks G | Seaguard II SN 1611 | 26 |

1 Innledning

Det har blitt gjennomført strømmålinger i 4 punkt som grunnlag for mudre/dumpe søknad og dimensjonerende skip studie for Stad Skipstunnel. Målepunktene er vist i Figur 1, og omfatter Saltasundet, planlagt deponiområdet i Moldefjorden samt utenfor hvert av entringsområdene.

Resultatene rapporteres i fire separate rapporter, 10243085-01-RIMT-RAP-001 – 004.

Denne rapporten beskriver strømmålinger gjennomført i Entringsområde i Moldefjorden.



Figur 1: Målepunkter til de fire utførte målingene. Entringsområde Kjødepollen = Målepunkt 4, Entringsområde Moldefjorden = Målepunkt 3, Deponi ytre Moldefjorden = Målepunkt 2, Utdypingsområde Saltasundet Moldefjorden = Målepunkt 1.

2 Metodebeskrivelse

Det er utført strømmålinger ved Moldefjorden i perioden mellom 21.02.2022 og 15.03.2022.

Formålet med strømmålingen er å kvantifisere strømhastighet og -retning i området utenfor planlagt tunnelåpning.

Tabell 1 sammenfatter den viktigste bakgrunnsinformasjonen for målingen.

- **Plassering av måler:** Figur 2 viser hvor måleriggen var plassert. Måleren er plassert like utenfor planlagt tunnel-åpning i Moldefjorden.
- **Måledybder:** Det ble satt ut en doppler profilmåler ved 30 m dyp.
- **Målingsutstyr:** Måleren ble forankret fra bunn og opp. Beskrivelse av riggen og instrumentet er gitt i Appendiks A.
- **Kvalitetsvurdering av målte data:** Datasettet ble kvalitetssikret i henhold til anbefalingene fra instrumentenes produsent. En nærmere beskrivelse av denne prosessen finnes i Appendiks A.
- **Målingens varighet:** Det ble målt i 21 dager.

Tabell 1: Generell informasjon om strømmålingen utført ved Entringsområde Moldefjorden.

| | |
|--------------------------|--|
| Posisjon | 62°0.992 N 5°25.252 Ø |
| Ca. dybde på målestedet | 35 m |
| Måleperiode | 21-Feb-2022 12:30:00 (UTC) til 15-Mar-2022 06:00:00 (UTC) |
| Varighet | 21 dager |
| Antall målinger | 3130 |
| Kompassorientering | Mot magnetisk nord (ikke korrigeret for misvisning) |
| Målertype - 30 m dybde | Doppler profilmåler (AADI Seaguard II, Serienummer 1611), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 0 til 28 m dybde, cellestørrelse 2 m, celleavstand 2 m |
| Type måling - 30 m dybde | Spread (midling over 600 s), 250 ping, narrowband |
| Frekvens | Hvert 10. minutt |



Figur 2: Entringsområde Moldefjorden.

