

---

# Rapport

## Tepstad, Osterøy kommune

### 20.11.2015 - 08.04.2017

---

OPPDRAGSGIVER

Lerøy Sjøtroll

EMNE

Strømanalyse

DATO / REVISJON: 09.05.2017 / 0

DOKUMENTKODE: 713018-RIMT-RAP-003

---



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

OPPDRAAG	Miljøundersøkelser	DOKUMENTKODE	713018-RIMT-RAP-003
EMNE	Strømanalyse, Tepstad, Osterøy kommune, 2015	TILGJENGELIGHET	Konfidensiell
OPPDRAAGSGIVER	Lerøy Sjøtroll	OPPDRAAGSLEDER	Juliane Borge
KONTAKTPERSON	Kenneth Samland	UTARBEIDET AV	Juni Vaardal-Lunde
KOORDINATER	60°33.257'N 5°23.451'Ø	ANSVARLIG ENHET	4042 Tromsø Marint miljø og havbruk

## SAMMENDRAG

Det er utført strømmålinger ved lokalitet Tepstad, Osterøy kommune, i perioden 20.11.2015 - 08.04.2017 som grunnlag for lokalitetsundersøkelse i henhold til krav i NS 9415 og veileder for søknad om lokalitet.

Gjennomsnitt- og maksimalstrøm og andel nullmålinger er som følgende:

Dybde [m]	Gjennomsnittstrøm [cm/s]	Maksimalstrøm [cm/s]	10 års Returperiode [cm/s]	50 års Returperiode [cm/s]	Retning av maksimalstrøm [°]	Målinger <=1cm/s [%]
5 m	8	55	59	66	70	2.4
15 m	5	41	44	53	103	5.9

**Horisontal strøm:** Maksimalstrømmen for denne lokaliteten ble målt ved 5 m dybde og var 55 cm/s mot 70°. Maksimalstrømmen ved 5 m og 15 m er rettet mot øst. Gjennomsnittsstrømmen er sterkest mot sørvest og øst-nordøst.

**Ekstremstrøm:** Maksimal 50 års returperiode av strømhastigheten ved 5 m dyp er på 66 cm/s og ved 15 m dyp på 53 cm/s.

**Tidevann og vind:** Strømmen ved Tepstad er moderat styrt av tidevannet, mens lokal vind ser ut til å påvirke strømbildet ved Tepstad når vindhastighetene øker opp mot og over 10 m/s. Mulige andre prosesser som påvirker strømmen er vær-situasjon over et større område (f.eks. lufttrykk, temperatur, vind), variasjoner i kyststrømmen og ferskvannsavrenning som bidrar til lagdeling i sommerhalvåret.

0	09.05.2017	Strømrappport ettårsmåling	HF/TON	JVL	MARITA/BS	JB
REV.	DATO	BESKRIVELSE	MÅLING UTFØRT	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	Godkjent AV

**INNHOLDSFORTEGNELSE**

<b>1</b>	<b>Oversikt - Strømmålinger</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Statistisk analyse - Strømmålinger</b> .....	<b>7</b>
2.1	Gjennomsnitts- og maksimalstrøm .....	7
2.2	Variabilitet gjennom året .....	9
2.3	Strømhastigheter med 10 års og 50 års returperiode .....	10
2.4	Vannutskiftning .....	13
<b>3</b>	<b>Tidevann og vind</b> .....	<b>15</b>
3.1	Tidevannsanalyse .....	15
3.2	Sammenheng mellom vind og strøm .....	18
<b>4</b>	<b>Strøm - Todagersperiode</b> .....	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>Sammendrag</b> .....	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>23</b>
Appendiks A	Måling og kvalitetssikring .....	24
Appendiks B	Pinne- og rosedigram .....	31
Appendiks C	Tidsserier .....	32
Appendiks D	Fjernet data .....	36
Appendiks E	Instrumentspesifikasjoner .....	37
Appendiks F	Kalibrering Aquadopp Profiler AQD 5627 .....	38

## 1 Oversikt - Strømmålinger

Strømmålinger ble foretatt ved lokalitet Tepstad i perioden 20.11.2015 - 08.04.2017.

Tabell 1 sammenfatter den viktigste bakgrunnsinformasjonen for målingen:

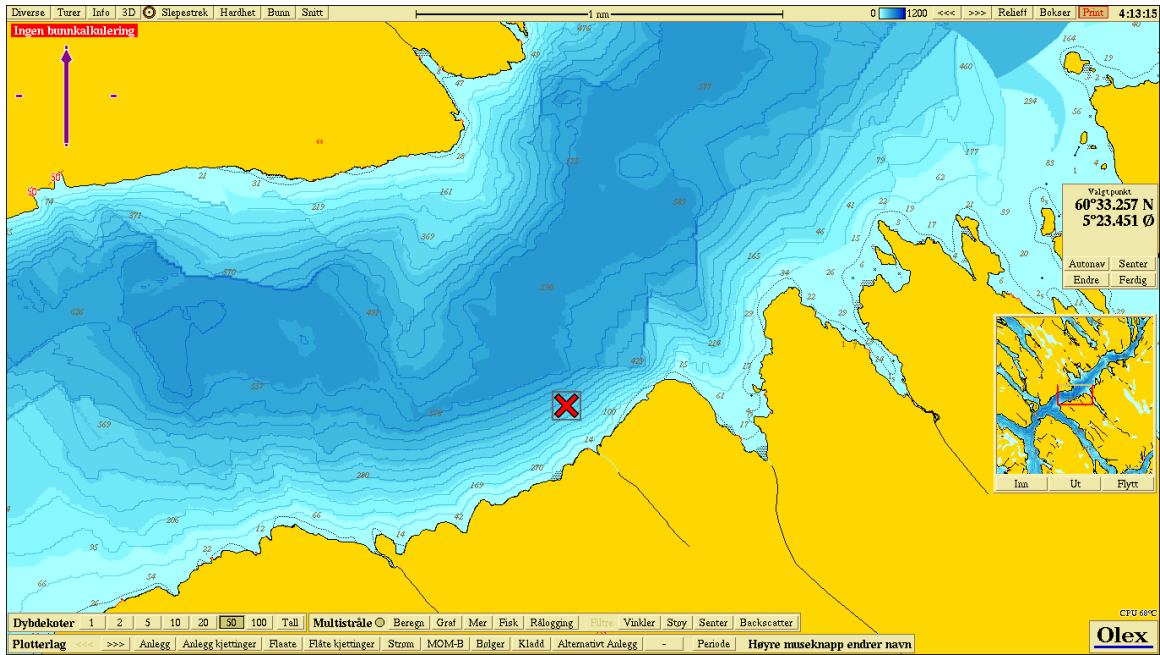
- **Plassering av måler:** Figur 1 og Figur 2 viser hvor måleriggen var plassert.
- **Måledybder:** Det ble satt ut en doppler profilmåler ved 2 m dyp med måleholdet orientert nedover. Målet er å kartlegge strømmen ved 5 m og 15 m.
- **Målingsutstyr:** Måleren så nedover og var festet i en bøye ved overflaten. Bøyen var forankret på bunnen. 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 mer enn 504 dager. Dette er i henhold til kravene som sier at for å få representative strømmålinger ved bruk av langtidsstatistikk, må det utføres kontinuerlige målinger over en periode på minst ett år (NS 9415).

I forbindelse med etablering av flytende oppdrettsanlegg krever NYTEK-forskriften beskrivelse av strømmen i anlegget ved 5 m og 15 m (NS 9415) utført av akkreditert inspeksjonsorgan for lokalitetsundersøkelser. Ved søknad om ny lokalitet/utvidelse av eksisterende lokalitet kreves beskrivelse av vannutskiftningsstrøm, spredningsstrøm og bunnstrøm (Fiskeridirktoratet, 2008), samt dokumentasjon av nullmålinger og vannutskiftning (Mattilsynet, 2006).

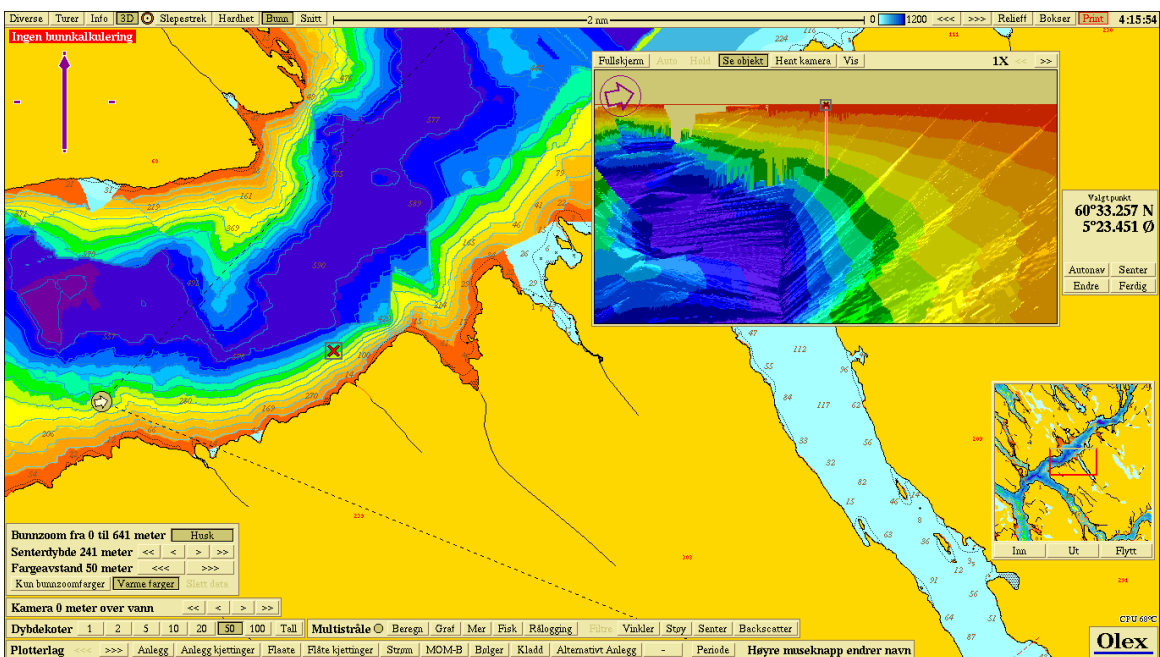
Multiconsult AS er akkreditert inspeksjonsorgan for lokalitetsundersøkelse iht. ISO/IEC 17020, NYTEK-forskriften og NS 9415. I denne rapporten faller analyser og beskrivelse av strømmen ved 5 og 15 m dybde under akkrediteringen. Analyser og beskrivelse av strømmen ved andre dybder er ikke underlagt myndighetskrav om akkreditering.

**Tabell 1:** Generell informasjon om strømmålingen utført ved Tepstad

Posisjon	60°33.257' N 5°23.451' Ø
Ca. dybde på målestedet	480 m
Måleperiode	20-Nov-2015 12:00:00 til 08-Apr-2017 11:21:01
Varighet	504 dager, 23 timer, 21 minutter
Antall målinger	68414
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigeret for misvisning)
Målertype - 2 m dybde	Doppler profilmåler (Nortek Aquadopp profiler, Serienummer 5627), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 5 til 18 m dybde, cellestørrelse 2 m
Type måling - 2 m dybde	Burst (måling i 100 sekunder)
Frekvens	Hvert 10. minutt



Figur 1: Lokalitet Tepstad. Målepunktet er merket med rødt kryss. Dybdekotene har 50 meters intervall



Figur 2: 3D modell av lokalitet Tepstad. Målepunktet er merket med rødt kryss. Farget område er fra 0 m til 614 m dybde med fargeavstand på 50 m

## 2 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 som kreves: 5 m og 15 m. For flere detaljer henvises det til:

- Kapittel 5: Statistikktabell for forskjellige dybder
- Appendiks B: Roseplott for alle dybder

### 2.1 Gjennomsnitts- og maksimalstrøm

Figur 3 viser et 3D-diagram av horisontal strømhastighet over tid for de øverste 18 m (venstre panel) samt minimum, middel- og maksimalstrøm ved forskjellige dybder (høyre panel). Tabell 2 viser maksimalstrøm i 8 retningssektorer for forskjellig dybder. Retningssektorene er sentrert rundt 0°, 45°, 90° osv.

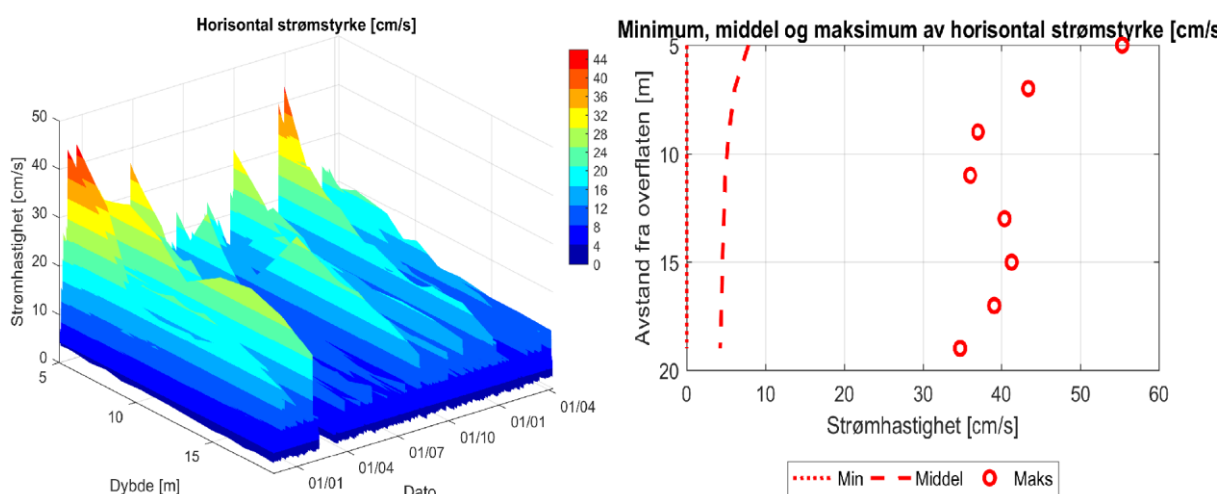
Figur 4 og Figur 5 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder i to og tre dimensjoner.

