

---

RAPPORT

# Innseiling Moss, Moss kommune

## 06.12.2016 - 24.01.2017

---

OPPDRAUGSGIVER

Kystverket

EMNE

Strømanalyse

DATO / REVISJON: 17.02.2017 / 0

DOKUMENTKODE: 713150-RIMT-RAP-001

---



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

## RAPPORT

OPPDRAG	Miljøundersøkelser	DOKUMENTKODE	713150-RIMT-RAP-001
EMNE	<b>Strømanalyse, Innseiling Moss, Moss kommune, 2016</b>	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Kystverket</b>	OPPDRAGSLEDER	Silje Røysland
KONTAKTPERSON	Kristine Pedersen-Rise	UTARBEIDET AV	Juni Vaardal-Lunde
KOORDINATER	59°24.957' N 10°38.673' Ø (Espenesgrunnen) 59°24.344' N 10°37.017' Ø (Steinergrunnen)	ANSVARLIG ENHET	4042 Tromsø Marint miljø og havbruk

## SAMMENDRAG

Strømmålinger ble foretatt ved Espenesgrunnen i perioden 06.12.2016 - 24.01.2017 og Steinergrunnen i perioden 06.12.2016 - 19.01.2017, i forbindelse med utdypning av grunner ved innseilingen til Moss, Moss kommune. Gjennomsnittsstrøm, maksimalstrøm, samt retning av maksimalstrøm og nullmålinger er gitt i Tabell 1 og Tabell 2.

**Tabell 1:** Gjennomsnitt- og maksimalstrøm og andel nullmålinger er som følgende for Espenesgrunnen

Dybde [m]	Gjennomsnittstrøm [cm/s]	Maksimalstrøm [cm/s]	Retning av maksimalstrøm [°]	Målinger <=1cm/s [%]
5 m	6	39	333	3.7
8 m	6	33	354	4.5
11 m	6	28	10	3.6
13 m	5	29	25	3.9

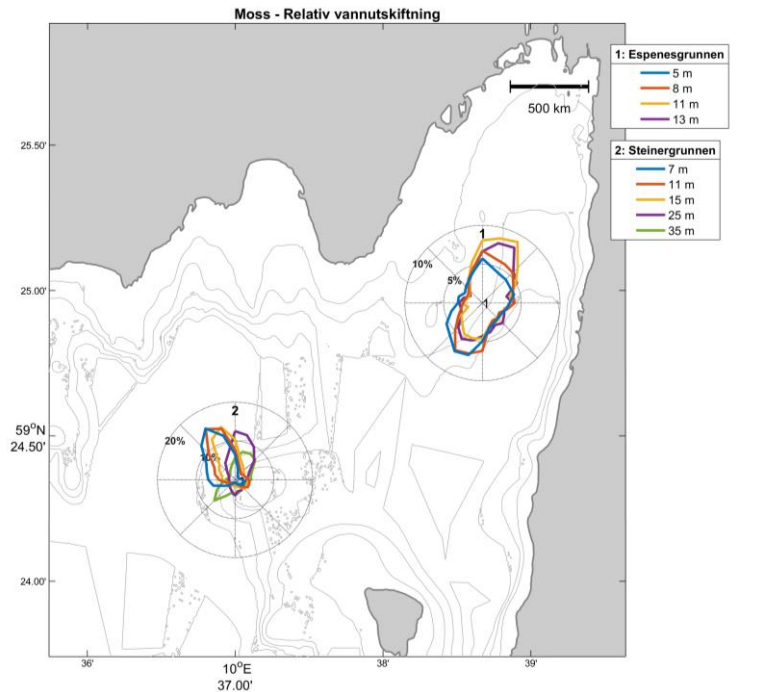
**Tabell 2:** Gjennomsnitt- og maksimalstrøm og andel nullmålinger er som følgende for Steinergrunnen

Dybde [m]	Gjennomsnittstrøm [cm/s]	Maksimalstrøm [cm/s]	Retning av maksimalstrøm [°]	Målinger <=1cm/s [%]
7 m	9	50	330	2.2
11 m	8	49	346	2.8
15 m	7	46	342	3.4
25 m	5	35	332	5.4
35 m	5	40	225	4.5

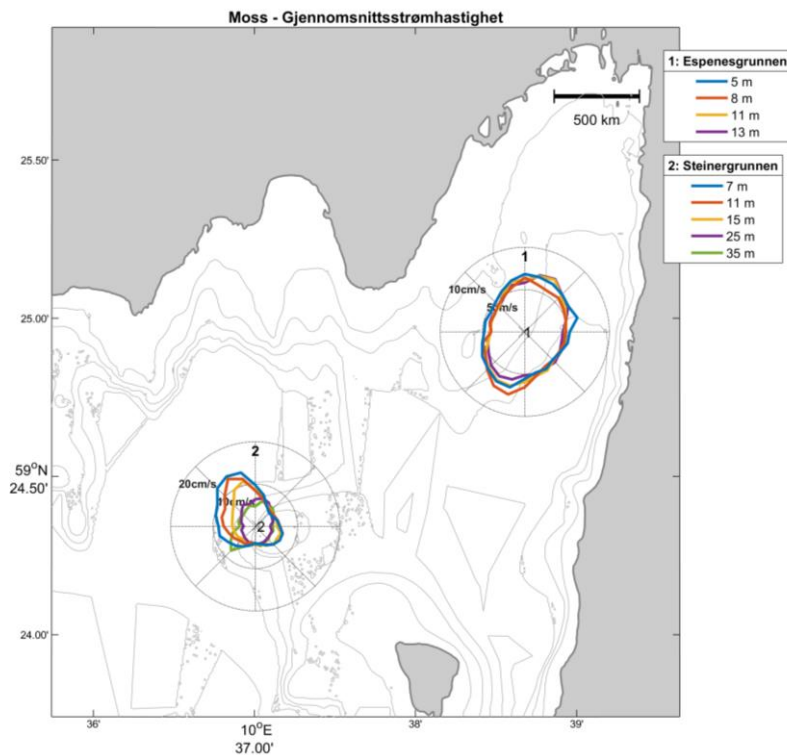
Tidevannsanalysen viser at tidevannet har en liten påvirkning på strømbildet ved innseilingen til Moss, mens vinden ser ut til å påvirke strømmen gjennom måleperioden. Mulige andre prosesser som påvirker strømmen er vær-situasjon over et større område (f.eks. trykk, temperatur, vind), variasjoner i kyststrømmen og ferskvannsavrenning som bidrar til lagdeling i sommerhalvåret.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	MÅLING UTFØRT	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
0	17.02.2017	Strømrappport	HFM/MADST	JVL	HMF	EH

Strømmen ved Espenesgrunnen oscillerer mellom nord-nordøst og sør-sørvest, med en netto vanntransport mot sørvest ved 5 m og mot nord ved 8 m, 11 m og 13 m. Ved Steinergrunnen har strømmen hovedsakelig en retning mot nord-nordvest ved 7 m, 11 m og 15 m. For målinger ved 25 m dreier strømmen mer mot nord og nordøst retning, mens den ved målepunktet nærmest bunnen, 35 m, viser at strømmen veksler mellom nordøst og sørvest. Relativ vannutskiftning og gjennomsnittsstrøm er gitt i Figur 1 og Figur 2.



**Figur 1:** Relativ vannutskiftning ved Espenesgrunnen (1) og Steinergrunnen (2)



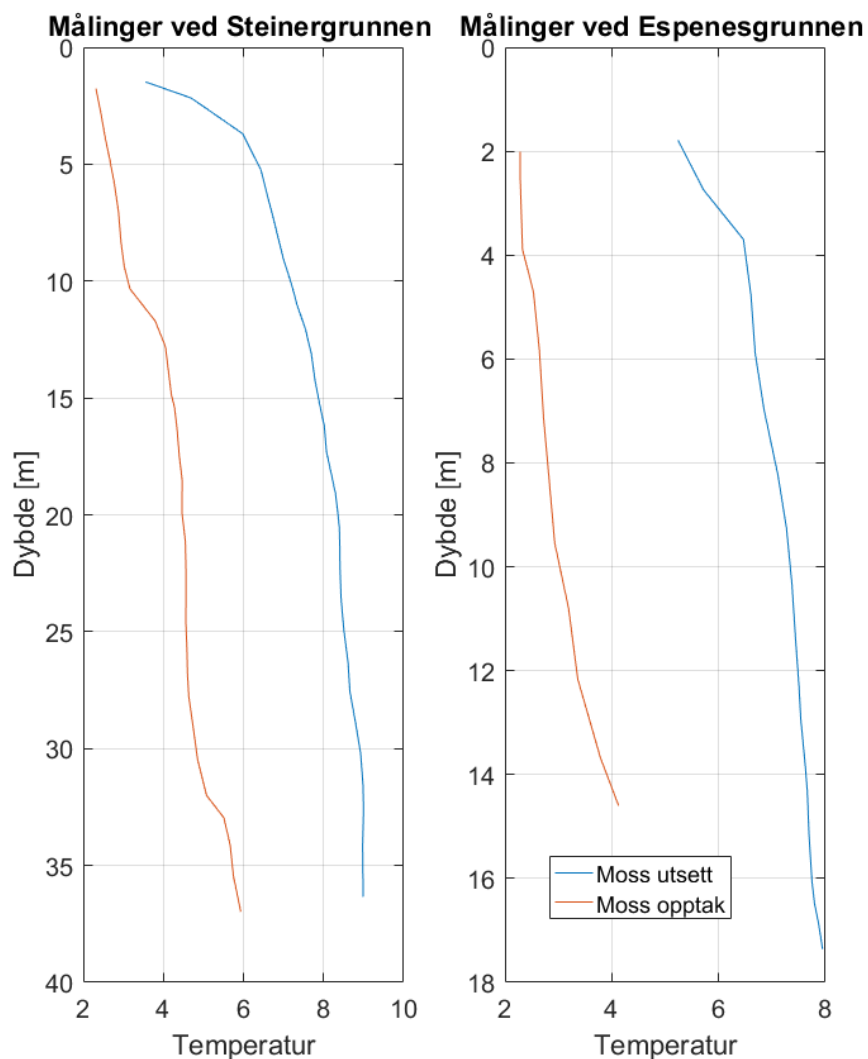
**Figur 2:** Gjennomsnittsstrømhastighet ved Espenesgrunnen (1) og Steinergrunnen (2)

