

---

RAPPORT

# Strømmålinger Tjeldsundet og Mågøysundet

## Kystsaksnr: 2021/1787

---

OPDRAGSGIVER

Kystverket

EMNE

Mågøysundet utdypning

DATO / REVISJON: 08.11.2021 / 0

DOKUMENTKODE: 10219434-01-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	Strømmålinger Tjeldsundet og Mågøysundet Kystsaksnummer: 2021/1787	DOKUMENTKODE	10219434-01-RIMT-RAP-001
EMNE	Mågøysundet utdypning	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Kystverket	OPPDRAGSLEDER	Juni Vaardal-Lunde
KONTAKTPERSON	Bjørn Konopka	UTARBEIDET AV	Jan Potac
KOORDINATER	68°49.9775'N 16°36.5572'Ø	ANSVARLIG ENHET	10235042 Tromsø Marint miljø og havbruk

## SAMMENDRAG

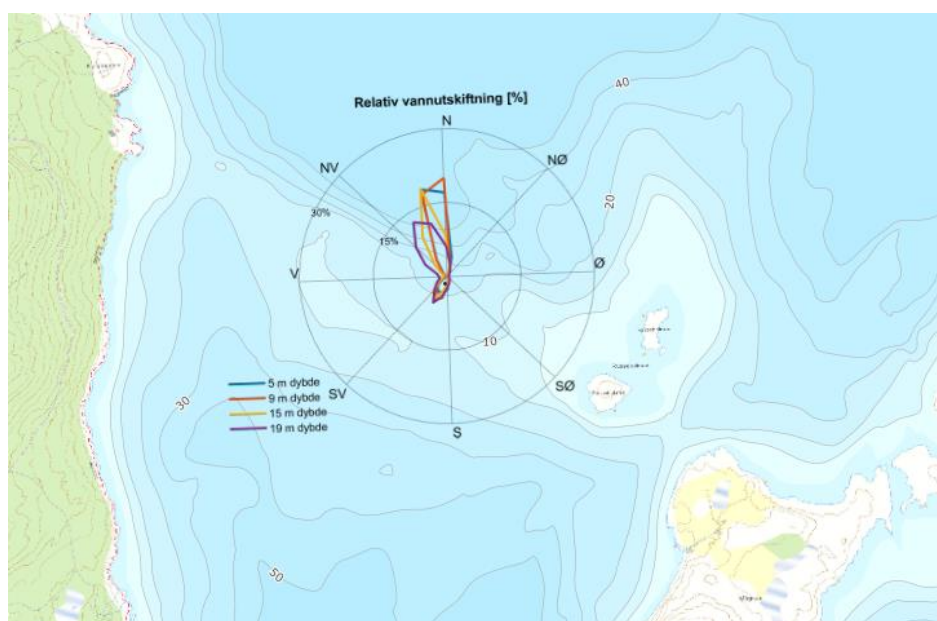
Det er utført strømmålinger ved Mågøysundet, Harstad kommune, i forbindelse med planlagt utdypning. Strømmålingene ble utført over en periode på én måned fra 28.09.2021 til 01.11.2021. Det ble målt strøm fra 5 m til 19 m dybde.

Gjennomsnittsstrømmen ved Mågøysundet avtar fra 14 cm/s ved 5 m dybde til 8 cm/s ved 19 m dybde. Maksimalstrømmen er rettet mot nord og målt til 52 cm/s ved 9 m dybde.

Målingene viser at strømretningen ved Mågøysundet varierer mellom nord og sør-sørvest ved 5 m og 9 m dybde og mellom nord-nordvest og sør-sørvest ved 15 m og 19 m dybde. Strømmens hovedretninger ligger mellom nordvest og nord for alle målte dybder. De kraftigste strømtoppene har en nordlig retning.

Strømmen i Mågøysundet er dominert av tidevannet. De kraftigste strømtoppene er observert når tidevannet går fra høyvann til lavvann.

Vinden kan være med å styre strømmen i perioder, men er ikke den sterkeste drivkraften.



00	08.11.2021	Strømrappport	MA	Jan Potac	JVL	JVL
REV.	DATO	BESKRIVELSE	MÅLING UTFØRT	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

**INNHOLDSFORTEGNELSE**

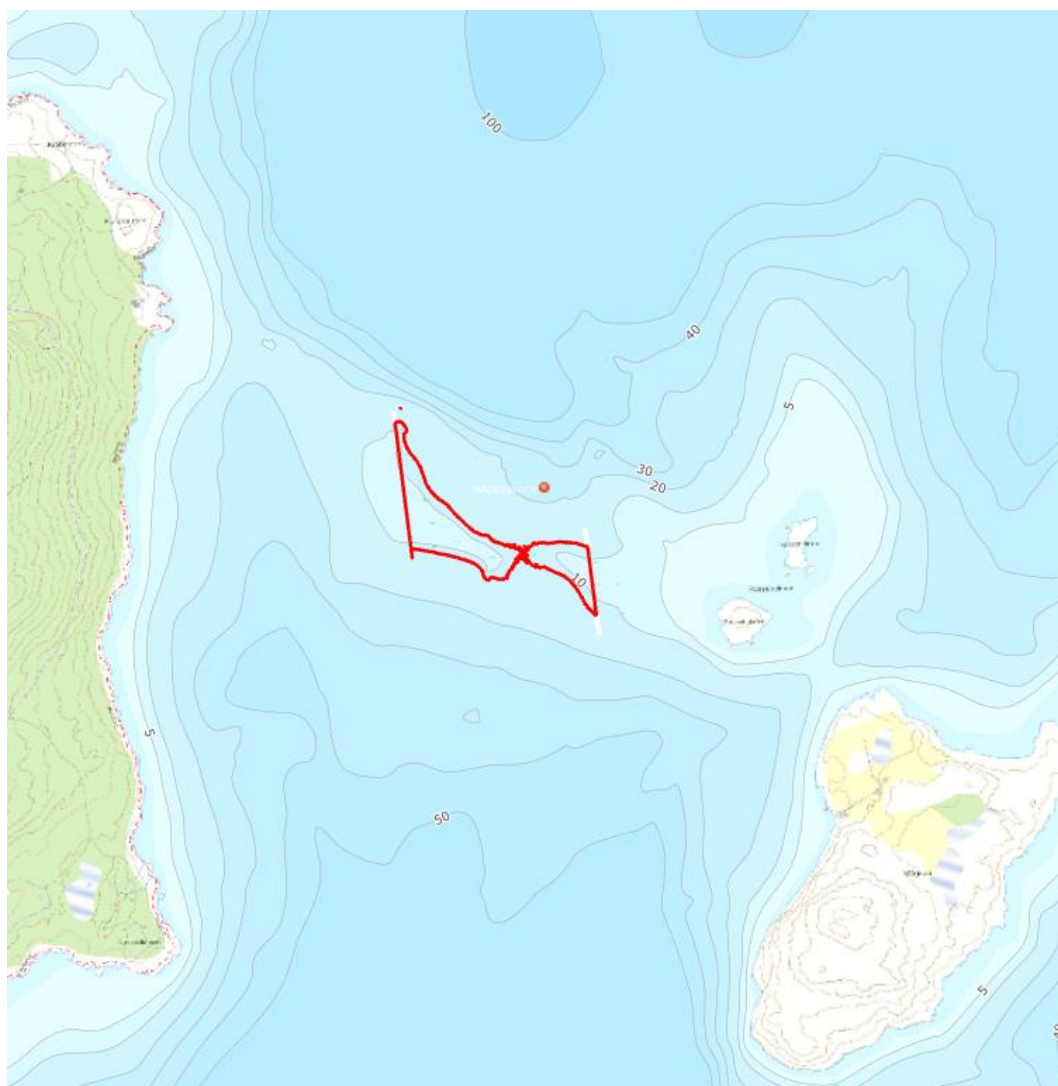
<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Metodebeskrivelse .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>7</b>
3.1	Strømdata .....	7
3.2	Vantransport .....	10
3.3	Tidevann og vindpåvirket strøm .....	11
3.3.1	Tidevannsanalyse og vannstand .....	11
3.3.2	Sammenheng mellom vind og strøm .....	13
3.4	Strøm – Todagersperiode .....	14
<b>4</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>15</b>
Appendiks A	Måling og kvalitetssikring .....	16
Appendiks B	Terminologi .....	18
Appendiks C	Operasjonell strøm og sektorvis statistikk .....	19
Appendiks D	Tidsserier og fordelinger .....	23
Appendiks E	Fjernet data .....	27
Appendiks F	Instrumentspesifikasjoner .....	28
Appendiks G	Kalibrering Aquadopp Profiler AQD 9251 .....	28

## 1 Innledning

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

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

Denne rapporten tar for seg strømmålinger utført i Mågøysundet i forbindelse med utdypningstiltak, se Figur 1.



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

## 2 Metodebeskrivelse

Det ble utført strømmålinger i Mågøysundet i perioden 28.09.2021 – 01.11.2021.

Tabell 1 sammenfatter den viktigste bakgrunnsinformasjonen for målingen.