Maksimalstrømmen for denne lokaliteten ble målt ved 5 m dybde og var 55 cm/s mot 70°.

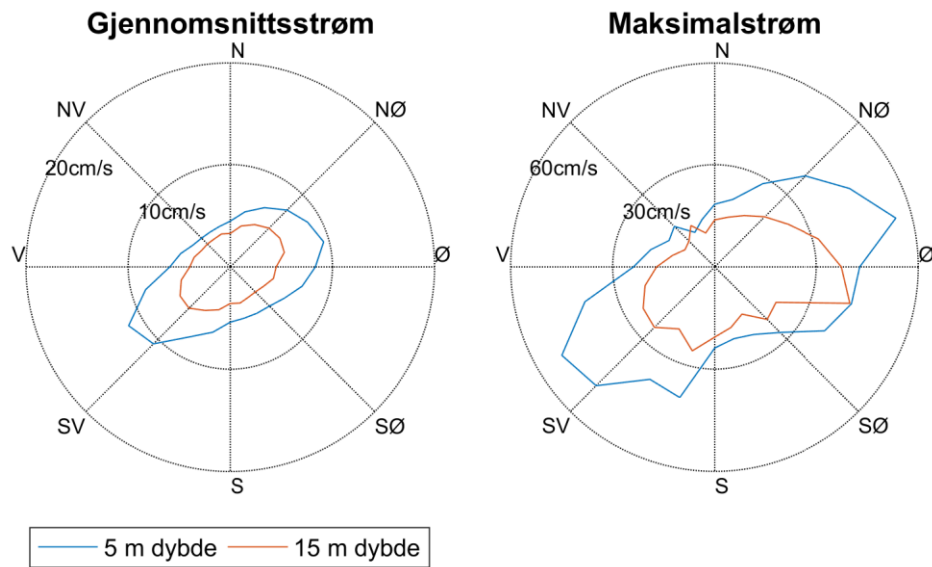
Maksimalstrømmen ved 5 m og 15 m er rettet mot øst. Gjennomsnittsstrømmen er sterkest mot sørvest og øst-nordøst.

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

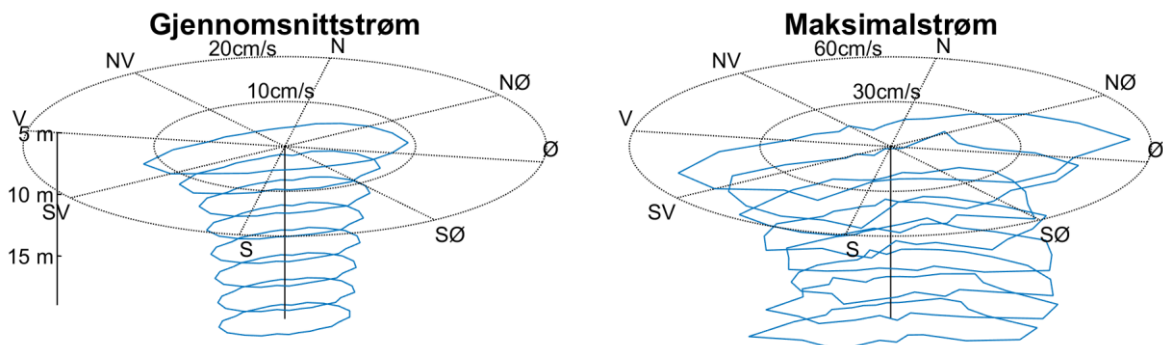
	Retning (mot)								Alle retninger
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
Dybde	Maksimal horisontal strøm [cm/s]								
5 m	21	46	55	38	40	52	40	17	55 (70°)
15 m	15	25	41	22	26	25	21	14	41 (103°)



**Figur 3:** 3D-diagram av horisontal strømhastighet over tid for de øverste 18 m (data er lavpassfiltrert, dvs. maksimumverdier er lavere enn 10 minutters maksimumverdier) og minimal, middel og maksimal horisontal strøm ved alle målte dybder



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

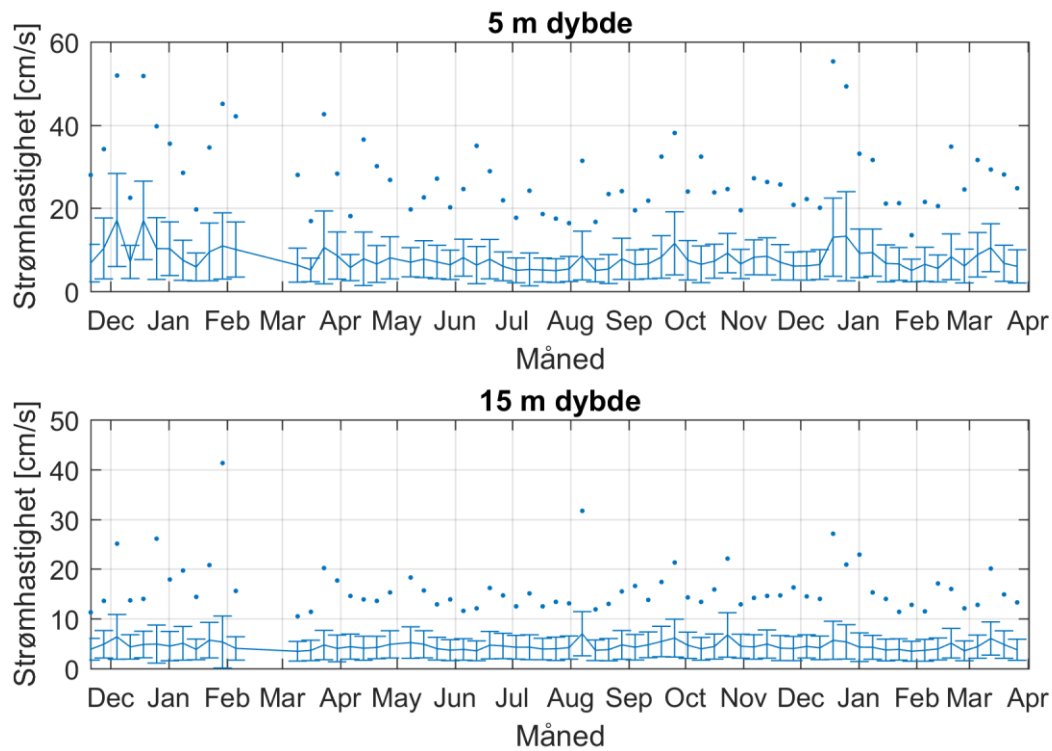


Figur 5: Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger i tre dimensjoner (15 graders sektorer) og dybder



## 2.2 Variabilitet gjennom året

Middelet- og maksimalstrøm på ukesbasis samt standardavviket er vist i Figur 6 for 5 m og 15 m. Ved 5 m oppstår de høyeste verdiene (> 50 cm/s) i desember 2015 og 2016, ellers varierer maksimalstrømmen gjennom året og ligger stort sett under 40 cm/s. Ved 15 m er de høyeste strømhastighetene målt i januar 2016 og august 2016. Maksimalstrømmen ligger stort sett under 20 cm/s ved 15 m dybde.



**Figur 6:** *Middelet- og maksimalstrøm [cm/s] på ukesbasis, samt standardavviket ved 5 m og 15 m*

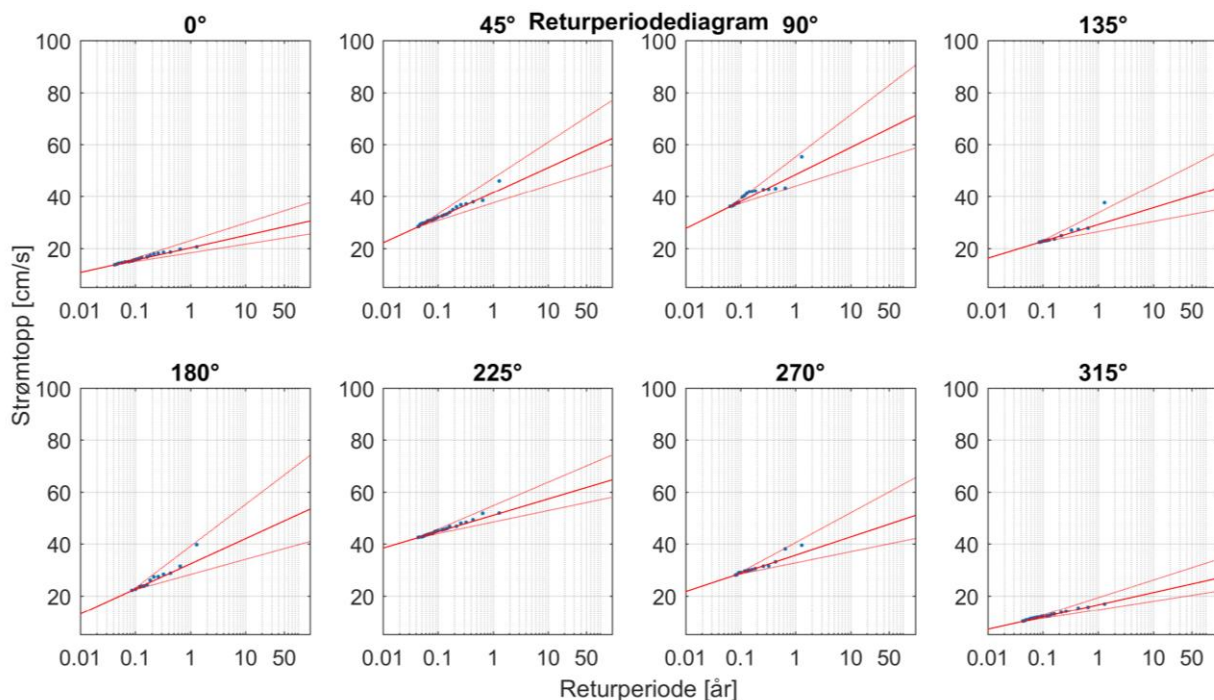
### 2.3 Strømhastigheter med 10 års og 50 års returperiode

For å estimere strømhastigheten med 10 års og 50 års returperiode ut fra strømmålingene av minst ett års varighet krever NS 9415 (NS 9415, 2009) at dataen blir behandlet vha. langtidsstatistikk. Det er gjort en ekstremverdianalyse av den totale strømmen. Det er vurdert flere forskjellige fordelinger og valgt den som visuelt passer dataene best. I dette tilfellet er topp-over-terskel metoden med en eksponentialfordeling valgt. Det betyr at toppene av alle periodene der strømmen er sterkere enn en viss terskel er funnet og en eksponentialfordeling er tilpasset disse toppene. Dette er gjennomført for 8 retningssektorer og for alle strømdata uavhengig av retningen. Terskelen er valgt for hver retningssektor for å sikre stabile estimater. For mer informasjon om denne og flere metoder se f.eks. Carollo et al (2005).

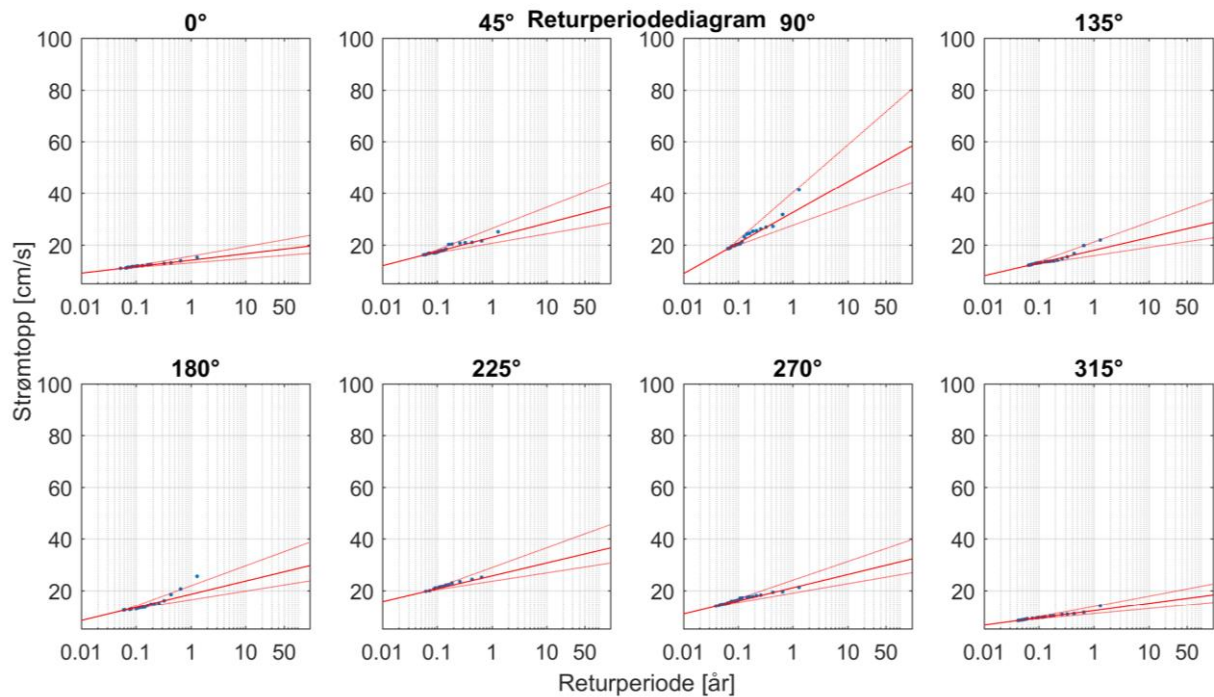
Returperiodediagram for 8 retningssektorer er vist for 5 m og 15 m i Figur 7 og Figur 8. Målt maksimalstrøm, 10 års og 50 års returperiode av strøm for forskjellige retningssektorer ved 5 m og 15 m dyp er gitt i Tabell 3. Resultatene er også vist i Figur 9.