## INNHOLDSFORTEGNELSE

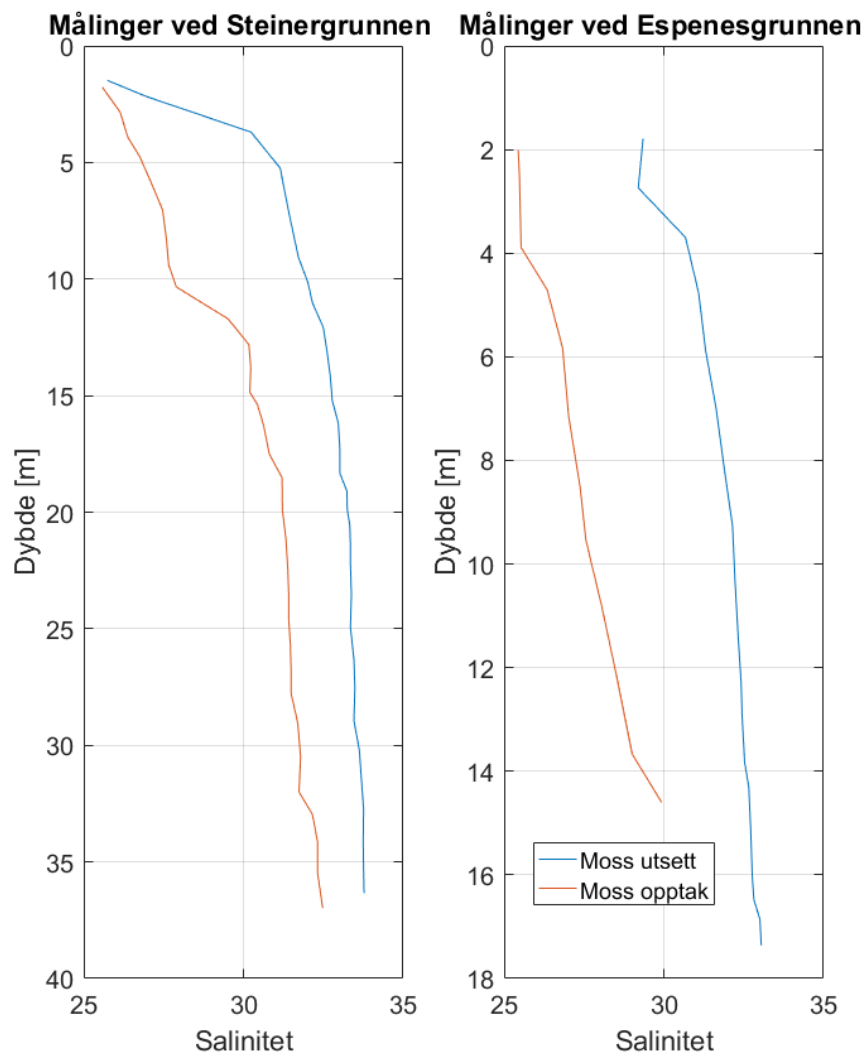
<b>1</b>	<b>Hydrografi .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Oversikt - Strømmålinger .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Strømmålinger ved Espenesgrunnen .....</b>	<b>10</b>
3.1	Gjennomsnitts- og maksimalstrøm .....	10
3.2	Vannutskiftning.....	12
3.3	Tidevann og vind.....	14
3.3.1	Tidevannsanalyse.....	14
3.3.2	Sammenheng mellom vind og strøm .....	16
<b>4</b>	<b>Strømmålinger ved Steinergrunnen .....</b>	<b>18</b>
4.1	Gjennomsnitts- og maksimalstrøm .....	18
4.2	Vannutskiftning.....	20
4.3	Tidevann og vind.....	22
4.3.1	Tidevannsanalyse.....	22
4.3.2	Sammenheng mellom vind og strøm .....	24
<b>5</b>	<b>Statistisk oversikt over strømdata fra Espenesgrunnen og Steinergrunnen .....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>28</b>
Appendiks A	Måling og kvalitetssikring.....	29
Appendiks B	Pinne- og rosedigram .....	32
Appendiks C	Tidsserier fra Espenesgrunnen .....	34
Appendiks D	Tidsserier fra Steinergrunnen .....	42
Appendiks E	Fjernet data .....	51
Appendiks F	Instrumentspesifikasjoner.....	52
Appendiks G	Kalibrering Aquadopp Profiler AQD 9251 .....	52
Appendiks H	Kalibrering Aquadopp Profiler AQD 12552 .....	52

## 1 Hydrografi

Det ble utført CTD målinger (temperatur, salinitet og dybde) ved riggplasseringene ved innseilingen til Moss den 06.12.2016 og den 26.01.2017, se målepunktene gitt i Figur 6 i Kapittel 2. Målingene ble utført med en SD204 CTD levert av Saiv. Temperatur- og salinitetsprofiler er vist i Figur 3 og Figur 4. Både temperaturen og saliniteten minker fra målingene gjort ved riggusett til målingene gjort ved riggopptak. Det er ikke observert en klar stratifisering i vannsøylen. Både temperatur og salinitet øker med dyppet for alle målingene. Ved Steinergrunnen er det den 06.12.2016 funnet en økning i salinitet ved overflaten, mens det den 26.01.2017 er funnet en økning i salinitet ved 10 m til 13 m.



**Figur 3:** Temperatur profiler fra Espenesgrunnen og Steinergrunnen ved utsett (06.12.2016) og opptak (21.01.2017) av strømriggerne



**Figur 4:** Salinitetsprofiler fra Espenesgrunnen og Steinergrunnen ved utsett (06.12.2016) og opptak (26.01.2017) av strømriggene

## 2 Oversikt - Strømmålinger

Strømmålinger ble foretatt ved lokalitet Espenesgrunnen i perioden 06.12.2016 - 24.01.2017 og Steinergrunnen i perioden 06.12.2016 - 19.01.2017, i forbindelse med utdypning av grunner ved innseilingen til Moss, Moss kommune. Tiltaksområdene (utdypningsområdene) er vist i Figur 5.

Tabell 3 og Tabell 4 sammenfatter den viktigste bakgrunnsinformasjonen for målingen:

- **Plassering av målere:** Figur 6 viser hvor måleriggene var plassert.
- **Måledybder:** Det ble satt ut to doppler profilmålere. En på 18 m dyp ved Espenesgrunnen og en på 39 m dyp ved Steinergrunnen.
- **Målingsutstyr:** Målerne ble forankret fra bunn og opp. Beskrivelse av riggene og instrumentene er gitt i Appendiks A.
- **Kvalitetsvurdering av målte data:** Datasettene 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 43 dager.

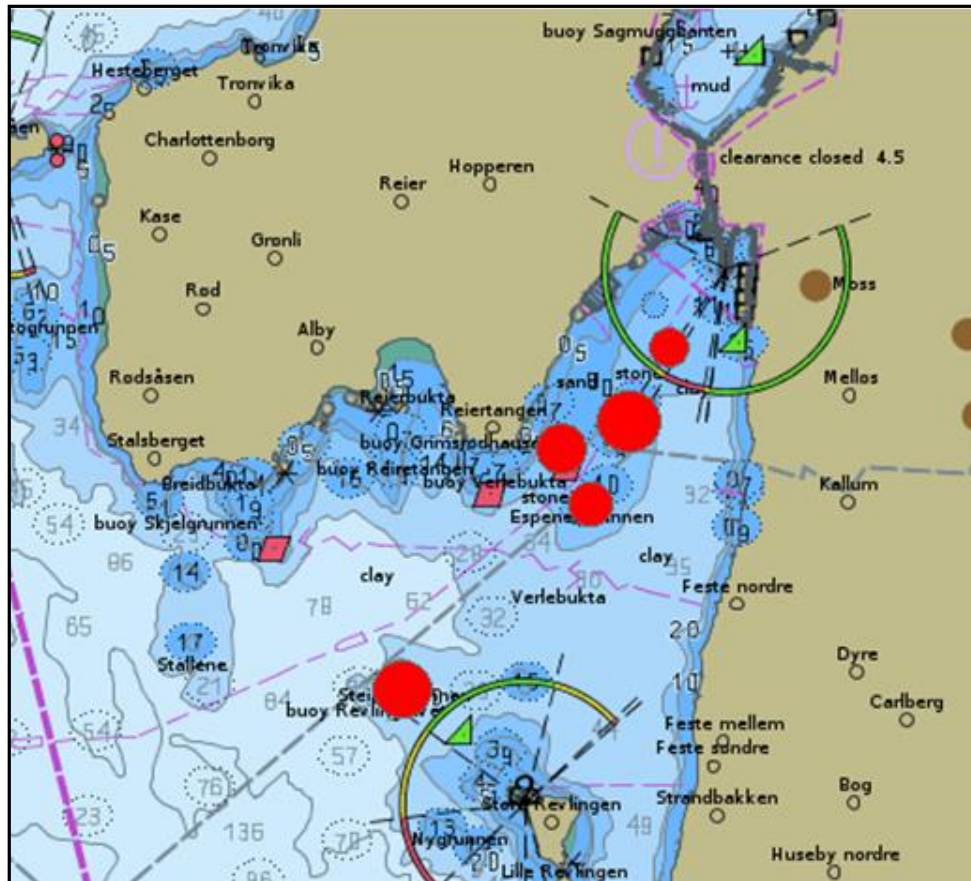
**Tabell 3:** Generell informasjon om strømmålingen utført ved Espenesgrunnen