- **Plassering av måler:** Figur 1 viser hvor måleriggen var plassert.
- **Måledybder:** Det ble satt ut en doppler profilmåler ved 23 m dyp. Målet er å kartlegge strømmen i hele vannsøylen og spesielt dybder hvor utdypningen skal utføres. Strømmåleren er overflatererert.
- **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 33 dager.

*Tabell 1: Generell informasjon om strømmålingen utført ved Mågøysundet.*

Posisjon	68°49.9775 N 16°36.5572 Ø
Ca. dybde på målestedet	23 m
Måleperiode	28-Sep-2021 12:30:00 til 01-Nov-2021 07:30:00 (UTC)
Varighet	33 dager
Antall målinger	4867
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigeret for misvisning)
Målertype - 23 m dybde	Doppler profilmåler (Nortek Aquadopp profiler, Serienummer 9251), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 5 til 19 m dybde, cellestørrelse 2 m
Type måling - 23 m dybde	Burst (måling i 120 sekunder)
Frekvens	Hvert 10. minutt

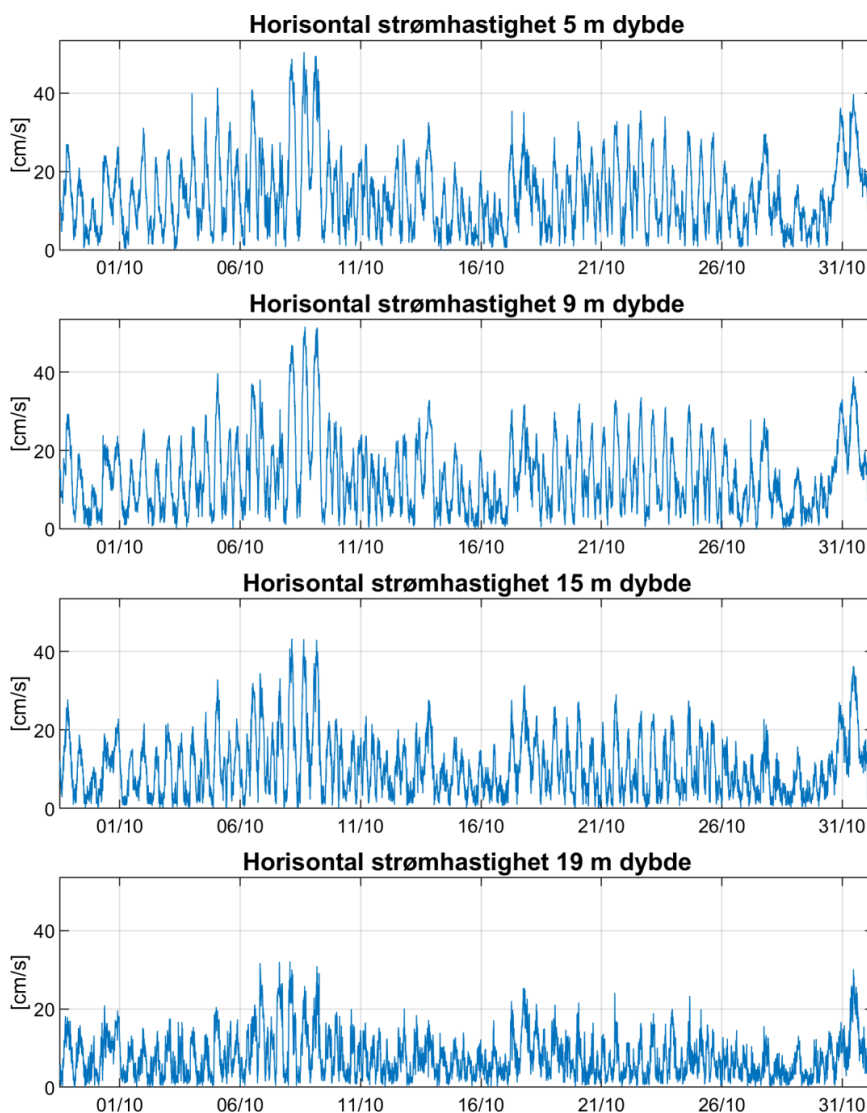
### 3 Resultater

#### 3.1 Strømdata

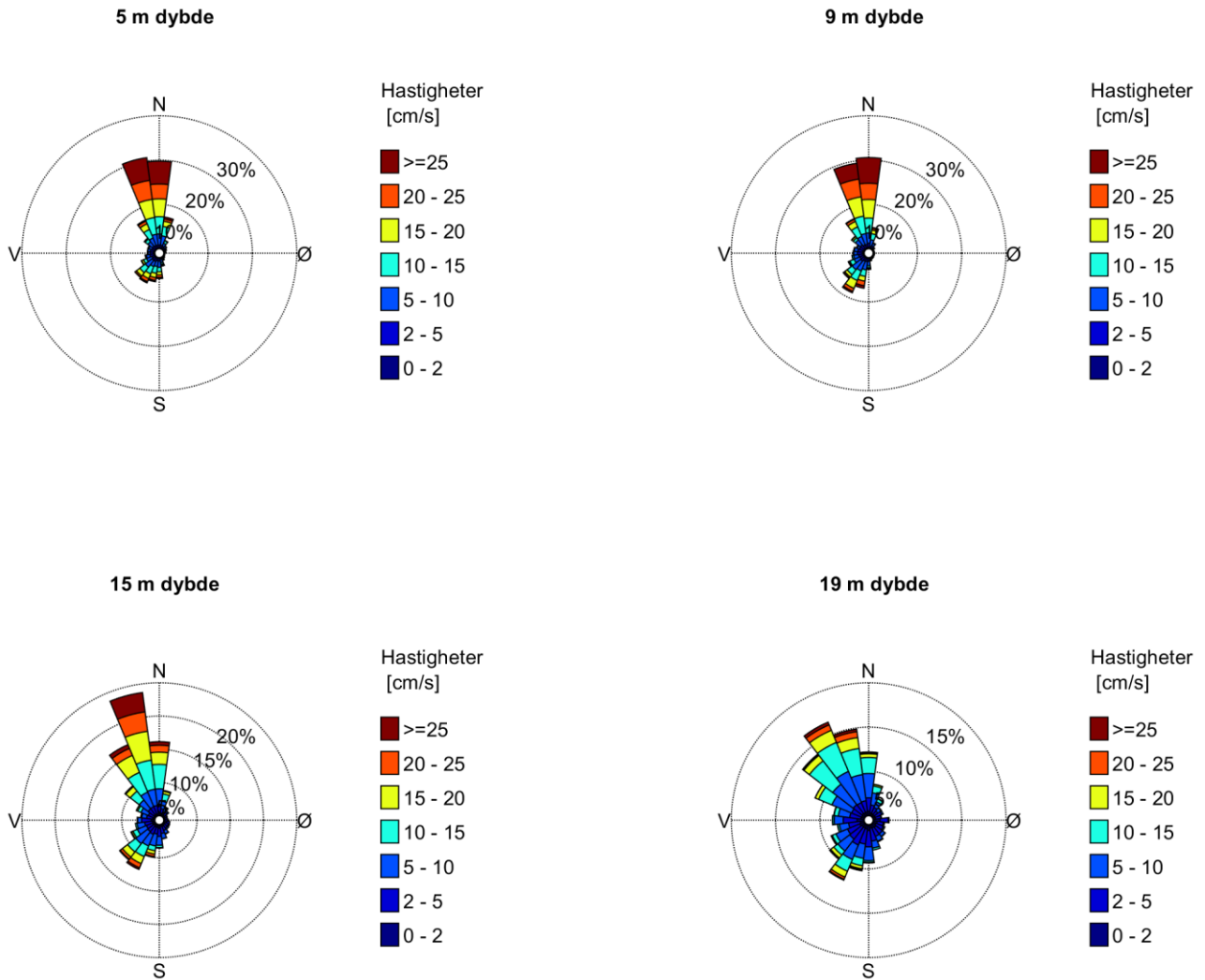
Tidsserien av målt strøm, samt strømrosen for valgte dybder er gitt i Figur 2 og Figur 3. Figur 4 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder. Figur 5 viser minimum, middel- og maksimalstrøm ved forskjellige dybder. Hovedresultater fra strømmålingene er oppsummert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

Det ble målt strøm fra 5 m til 19 m dybde. Gjennomsnittsstrømmen ved Mågøysundet avtar fra 14 cm/s ved 5 m dybde til 8 cm/s ved 19 m dybde. Maksimalstrømmen er rettet mot nord og målt til 52 cm/s ved 9 m dybde.