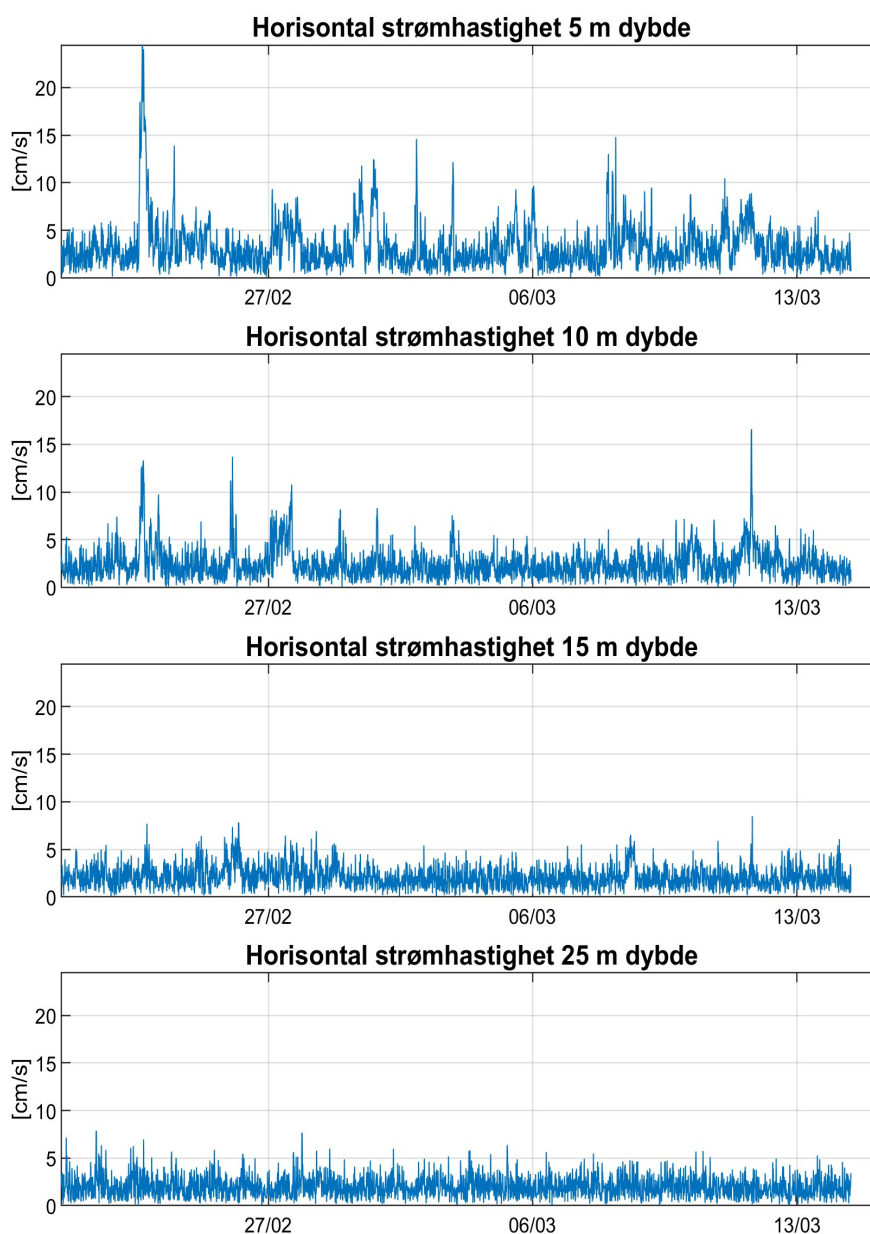
3 Resultater

3.1 Strømdata

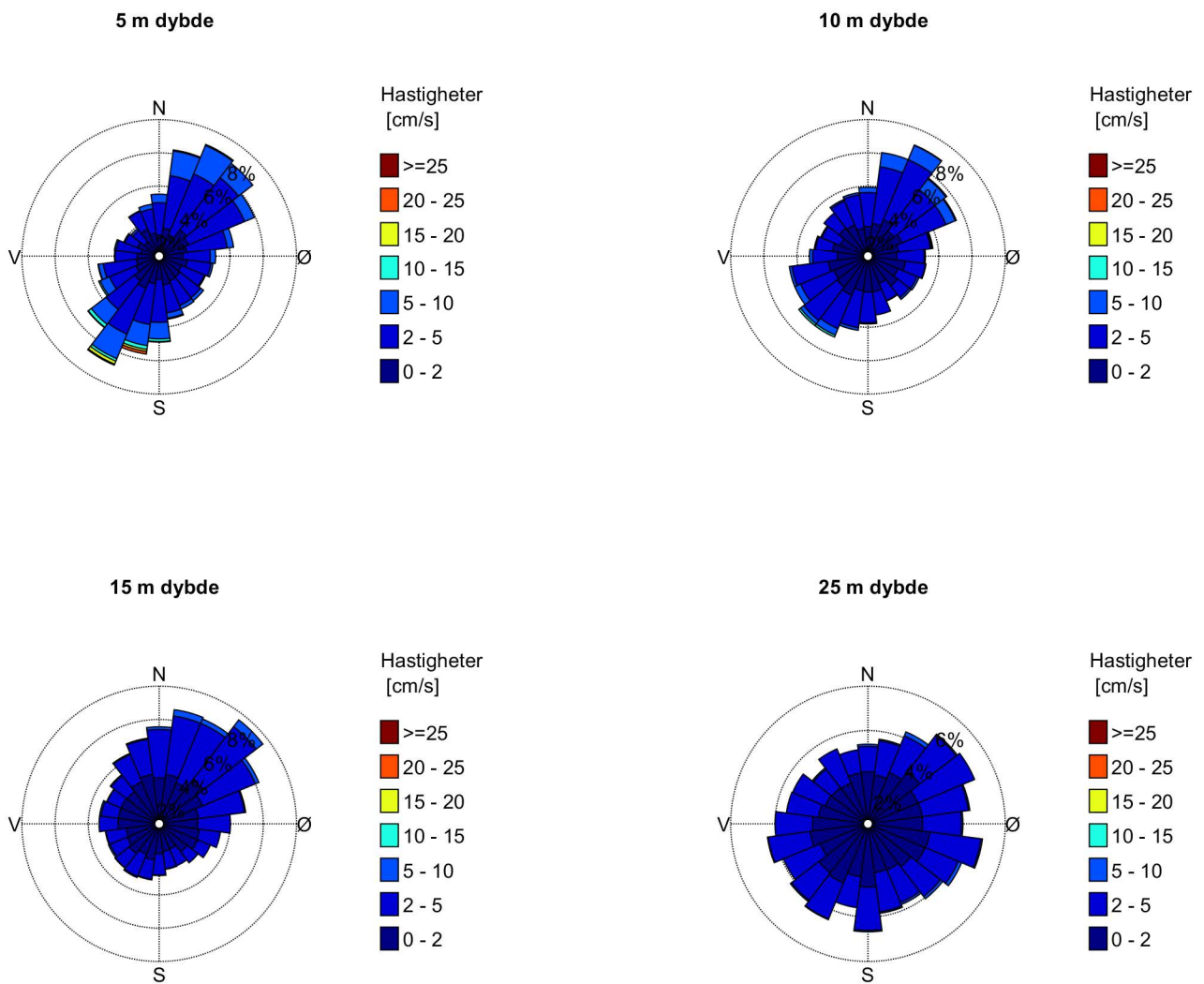
Tidsserien av målt strøm, samt strømrøsen for valgte dybder er gitt i Figur 3 og Figur 4. Figur 5 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder. Figur 6 viser minimum, middel- og maksimalstrøm ved forskjellige dybder. Hovedresultater fra strømmålingene er oppsummert i Tabell 2. Operasjonell og sektorvis strømstatistikk, strømhastighet-retnings matrise og fordelinger er gitt i Appendiks C og Appendiks D.

Gjennomsnittsstrømmen ved Entringsområde Moldefjorden er målt til 3 cm/s ved 5 m dybde og 2 cm/s ved 10 m, 15 m og 25 m dybde. Maksimalstrømmen er målt til 24 cm/s ved 5 m, 17 cm/s ved 10 m og 8 cm/s ved 15 m og 25 m dybde.

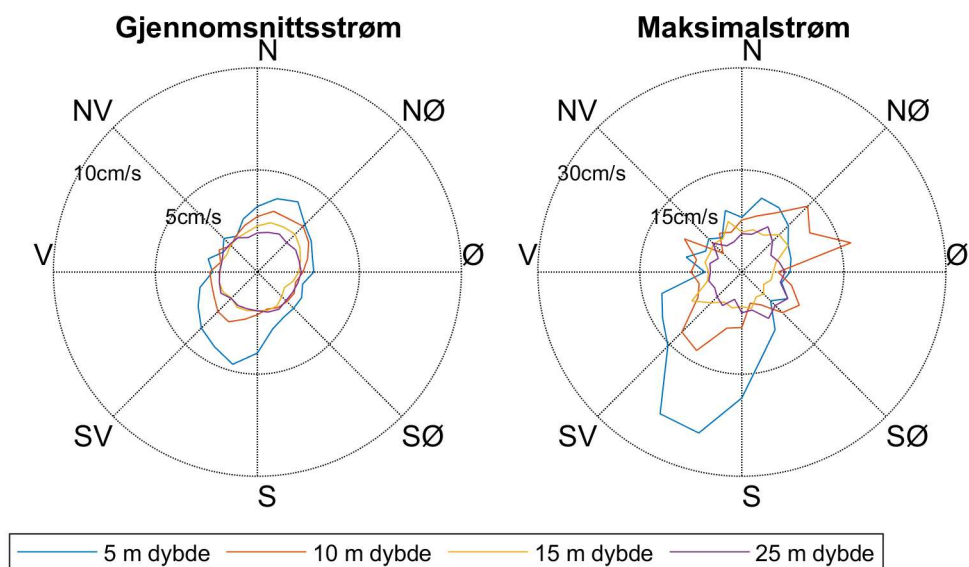
Målingene viser at strømmen ved Entringsområde Moldefjorden varierer mellom nordøst og sørvest. Strømmen er generelt lav, rundt 5 cm/s. Det er hendelser med høyere strøm både ved 5 og 10 m.



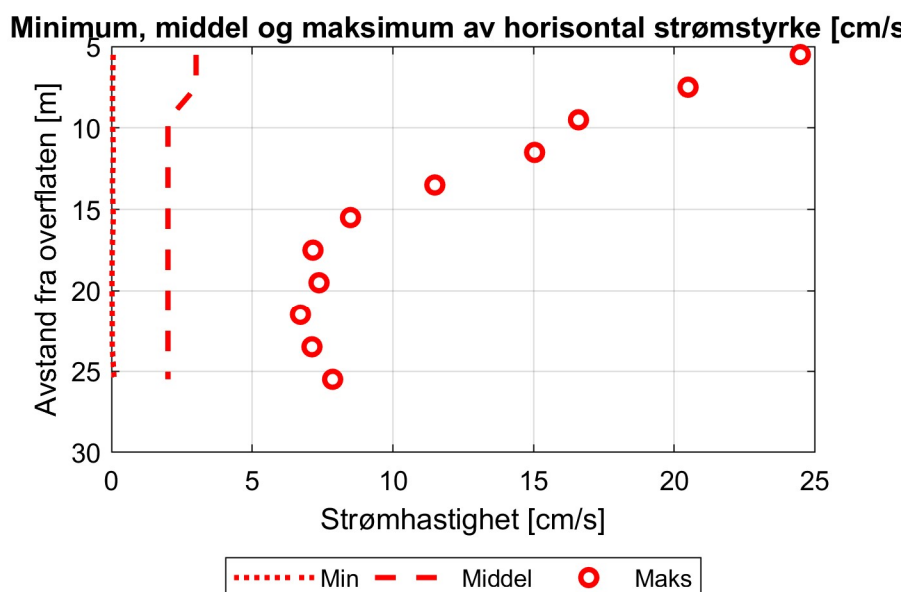
Figur 3: Tidsserier av horisontal strømhastighet.