Posisjon	59°24.957 N 10°38.673 Ø
Ca. dybde på målestedet	18 m
Måleperiode	06-Des-2016 15:00:00 til 24-Jan-2017 07:30:00
Varighet	48 dager, 16 timer, 30 minutter
Antall målinger	7012
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigert for misvisning)
Målertype - 14 m dybde	Doppler profilmåler (Nortek Aquadopp profiler, Serienummer 9251), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 4 til 13 m dybde, cellestørrelse 1 m
Type måling - 14 m dybde	Burst (måling i 110 sekunder)
Frekvens	Hvert 10. minutt

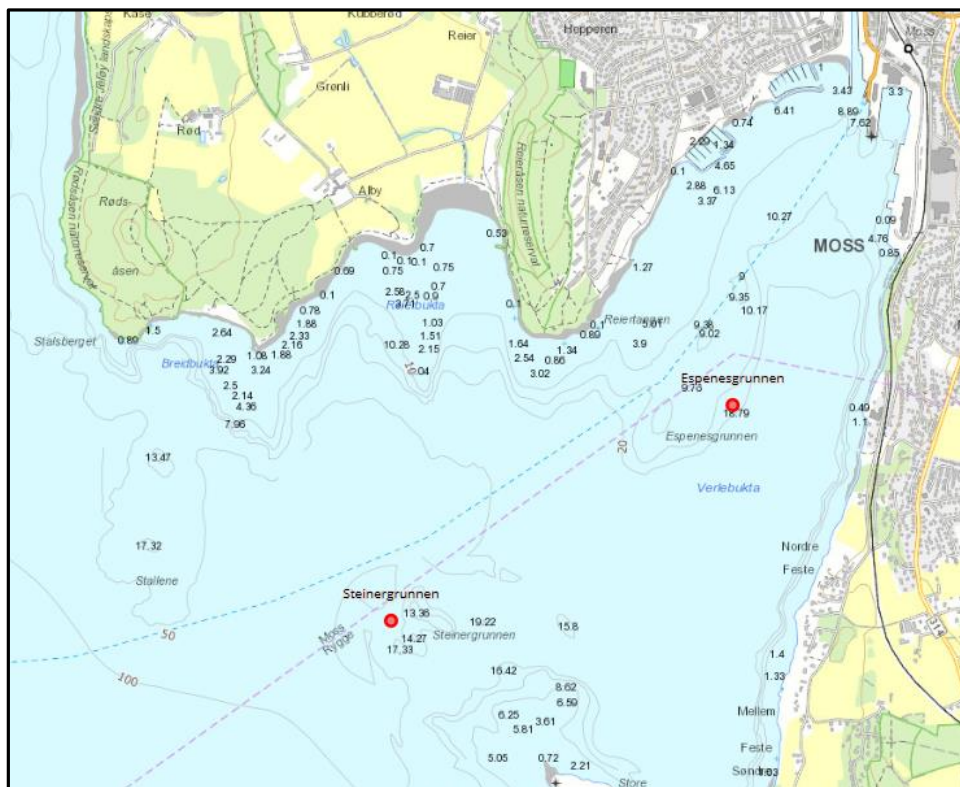
**Tabell 4:** Generell informasjon om strømmålingen utført ved Steinergrunnen

Posisjon	59°24.344 N 10°37.017 Ø
Ca. dybde på målestedet	40 m
Måleperiode	06-Des-2016 15:00:00 til 19-Jan-2017 12:20:00
Varighet	43 dager, 21 timer, 20 minutter
Antall målinger	6321
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigert for misvisning)
Målertype - 39 m dybde	Doppler profilmåler (Nortek Aquadopp profiler, Serienummer 12552), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 7 til 35 m dybde, cellestørrelse 2 m
Type måling - 39 m dybde	Burst (måling i 83 sekunder)
Frekvens	Hvert 10. minutt





Figur 5: Kart som viser planlagte tiltak (røde sirkler) ved inneailingen til Moss (kart mottatt fra kystverket)



Figur 6: Lokaltet Espenesgrunnen (nordligste røde punkt) og Steinergrunnen (sørligste røde punkt) (kart fra kystinfo.no)

### 3 Strømmålinger ved Espenesgrunnen

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 valgte dybder: 5 m, 8 m, 11 m og 13 m.

For flere detaljer henvises det til:

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

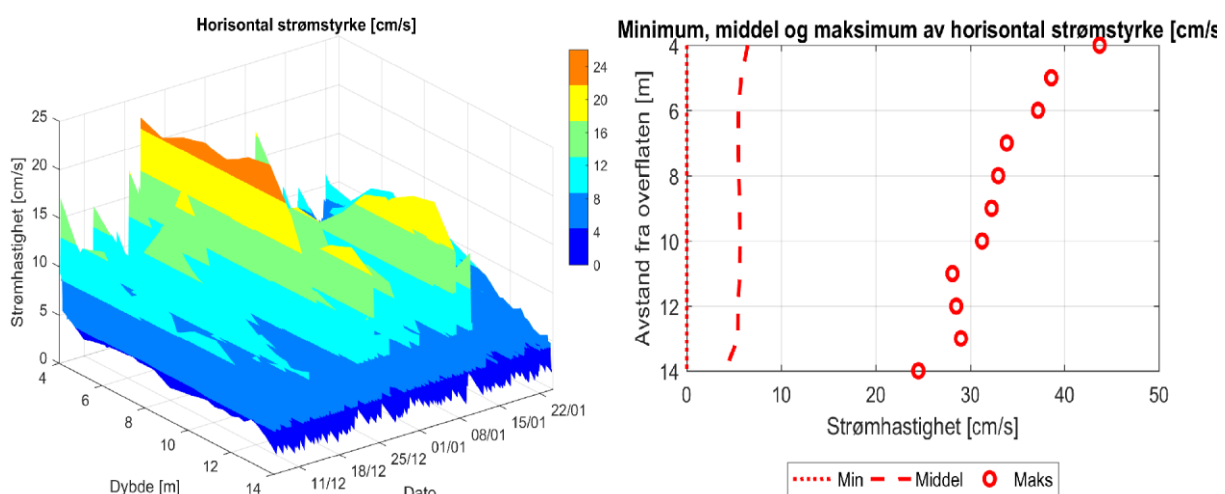
#### 3.1 Gjennomsnitts- og maksimalstrøm

Figur 7 viser et 3D-diagram av horisontal strømhastighet over tid for de øverste 14 m (venstre panel) samt minimum, middel- og maksimalstrøm ved forskjellige dybder (høyre panel). Tabell 5 viser maksimalstrøm i 8 retningssektorer for forskjellig dybde. Retningssektorene er sentrert rundt 0°, 45°, 90° osv. Figur 8 og Figur 9 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder i to og tre dimensjoner.

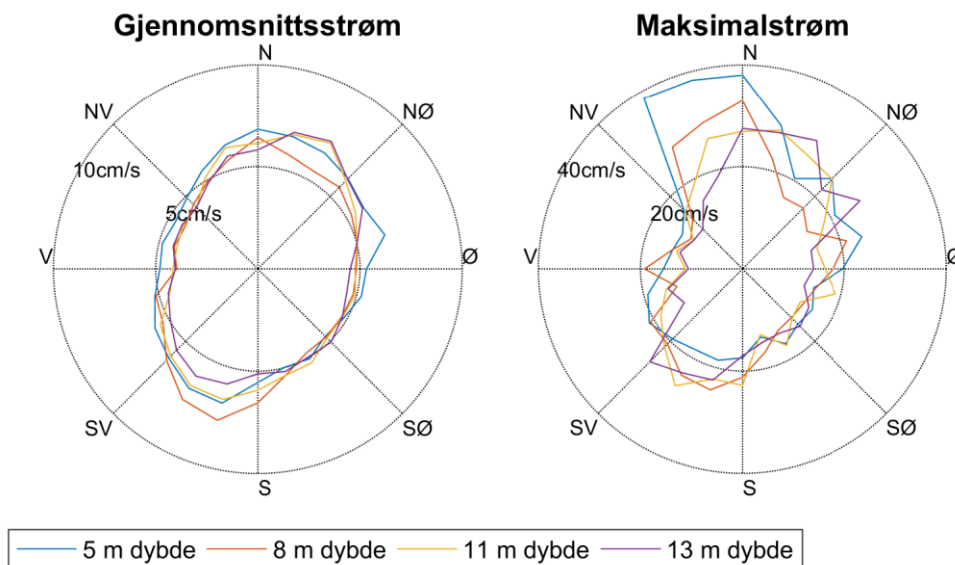
Ved 5 m dybde er maksimalstrømmen målt til 39 cm/s mot 333°, mens den ved bunnen, 13 m dybde, er målt til 29 cm/s mot 25°. De sterkeste strømmene er observert med retning mot nordvest, nord og nordøst. Gjennomsnittsstrømmen er relativt lik i alle retninger ved målte dybder.