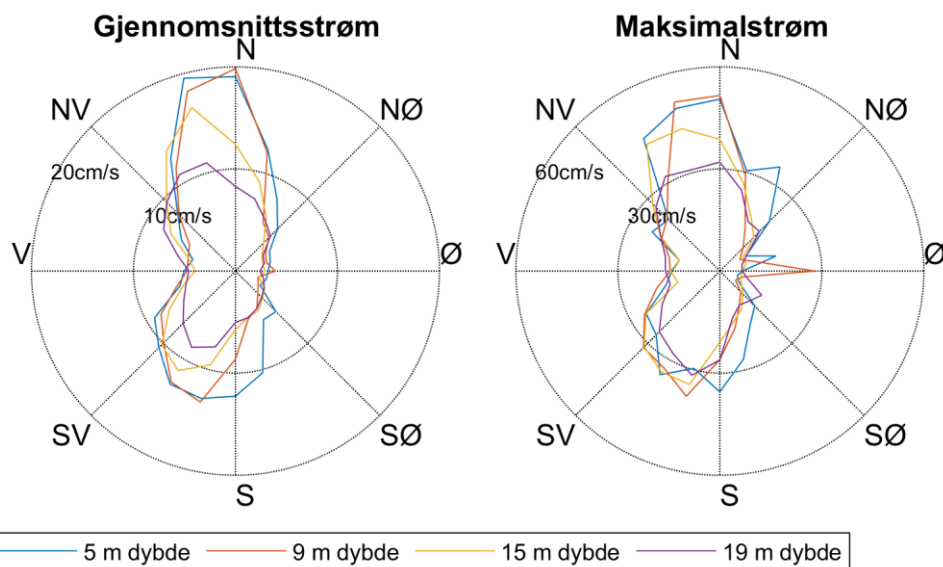
Målingene viser at strømrretningen ved Mågøysundet varierer mellom nord og sør-sørvest ved 5 m og 9 m dybde og mellom nord-nordvest og sør-sørvest ved 15 m og 19 m dybde. Strømmens hovedretninger ligger mellom nordvest og nord for alle målte dybder. De kraftigste strømtoppene har en nordlig retning.



**Figur 2:** Tidsserier av horisontal strømhastighet.



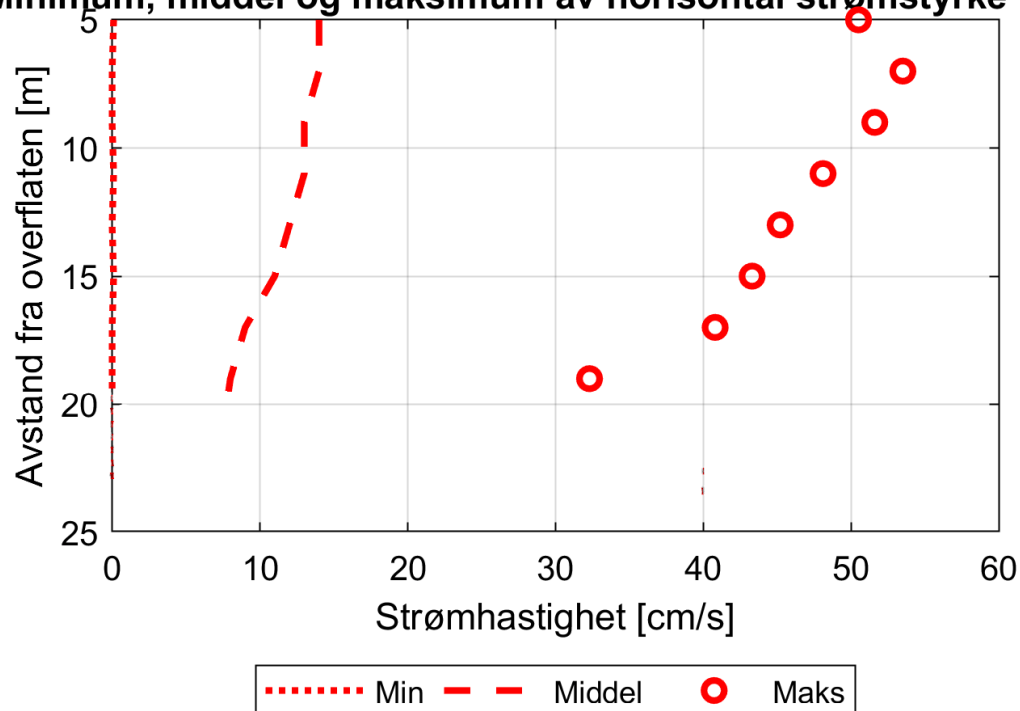
Figur 3: Rosediagram som viser fordelingen av retninger i kompasset og hastigheter i farge.



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



## Minimum, middel og maksimum av horisontal strømstyrke [cm/s]



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

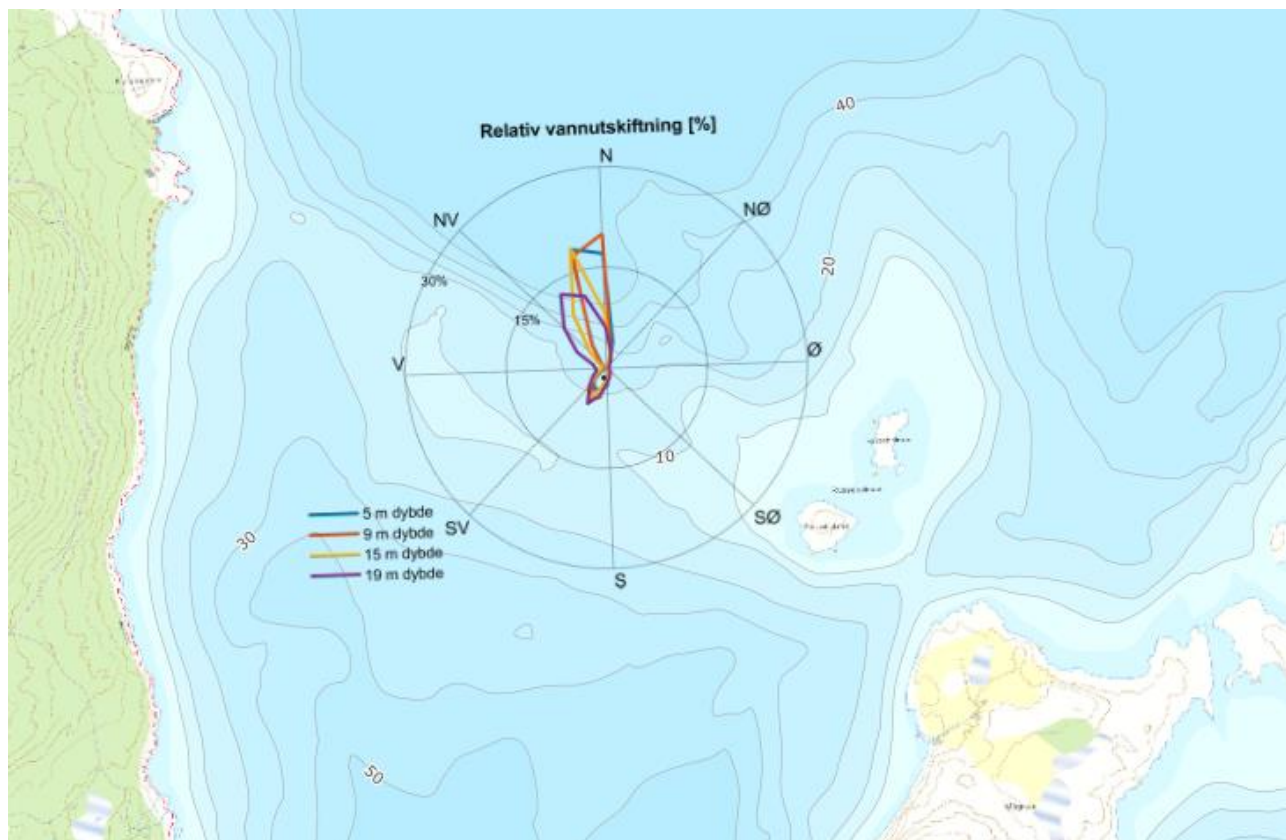
Tabell 2: Statistikk fra strømmålingene ved Mågøysundet.

Dybde	5 m dybde	9 m dybde	15 m dybde	19 m dybde
Gjennomsnittsstrøm [cm/s]	14	13	11	8
Median [cm/s]	12	12	9	6
Standardavvik [cm/s]	9	9	8	5
Maksimumstrøm [cm/s]	51	52	43	32
Retning maksimumstrøm [°]	357	0	338	330
95 prosentil [cm/s]	31	30	25	18
Andel målinger >30 cm/s [%]	5.5	5.2	2.3	0.2
Vannutskifting/Vanntransport				
Neumanns parameter	0.54	0.54	0.54	0.48
Vektormidlet strøm [cm/s]	8	7	6	4
Vektormidlet strømretning [°]	338	333	322	308
Nullmålinger				
Andel målinger < 1cm/s [%]	1.1	1.5	2.5	3.8
Lengste periode < 1cm/s [min]	30	40	30	40

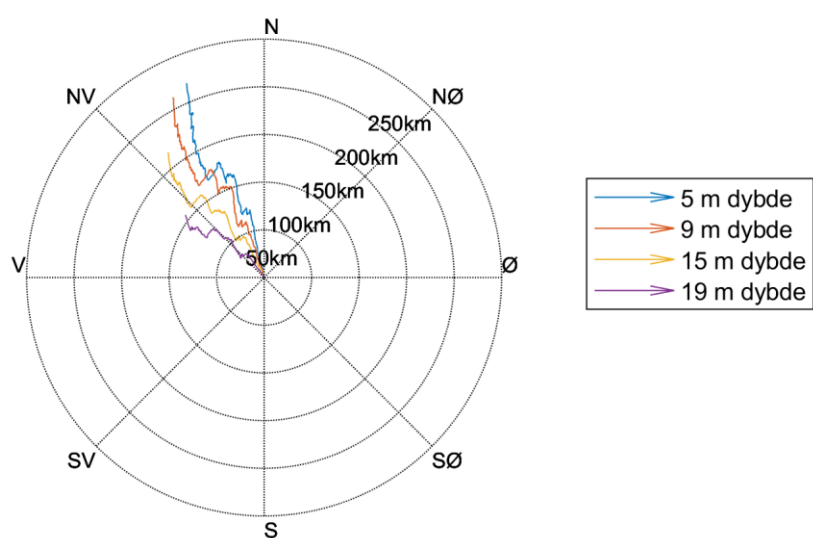
### 3.2 Vanntransport

Relativ vannutskiftning per retningssektor (15 graders sektorer) er gitt i Figur 6 og viser en hovedtransport mellom nordvest og nord. Et progressivt vektor-diagram er vist i Figur 7. For forklaring av vannutskiftning og progressivt vektor-diagram se Appendiks B.