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



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



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

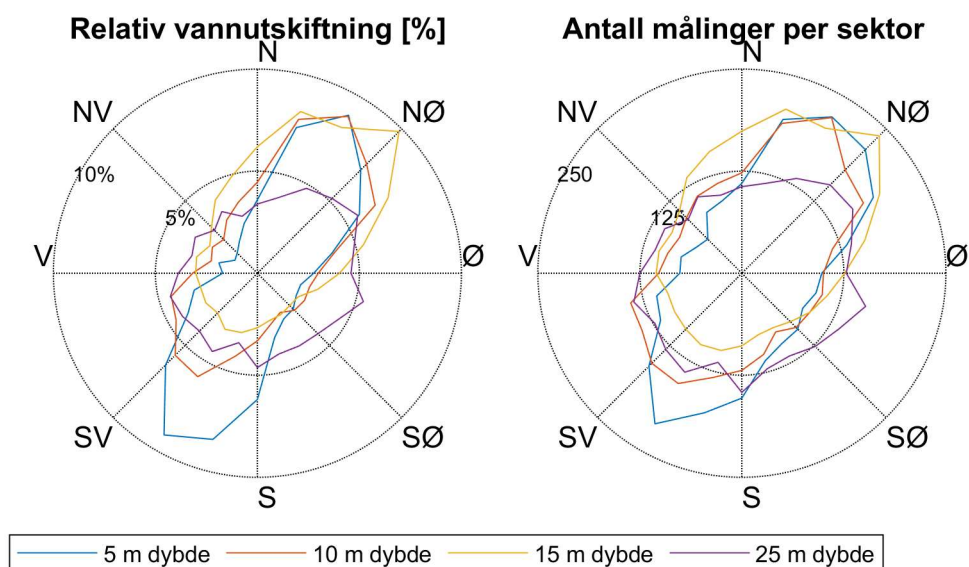
Tabell 2: Statistikk fra strømmålingene ved Entringsområde Moldefjorden.

| Dybde | 5 m dybde | 10 m dybde | 15 m dybde | 25 m dybde |
|-------------------------------|-----------|------------|------------|------------|
| Gjennomsnittsstrøm [cm/s] | 3 | 2 | 2 | 2 |
| Median [cm/s] | 3 | 2 | 2 | 2 |
| Standardavvik [cm/s] | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Maksimumstrøm [cm/s] | 24 | 17 | 8 | 8 |
| Retning maksimumstrøm [°] | 190 | 78 | 243 | 143 |
| 95 prosentil [cm/s] | 8 | 5 | 4 | 4 |
| Andel målinger >30 cm/s [%] | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Vannutskiftning/Vanntransport | | | | |
| Neumanns parameter | 0.08 | 0.12 | 0.29 | 0.08 |
| Vektormidlet strøm [cm/s] | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Vektormidlet strømretning [°] | 130 | 25 | 27 | 107 |
| Nullmålinger | | | | |
| Andel målinger < 1cm/s [%] | 9.1 | 14 | 16.2 | 19.1 |
| Lengste periode < 1cm/s [min] | 50 | 40 | 50 | 60 |

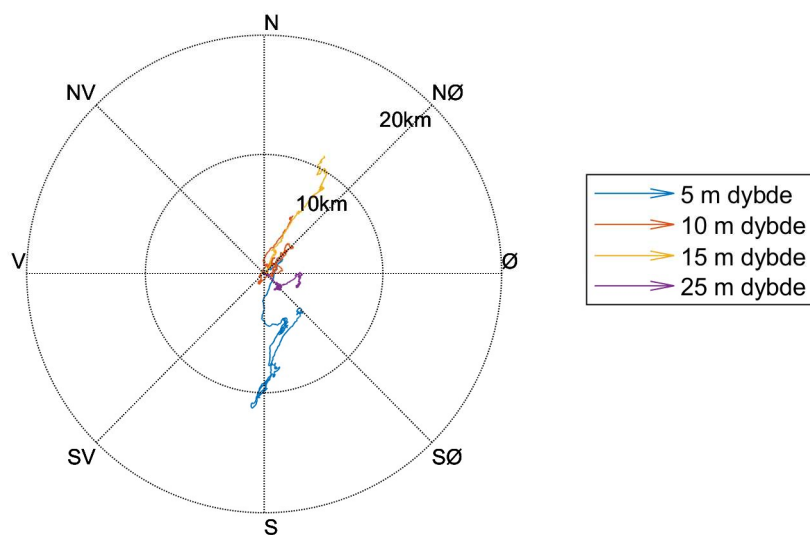
3.2 Vanntransport

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

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



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



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

3.3 Tidevann, vindpåvirket strøm og andre strømkomponenter

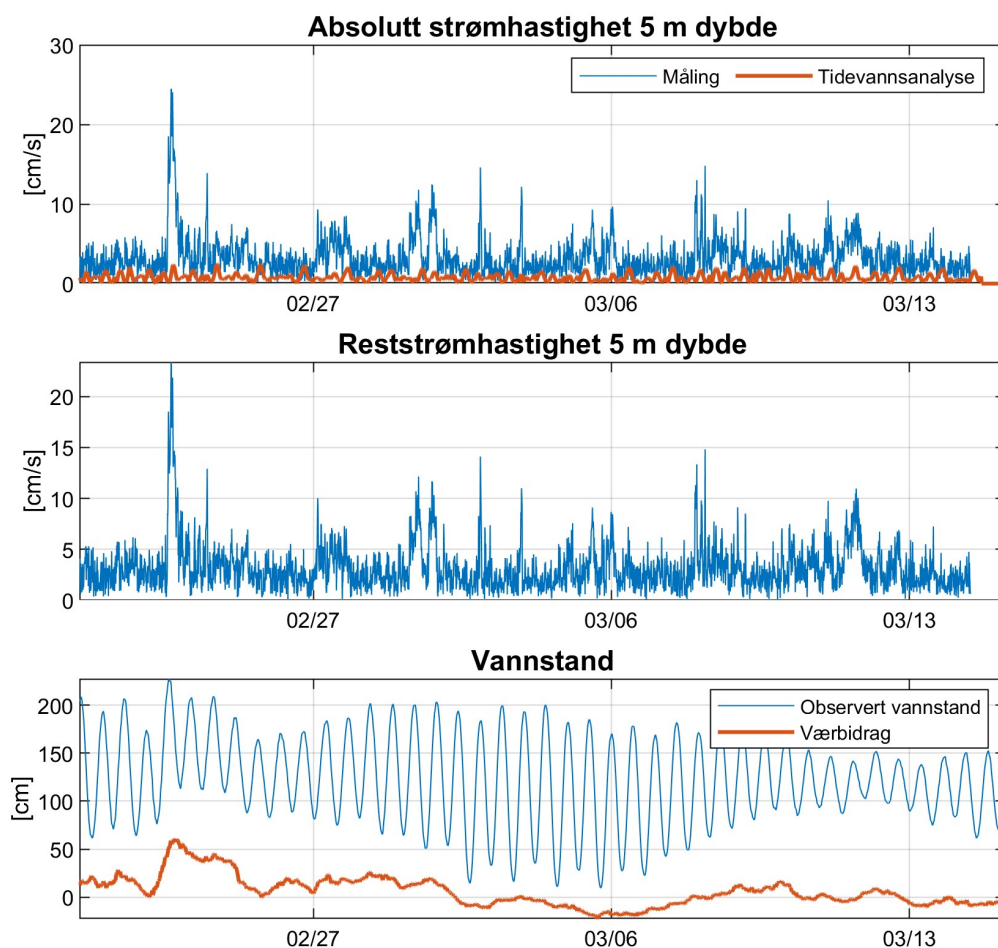
3.3.1 Tidevannsanalyse og vannstand

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

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

Figur 9 viser tidsserien av strømmen ved 5 m dybde med beregnet tidevann fra tidevannsanalysen, reststrøm og vannstand fra sehavniva.no.