**Tabell 5:** Maksimal horisontal strøm [cm/s] og tilsvarende retning i 8 sektorer

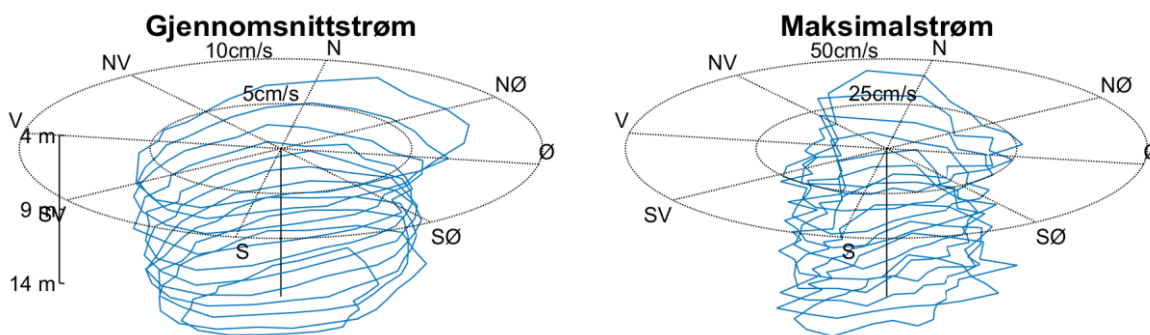
Dybde	Retning (mot)								Alle retninger
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
	Maksimal horisontal strøm [cm/s]								
5 m	38	25	24	17	19	21	19	39	39 (333°)
8 m	33	17	21	14	25	24	19	28	33 (354°)
11 m	28	26	19	17	23	26	16	19	28 (10°)
13 m	28	29	14	16	23	26	15	15	29 (25°)



**Figur 7:** 3D-diagram av horisontal strømhastighet over tid for de øverste 14 m (data er lavpassfiltrert, dvs. maksimumverdier er lavere enn 10 minutters maksimumverdier) og minimal, middel og maksimal horisontal strøm ved alle målte dybder



Figur 8: Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger (15 graders sektorer) og dybder



Figur 9: Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger i tre dimensjoner (15 graders sektorer) og dybder

### 3.2 Vannutskiftning

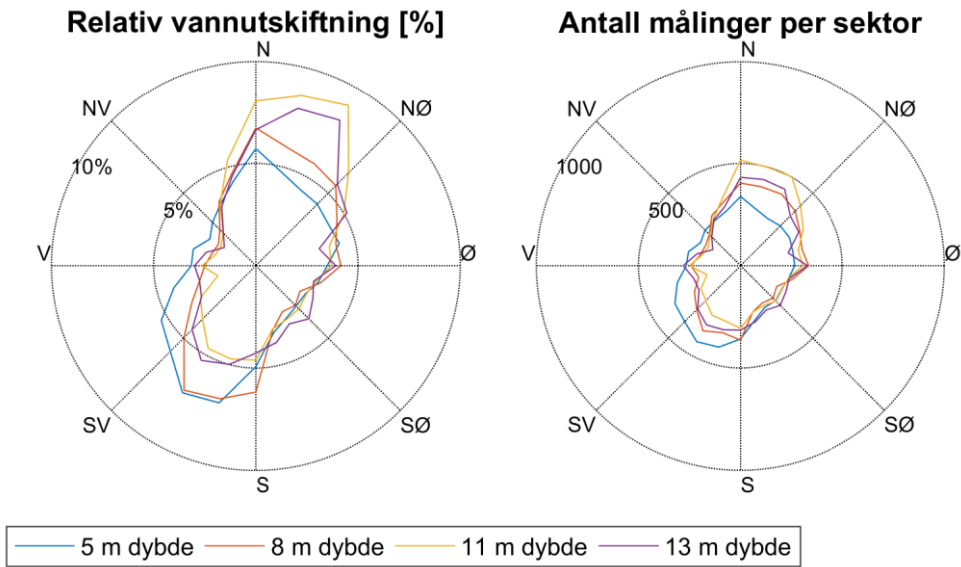
Vannutskiftningen er definert som vannfluksen, som er mengden av vann som transporteres gjennom en kvadratmeters flate i løpet av måleperioden. Dette beregnes som strømhastighet ganger tiden den varer og oppgis i m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Vannutskiftningen kan oppgis per sektor, dvs. per retningsintervall. Vannutskiftningen i en sektor er den delen av vannfluksen hvor strømrretningen er i et visst retningsintervall. Vannutskiftningen i 8 sektorer er gitt i Tabell 6. Retningssektorene er sentrert rundt 0°, 45°, 90° osv. Figur 10 viser relativ vannutskiftning 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 vannutskiftningen er. Dersom vannet hele tiden føres bort fra startstedet tyder det på at vannutskiftningen er bra. Dersom vannmassene driver fram og tilbake, kan utskiftningen være redusert.

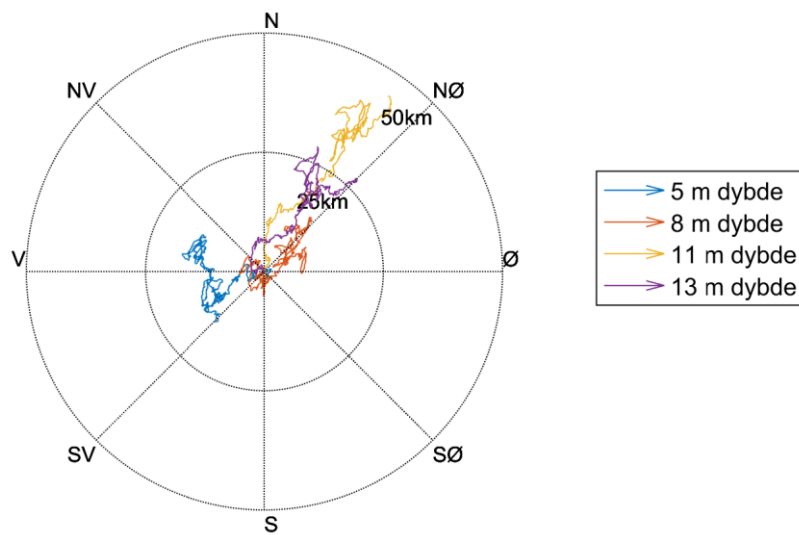
Figurene illustrerer at strømmen ved Espenesgrunnen oscillerer mellom nord-nordøstlig og sør-sørvestlig retning. Netto vanntransport er mot sørvest ved 5 m og mot nord ved 8 m, 11 m og 13 m.

**Tabell 6:** Vannutskiftning [m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>] i 8 sektorer. Den største vannutskiftningen for hvert dyp er uthevet.

Dybde	Retning (mot)								
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	Alle retninger
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
Vannutskiftning [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]									
5 m	35692	30625	26314	20671	36907	<b>44597</b>	25342	21929	242078
8 m	<b>40123</b>	36718	26582	18120	37368	36167	17563	18996	231637
11 m	<b>51989</b>	48241	24643	20854	29572	27128	15611	18211	236249
13 m	<b>43392</b>	43126	22808	23090	29831	29125	18991	16688	227052



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

### 3.3 Tidevann og vind

#### 3.3.1 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.

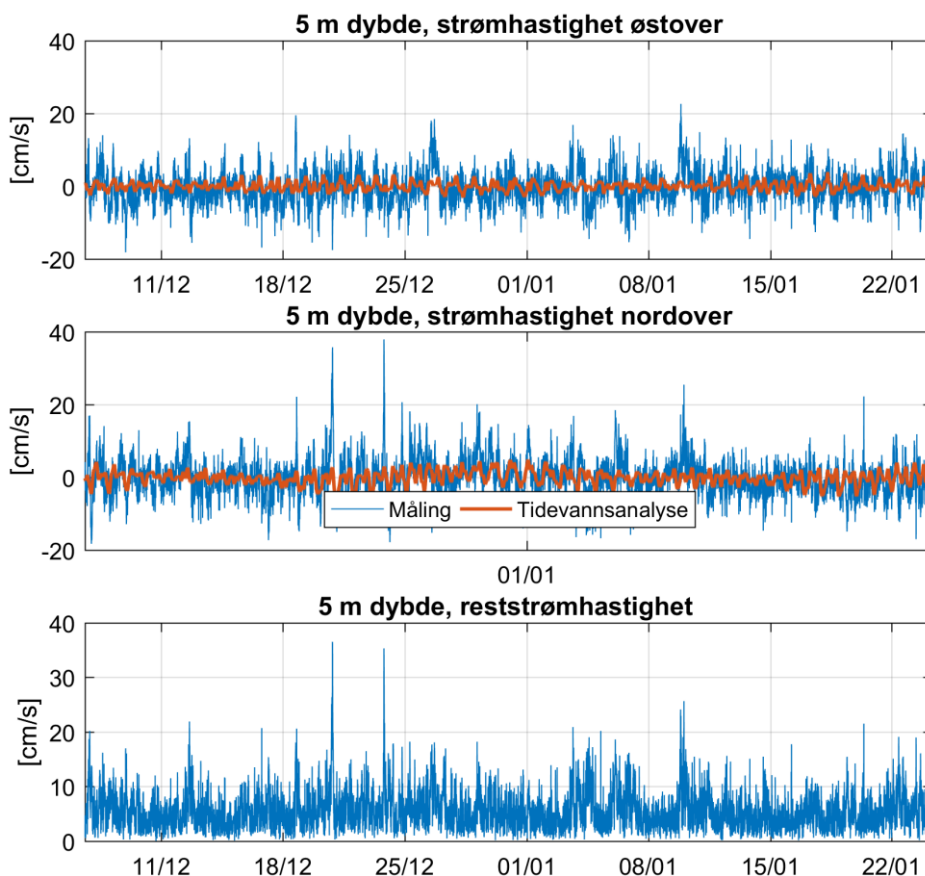
Tidevannsanalysen forutsetter stasjonære forhold og uavhengige komponenter og har naturlige begrensninger på grunn av andre faktorer som påvirker strømmen og kan føre til ikke-stasjonære forhold (f.eks. vind, lufttrykk, elveavrenning).

Resultatene fra tidevannsanalysen er gitt i Figur 12 og Figur 13.

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. Vektoriell i denne sammenhengen betyr at hvis det er målt 10 cm/s strøm mot nord og tidevannet på samme tid ville gitt en 5 cm/s strøm mot sør, så vil reststrømmen være 15 cm/s mot nord.