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



**Figur 6:** Relativ vannutskiftning for rapporterte dybder



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

### 3.3 Tidevann og vindpåvirket strøm

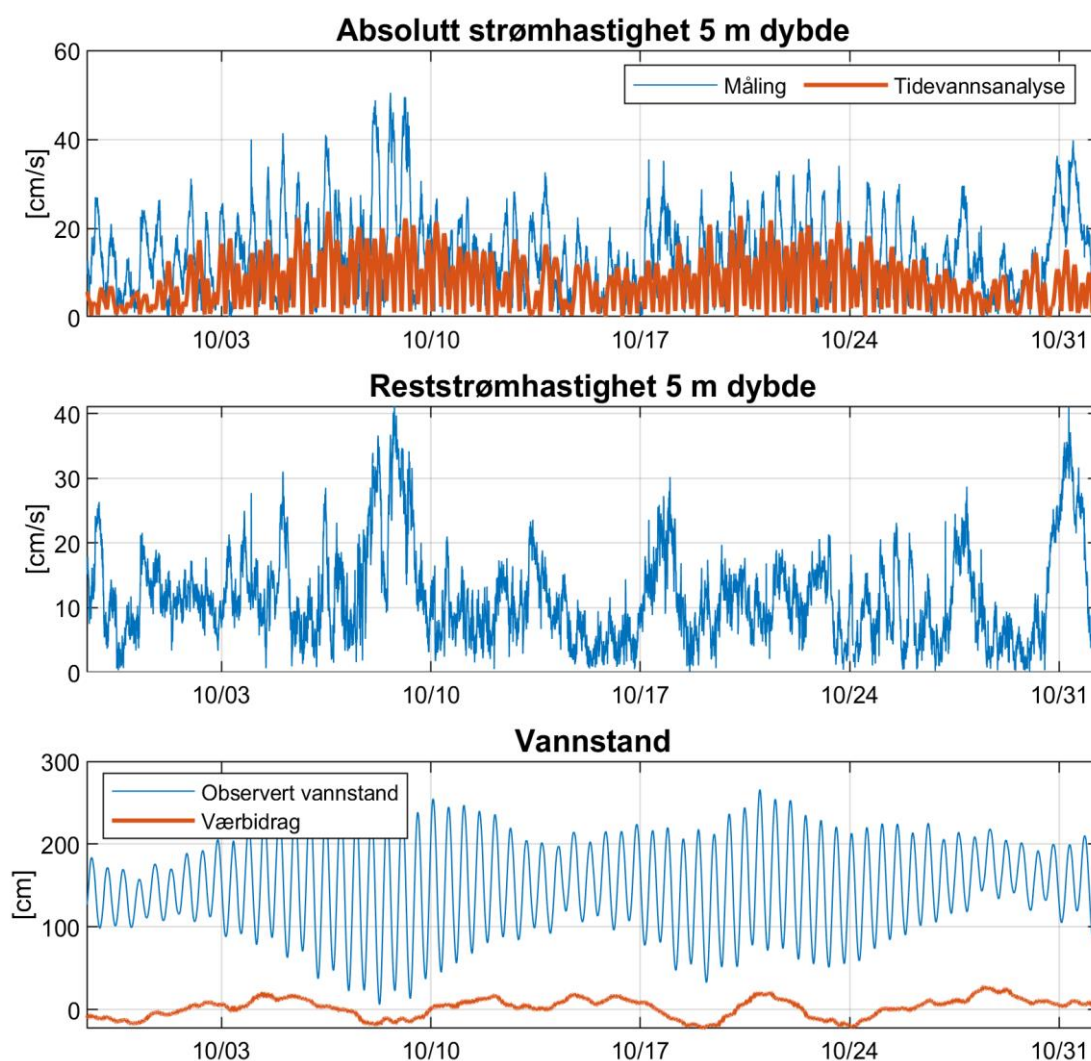
#### 3.3.1 Tidevannsanalyse og vannstand

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

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

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

Tidevannsanalysen av strømmålingene viser at tidevannet forklarer 42 % av variansen i datasettet ved 5 m dybde. Maksimal beregnet tidevannsstrøm ved 5 m dybde er 24 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 20 cm/s (signifikant maksimum), men har en maksimalverdi på 41 cm/s.

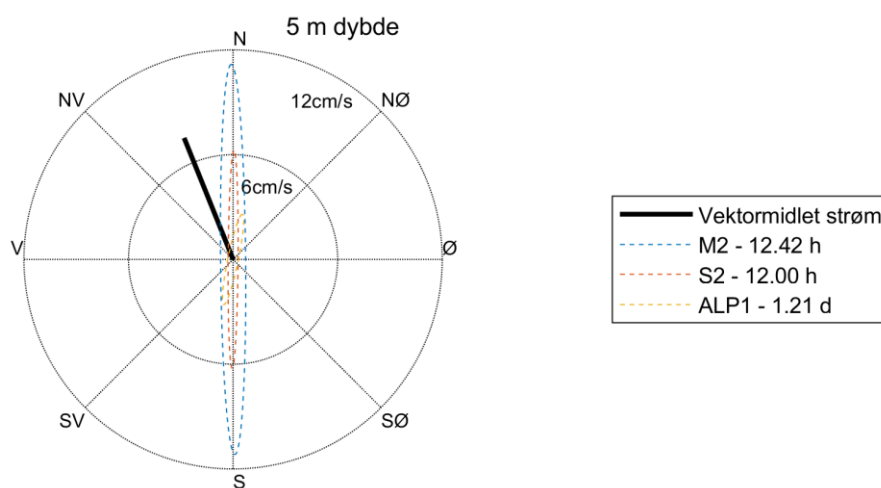


**Figur 8:** Horisontal strømhastighet, 5 m dybde, med tidevannsanalyse (vannstand fra Harstad, tidsforskjell: 0, høydekorreksjonsfaktor: 1.00 (sehavnivå.no)).

Tidevannsstrømmer følger en ellipse, dvs. at strømretningen roterer og strømhastigheten når maksimumsverdien og minimumsverdien to ganger i løpet av tidevannsperioden. Figur 9 viser tidevanssellipsene for de sterkeste tidevannskomponentene til strømmen ved 5 m dybde. Hovedperiodene i tidevannssignalet ved 5 m dybde er 12.42 timer, 12.00 timer og 1.21 dager. Det er tidevannet fra månen M2 (to perioder per døgn) som er mest framtrepende, og figuren viser at tidevannsstrømmen oscillerer mellom nordlig og sørlig retning.

Vektormidlet strøm er vist som en svart strek i Figur 9. Den vektormidlete strømmen viser at vantransporten er mot nord-nordvest ved Mågøysundet.

Resultatene viser at strømmen i Mågøysundet er dominert av tidevannet.



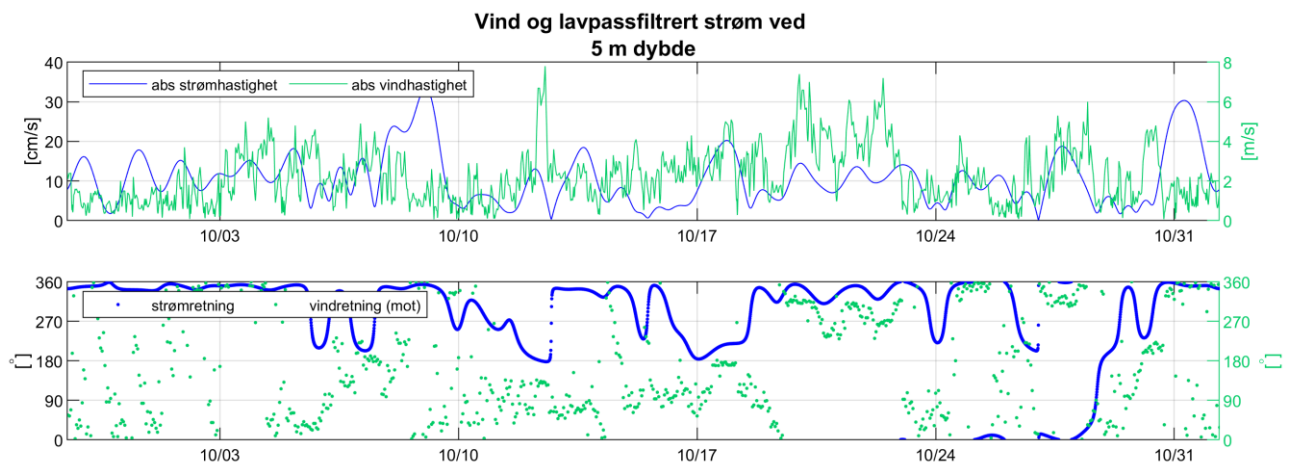
**Figur 9:** Tidevanssellipsene av strømmen ved 5 m dybde. M2, S2 og ALP1 refererer til tidevannskomponentene. Middelstrømmen er vektorbasert.