Tidevannsanalysen av strømmålingene viser at tidevannet forklarer 5 % av variansen i datasettet ved 5 m dybde. Maksimal beregnet tidevannsstrøm ved 5 m dybde er 2 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 6 cm/s (signifikant maksimum), men har en maksimalverdi på 23 cm/s.



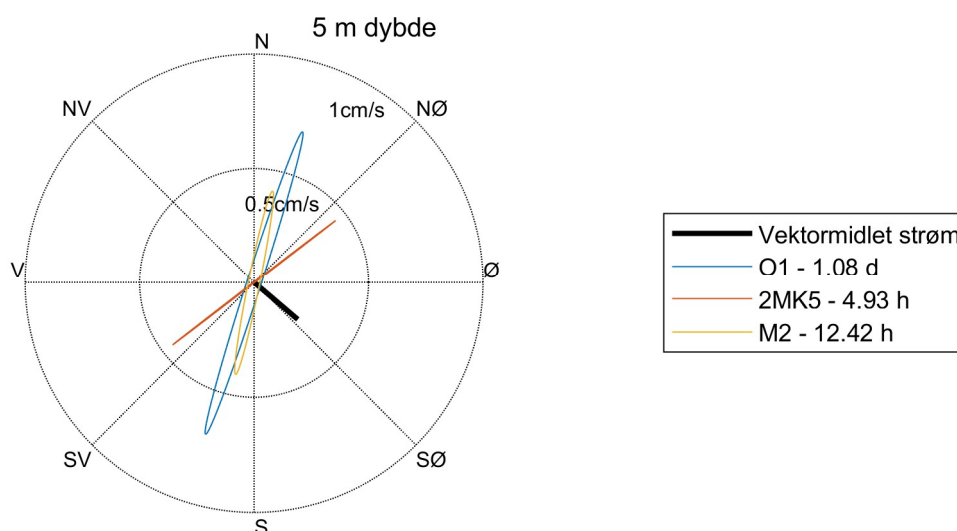
Figur 9: Horisontal strømhastighet, 5 m dybde, med tidevannsanalyse (vannstand fra Måløy, tidsforskjell: 0, høydekorreksjonsfaktor: 1.00 (sehavnivå.no).

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 tidevannskomponentene til strømmen ved 5 m dybde. Hovedperiodene i tidevannssignalet ved 5 m dybde er 1.08 dager, 4.93 timer og 12.42 timer. Det er tidevannet fra månen O1 som er mest framtreddende, og figuren viser at tidevannsstrømmen oscillerer mellom nordøstlig og sørvestlig retning.

Vektormidlet strøm er vist som en svart strek i Figur 10. Den vektormidlete strømmen viser at vanntransporten er mot sørøst ved Entringsområde Moldefjorden.

Tidevannsanalysen i de forskjellige dybdene forklarer mellom 3 og 6 % av variansen i strømmålingene.

Tidevannsstrømmen påvirker strømbildet i målepunktet, men har relativt sett liten betydning for strømstyrkene i målepunktet.



Figur 10: Tidevanssellipsene av strømmen ved 5 m dybde. O1, 2MK5 og M2 refererer til tidevannskomponentene. Middelstrømmen er vektorbasert.

3.3.2 Sammenheng mellom vind og strøm

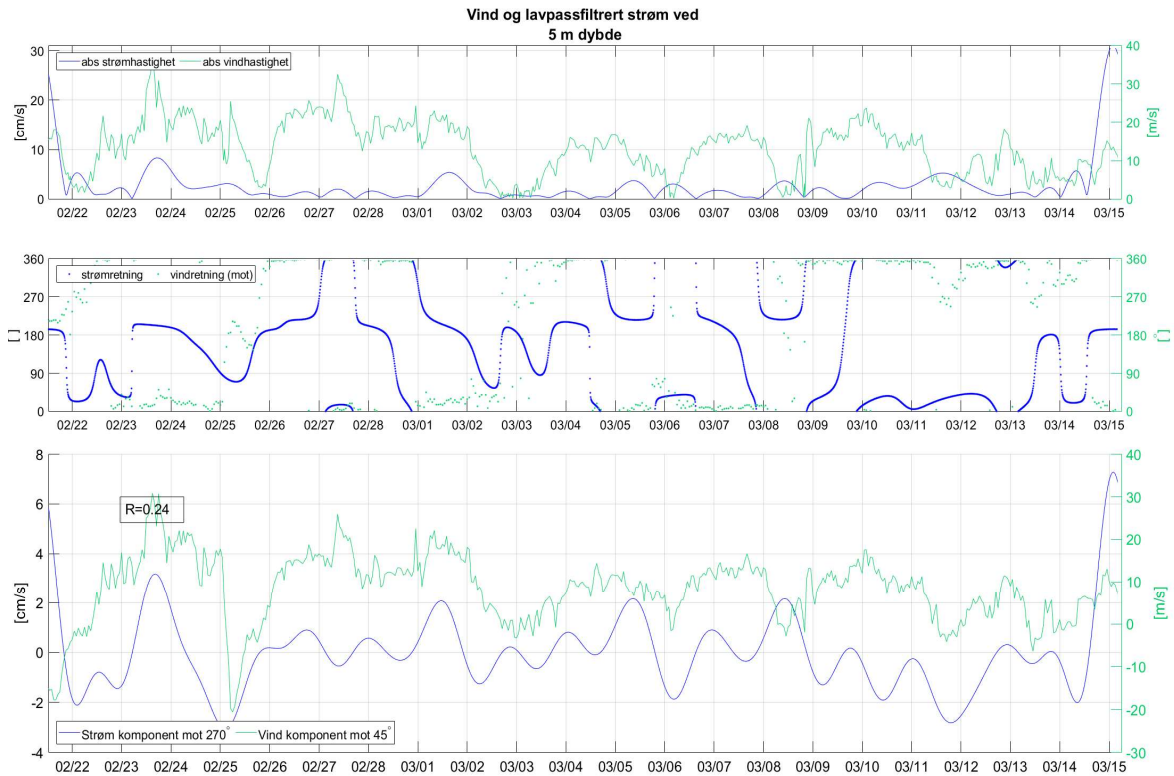
Sammenhengen mellom vind og strøm er også undersøkt. Det ble brukt vindmålinger fra Kråkenes målestasjon (Frost) som ligger 25 km vest for Entringsområde Moldefjorden og anses som mest representativ for lokaliteten. Verdiene er 10 minutters middelerverdier 10 meter over bakken. For å lettere kunne sammenligne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

Figur 12 viser fordeling av retninger og styrke av både vind og lavpassfiltrert strøm ved 5 m dybde.

Det er undersøkt korrelasjon mellom vind og strøm dekomponert langs 8 himmelretninger (0°, 45°, 90° osv.) for å finne ut hvilke retninger av vind og strøm som viser størst samvariasjon. Dette er gjort for å fange opp innvirkning fra eventuelle topografiske effekter på vindens og strømmens retning. Nederste panel i Figur 11 viser vind og lavpassfiltrert strøm dekomponert langs den retningen med høyest korrelasjon.