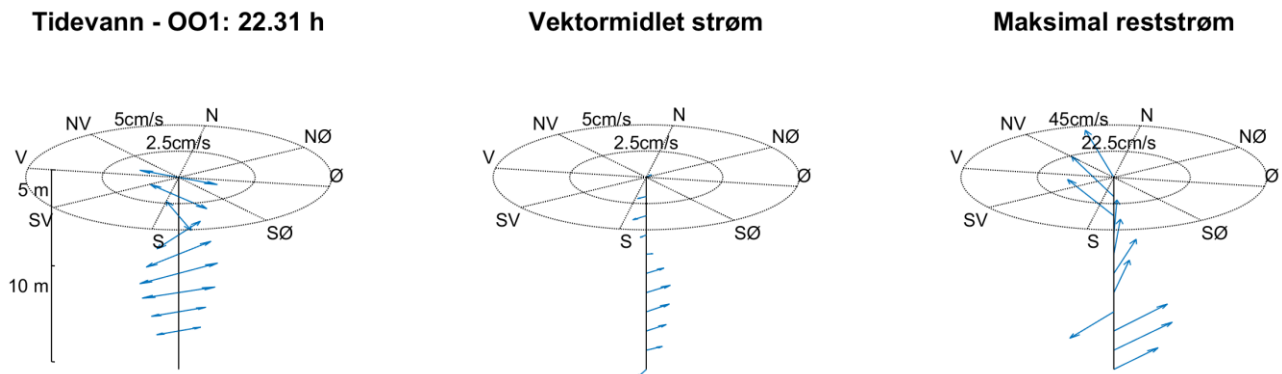
Tidevannsanalysen på strømmålingene ved Espenesgrunnen forklarer 11 % av variansen i datasettet. Maksimal beregnet tidevannsstrøm ved 5 m dybde er 5 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 10 cm/s (signifikant maksimum), men har en maksimalverdi på 36 cm/s.



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

Figur 13 viser resultatene av tidevannsanalysen ved alle målte dybder. Figuren lengst til venstre viser hovedaksen av tidevannsellipsen som er mest framtreddende gjennom hele vannsøylen, i dette tilfellet OO1 med en periode på 22.31 timer. 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 roterer i dypet. Tidevannsanalysen i de forskjellige dybdene forklarer mellom 6 og 11 % av variansen i strømmålingene.

Det konkluderes med at tidevannsstrømmen spiller en liten rolle ved Espenesgrunnen.



**Figur 13:** Resultatene av tidevannsanalysen ved alle målte dybder

### 3.3.2 Sammenheng mellom vind og strøm

Sammenhengen mellom strøm og vind er også undersøkt. Det ble brukt vindmålinger fra Gullholmen målestasjon (eKlima) som ligger 4 km nordvest for Espenesgrunnen og anses som mest representativ for lokaliteten. Gullholmen har åpne strøk fra sør til vest til nord. Verdiene er 10 minutters middelerverdi 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 fordeling av retninger og styrke av både vind og reststrøm ved 5 m dybde.

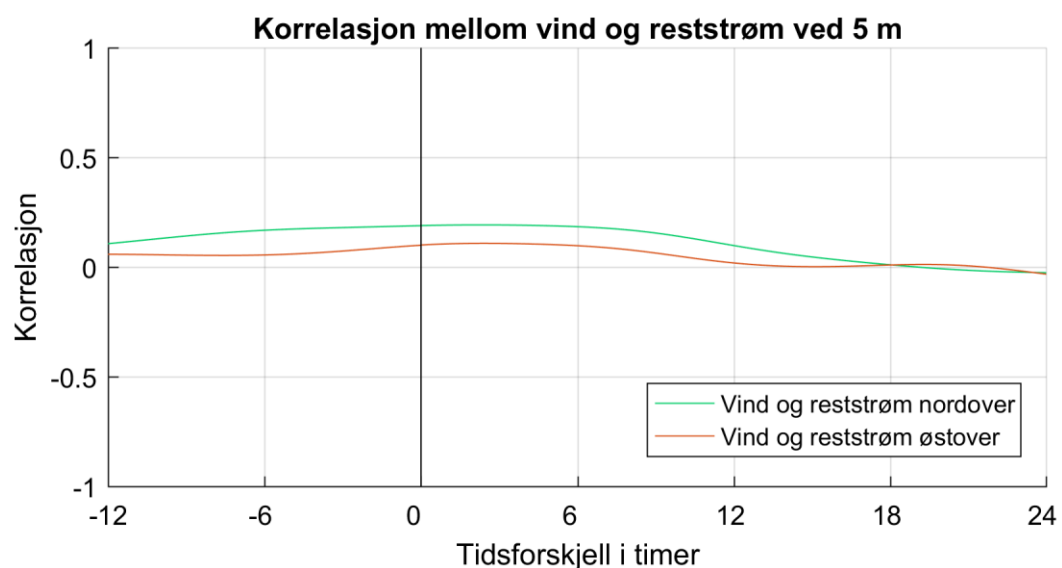
Korrelasjon mellom vind og reststrøm ved 5 m dybde ble undersøkt (Figur 14).

Korrelasjonskoeffisienten ligger alltid mellom -1 og 1, der 0 betyr at det ikke er en sammenheng mellom de undersøkte tidsseriene. Korrelasjonskoeffisient på 1 betyr at det er en perfekt lineær sammenheng der begge variablene går opp og ned samtidig og -1 betyr at det er en perfekt lineær sammenheng der en variabel går opp når den andre går ned. Sterk korrelasjon (nært 1) betyr ikke at strømmen nødvendigvis skyldes vinden, men indikerer en mulig sammenheng.

For sammenfallende vind og strøm, dvs. ved null tidsforskjell, er korrelasjonskoeffisienten 0.19 for nordlige og 0.10 for østlige komponentene ved Espenesgrunnen.

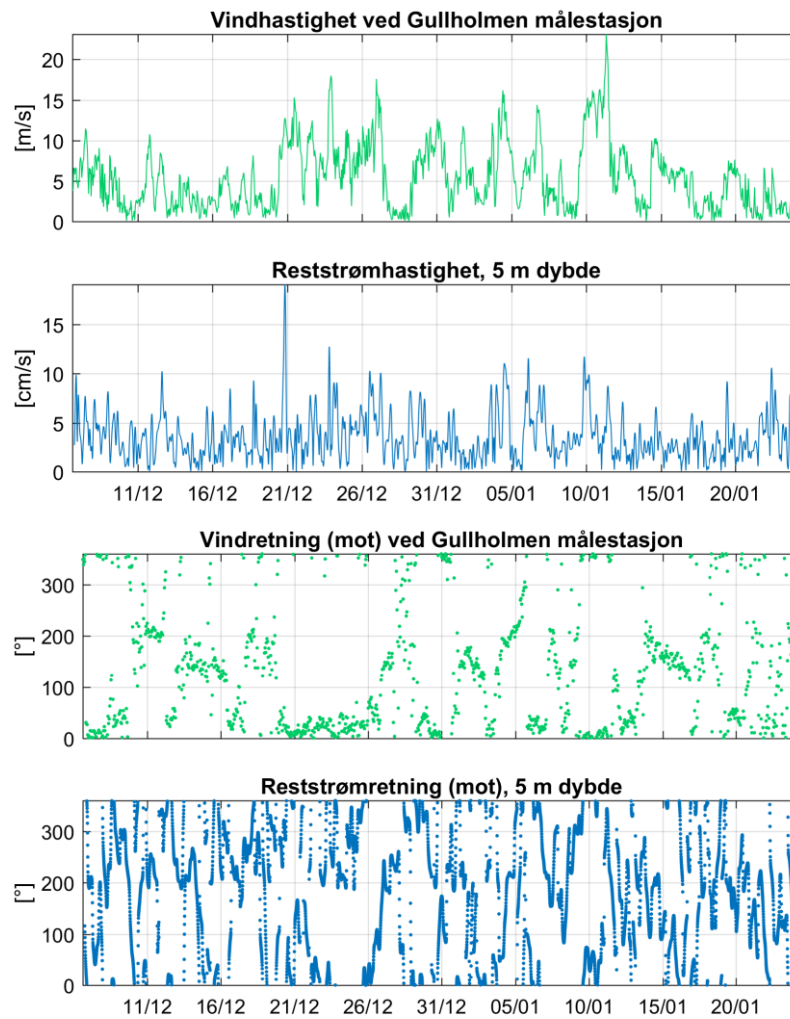
Dette vil si at nordlig og sørlig vind ser ut å påvirke strømmen mer enn østlig og vestlig vind. Vindens påvirkning på strøm er ofte tidsforskjøvet og man kan derfor forvente at strøm som er påvirket av vind korrelerer med vind målt noe tidligere. I dette tilfellet er den største korrelasjonen for den nordlige komponenten funnet når man sammenligner med vind som er målt 2 timer og 31 minutter før strømmen (se Figur 14).

Selv om korrelasjonen er relativt lav kan man i Figur 15 se enkelte perioder hvor det er en tydelig sammenheng mellom strøm og vind når vindhastigheten er målt til over 10 m/s. Vi konkluderer derfor at den lokale vinden har påvirket strømmen ved 5 m dybde og nedover gjennom måleperioden.