### 3.3.2 Sammenheng mellom vind og strøm

Sammenhengen mellom vind og strøm er også undersøkt. Det ble brukt vindmålinger fra målestasjonen ved Harstad Stadion (Frost) som ligger 4.5 km sørvest for Mågøysundet og anses som mest representativ for sammenligning med strømmålingene. Verdiene er 10 minutters middelerverdi 10 meter over bakken. For å lettere kunne sammenligne strøm med vind, er strømmen lavpassfiltrert (se forklaring i Appendiks B).

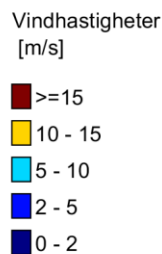
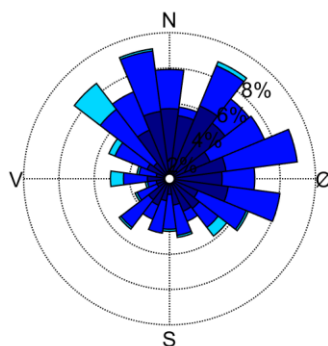
Figur 10 viser vindhastighet og vindretning, samt hastighet og retning på lavpassfiltrert strøm ved 5 m dybde. Figur 11 viser fordeling av retninger og styrke av både vind og lavpassfiltrert strøm ved 5 m dybde.

Resultatene viser at strømmen til tider kan påvirke strømbildet, men at strømmen ikke er den sterkeste drivkraften. Det er målt relativt lave vindhastigheter ved Harstad stadion gjennom måleperioden.

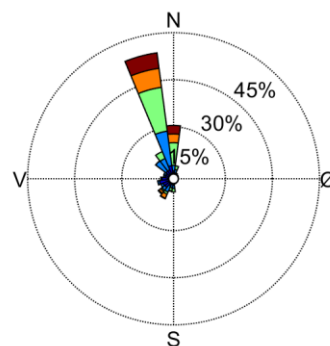


Figur 10: Vindretning og vindhastighet (grønn) samt retning og hastighet på lavpassfiltrert strøm (blå).

Vind ved Harstad Stadion målestasjon (mot)



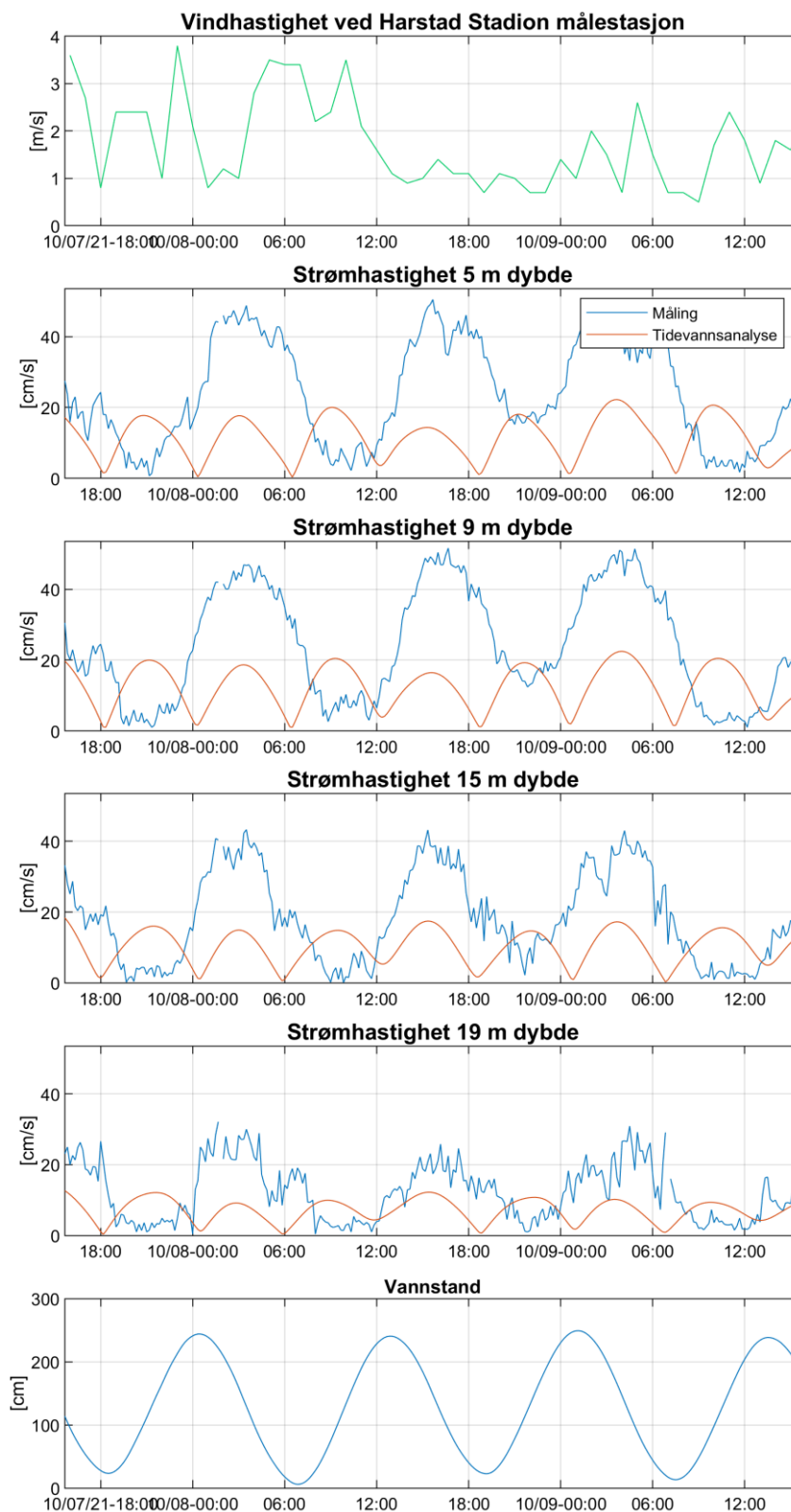
Lavpassfiltrert strøm 5 m dybde



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

### 3.4 Strøm – Todagersperiode

Figur 12 viser et utdrag av vind, strøm og vannstand i en todagersperiode rundt maksimalstrømmen ved 5 m dyp, 07.10.2021 – 09.10.2021. Det er tydelig at den kraftigste strømmen opptrer i perioden når tidevannet går fra høyvann til lavvann.



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

## 4 Referanser

Nortek, 2015: "Aquadopp Current Profiler, User Guide".

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.

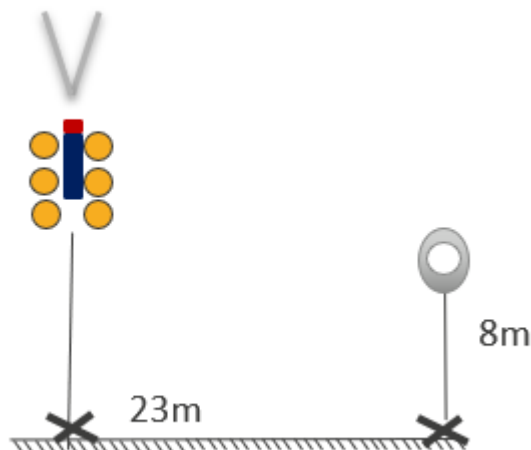
Frost (<https://frost.met.no>): Meteorologisk data fra Meteorologisk Institutt.

Kartverket, 2014 ([sehavniva.no](http://sehavniva.no)): Kartverkets ressursnettsted om havnivå og vannstand.

## Appendiks A Måling og kvalitetssikring

Strømmen ble målt med en akustisk doppler profilmåler Aquadopp Profiler (Nortek, 2015).

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. Målerne ble satt ut med opphaler og forankret som vist i Figur 13.