Flere av de observerte punktene i Figur 7 og Figur 8 som ligger nær eller utenfor konfidensintervallet har en retning som er nær retningsintervallet til nabosektoren. I nabosektoren ville disse punktene i flere tilfeller havnet nærmere den tilpassede fordelingen.

Den sterkeste strømmen er rettet mot øst ved 5 m og 15 m. Maksimal 50 års returperiode av strømhastigheten ved 5 m dyp er på 66 cm/s og ved 15 m dyp på 53 cm/s.



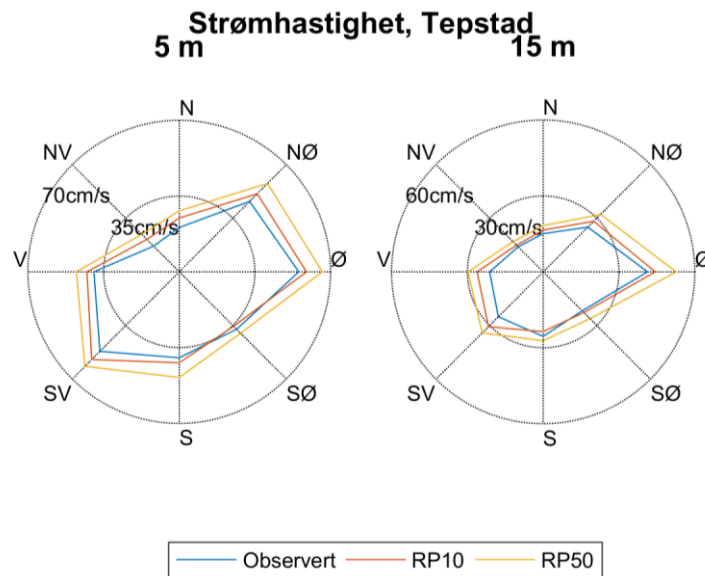
**Figur 7:** Returperiodediagram for 8 sektorer med tilpasset eksponentialfordeling for strøm ved 5 m dybde. Blå punkter er observasjoner, rød linje er tilpasset fordeling, mens den stiplede røde linjen viser usikkerheten i estimatene (95 % konfidensintervall)



**Figur 8:** Returperiodediagram for 8 sektorer med tilpasset eksponentialfordeling for strøm ved 15 m dybde. Blå punkter er observasjoner, rød linje er tilpasset fordeling, mens den stiplede røde linjen viser usikkerheten i estimatene (95 % konfidensintervall)

**Tabell 3:** Resultatene av ekstremverdianalysen – maksimal målt strømhastighet samt strømhastigheter med 10 års og 50 års returperiode for 5 m og 15 m dyp. Retningen er retningen til den målte maksimalstrømmen. Merk at strømhastigheten her er gitt i m/s

Retningssektor (mot)	5 m dyp [m/s]				15 m dyp [m/s]			
	Målt	10 år	50 år	Retning	Målt	10 år	50 år	Retning
0°	0.2	0.25	0.28	15	0.15	0.17	0.18	21
45°	0.46	0.51	0.58	66	0.25	0.28	0.32	64
90°	0.55	0.59	0.66	70	0.41	0.44	0.53	103
135°	0.38	0.36	0.4	113	0.22	0.23	0.26	136
180°	0.4	0.42	0.49	200	0.26	0.24	0.27	202
225°	0.52	0.57	0.62	235	0.25	0.31	0.34	221
270°	0.4	0.43	0.48	250	0.21	0.26	0.3	250
315°	0.17	0.21	0.25	316	0.14	0.15	0.17	328
Alle retninger	0.55	0.64	0.72	-	0.41	0.37	0.42	-



**Figur 9:** Målt maksimalstrøm, 10 års og 50 års returperiode for forskjellige retninger (15 graders sektorer) ved 5 m og 15 m dybde

## 2.4 Vannutskifting

Mattilsynets veileder krever dokumentasjon av vannutskifting. Vannutskiftingen 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  $m^3/m^2$ .

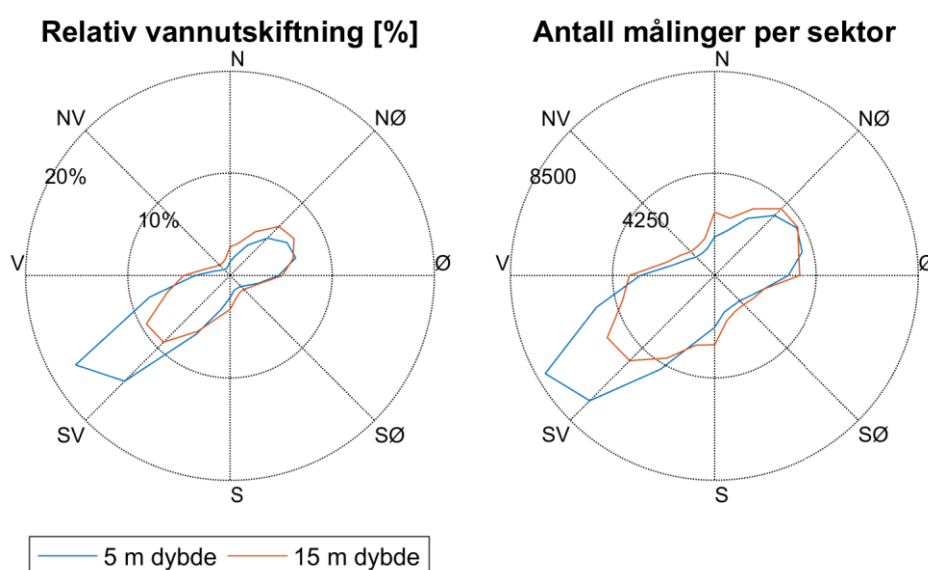
Vannutskiftingen kan oppgis per sektor, dvs. per retningsintervall. Vannutskiftingen i en sektor er den delen av vannfluksen hvor strømretningen er i et visst retningsintervall. Vannutskiftingen i 8 sektorer er gitt i Tabell 4. Retningssektorene er sentrert rundt 0°, 45°, 90° osv. Figur 10 viser relativ vannutskifting og antall målinger i 15 graders sektorer for forskjellige dybder.

Figur 11 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 vannutskiftingen er. Dersom vannet hele tiden føres bort fra startstedet tyder det på at vannutskiftingen er bra. Dersom vannmassene driver fram og tilbake, kan utskiftingen være redusert.

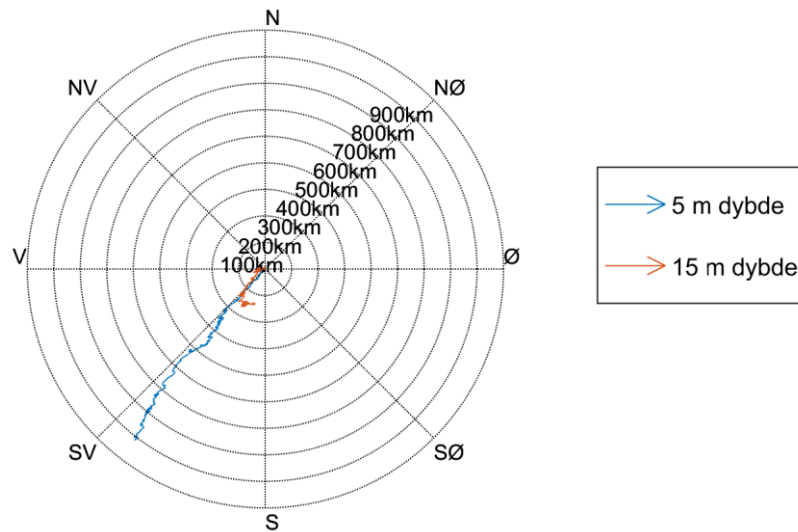
Figurene illustrerer at strømmens hovedretning ved Tepstad er mot nordøst og sørvest for både 5 m og 15 m, med størst vannutskifting mot sørvest.

**Tabell 4:** Vannutskifting [ $m^3/m^2$ ] i 8 sektorer. Den største vannutskiftingen for hvert dyp er uthevet.

Dybde	Retning (mot)								Alle retninger
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
Vannutskifting [ $m^3/m^2$ ]									
5 m	135675	483028	460384	156470	229901	<b>1243453</b>	424777	84258	3217946
15 m	144475	352088	270486	113509	182408	<b>463942</b>	248679	85541	1861127



**Figur 10:** Relativ vannutskifting og antall målinger per 15 graders sektor



**Figur 11:** Progressiv vektor-diagram, viser forflytningen av en tenkt vannpartikkel i løpet av måleperioden

### 3 Tidevann og vind

#### 3.1 Tidevannsanalyse

Det ble foretatt en tidevannsanalyse av den målte strømmen ved forskjellige dyp, som gir informasjon om tidevannets bidrag til strømbildet (Codiga, 2011). Tidevannet er en følge av tiltrekningskreftene mellom jord, måne og sol og de relative bevegelsene i jord-måne-solsystemet (Kartverket, 2014). Det finnes tidevannskomponenter med forskjellige perioder, som f.eks. halvdaglige (fra månen (M2) 12.42 timer og fra solen (S2) 12 timer), daglige (prinsipiell daglig månekomponent (O1) 25.82 timer) og komponenter med lengre perioder (spring-nippsyklus (MSF) 14.77 dager). Det er lokale forhold som avgjør hvilke komponenter som dominerer.

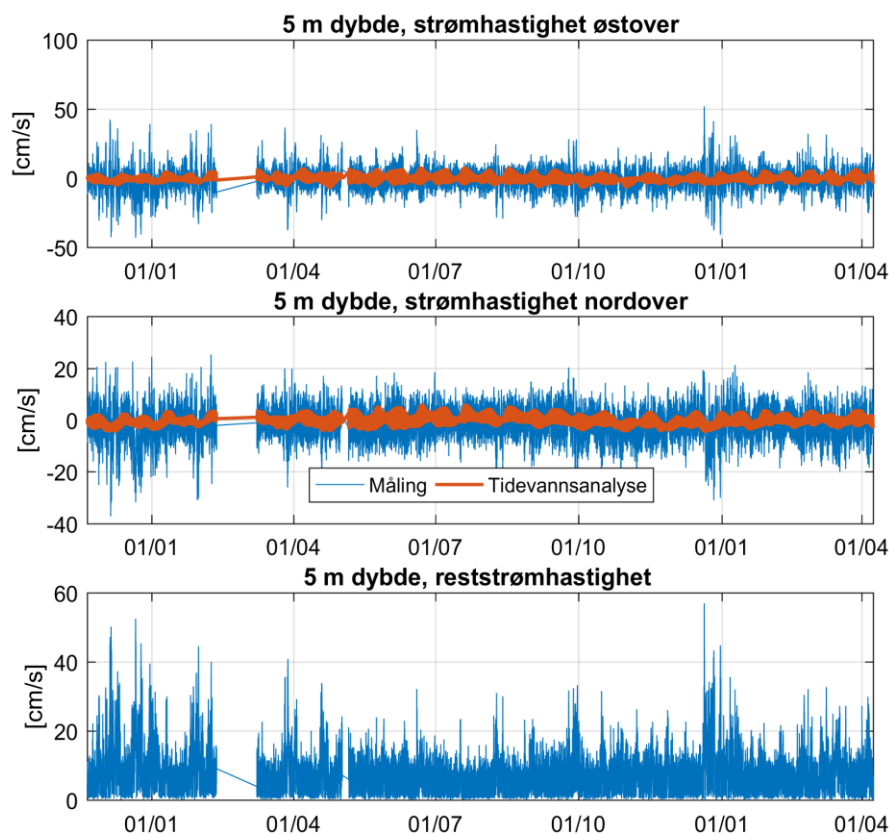
Tidevannsanalysen forutsetter stasjonære forhold og uavhengige komponenter og har naturlige begrensninger på grunn av andre faktorer som påvirker strømmen og kan føre til ikke-stasjonære forhold (f.eks. vind, lufttrykk, elveavrenning).

Resultatene fra tidevannsanalysen er gitt i Figur 12 til Figur 14.