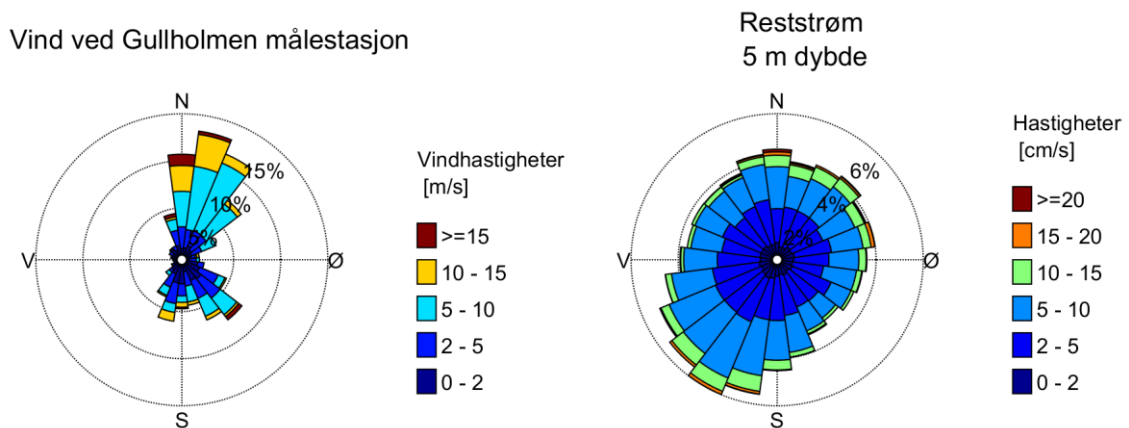


**Figur 14:** Korrelasjonskoeffisient mellom vind og reststrøm ved 5 m dybde. Verdien på y-aksen ved tidsforskjell null er korrelasjonen mellom sammenfallende vind og strøm. Det er også vist korrelasjon mellom strømmen og forutgående vind (tidsforskjell mellom vind og strøm i timer)





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



Figur 16: Vind, og reststrøm ved 5 m dybde

## 4 Strømmålinger ved Steinergrunnen

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 valgte dybder: 7 m og 11 m, 15 m, 25 m og 35m. For flere detaljer henvises det til:

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

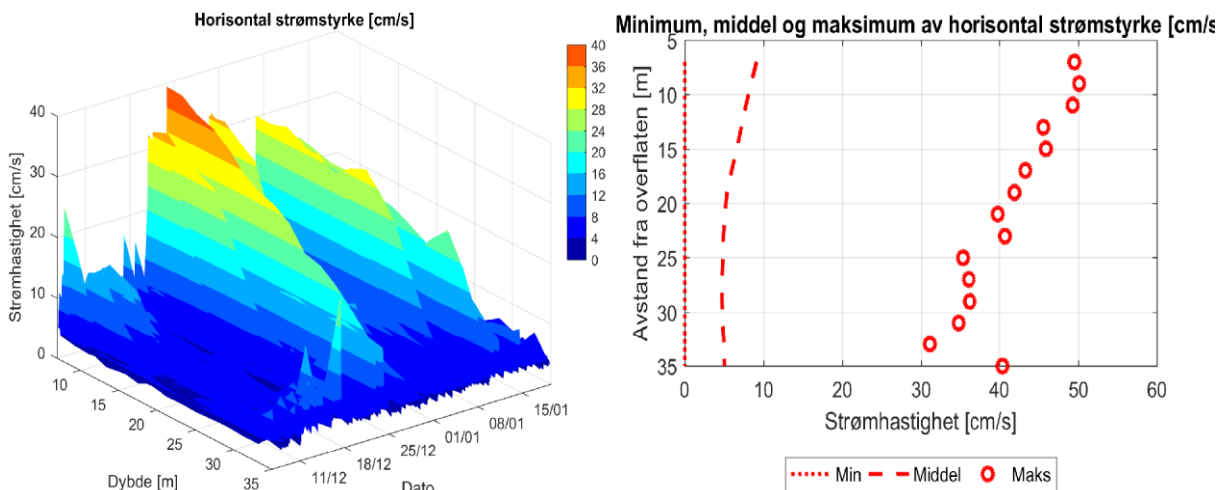
### 4.1 Gjennomsnitts- og maksimalstrøm

Figur 17 viser et 3D-diagram av horisontal strømhastighet over tid for de øverste 35 m (venstre panel) samt minimum, middel- og maksimalstrøm ved forskjellige dybder (høyre panel). Tabell 7 viser maksimalstrøm i 8 retningssektorer for forskjellig dybde. Retningssektorene er sentrert rundt 0°, 45°, 90° osv. Figur 18 og Figur 19 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder i to og tre dimensjoner.

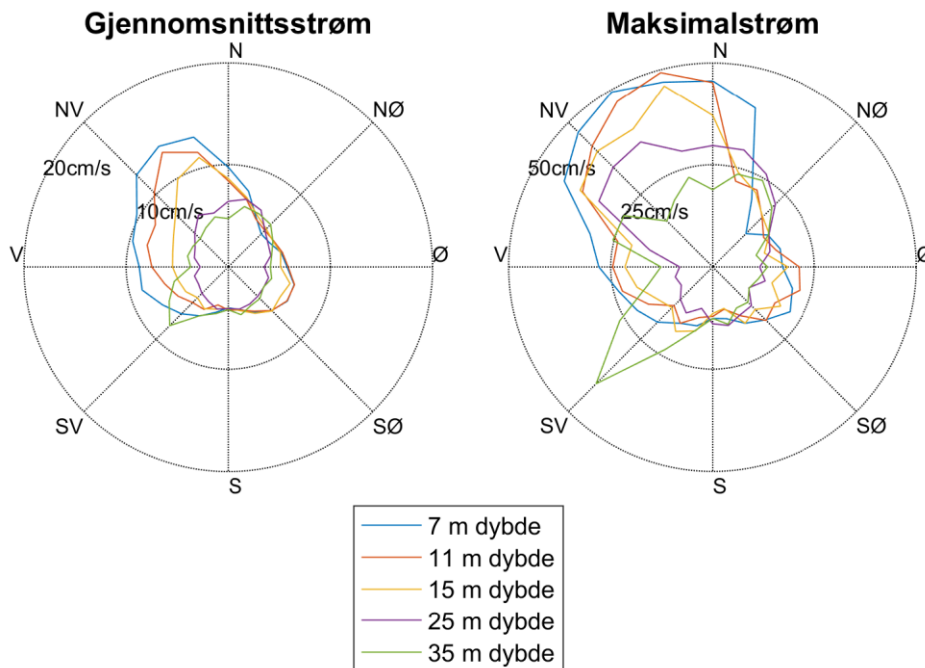
Ved 7 m dybde er maksimalstrømmen målt til 50 cm/s mot nordvest. Maksimal strømhastighet er målt til henholdsvis 49, 46 og 35 cm/s ved 11, 15 og 25 m dyp. Retningen på maksimalstrømmen ved disse dypene er mot nor-nordvest. Ved 35 m dyp, målepunkt nærmest bunnen, er maksimal strømhastighet målt til 40 cm/s rettet mot sørvest.

**Tabell 7:** Maksimal horisontal strøm [cm/s] og tilsvarende retning i 8 sektorer

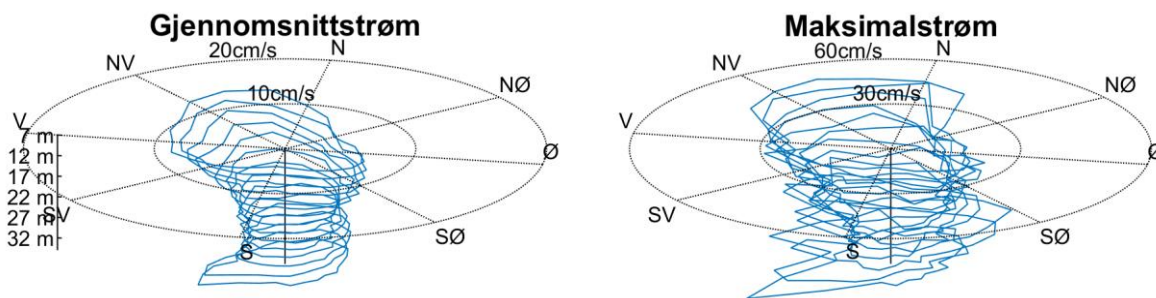
	Retning (mot)								
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	Alle retninger
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
Dybde	Maksimal horisontal strøm [cm/s]								
7 m	47	19	20	22	15	21	31	50	50 (330°)
11 m	49	22	22	19	13	18	25	47	49 (346°)
15 m	46	21	18	19	16	18	22	40	46 (342°)
25 m	30	26	14	14	15	13	16	35	35 (332°)
35 m	24	24	13	12	16	40	25	25	40 (225°)



**Figur 17:** 3D-diagram av horisontal strømstyrke over tid for de øverste 35 m (data er lavpassfiltrert, dvs. maksimumverdier er lavere enn 10 minutters maksimumverdier) og minimal, middel og maksimal horisontal strøm ved alle målte dybder



**Figur 18:** Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger (15 graders sektorer) og dybder



**Figur 19:** Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger i tre dimensjoner (15 graders sektorer) og dybder

## 4.2 Vannutskiftning

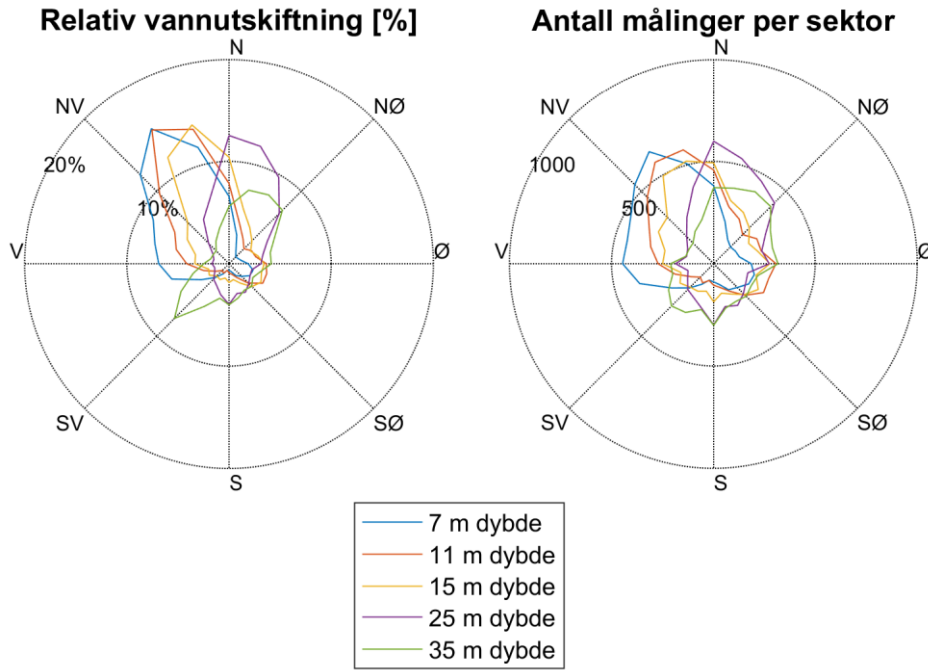
Vannutskiftningen er definert som vannfluksen, som er mengden av vann som transporteres gjennom en kvadratmeters flate i løpet av måleperioden. Dette beregnes som strømhastighet ganger tiden den varer og oppgis i  $m^3/m^2$ . Vannutskiftningen kan oppgis per sektor, dvs. per retningsintervall. Vannutskiftningen i en sektor er den delen av vannfluksen hvor strømretningen er i et visst retningsintervall. Vannutskiftningen i 8 sektorer er gitt i Tabell 8. Retningssektorene er sentrert rundt 0°, 45°, 90° osv. Figur 20 viser relativ vannutskiftning og antall målinger i 15 graders sektorer for forskjellige dybder.