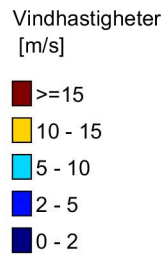
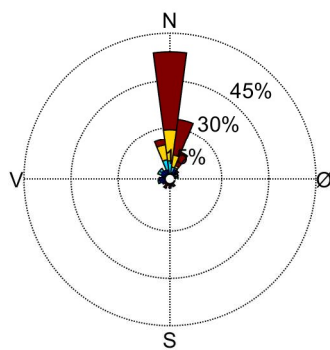
For samtidig vind og lavpassfiltrert strøm ved 5 m dybde er korrelasjonen 0.24. Dette betyr at det er i perioder med vind fra nordøst og sørvest retning ved Kråkenes at overflatestrømmen har vært mest påvirket av vind i løpet av måleperioden.

Resultatene viser at vinden har vært med på å påvirke strømbildet ved målepunktet i måleperioden.

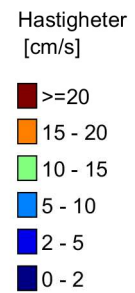
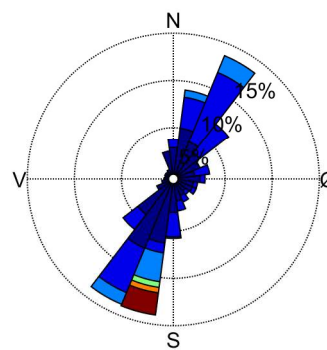


Figur 11: De to øverste paneler viser vindretning og vindhastighet (grønn) samt retning og hastighet på lavpassfiltrert strøm (blå). Det nederste panelet viser hastighet på vind og lavpassfiltrert strøm dekomponert langs retninger som gir høyest korrelasjon mellom vind og strøm.

Vind ved Kråkenes målestasjon (mot)



Lavpassfiltrert strøm 5 m dypde



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

4 Referanser

Aanderaa, 2014: "TD 303 Seaguard II Platform".

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

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

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

Appendiks A Måling og kvalitetssikring

Strømmen ble målt med en akustisk doppler profilmåler Seaguard II (Aanderaa, 2014).

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. Seaguard II sender ut pulser i fire stråler i forskjellige retninger for å kunne rekonstruere den horisontale og vertikale strømhastigheten i mange dyp. Målerne ble forankret som vist i Figur 13.



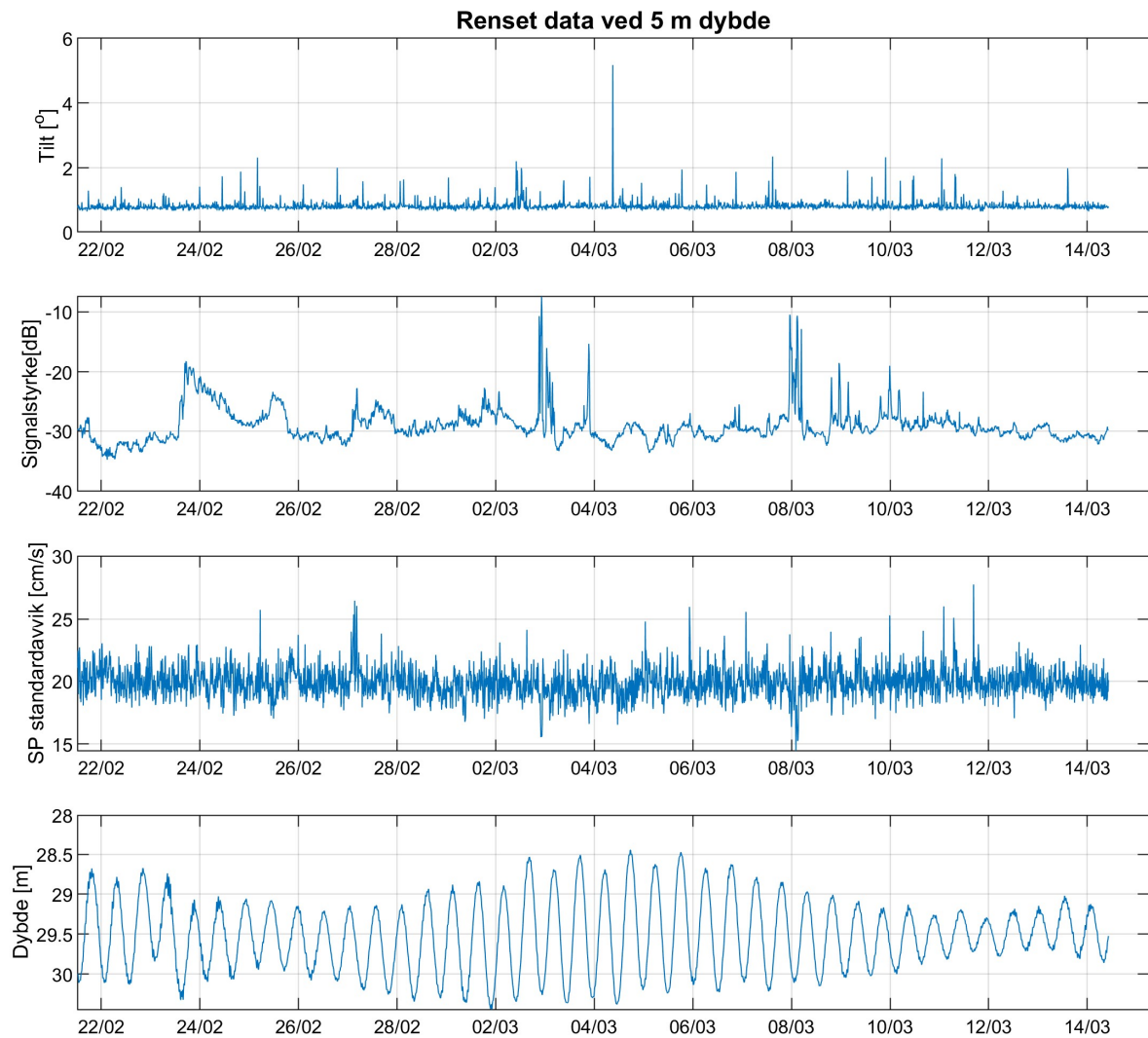
Figur 13: Skisse av riggen.

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

Seaguard II:

- Tilt bør være under 35°.
- For 2 m celler bør standardavvik ligge under 31.8 ved bruk av Narrowband og under 16.3 ved bruk av Broadband.
- Kryssdifferanse (sum av strålehastighet mellom motsatte stråler) skal være nær null ved homogen strøm.
- Krysskorrelasjon (strålenes korrelasjonsfaktor) er bare gjellende for bruk av Broadband og skal være nær 0.5.
- Vertikal hastighet bør være lavere enn 10 % av den horisontale strømhastigheten og skal vurderes.

Tilfeller hvor disse kriteriene ikke blir møtt, har blitt vurdert nøye. I tillegg til anbefalingene over ble målingene sjekket for uteliggere som også ble fjernet. Data som ble fjernet er beskrevet i Appendiks E. Strømretningen er ikke korrigeret for misvisning og alle retninger er referert mot magnetisk nord. Der instrumentprodusenten anbefaler det, er deviasjon tatt hensyn til gjennom kalibrering av kompasset før utsett. Figur 14 viser noen av parameterne etter datarensing.



Figur 14: Kvalitetssikring Seaguard II etter datarensing.

Appendiks B Terminologi

Tabell 3: Begrepsbeskrivelse.