Figur 12 viser tidsserien av strømmen ved 5 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. Vektorielt 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 Tepstad forklarer 12 % av variansen i datasettet ved 5 m og ved 15 m. Maksimal beregnet tidevannsstrøm ved 5 m dybde er 11 cm/s og ved 15 m dybde 6 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 14 cm/s (signifikant maksimum), men har en maksimalverdi på 57 cm/s ved 5 m og 41 cm/s ved 15 m.



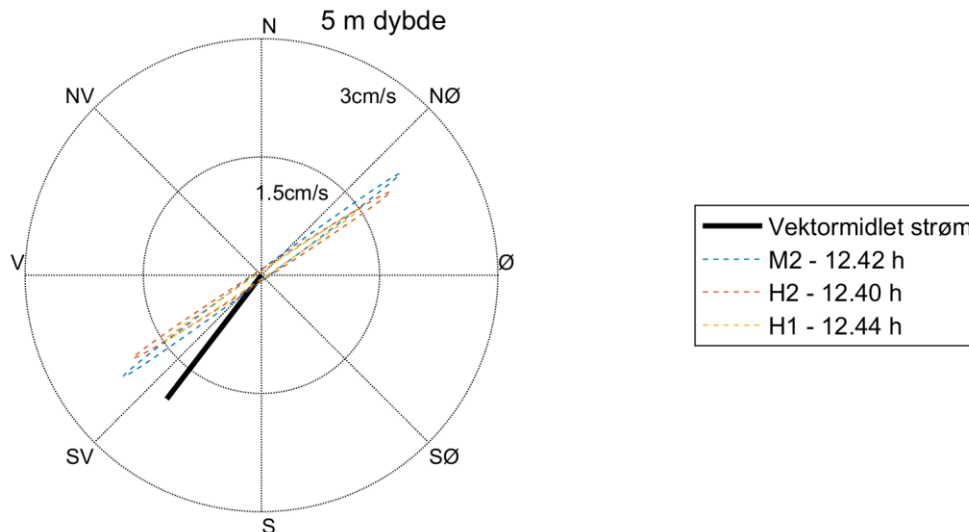
Figur 12: Horizontal strømhastighet, 5 m dybde, med tidevannsanalyse

Tidevannsstrømmer følger en ellipse, dvs. at strømrretningen roterer og strømhastigheten når maksimumsverdien og minimumsverdien to ganger i løpet av tidevannsperioden. Figur 13 viser tidevanssellipsene for de sterkeste tidevannskonstituentene av strømmen ved 5 m dybde og at disse roterer mot klokken. Hovedperiodene til tidevannssignalet ved 5 m dybde er 12.42 timer, 12.40 timer og 12.44 timer. Det er tidevannet fra månen (M2, to perioder per døgn) som er mest framtreddende ved 5 m og figuren viser at tidevannsstrømmen oscillerer mellom nordøstlig og sørvestlig retning.

Vektormidlet strøm er vist som en svart strek i Figur 13. 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 sørvest ved Tepstad.

Figur 14 viser resultatene av tidevannsanalysen ved alle målte dybder. Figuren lengst til venstre viser hovedaksen av tidevanssellipsen som er mest framtreddende gjennom hele vannsøylen, i dette tilfellet H1 som kan tolkes som den årlig variasjon av M2. Figuren i midten viser den vektormidlete strømmen for hvert dyp, mens figuren til høyre viser maksimal avvik av den faktiske strømmen fra tidevannsanalysen. Figuren viser at både tidevannsstrøm og vektormidlet strøm er sterkest ved overflaten og avtar noe med dypet. Tidevannsanalysen i de forskjellige dybdene forklarer mellom 11 og 13 % av variansen i strømmålingene.

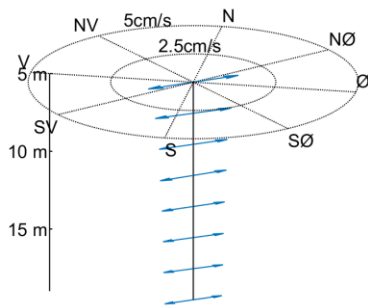
Det konkluderes med at tidevannsstrømmen spiller en rolle ved Tepstad.



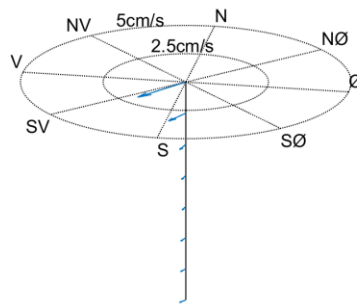
**Figur 13:** Tidevanssellipsene av strømmen ved 5 m dybde. M2, H2 og H1 refererer til tidevannskonponentene. Middelstrømmen er vektorbasert



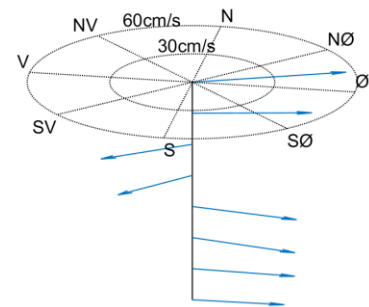
## Tidevann - H1: 12.44 h



## Vektormidlet strøm



## Maksimal reststrøm



Figur 14: Resultatene av tidevannsanalysen ved alle målte dybder

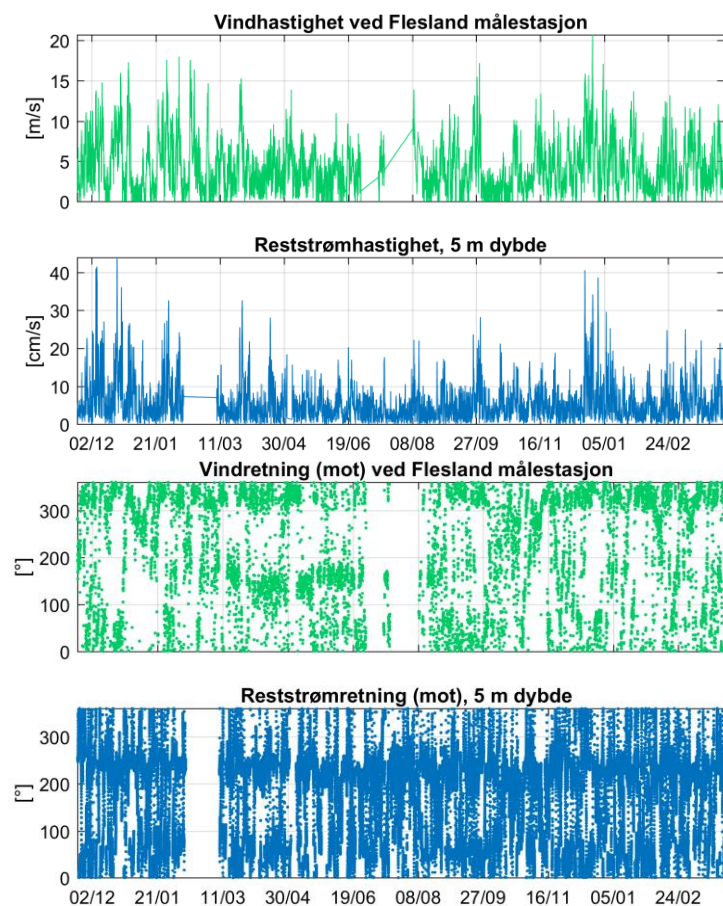
### 3.2 Sammenheng mellom vind og strøm

Sammenhengen mellom strøm og vind er også undersøkt. Det ble brukt vindmålinger fra Flesland målestasjon (eKlima) som ligger ca. 30 km sørvest for Tepstad og anses som mest representativ for lokaliteten. Verdiene er 10 minutters middelverdier 10 meter over bakken. Figur 15 viser vindhastighet og vindretning, samt reststrømhastighet og reststrømretning ved 5 m dybde (dvs. strøm uten tidevann).

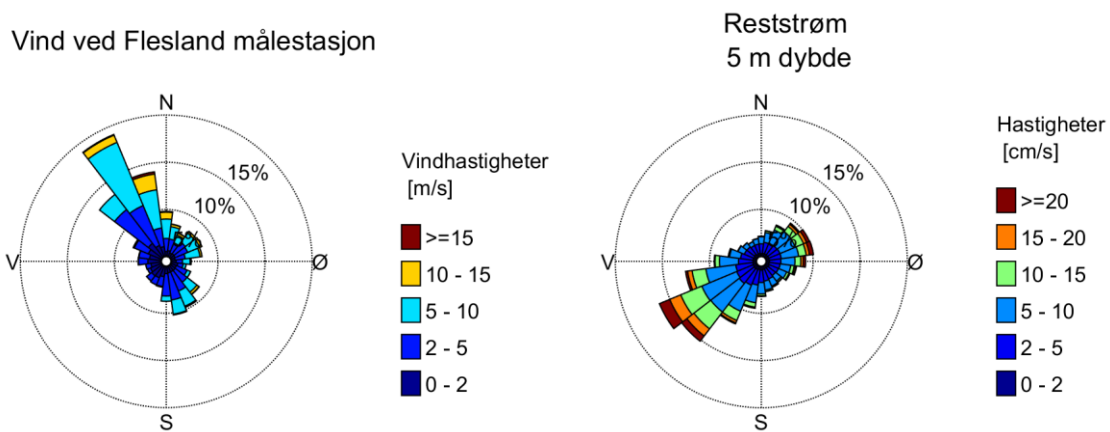
Figur 16 viser at retningsfordelingen mellom vind ved Flesland og strøm ved 5 m ved Tepstad er ulike da vinden ved Flesland stor sett er rettet mot nordvest, mens strømmen ved Tepstad er rettet mot sørvest.

Vindhastigheten ved Flesland ser likevel ut til å korrelere med strømhastigheten ved Tepstad. Figur 15 viser klare perioder hvor vind over 10 m/s ser ut til å gi økte strømhastigheter ved 5 m dybde.

Vi konkluderer derfor at den lokale vinden har påvirket strømmen ved 5 m dybde gjennom måleperioden.



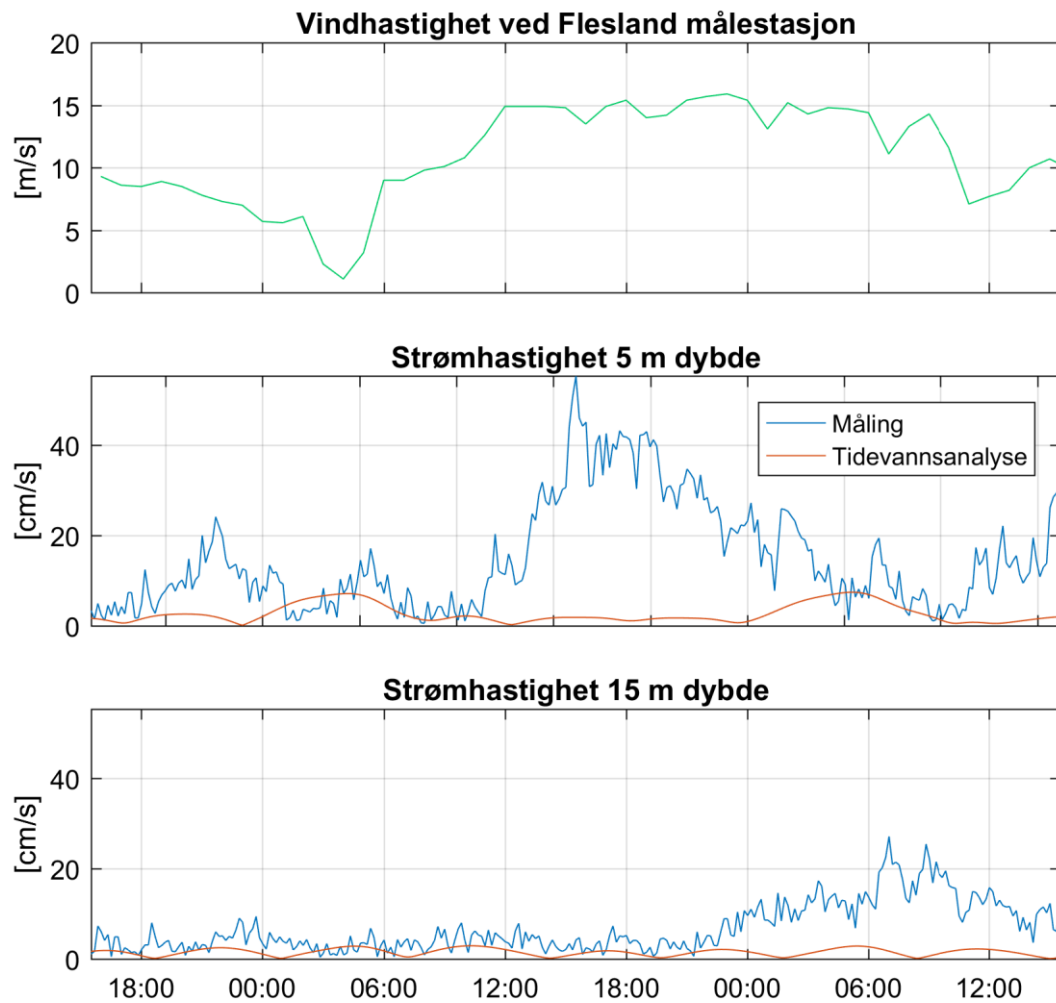
**Figur 15:** Vindretning, vindhastighet, reststrømretning og reststrømhastighet ved 5 m dybde, lavpassfiltrert



Figur 16: Vind, og reststrøm ved 5 m dybde (retninger mot)

## 4 Strøm - Todagersperiode

Figur 17 viser vind og strøm i todagersperioden rundt maksimalstrømmen ved 5 m dyp, 19.12.2016 - 21.12.2016. Vinden ligger på 15 m/s i perioden hvor maksimalstrømmen er observert. Ved 15 m er strømmen lav i samme periode som maksimalstrømmen er observert ved 5 m, mens den øker når hastigheten ved 5 m minker.