Figur 21 er et progressiv vektordiagram som viser hvordan en tenkt vannpartikkel på en gitt dybde ville forflyttet seg i måleperioden der startpunktet er i midten av diagrammet. Dette er kun en visualisering. I virkeligheten forlater vannpartikkelen målestedet og instrumentet måler forskjellige vannpartikler over hele perioden. Diagrammet gir imidlertid et inntrykk av hvor effektiv vannutskiftningen er. Dersom vannet hele tiden føres bort fra startstedet tyder det på at vannutskiftningen er bra. Dersom vannmassene driver fram og tilbake, kan utskiftningen være redusert.

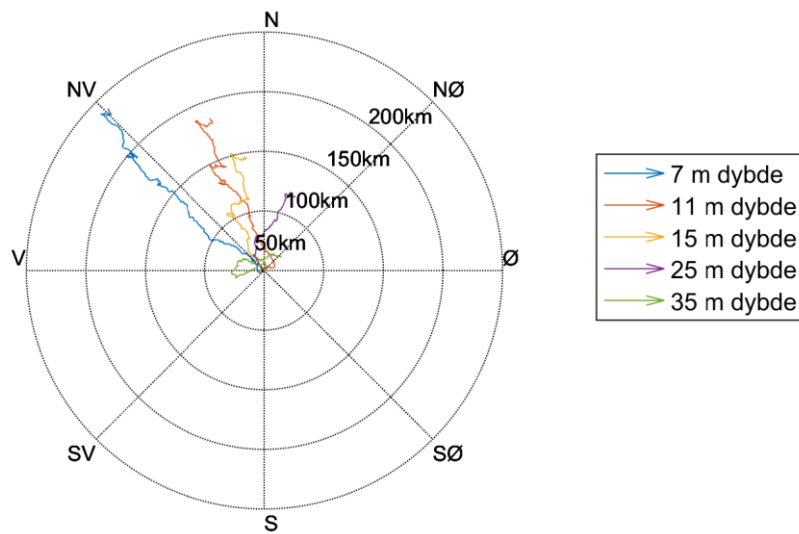
Figurene illustrerer at strømmen ved Steinergrunnen i hovedsak har en netto vanntransport i nordlig retning for alle målte dyp. Ved 7 m, 11 m og 15 m har strømmen hovedsakelig en retning mot nord-nordvest. Ved 25 m dreier strømmen mer mot nord og nordøst. Målepunktet nærmest bunnen, ved 35 m, viser at strømmen her veksler mellom nordøst og sørvest.

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

Dybde	Retning (mot)								
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	Alle retninger
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
Vannutskiftning [ $m^3/m^2$ ]									
7 m	71994	11152	18790	18379	7133	20897	68427	<b>122268</b>	339040
11 m	75001	21722	29903	23755	7762	10191	35522	<b>90782</b>	294638
15 m	<b>73487</b>	23772	23704	21998	12022	14009	21586	55065	245643
25 m	<b>57568</b>	38632	16303	15293	18636	11381	8571	17701	184086
35 m	31330	<b>38226</b>	21555	16600	20650	33490	14978	11516	188345



Figur 20: Relativ vannutskifting og antall målinger per 15 graders sektor



Figur 21: Progressiv vektor-diagram, viser forflytningen av en tenkt vannpartikkel i løpet av måleperioden

## 4.3 Tidevann og vind

### 4.3.1 Tidevannsanalyse

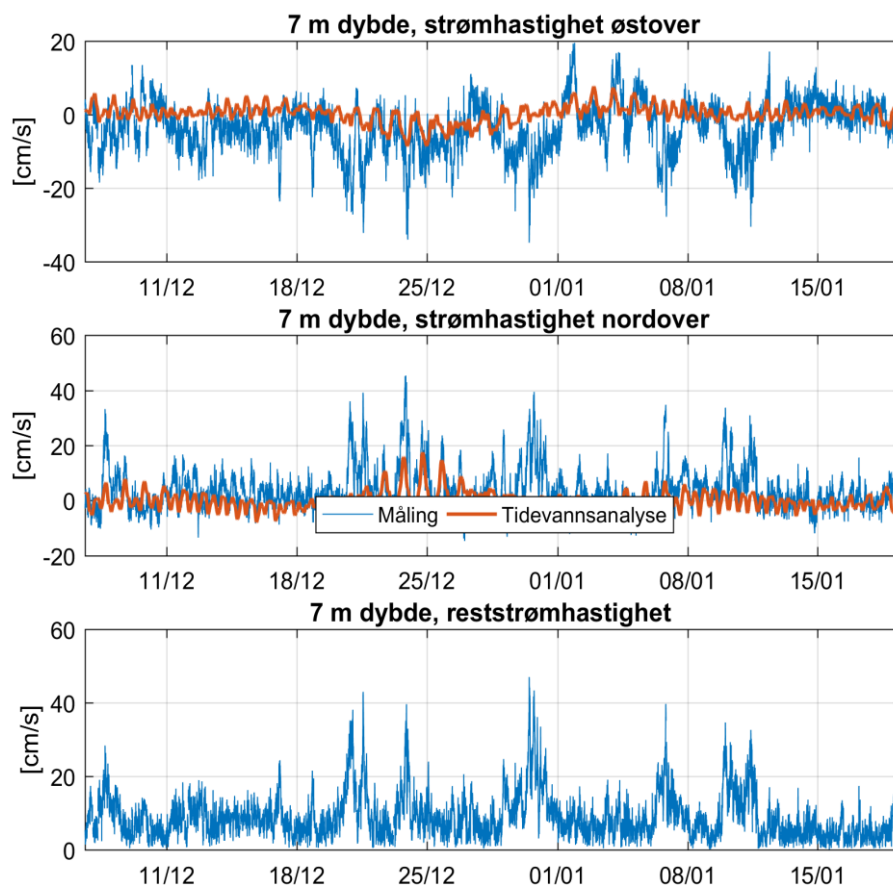
Det ble foretatt en tidevannsanalyse av den målte strømmen ved forskjellige dyp, som gir informasjon om tidevannets bidrag til strømbildet (Codiga, 2011). Tidevannet er en følge av tiltrekningskreftene mellom jord, måne og sol og de relative bevegelsene i jord-måne-solsystemet (Kartverket, 2014). Det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

Resultatene fra tidevannsanalysen er gitt i Figur 22 og Figur 23.

Figur 22 viser tidsserien av strømmen ved 7 m dybde med beregnet tidevann for den nordgående og østgående komponenten av strømmen samt reststrømmen.

Reststrømmen er den vektorielle differansen mellom den målte strømmen og det beregnede tidevannet fra 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.

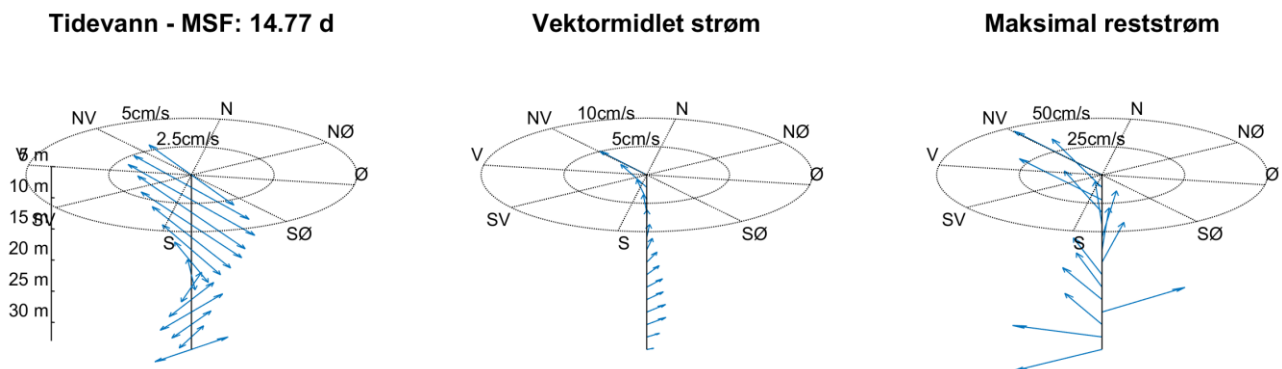
Analysen av strømmålingene ved Steinergrunnen viser at tidevannet forklarer 17 % av variansen i datasettet. Maksimal beregnet tidevannsstrøm ved 7 m dybde er 18 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 16 cm/s (signifikt maksimum), men har en maksimalverdi på 47 cm/s.



Figur 22: Horisontal strømhastighet, 7 m dybde, med tidevannsanalyse

Figur 23 viser resultatene av tidevannsanalysen ved alle målte dybder. Figuren lengst til venstre viser hovedaksen av tidevannsellipsen som er mest framtrepende gjennom hele vannsøylen, i dette tilfellet MSF med en periode på 14.77 dager. 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, samt roterer, i dyppet. Tidevannsanalysen i de forskjellige dybdene forklarer mellom 10 og 20 % av variansen i strømmålingene.