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

Appendiks C Operasjonell strøm og sektorvis statistikk

Tabell 4: Sektorvis strømstatistikk.

| | Retning (mot) | | | | | | | | Alle retninger |
|-------|--------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|----------------|
| | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | |
| | N | NØ | Ø | SØ | S | SV | V | NV | |
| Dybde | Gjennomsnitt horisontal strøm [cm/s] | | | | | | | | |
| 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 |
| 10 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 15 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 25 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Dybde | 95 prosentil [cm/s] | | | | | | | | |
| 5 | 7 | 7 | 5 | 5 | 10 | 10 | 5 | 4 | 8 |
| 10 | 6 | 7 | 4 | 5 | 4 | 7 | 5 | 4 | 5 |
| 15 | 5 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 25 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Dybde | Horisontal maksimalstrøm [cm/s] | | | | | | | | |
| 5 | 11 | 11 | 7 | 10 | 24 | 24 | 12 | 7 | 24 |
| 10 | 9 | 14 | 17 | 10 | 9 | 13 | 7 | 10 | 17 |
| 15 | 8 | 8 | 5 | 5 | 6 | 8 | 6 | 6 | 8 |
| 25 | 6 | 8 | 6 | 8 | 6 | 6 | 5 | 6 | 8 |
| Dybde | Relativ vannutsiftning [%] | | | | | | | | |
| 5 | 14 | 22 | 9 | 7 | 18 | 19 | 7 | 4 | 100 |
| 10 | 16 | 23 | 10 | 7 | 10 | 16 | 10 | 8 | 100 |
| 15 | 19 | 25 | 12 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 100 |
| 25 | 10 | 16 | 15 | 13 | 12 | 13 | 12 | 10 | 100 |
| Dybde | Antall målinger [%] | | | | | | | | |
| 5 | 13 | 21 | 11 | 9 | 15 | 16 | 9 | 7 | 100 |
| 10 | 14 | 19 | 10 | 9 | 12 | 15 | 11 | 10 | 100 |
| 15 | 18 | 21 | 13 | 8 | 9 | 10 | 10 | 11 | 100 |
| 25 | 11 | 15 | 14 | 13 | 13 | 13 | 12 | 10 | 100 |

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

| Strømhastighet | Strømretning | | | | | | | | Sum |
|----------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | |
| 0-1 cm/s | 1.0 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.4 | 1.2 | 1.0 | 1.2 | 9.4 |
| 1-5 cm/s | 9.7 | 15.5 | 8.6 | 7.7 | 9.7 | 10.7 | 7.2 | 5.5 | 74.6 |
| 5-10 cm/s | 2.4 | 3.7 | 0.9 | 0.5 | 2.7 | 3.4 | 0.4 | 0.2 | 14.2 |
| 10-20 cm/s | 0.1 | 0.1 | | | 0.6 | 0.7 | 0.0 | | 1.5 |
| 20-30 cm/s | | | | | 0.2 | 0.1 | | | 0.2 |
| Sum | 13.1 | 20.5 | 10.7 | 9.3 | 14.6 | 16.2 | 8.6 | 6.9 | 100.0 |

Tabell 6: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 5 m dybde.

| Strømhastighet | Strømreretning | | | | | | | | Sum |
|----------------|----------------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|
| | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | |
| >10 cm/s | 0.1 | 0.1 | | | 0.8 | 0.8 | 0.0 | | 1.8 |
| >20 cm/s | | | | | 0.2 | 0.1 | | | 0.2 |

Tabell 7: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 10 m dybde.

| Strømhastighet | Strømreretning | | | | | | | | Sum |
|----------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | |
| 0-1 cm/s | 1.6 | 1.9 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 2.0 | 1.8 | 1.9 | 14.5 |
| 1-5 cm/s | 11.1 | 14.4 | 8.4 | 7.0 | 9.8 | 11.6 | 9.0 | 7.6 | 78.8 |
| 5-10 cm/s | 1.4 | 2.4 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 1.1 | 0.4 | 0.2 | 6.2 |
| 10-20 cm/s | | 0.2 | 0.1 | | | 0.3 | | | 0.5 |
| Sum | 14.1 | 18.9 | 10.5 | 9.0 | 11.7 | 15.0 | 11.1 | 9.7 | 100.0 |

Tabell 8: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 10 m dybde.

| Strømhastighet | Strømreretning | | | | | | | | Sum |
|----------------|----------------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|
| | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | |
| >10 cm/s | | 0.2 | 0.1 | | | 0.3 | | | 0.5 |

Tabell 9: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 15 m dybde.

| Strømhastighet | Strømreretning | | | | | | | | Sum |
|----------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | |
| 0-1 cm/s | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 2.1 | 1.7 | 2.0 | 2.0 | 2.2 | 16.7 |
| 1-5 cm/s | 14.7 | 17.9 | 10.7 | 6.3 | 6.9 | 7.5 | 7.9 | 8.9 | 80.9 |
| 5-10 cm/s | 0.6 | 1.1 | 0.1 | | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 2.3 |
| Sum | 17.7 | 21.1 | 12.9 | 8.5 | 8.8 | 9.7 | 10.0 | 11.3 | 100.0 |

Tabell 10: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 15 m dybde.

| Strømhastighet | Strømreretning | | | | | | | | Sum |
|----------------|----------------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|
| | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | |

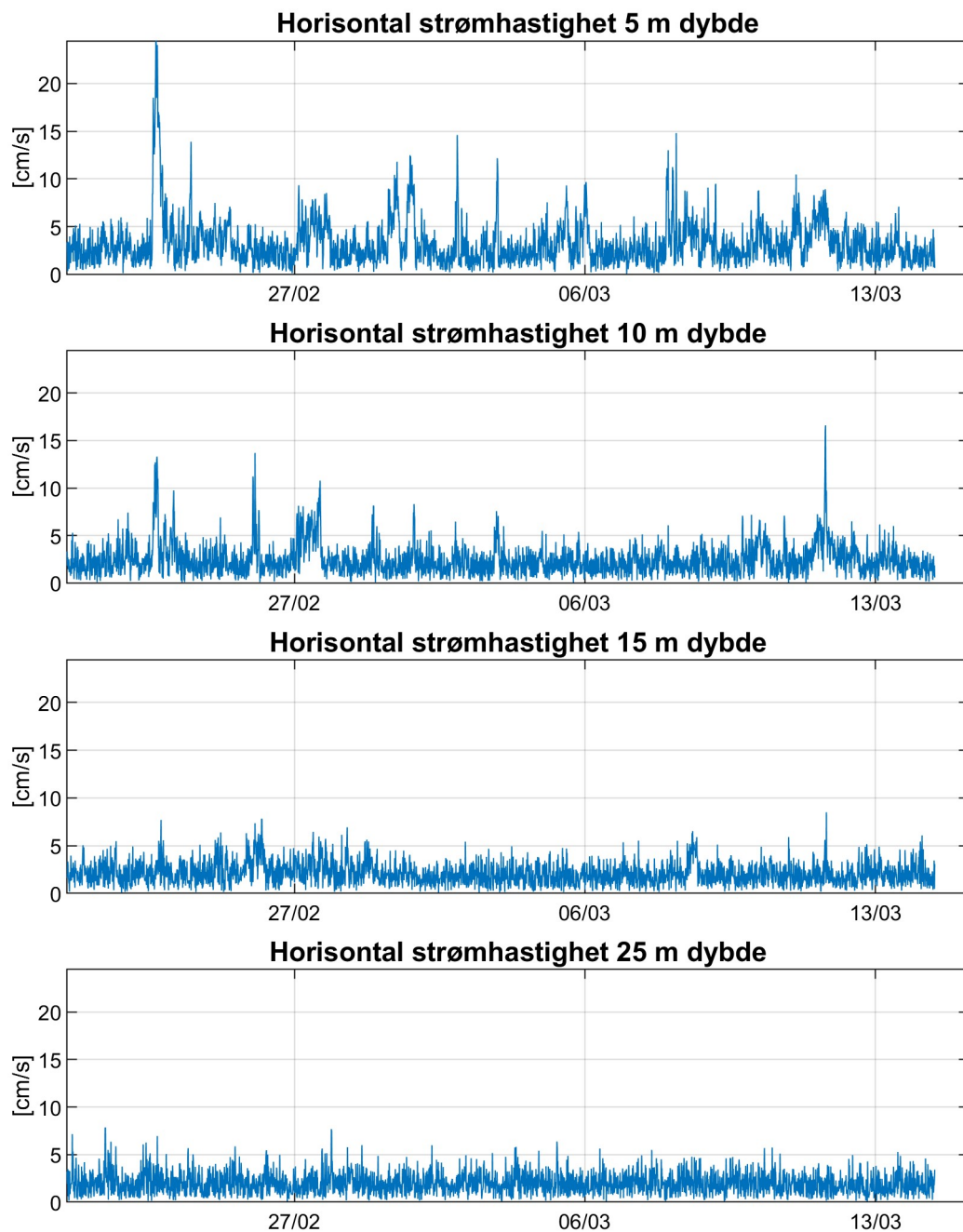
Tabell 11: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 25 m dybde.