**Figur 13:** Skisse av riggen ved Mågøysundet (med opphaler)

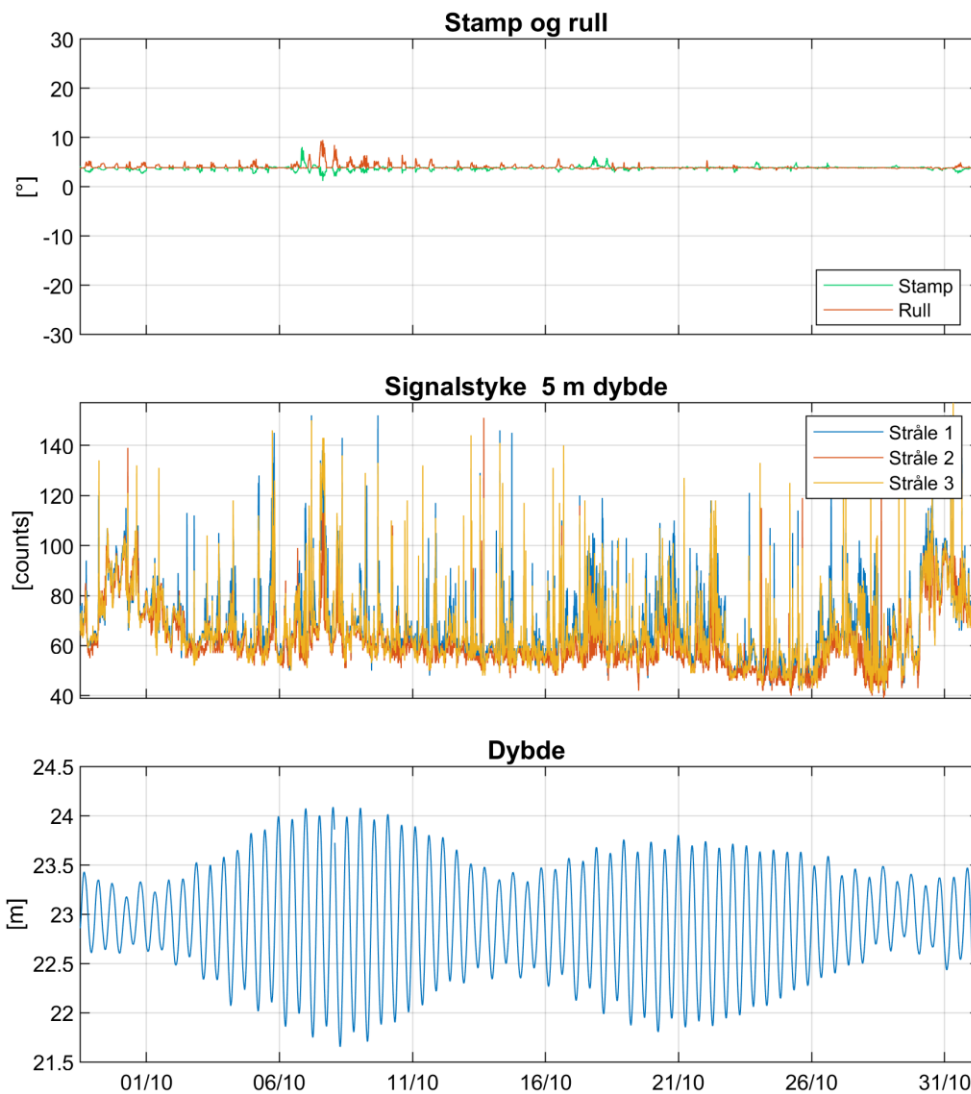
Det ble gjennomført ROV filming av strømriggeren for å sikre at riggen sto som den skulle, se Figur 15.

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

- Aquadopp Profiler:
  - Stamp og rull mindre enn 30°.
  - Signalstyrke mer enn 7 counts over støygulvet.

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. Strømreringen 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. Figur 14 viser noen av parameterne etter datarensing.





Figur 14: Kvalitetssikring Aquadopp Profiler ved 23 m etter datarensing.



Figur 15 Bilde av ROV filming for å sikre at riggen sto som den skulle

## 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 strømretningen 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 sammenhengen betyr at hvis det er målt 10 cm/s strøm mot nord og tidevannet på samme tid ville gitt en 5 cm/s strøm mot sør, så vil reststrømmen være 15 cm/s mot nord.
Tidevann	Tidevannet er en følge av tiltrekningskreftene mellom jord, måne og sol og de relative bevegelsene i jord-måne-solsystemet (Kartverket, 2014), Det finnes tidevannskomponenter med forskjellige perioder, som f.eks. halvdaglige (fra månen (M2) 12.42 timer og fra solen (S2) 12 timer), daglige (prinsipiell daglig månekomponent (O1) 25.82 timer) og komponenter med lengre perioder (spring -nipsyklus (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 <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .
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	18	7	3	5	12	11	5	10	14
9	18	5	3	3	11	11	5	10	13
15	14	5	3	4	7	10	5	11	11
19	9	5	3	4	6	7	5	10	8
Dybde	95 prosentil [cm/s]								
5	35	14	7	13	25	22	12	22	31
9	36	12	7	8	26	23	12	21	30
15	30	12	5	9	20	22	11	23	25
19	21	12	6	9	16	19	12	19	18
Dybde	Horisontal maksimalstrøm [cm/s]								
5	51	35	17	18	36	35	17	45	51
9	52	15	28	12	38	33	19	31	52
15	43	18	8	13	35	34	14	43	43
19	32	17	8	14	32	28	17	32	32
Dybde	Relativ vannutskiftning [%]								
5	63	2	0	1	11	13	2	9	100
9	62	1	0	0	9	15	3	10	100
15	46	1	1	1	7	17	3	22	100
19	26	3	1	3	10	16	7	34	100
Dybde	Antall målinger [%]								
5	48	4	1	2	12	16	6	12	100
9	45	3	1	1	10	19	8	13	100
15	34	3	2	4	11	18	8	21	100
19	21	5	4	6	12	16	10	26	100

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

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.9
1-5 cm/s	2.4	1.6	0.7	0.8	1.8	2.7	3.1	2.6	15.9
5-10 cm/s	7.1	1.5	0.1	0.6	3.4	4.5	1.9	3.9	23.0
10-20 cm/s	19.2	0.8	0.0	0.1	4.9	6.6	0.5	4.6	36.8
20-30 cm/s	13.7	0.0			1.9	1.5		0.8	18.0
30-40 cm/s	3.9	0.0			0.0	0.0		0.1	4.0
40-50 cm/s	1.4							0.1	1.4
50-60 cm/s	0.0								0.0
Sum	47.7	4.0	1.0	1.6	12.2	15.6	5.7	12.2	100.0

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

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s	38.2	0.8	0.0	0.1	6.9	8.2	0.5	5.6	60.3
>20 cm/s	19.0	0.0			2.0	1.6		1.0	23.5
>30 cm/s	5.3	0.0			0.0	0.0		0.1	5.5
>40 cm/s	1.4							0.1	1.5
>50 cm/s	0.0								0.0

**Tabell 7:** Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 9 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	1.2
1-5 cm/s	2.7	1.2	0.6	0.8	2.1	3.2	4.1	3.5	18.2
5-10 cm/s	6.2	1.0	0.1	0.2	3.1	6.2	2.8	4.1	23.9
10-20 cm/s	18.1	0.2	0.0	0.0	3.3	7.6	0.7	4.8	34.8
20-30 cm/s	12.8		0.0		1.6	1.5		0.8	16.7
30-40 cm/s	3.4				0.2	0.1		0.0	3.7
40-50 cm/s	1.4								1.4
50-60 cm/s	0.1								0.1
Sum	44.9	2.6	1.0	1.2	10.4	18.9	7.8	13.4	100.0

**Tabell 8:** Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 9 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s	35.8	0.2	0.0	0.0	5.1	9.3	0.7	5.6	56.7
>20 cm/s	17.7		0.0		1.7	1.7		0.8	21.9
>30 cm/s	4.9				0.2	0.1		0.0	5.2
>40 cm/s	1.5								1.5
>50 cm/s	0.1								0.1

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

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	2.0
1-5 cm/s	4.1	1.7	1.8	2.4	4.2	4.4	4.5	3.9	27.0
5-10 cm/s	5.9	1.0	0.1	1.0	3.9	5.6	2.5	5.2	25.3
10-20 cm/s	15.8	0.3		0.1	1.7	6.4	0.5	9.2	34.0
20-30 cm/s	6.0				0.5	1.5		1.4	9.4
30-40 cm/s	1.5				0.0	0.1		0.4	2.1
40-50 cm/s	0.1							0.1	0.2
Sum	33.7	3.2	2.1	3.7	10.7	18.2	7.8	20.6	100.0

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

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s	23.4	0.3		0.1	2.2	8.0	0.5	11.2	45.6
>20 cm/s	7.6				0.5	1.6		1.9	11.6
>30 cm/s	1.6				0.0	0.1		0.5	2.3
>40 cm/s	0.1							0.1	0.2