Figur 17: Vind og strøm i todagersperioden 19.12.2016-21.12.2016

## 5 Sammendrag

Det er foretatt strømmålinger ved lokalitet Tepstad, Osterøy kommune, i perioden 20.11.2015 til 08.04.2017. Tabell 5 gir en oversikt over resultatene.

Maksimalstrømmen for denne lokaliteten ble målt ved 5 m dybde og var 55 cm/s mot 70°.

Maksimalstrømmen ved 5 m og 15 m er rettet mot øst. Maksimal 50 års returperiode av strømhastigheten ved 5 m dyp er på 66 cm/s og ved 15 m dyp på 53 cm/s.

Tidevannsstrømmen er med på å styre strømbildet ved Tepstad. Lokal vind ser også ut til å påvirke strømbildet ved Tepstad når vindhastighetene øker opp mot og over 10 m/s. Mulige andre prosesser som påvirker strømmen er værtilstand 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	5 m	15 m
<b>Horisontal strøm</b>		
Gjennomsnittsstrøm (median)	8 (6) cm/s	5 (4) cm/s
Standardavvik	6 cm/s	3 cm/s
Signifikant maksimumstrøm	15 cm/s	8 cm/s
Maksimumstrøm	55 cm/s	41 cm/s
Retning maksimumstrøm	70°	103°
Signifikant minimumstrøm	2.7 cm/s	1.7 cm/s
Minimumstrøm	0.0 cm/s	0.0 cm/s
10 års returperiode	59 cm/s	44 cm/s
50 års returperiode	66 cm/s	53 cm/s
Neumanns parameter	0.28	0.09
Vektormidlet strøm	2 cm/s	0 cm/s
Vektormidlet strømrretning	217°	197°
Fire hyppigst forekommende strømrretningene (synkende rekkefølge, 15 graders sektor)	240°, 225°, 255°, 210°	240°, 225°, 60°, 255°
Fire hyppigst forekommende strømhastighetene (synkende rekkefølge)	5-10, 1-5, 10-20, 20-30	1-5, 5-10, 0-1, 10-20
<b>Vannutskiftning</b>		
Mest vannutskiftning pr. 15 graders sektor	561536 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 240°	175975 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 240°
Minst vannutskiftning pr. 15 graders sektor	24985 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 330°	26599 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 330°
Gjennomsnittlig total vannutskiftning pr. time (alle retninger)	282 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	163 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
<b>Nullmålinger</b>		
Andel målinger <1cm/s	2.4 %	5.9 %
Lengste periode <1cm/s	30 min	40 min

Tabell 5 inkluderer både middelvei og median. Middelveien 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 11 og er definert som forholdet mellom lengden av den rette linjen mellom start- og slutt punkt og lengden av den totale banen. For Neumanns parameter under 0.7 er reststrømmen ikke representativ for store deler av strømmålingen i perioden. Neumanns parameter bør ses i sammenheng med vektormidlet strøm og gjennomsnittsstrømmen. Å bruke kun Neumanns parameter til å beskrive vannutskiftningen blir utilstrekkelig. Den har flere begrensninger. For eksempel blir den påvirket variasjoner i strømhastigheten og er avhengig av midlingstiden. På steder med sterk tidevannsstrøm kan Neumanns parameter være nært null uten at vannutskiftningen er redusert.

For nøyaktigheten av målingene, se Appendiks E.

## 6 Referanser

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

Codiga, Daniel L.: Unified Tidal Analysis and Prediction

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

Fiskeridirektoratet, 2008: "Veileder for utfylling av søknadsskjema for tillatelse til akvakultur i flytende eller landbaserte anlegg"

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

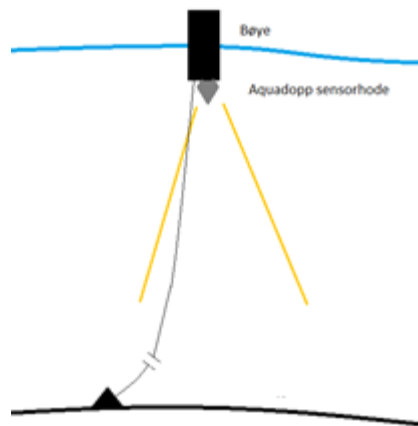
Mattilsynet, 2006: "Veileder til forskrift av 16.1.2004 nr. 279 om godkjenning av etablering og utvidelse av akvakulturanlegg og registrering av pryddammer (etableringsforskriften) § 5"

NS 9415: "NS 9415 - Flytende oppdrettsanlegg: Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift", Norsk Standard

## Appendiks A Måling og kvalitetssikring

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

Målingene er basert på dopplereffekten. Instrumentet sender ut en akustisk puls (et kort lydsignal) med en bestemt frekvens og måler frekvensen av innkommende refleksjoner. Refleksjonen er forårsaket av små partikler eller bobler i vannet. Ut fra frekvensskiftet kan man beregne hastigheten av partiklene i vannet, som er antatt å være lik strømhastigheten. Aquadopp Profiler sender ut pulser i tre stråler i forskjellige retninger for å kunne rekonstruere den horisontale og vertikale strømhastigheten i mange dyp. Målerne ble forankret som vist i Figur 18.



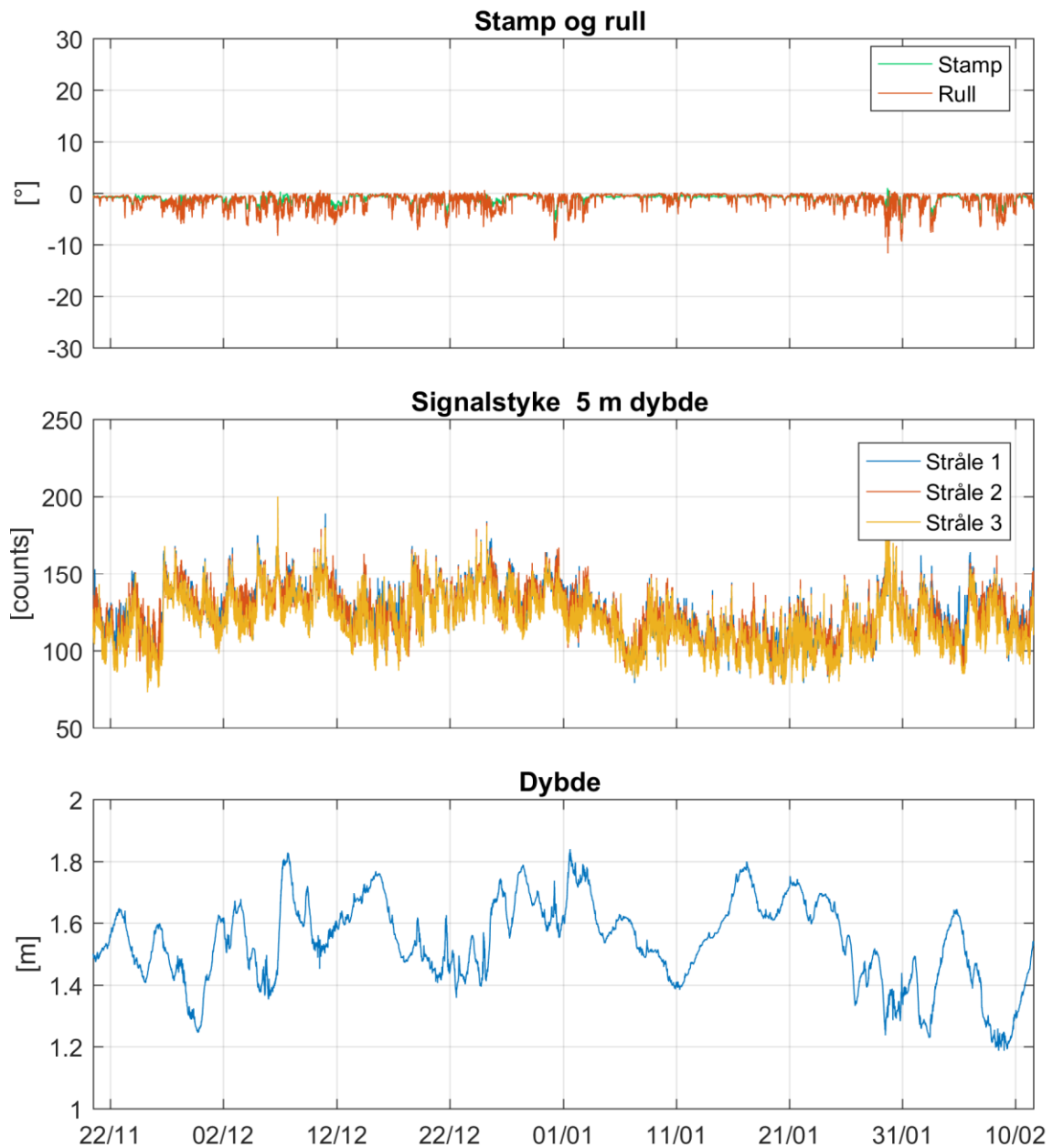
**Figur 18:** Skisse av riggen ved Tepstad

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

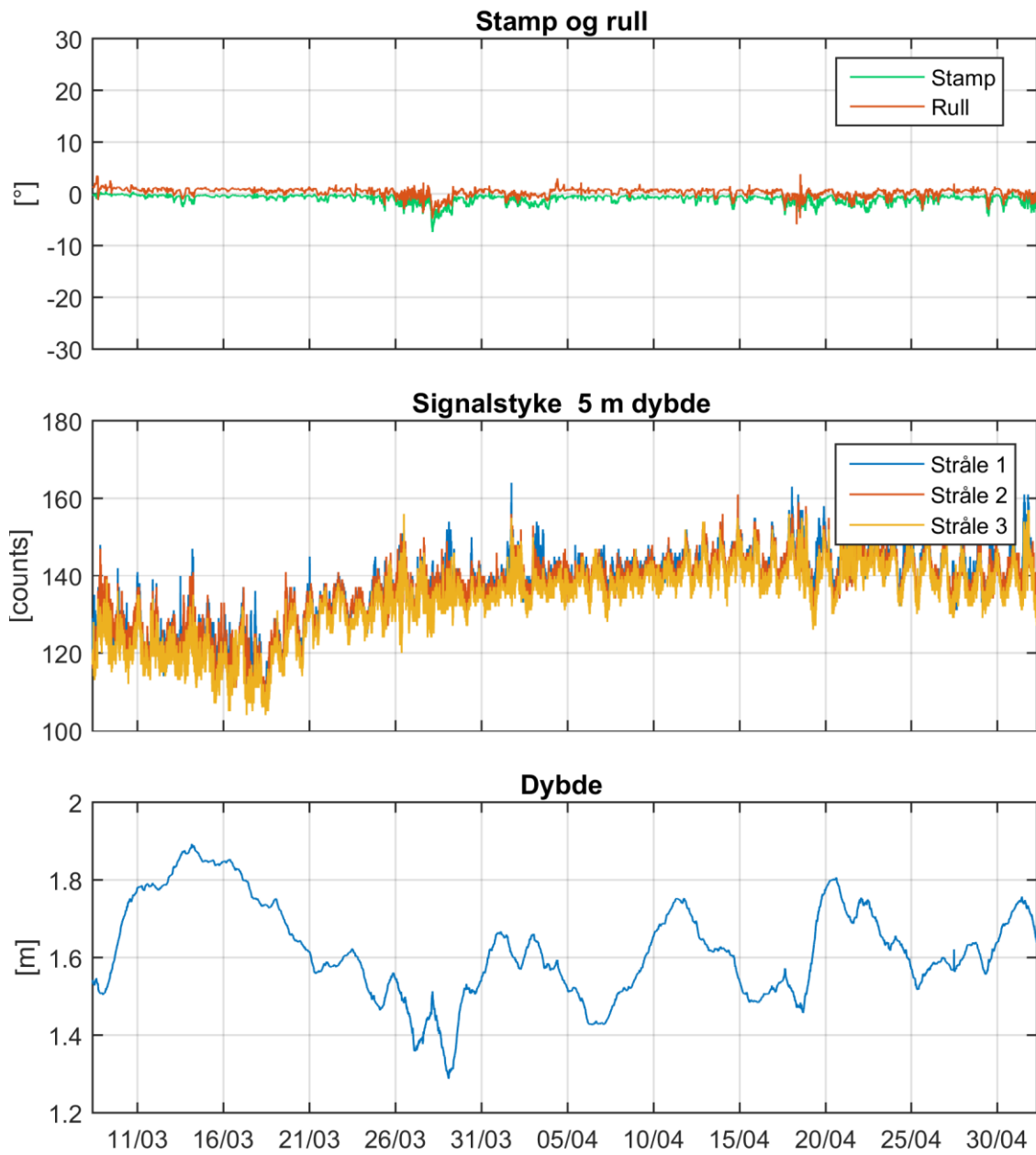
- Aquadopp Profiler: stamp og rull mindre enn 30°, signalstyrke mer enn 7 counts over støygulvet
- Strømretningen er ikke korrigert for misvisning og alle retninger er referert mot magnetisk nord. Der instrumentprodusenten anbefaler det, er deviasjon tatt hensyn til gjennom kalibrering av kompasset før utsett. Tilfeller hvor disse kriteriene ikke blir møtt, må vurderes nøye. I tillegg til anbefalingene over ble målingene sjekket for uteliggere som også ble fjernet. Data som ble fjernet er beskrevet i Appendiks D. Figur 19 til Figur 24 viser noen av parameterne etter datarensing.