| Strømhastighet | Strømretning | | | | | | | | Sum |
|----------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | |
| 0-1 cm/s | 2.1 | 2.5 | 2.6 | 2.3 | 2.7 | 2.9 | 2.8 | 1.9 | 19.8 |
| 1-5 cm/s | 8.3 | 11.9 | 11.2 | 9.9 | 9.7 | 10.1 | 9.5 | 8.3 | 78.8 |
| 5-10 cm/s | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 1.4 |
| Sum | 10.5 | 14.7 | 14.0 | 12.6 | 12.6 | 13.1 | 12.3 | 10.2 | 100.0 |

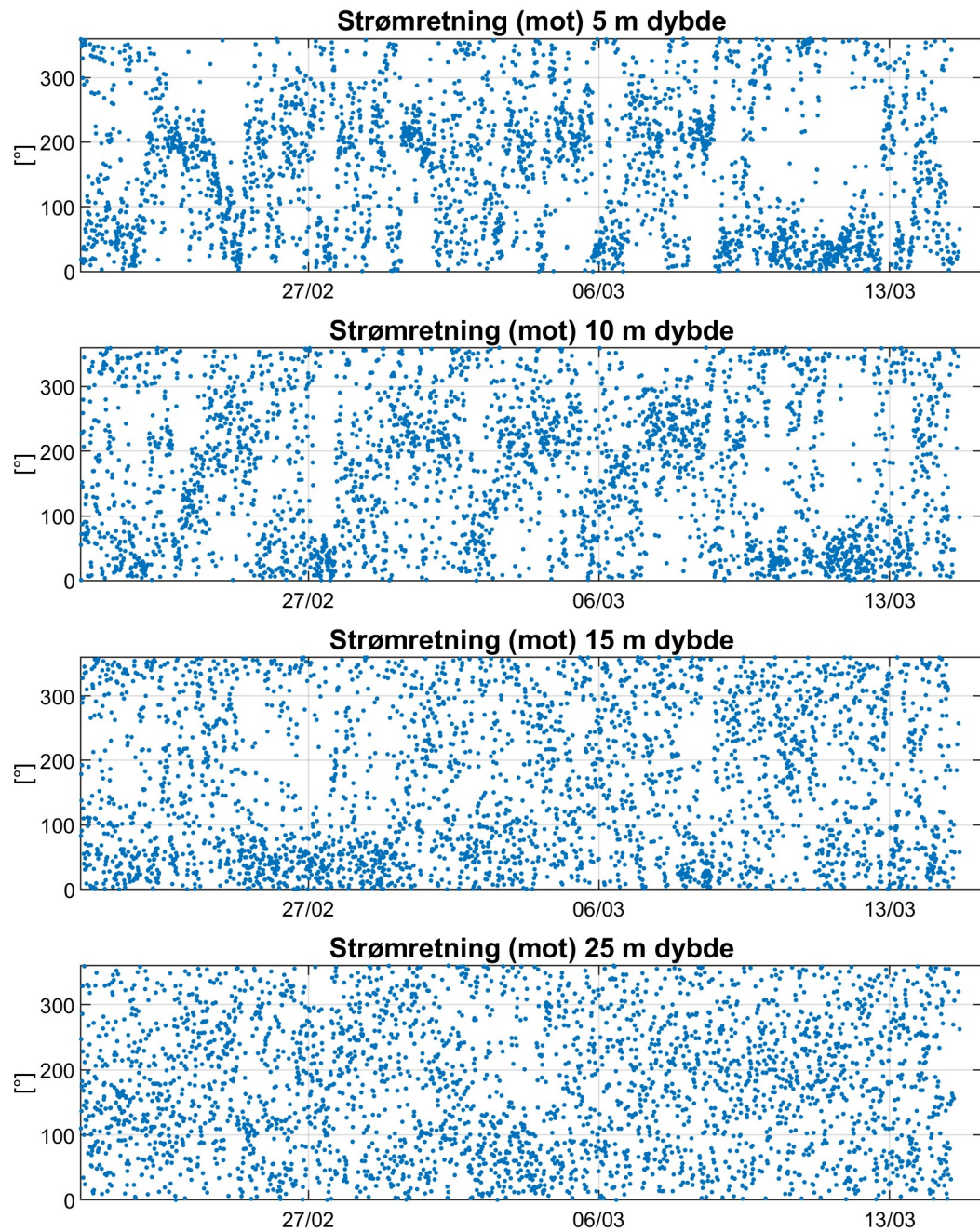
Tabell 12: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 25 m dybde.

| Strømhastighet | Strømretning | | | | | | | | Sum |
|----------------|--------------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|
| | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | |