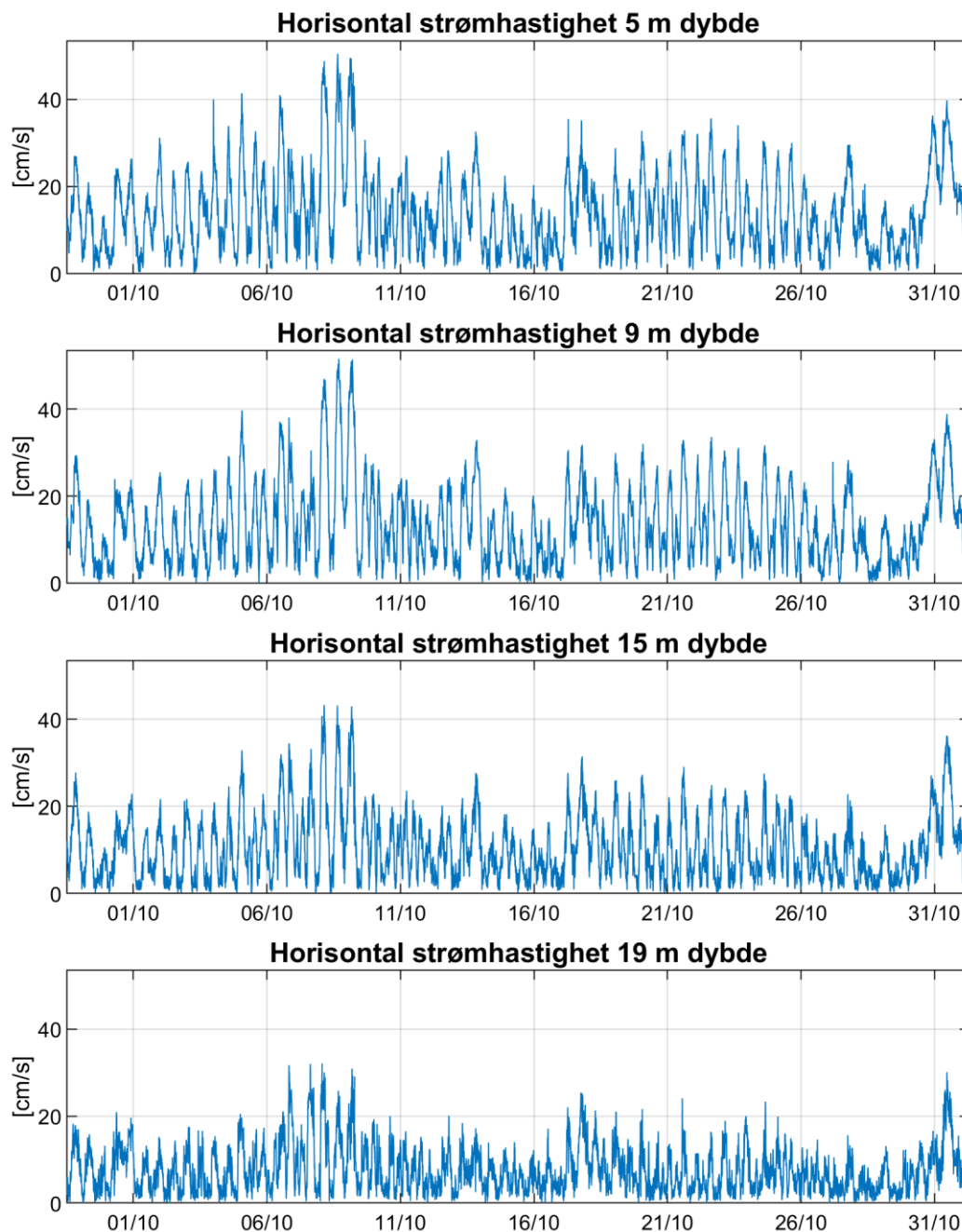
**Tabell 11:** Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 19 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	0.4	0.2	0.5	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	3.2
1-5 cm/s	4.6	2.7	3.3	3.9	6.2	6.4	5.3	4.4	36.8
5-10 cm/s	7.1	1.3	0.3	1.2	4.0	4.9	3.4	9.1	31.2
10-20 cm/s	7.4	0.5		0.2	1.6	3.8	0.9	11.2	25.5
20-30 cm/s	1.1				0.2	0.5		1.2	3.0
30-40 cm/s	0.1				0.0			0.0	0.2
Sum	20.7	4.7	4.1	5.5	12.5	16.0	10.1	26.4	100.0

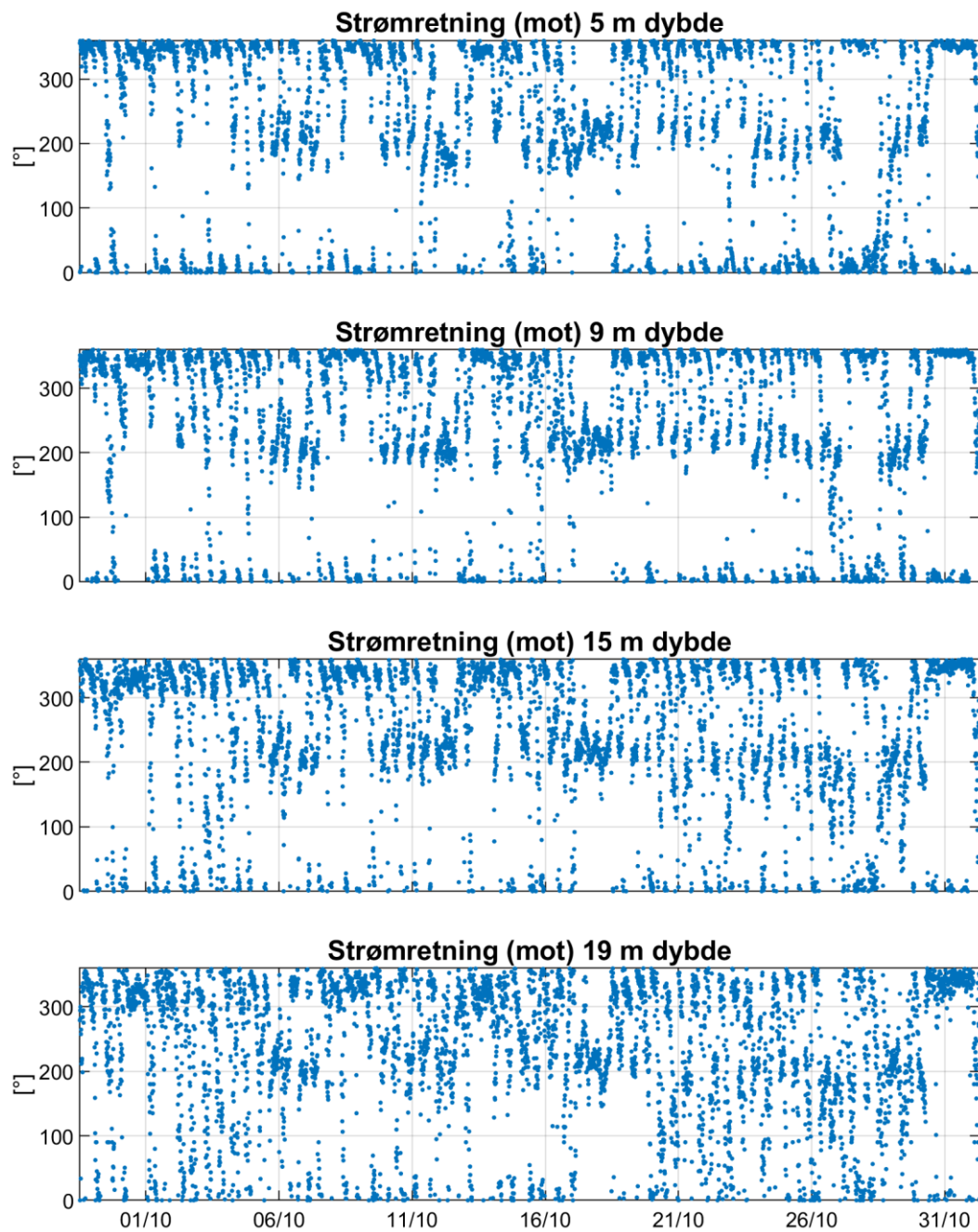
**Tabell 12:** Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 19 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s	8.6	0.5		0.2	1.9	4.3	0.9	12.4	28.7
>20 cm/s	1.2				0.3	0.5		1.2	3.2
>30 cm/s	0.1				0.0			0.0	0.2