Det mangler data i perioden fra 11.02.2016 til 08.03.2016 grunnet neddykking av instrumentet. Måleperioden er derfor forlenget så den dekker samme periode i 2017.

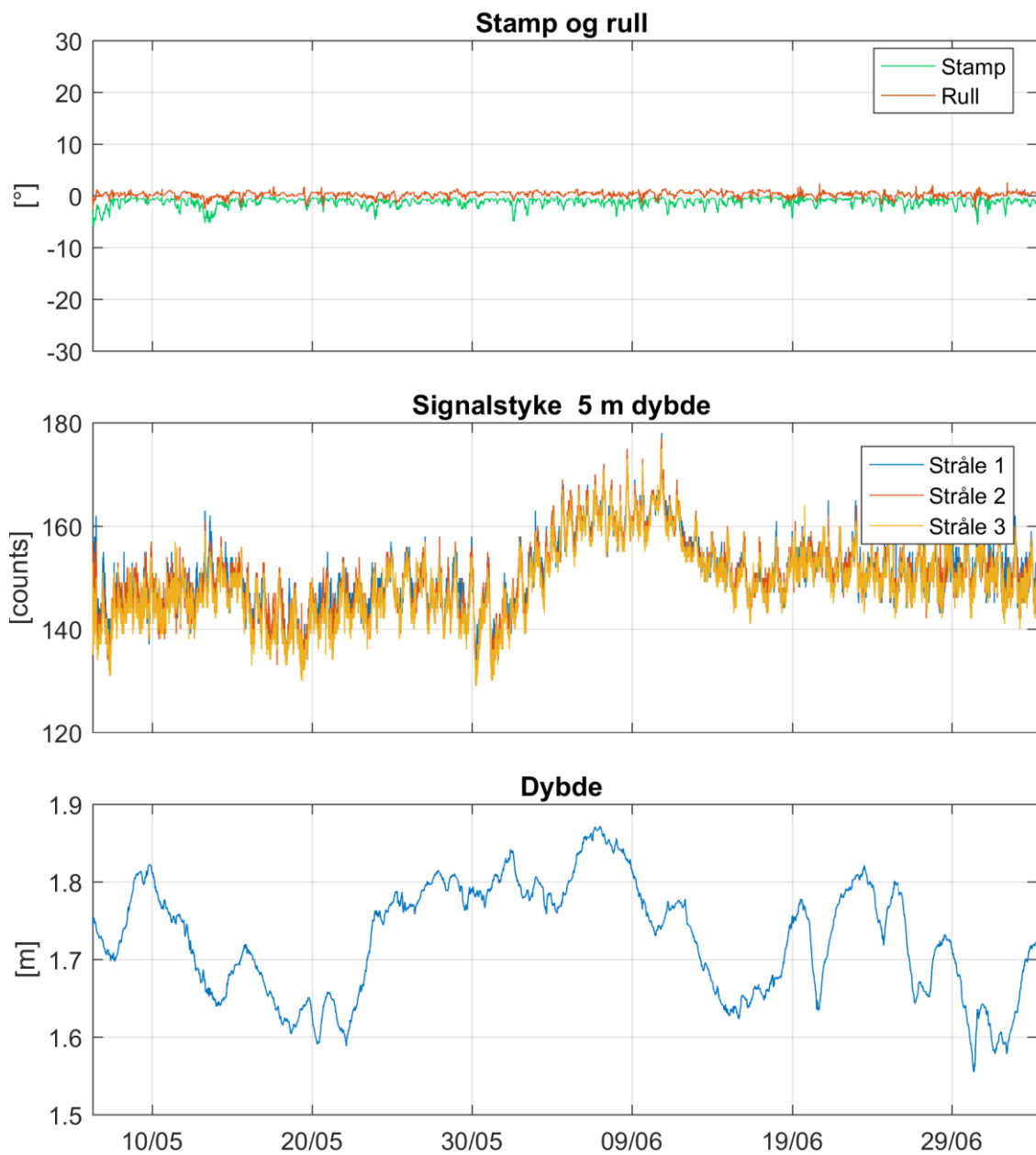




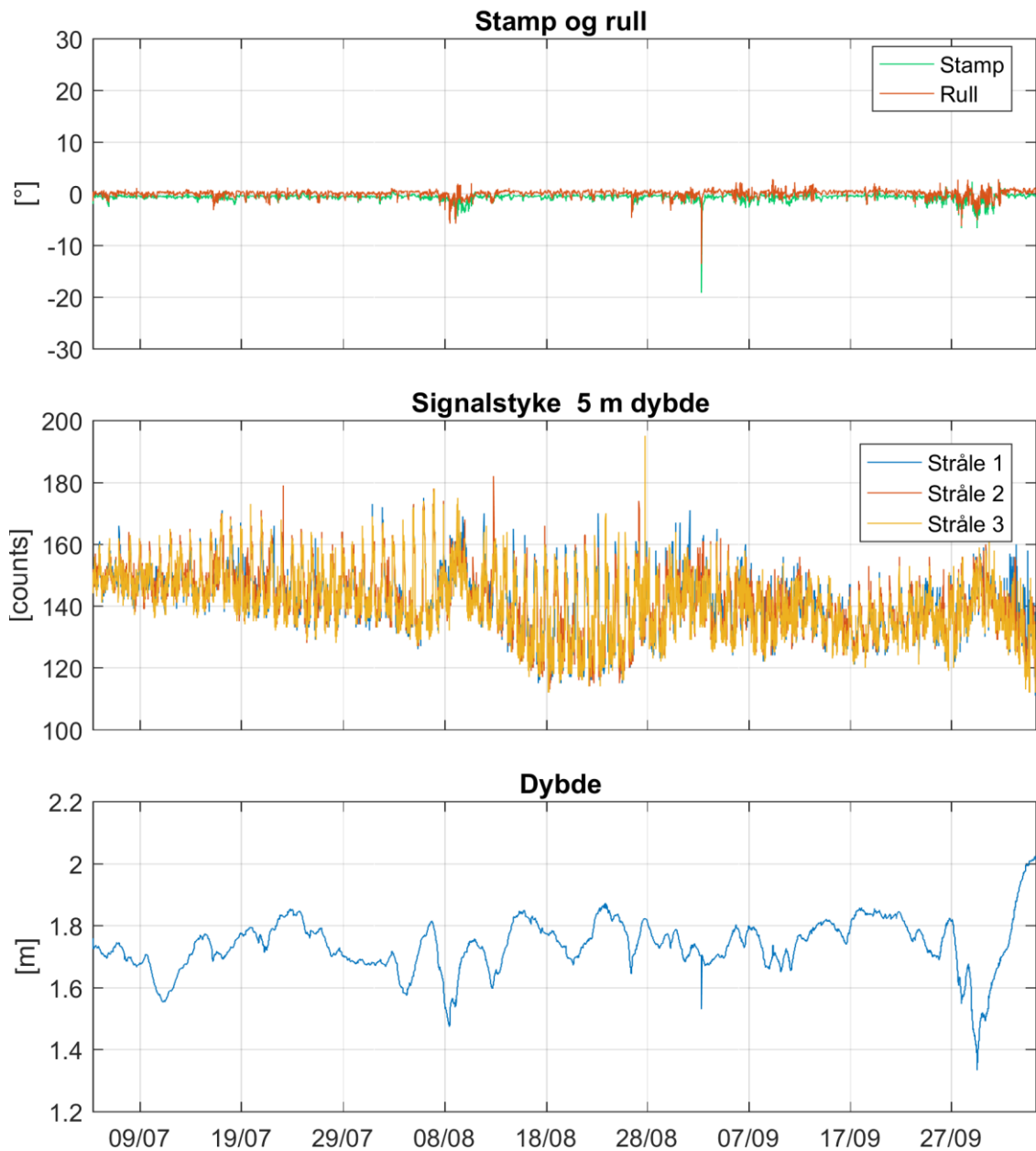
**Figur 19:** Kvalitetssikring Aquadopp Profiler 2 m etter datarensing – Periode 1 (20.11.2015 til 11.02.2016)



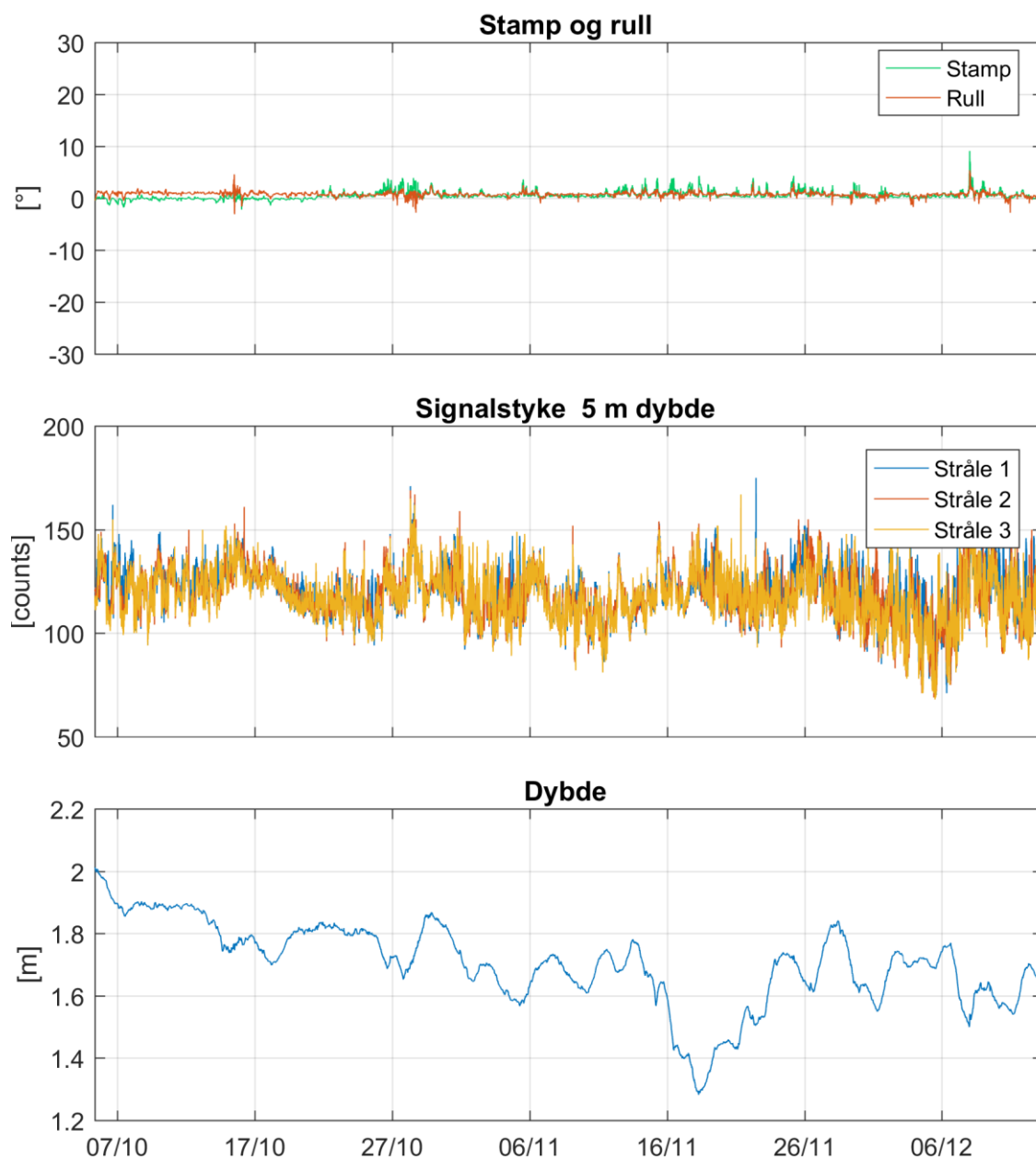
**Figur 20:** Kvalitetssikring Aquadopp Profiler 2 m etter datarensing – Periode 2 (08.03.2016 til 02.05.2016)