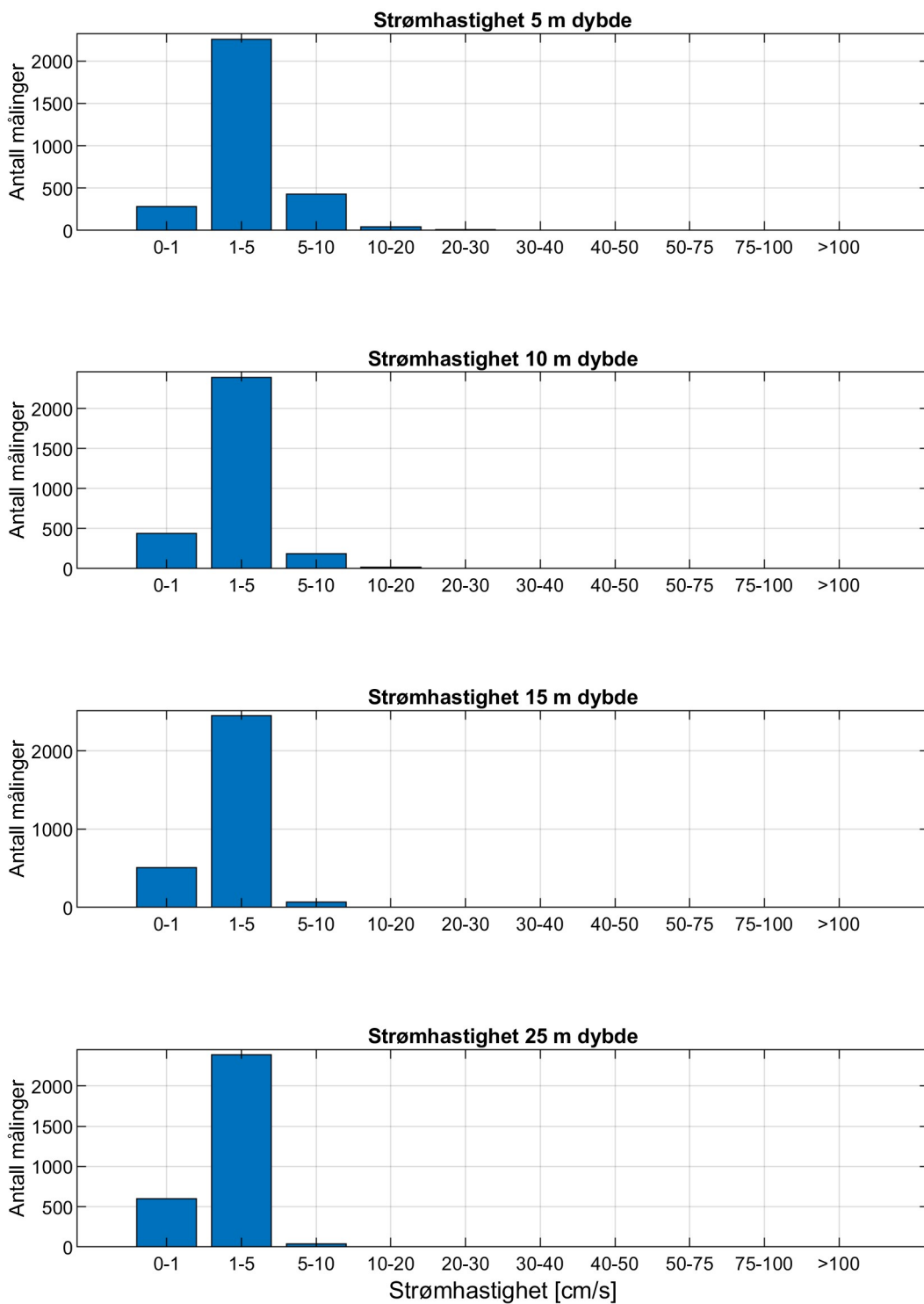
Appendiks D Tidsserier og fordelinger



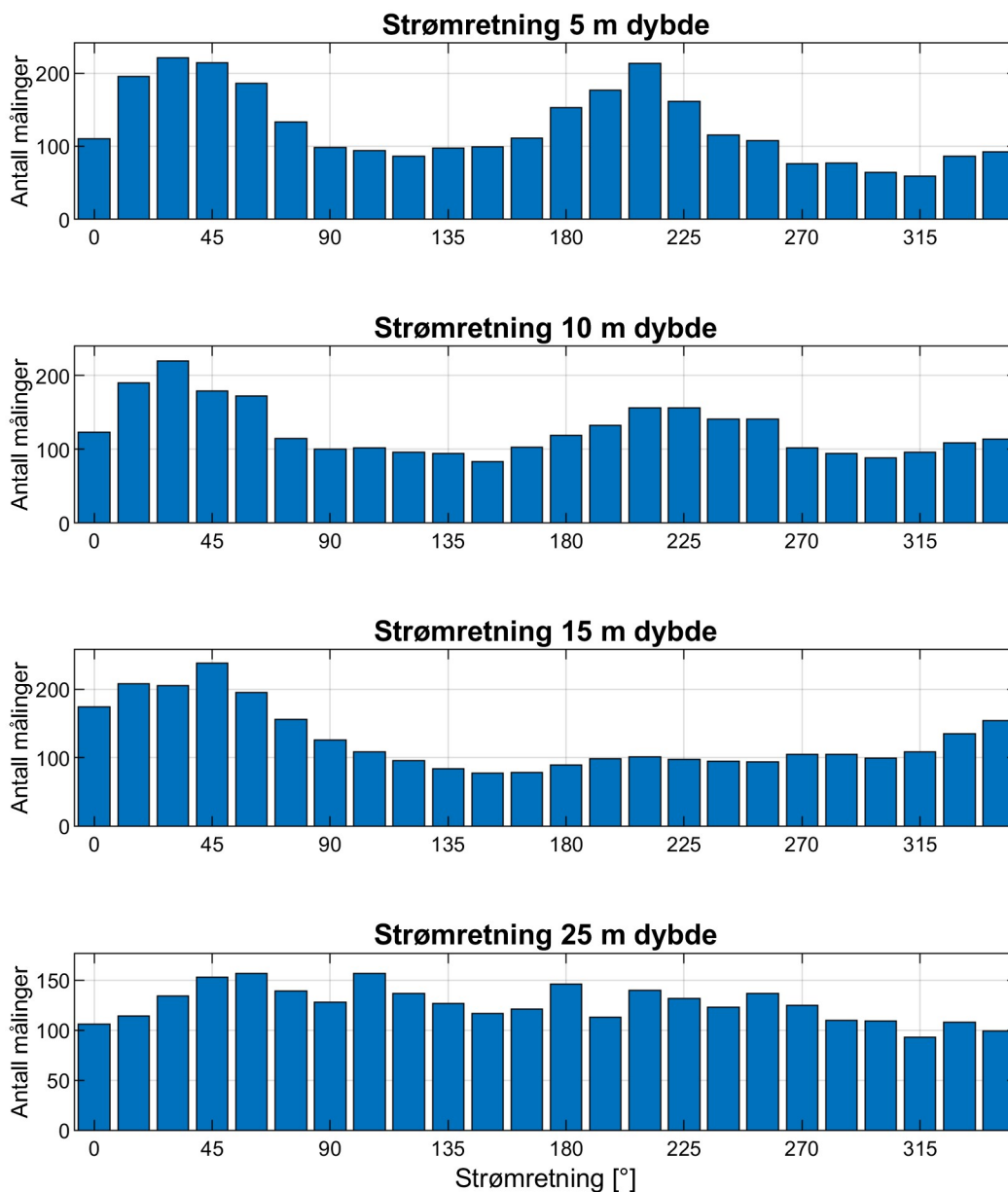
Figur 15: Tidsserier av horisontal strømhastighet.



Figur 16: Tidsserier av horisontal strømretning.



Figur 17: Histogram av horisontal strømhastighet.



Figur 18: Histogram av horisontal strømretning.

Appendiks E Fjernet data

Seaguard II data:

Fjernet 456 punkter på grunn av måling i luft før utsett og etter opptak:

21-Feb-2022 12:20:00 og 14-Mar-2022 10:30:00 17-Mar-2022 19:50:00

Støygulvet er satt til -60

Appendiks F Instrumentspesifikasjoner

Tabell 13: Instrumentspesifikasjonene.

| | Seaguard II |
|------------------------|-------------------------------------|
| Horisontal nøyaktighet | 0.3 cm/s or ± 1.5 % of readings |
| Vertikal nøyaktighet | 0.3 cm/s or ± 1.5 % of readings |
| Temperatur nøyaktighet | ± 0.05 °C |

Appendiks G Seaguard II SN 1611

Tabell 14: Test og spesifikasjoner.

| Produkt | Dato |
|---------------------------------------|-------------------------|
| SeaGuard II 5650 SN 1611 | 18.03.2015 / 18.02.2019 |
| Main Assembly SeaGuard II 5655 SN2215 | 18.03.2015 / 18.02.2019 |
| HV HUB SeaGuard II SN 20141776 | 21.01.2015 / 18.02.2019 |
| DCPS 5400 SN203 | 20.06.2017 / 18.02.2019 |
| Pressure Sensor 4117B SN 1086 | 09.03.2015 |

Tabell 15: Kalibrering.

| Produkt | Dato |
|----------------------------------|------------|
| DCPS SN 37 kompass og tiltsensor | 16.10.2019 |
| Pressure Sensor 4117B SN 1086 | 12.02.2019 |