## Appendiks D Tidsserier og fordelinger

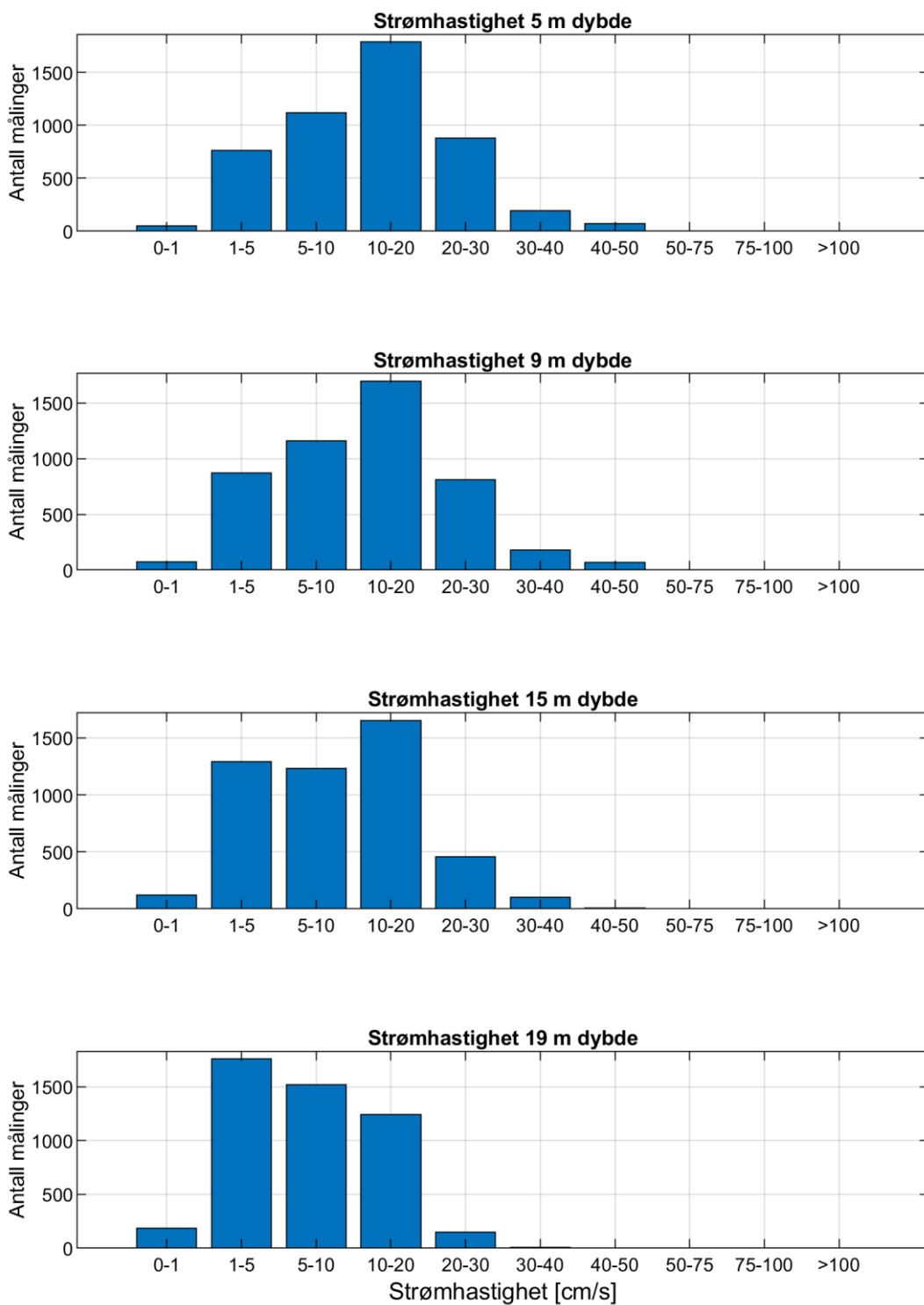


Figur 16: Tidsserier av horisontal strømhastighet.

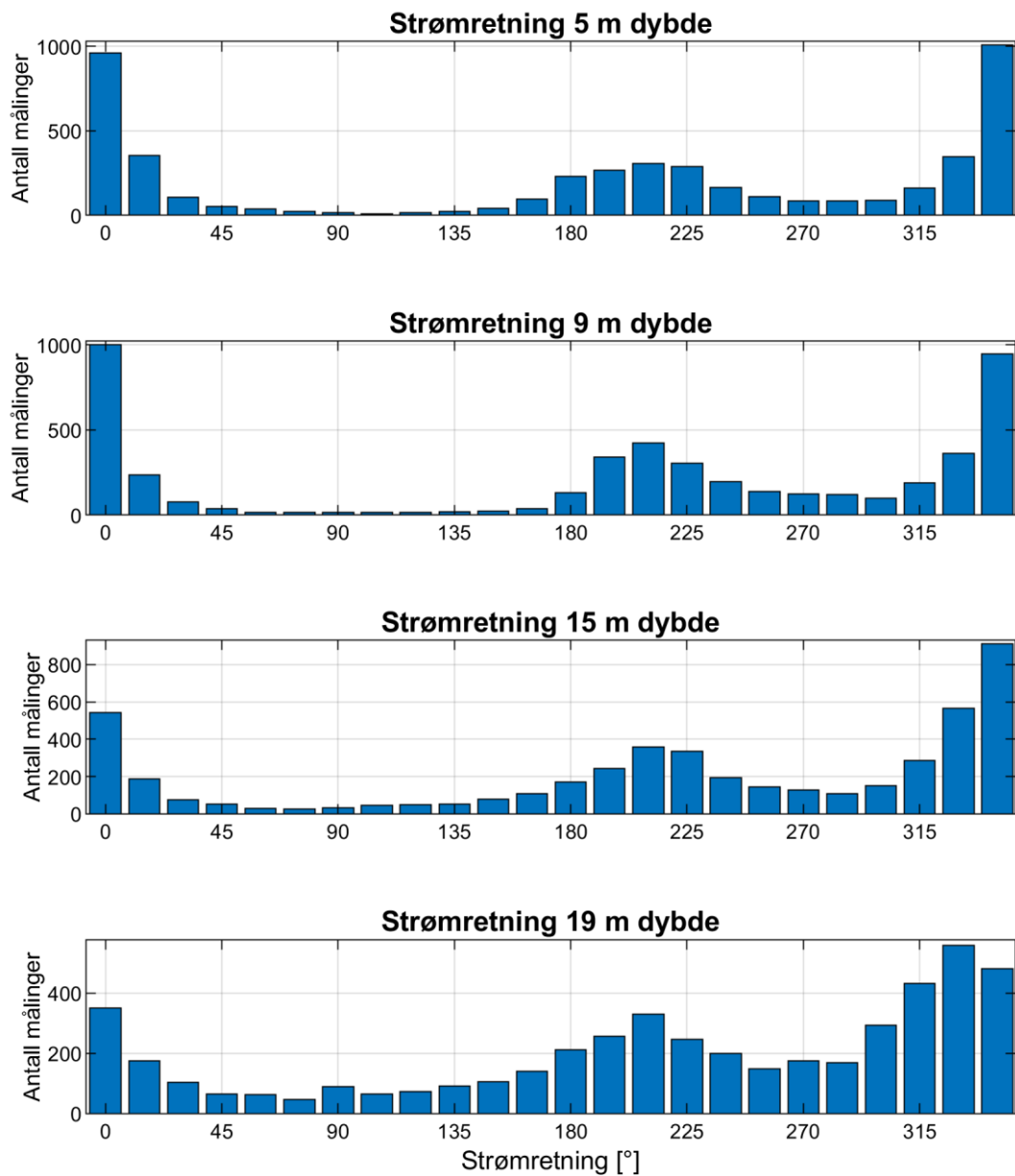


**Figur 17:** Tidsserier av horisontal strømretning.





Figur 18: Histogram av horisontal strømhastighet.



Figur 19: Histogram av horisontal strømretning.

## Appendiks E Fjernet data

Aquadopp Profiler:

Fjernet punkter utenfor intervallet 28-Sep-2021 12:30:00 - 01-Nov-2021 07:30:00 for å fjerne data før utsett og etter opptak.

Fjernet 1 punkt på grunn av Roll utenfor [2.35, 10.11]:

08-Oct-2021 01:50:00

Antall NaN (hull) i intervallet: 1

Instrumentet er overflatereferert basert på alle målte instrumentdybder.

Støygulvet er til instrumentet er satt til 23 counts.

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

Høyeste godkjente celle er på 5.0 m dyp. Fjerner 6 celler over dette.

Ingen punkter er fjernet pga. topper i signalstyrke.

1 celler fjernet pga. målinger for nært instrument:

23.0 dyp

Outliers:

Fjernet 1 punkter ved 5.0 m dybde:

24-Oct-2021 02:40:00

Fjernet 1 punkter ved 7.0 m dybde:

27-Oct-2021 04:40:00

Fjernet 1 punkter ved 11.0 m dybde:

27-Oct-2021 04:40:00

Fjernet 1 punkter ved 19.0 m dybde:

09-Oct-2021 07:00:00

Nortek z-cell data:

Fjernet 5 punkter på grunn av Z-cell Beam 1 Amplitude utenfor [53.33, 88.58]:

08-Oct-2021 01:50:00, 20-Oct-2021 04:50:00, 31-Oct-2021 05:50:00 til 31-Oct-2021 06:00:00, 31-Oct-2021 07:50:00

Fjernet 5 punkter på grunn av Z-cell Beam 2 Amplitude utenfor [52.30, 88.71]:

08-Oct-2021 01:50:00, 20-Oct-2021 04:50:00, 31-Oct-2021 05:50:00 til 31-Oct-2021 06:00:00, 31-Oct-2021 07:50:00

## Appendiks F Instrumentspesifikasjoner

Tabell 13: Instrumentspesifikasjonene.

	Aquadopp Profiler
Horisontal nøyaktighet	$\pm 0.5$ cm/s, $\pm 1\%$ (her: 1.3 cm/s)
Vertikal nøyaktighet	0.4 cm/s
Nøyaktighet retning	$\pm 2^\circ$
Temperatur nøyaktighet	$\pm 0.1^\circ$

## Appendiks G Kalibrering Aquadopp Profiler AQD 9251

Tabell 14: Test og spesifikasjoner.

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

Tabell 15: Kalibrering.

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