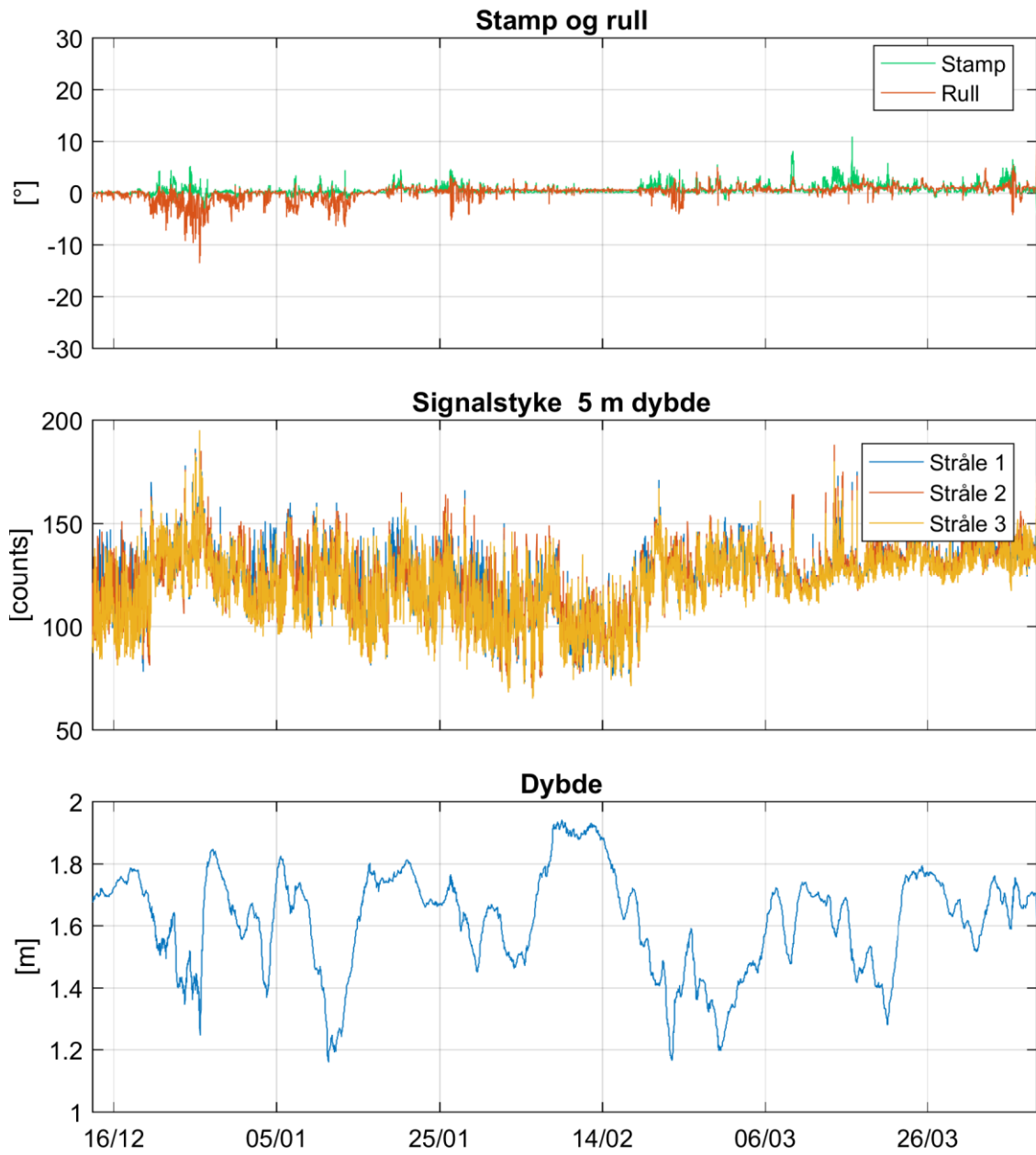
**Figur 21:** Kvalitetssikring Aquadopp Profiler 2 m etter datarensing – Periode 3 (06.05.2016 til 04.07.2016)



**Figur 22:** Kvalitetssikring Aquadopp Profiler 2 m etter datarensing – Periode 4 (04.07.2016 til 05.10.2016)

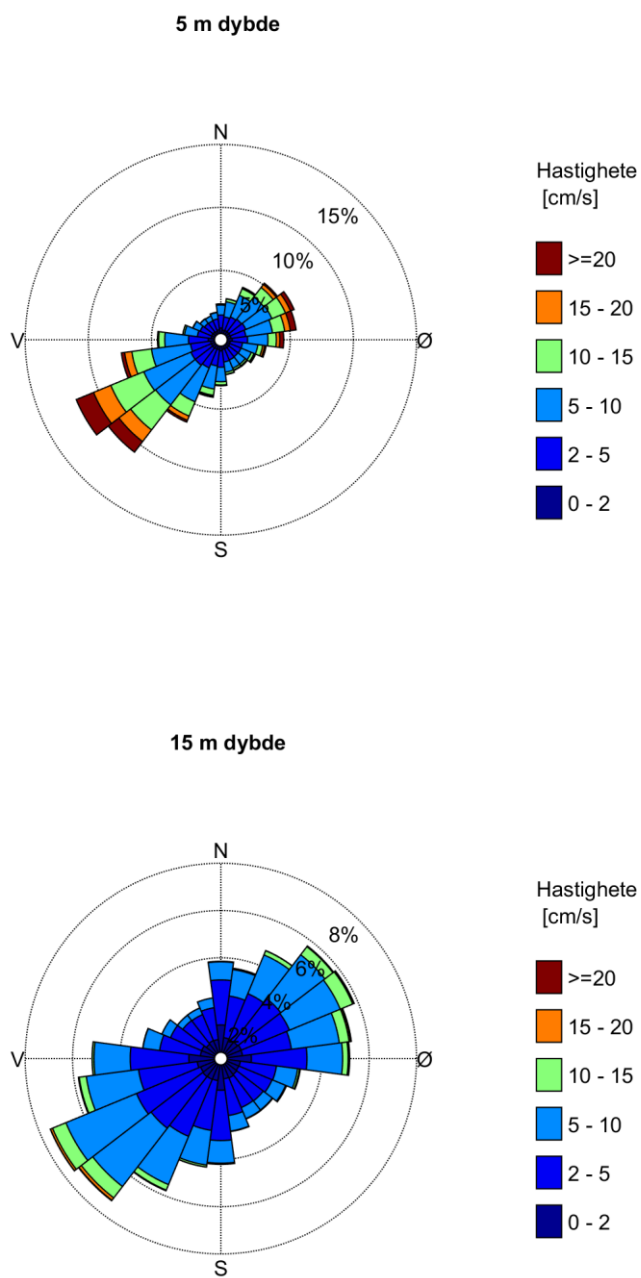


**Figur 23:** Kvalitetssikring Aquadopp Profiler 2 m etter datarensing – Periode 5 (05.10.2016 til 13.12.2016)



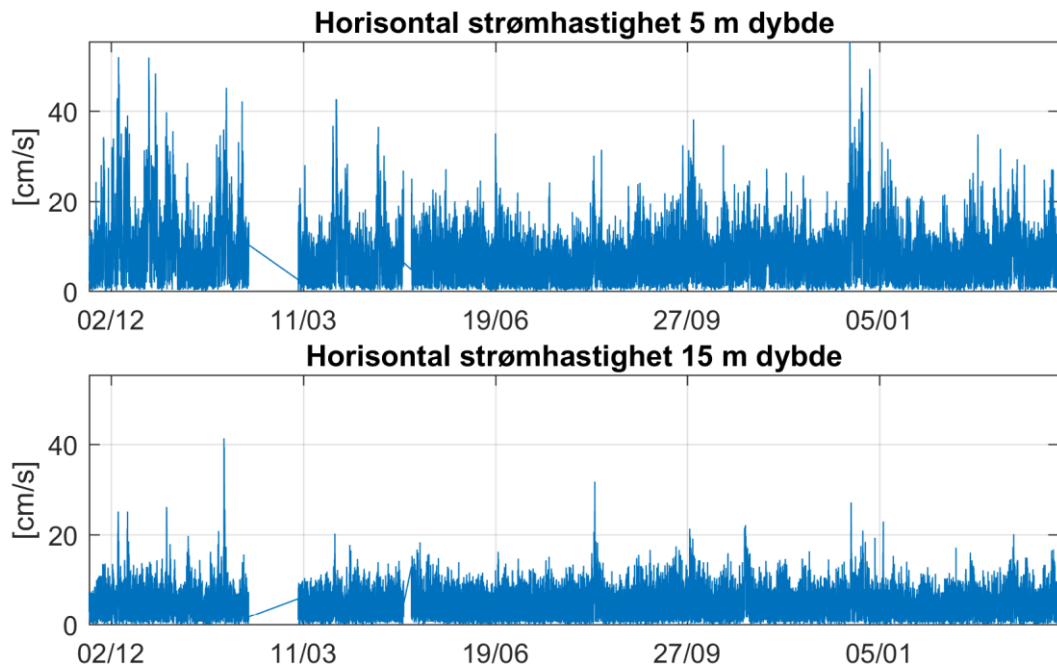
Figur 24: Kvalitetssikring Aquadopp Profiler 2 m etter datarensing – Periode 6 (13.12.2016 til 08.04.2017)

## Appendiks B Pinne- og rosediagram

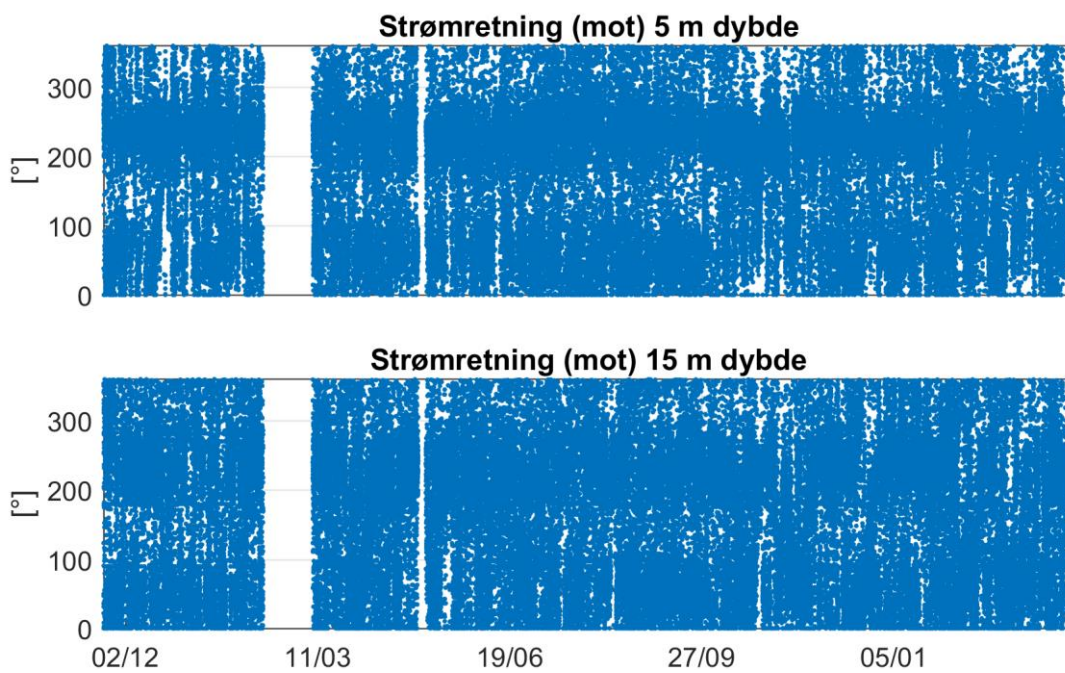


**Figur 25:** Strømretninger og strømhastigheter: rosediagram som viser fordelingen av retninger i kompasset og hastigheter i farge

## Appendiks C Tidsserier

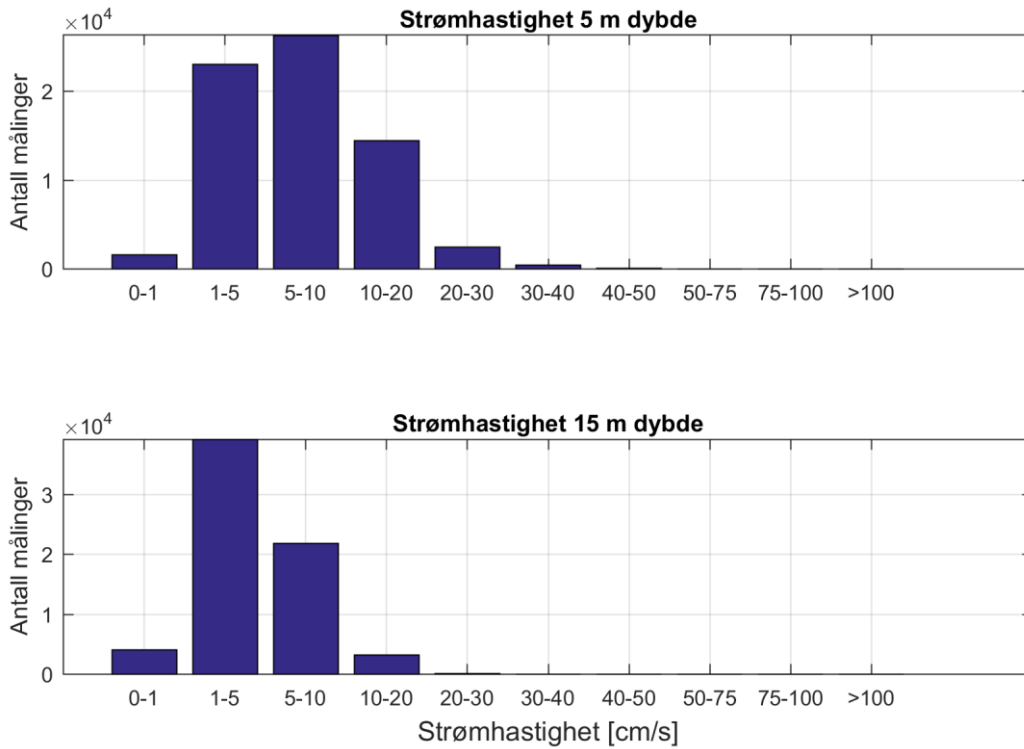


Figur 26: Tidsserier av horisontal strømhastighet

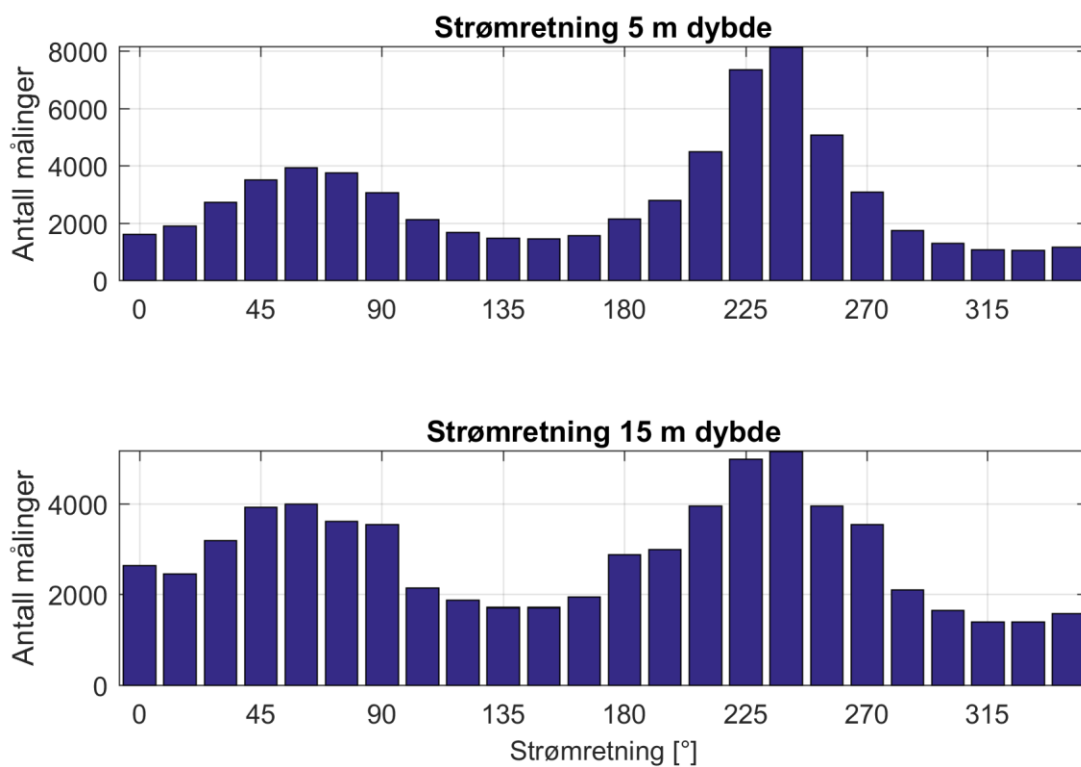


Figur 27: Tidsserier av horisontal strømretning





Figur 28: Histogram av horisontal strømhastighet



Figur 29: Histogram av horisontal strømretning

**Tabell 6:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 5 m dybde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor

	Strømhastighet [cm/s]											Utskiftning	
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%
0°	127	877	543	60	0	0	0	0	0	0	2	43148	1
15°	63	849	826	171	1	0	0	0	0	0	3	63886	2
30°	67	930	1270	452	19	0	0	0	0	0	4	109819	3
45°	45	1021	1520	852	83	4	0	0	0	0	5	166164	5
60°	59	1060	1531	1085	190	22	3	0	0	0	6	207045	6
75°	46	974	1457	976	229	73	16	2	0	0	6	214168	7
90°	114	990	1105	639	178	32	6	0	0	0	4	153079	5
105°	57	786	838	368	69	10	3	0	0	0	3	93137	3
120°	66	774	602	226	26	1	0	0	0	0	2	62168	2
135°	59	761	509	140	13	0	0	0	0	0	2	48221	1
150°	61	780	487	129	12	0	0	0	0	0	2	46081	1
165°	51	816	562	134	4	0	0	0	0	0	2	48864	2
180°	95	1051	788	211	8	0	0	0	0	0	3	69757	2
195°	63	1026	1263	420	32	3	0	0	0	0	4	111280	3
210°	71	1234	1996	1084	95	11	0	0	0	0	7	212648	7
225°	48	1354	2715	2511	566	122	36	0	0	0	11	469270	15
240°	67	1344	2771	2945	767	185	61	4	0	0	12	561536	17
255°	64	1248	2132	1471	165	12	0	0	0	0	7	262140	8
270°	126	1284	1292	389	8	0	0	0	0	0	5	110068	3
285°	73	871	703	95	0	0	0	0	0	0	3	52570	2
300°	64	810	422	17	0	0	0	0	0	0	2	33388	1
315°	47	734	291	13	0	0	0	0	0	0	2	25886	1
330°	46	724	283	5	0	0	0	0	0	0	2	24985	1
345°	60	733	354	19	0	0	0	0	0	0	2	28640	1
Sum%	2	34	38	21	4	1	0	0	0	0			

**Tabell 7:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 15 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 <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%
0°	383	1712	524	16	0	0	0	0	0	0	4	51703	3
15°	139	1507	774	39	0	0	0	0	0	0	4	61112	3
30°	149	1702	1209	137	0	0	0	0	0	0	5	91638	5
45°	114	1885	1605	318	2	0	0	0	0	0	6	126043	7
60°	160	1804	1597	429	7	0	0	0	0	0	6	134407	7
75°	145	1724	1398	329	22	2	0	0	0	0	5	118903	6
90°	291	2018	1029	191	10	3	0	0	0	0	5	95507	5
105°	125	1313	620	65	8	5	1	0	0	0	3	56077	3
120°	140	1279	423	30	1	0	0	0	0	0	3	42410	2
135°	109	1254	330	16	1	0	0	0	0	0	2	35541	2
150°	159	1192	347	16	0	0	0	0	0	0	3	35558	2
165°	146	1330	456	14	0	0	0	0	0	0	3	42772	2
180°	315	1873	656	32	1	0	0	0	0	0	4	61780	3
195°	155	1762	1013	60	1	0	0	0	0	0	4	77855	4
210°	155	2100	1510	193	1	0	0	0	0	0	6	116702	6
225°	120	2240	2125	498	15	0	0	0	0	0	7	171265	9
240°	150	2307	2214	488	6	0	0	0	0	0	8	175975	9
255°	158	2051	1524	230	1	0	0	0	0	0	6	118208	6
270°	303	2144	1046	56	0	0	0	0	0	0	5	84458	5
285°	143	1459	485	8	0	0	0	0	0	0	3	46013	2
300°	144	1250	268	2	0	0	0	0	0	0	2	32274	2
315°	112	1096	193	3	0	0	0	0	0	0	2	26668	1
330°	130	1067	207	3	0	0	0	0	0	0	2	26599	1
345°	115	1182	286	1	0	0	0	0	0	0	2	31660	2
Sum%	6	57	32	5	0	0	0	0	0	0			

## Appendiks D Fjernet data

### Periode 1 (20.11.2015–11.02.2016):

Fjernet 974 punkter på grunn av trykk utenfor [0.53, 1.96]:  
11-Feb-2016 14:40:00 til 18-Feb-2016 08:50:00  
Antall NaN (hull) i intervallet: 0  
Støygulvet er til instrumentet er satt til 20 counts.  
1 punkter er fjernet fra cellen ved 13.0 m dyp pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke  
6 celler fjernet pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke

### Periode 2 (08.03.2016–02.05.2016):

Fjernet 2152 punkter på grunn av trykk utenfor [1.19, 1.95]:  
22-Feb-2016 11:00:00 til 08-Mar-2016 09:20:00, 02-May-2016 07:40:00  
Antall NaN (hull) i intervallet: 0  
Støygulvet er til instrumentet er satt til 17 counts.

### Periode 3 (06.05.2016–04.07.2016):

Fjernet 260 punkter på grunn av trykk utenfor [0.88, 2.49]:  
04-May-2016 12:24:00 til 06-May-2016 07:14:00, 04-Jul-2016 07:54:00 til 04-Jul-2016 08:04:00  
Antall NaN (hull) i intervallet: 0  
Støygulvet er til instrumentet er satt til 18 counts.

### Periode 4 (04.07.2016–05.10.2016):

Fjernet 2 punkter på grunn av trykk utenfor [0.70, 2.18]:  
04-Jul-2016 08:26:08, 05-Oct-2016 08:06:08  
Antall NaN (hull) i intervallet: 0  
Støygulvet er til instrumentet er satt til 20 counts.  
1 punkter er fjernet fra cellen ved 31.0 m dyp pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke  
Outliers:  
Fjernet 1 punkter ved 5.0 m dybde:  
04-Jul-2016 08:36:08  
Fjernet 1 punkter ved 15.0 m dybde:  
04-Jul-2016 08:36:08

### Periode 5 (05.10.2016–13.12.2016):

Fjernet 3 punkter på grunn av trykk utenfor [1.22, 2.04]:  
05-Oct-2016 08:41:17 til 05-Oct-2016 08:51:17, 13-Dec-2016 08:01:17  
Antall NaN (hull) i intervallet: 0  
Støygulvet er til instrumentet er satt til 17 counts.  
4 punkter er fjernet fra cellen ved 19.0 m dyp pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke  
23 punkter er fjernet fra cellen ved 21.0 m dyp pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke  
37 punkter er fjernet fra cellen ved 23.0 m dyp pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke  
99 punkter er fjernet fra cellen ved 25.0 m dyp pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke  
3 celler fjernet pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke:  
27.0 dyp  
29.0 dyp  
31.0 dyp  
Outliers:  
Fjernet 1 punkter ved 25.0 m dybde:  
15-Nov-2016 16:11:17

### Periode 6 (13.12.2016–08.04.2017):

Fjernet 1571 punkter på grunn av trykk utenfor [1.07, 1.97]:  
13-Dec-2016 08:31:01 til 13-Dec-2016 08:41:01, 08-Apr-2017 11:31:01 til 19-Apr-2017 08:51:01  
Antall NaN (hull) i intervallet: 0  
Støygulvet er til instrumentet er satt til 17 counts.  
3 punkter er fjernet fra cellen ved 17.0 m dyp pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke  
17 punkter er fjernet fra cellen ved 19.0 m dyp pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke

54 punkter er fjernet fra cellen ved 21.0 m dyp pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke  
 101 punkter er fjernet fra cellen ved 23.0 m dyp pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke  
 117 punkter er fjernet fra cellen ved 25.0 m dyp pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke  
 129 punkter er fjernet fra cellen ved 27.0 m dyp pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke  
 150 punkter er fjernet fra cellen ved 29.0 m dyp pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke  
 118 punkter er fjernet fra cellen ved 31.0 m dyp pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke  
 0 celler fjernet pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke  
 Outliers:  
 Fjernet 1 punkter ved 9.0 m dybde:  
 14-Feb-2017 05:41:01  
 Fjernet 2 punkter ved 11.0 m dybde:  
 14-Feb-2017 05:41:01, 14-Feb-2017 07:01:01  
 Fjernet 3 punkter ved 13.0 m dybde:  
 14-Feb-2017 05:41:01, 14-Feb-2017 07:01:01, 14-Feb-2017 07:11:01  
 Fjernet 2 punkter ved 15.0 m dybde:  
 07-Jan-2017 02:11:01, 14-Feb-2017 07:01:01  
 Fjernet 1 punkter ved 17.0 m dybde:  
 28-Dec-2016 15:51:01  
 Fjernet 2 punkter ved 19.0 m dybde:  
 08-Feb-2017 11:11:01, 08-Feb-2017 11:21:01  
 Fjernet 2 punkter ved 21.0 m dybde:  
 02-Jan-2017 16:01:01, 05-Jan-2017 07:41:01  
 Fjernet 1 punkter ved 23.0 m dybde:  
 02-Jan-2017 16:01:01  
 Fjernet 1 punkter ved 27.0 m dybde:  
 01-Feb-2017 10:51:01  
 Fjernet 1 punkter ved 31.0 m dybde:  
 03-Jan-2017 10:51:01

## Appendiks E Instrumentspesifikasjoner

**Tabell 8:** Instrumentspesifikasjonene

	Aquadopp Profiler
Horisontal nøyaktighet	±0.5 cm/s, ±1%
Nøyaktighet retning	±2°
Temperatur nøyaktighet	±0.1°
Horisontal presisjon	2.1 cm/s
Vertikal presisjon	0.7 cm/s

## Appendiks F Kalibrering Aquadopp Profiler AQD 5627

**Tabell 9:** Test og spesifikasjoner

	Dato	Utført av
Service/test	29.05.2009	Nortek
Funksjonstest	20.11.2015	Multiconsult
Tilt	20.11.2015	Multiconsult
Temperatur	20.11.2015	Multiconsult
Kompass	20.11.2015	Multiconsult
Ping sjekk	20.11.2015	Multiconsult

**Tabell 10:** Kalibrering/støygulv

	Dato	Utført av
Støygulv (måling i luft)	11.02.2016	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	02.02.2016	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	04.07.2016	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	05.10.2016	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	13.12.2016	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	08.04.2016	Multiconsult