Det konkluderes med at tidevannsstrømmen spiller en liten rolle ved Steinergrunnen.



**Figur 23:** Resultatene av tidevannsanalysen ved alle målte dybder

### 4.3.2 Sammenheng mellom vind og strøm

Sammenhengen mellom strøm og vind er også undersøkt. Det ble brukt vindmålinger fra Gullholmen målestasjon (eKlima) som ligger 4 km nord-nordøst for Steinergrunnen og anses som mest representativ for lokaliteten. Gullholmen har åpne strøk fra sør til vest til nord. Verdiene er 10 minutters middelerverdi 10 meter over bakken. Figur 25 viser vindhastighet og vindretning, samt reststrømhastighet og reststrømretning ved 7 m dybde (dvs. strøm uten tidevann).

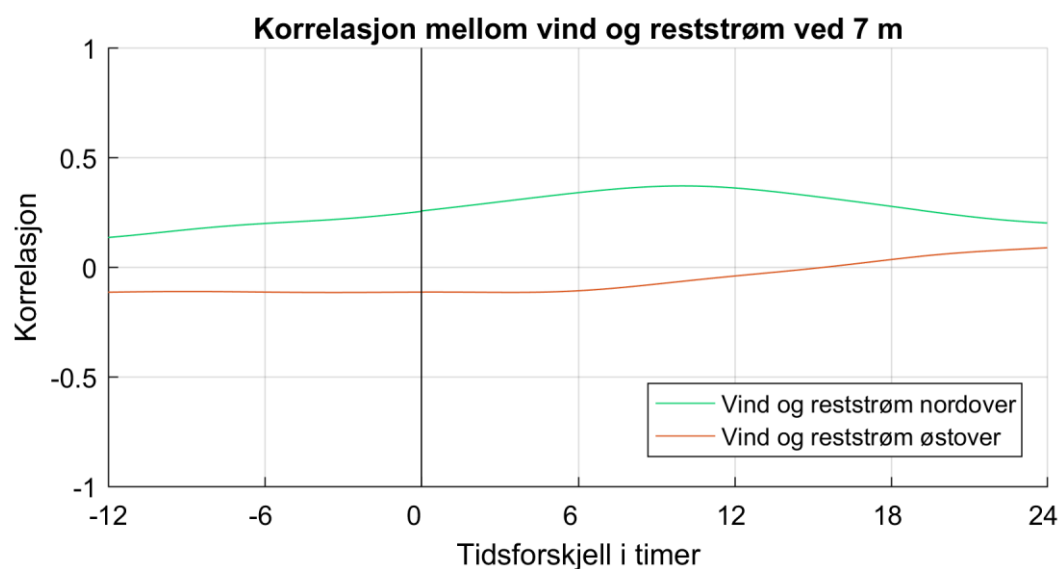
Figur 26 viser fordeling av retninger og styrke av både vind og reststrøm ved 7 m dybde.

Korrelasjon mellom vind og reststrøm ved 7 m dybde ble undersøkt (Figur 24).

Korrelasjonskoeffisienten ligger alltid mellom -1 og 1, der 0 betyr at det ikke er en sammenheng mellom de undersøkte tidsseriene. Korrelasjonskoeffisient på 1 betyr at det er en perfekt lineær sammenheng der begge variablene går opp og ned samtidig og -1 betyr at det er en perfekt lineær sammenheng der en variabel går opp når den andre går ned. Sterk korrelasjon (nært 1) betyr ikke at strømmen nødvendigvis skyldes vinden, men indikerer en mulig sammenheng.

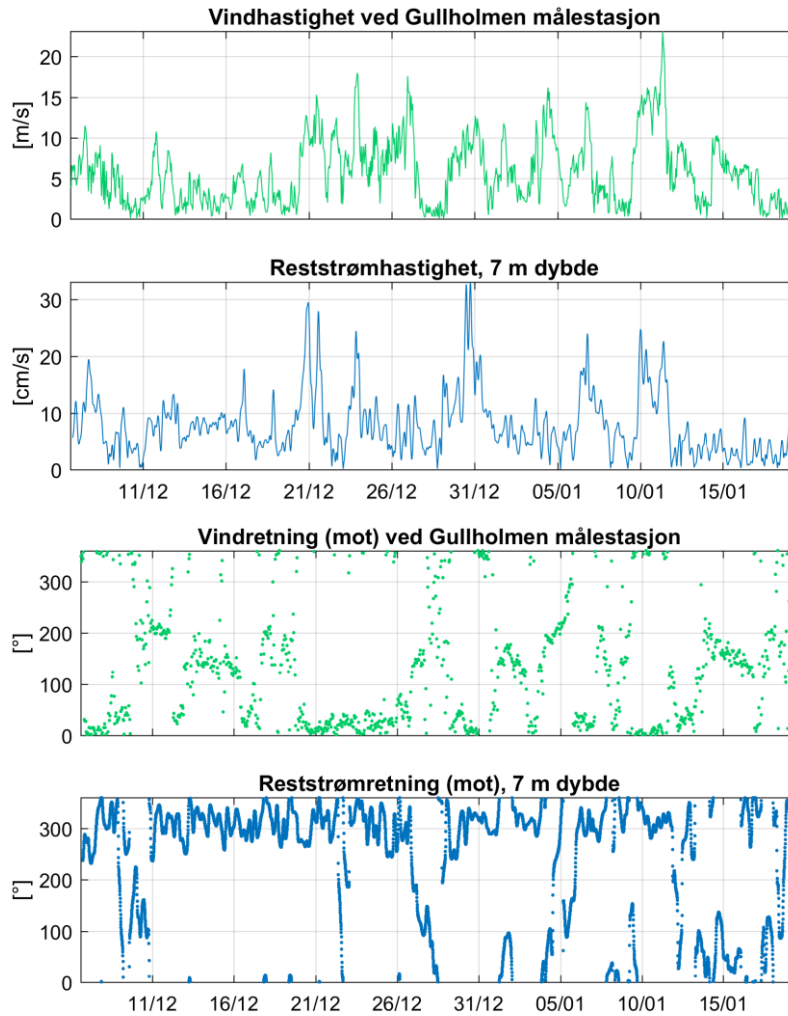
For sammenfallende vind og strøm, dvs. ved null tidsforskjell, er korrelasjonskoeffisienten 0.26 for nordlige komponenter ved Steinergrunnen.

I løpet av måleperioden er det gjentatte episoder med sørlig vind, som samsvarer med en økning i strøm i nordlig retning, se Figur 25. Vindens påvirkning på strøm er ofte tidsforskjøvet og man kan derfor forvente at strøm som er påvirket av vind korrelerer med vind målt noe tidligere. I dette tilfellet er den største korrelasjonen (lik 0.37) for den nordlige komponenten funnet når man sammenligner med vind som er målt omlag 10 timer før strømmen (se Figur 24). Det konkluderes med at den lokale vinden har påvirket strømmen ved 7 m og nedover i løpet av måleperioden.

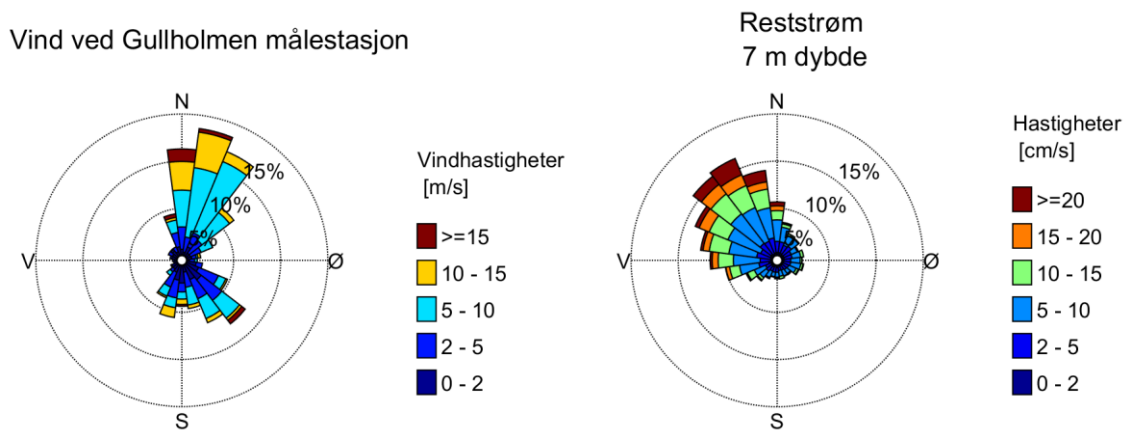


**Figur 24:** Korrelasjonskoeffisient mellom vind og reststrøm ved 7 m dybde. Verdien på y-aksen ved tidsforskjell null er korrelasjonen mellom sammenfallende vind og strøm. Det er også vist korrelasjon mellom strømmen og forutgående vind (tidsforskjell mellom vind og strøm i timer)





Figur 25: Vindretning, vindhastighet, reststrømretning og reststrømhastighet ved 7 m dypde, lavpassfiltrert



Figur 26: Vind, og reststrøm ved 7 m dypde

## 5 Statistisk oversikt over strømdata fra Espenesgrunnen og Steinergrunnen

Strømmålinger ble foretatt ved lokalitet Espenesgrunnen i perioden 06.12.2016 - 24.01.2017 og Steinergrunnen i perioden 06.12.2016 - 19.01.2017, i forbindelse med utdypning av grunner ved innseilingen til Moss, Moss kommune.

Tabell 9 og Tabell 10 gir en oversikt over resultatene fra målingene.

**Tabell 9:** Oversikt statistikk ved Espenesgrunnen, retningssektorene er sentrert rundt 15°, 30°, 45° osv.

Dybde	5 m	8 m	11 m	13 m
<b>Horisontal strøm</b>				
Gjennomsnittsstrøm (median)	6 (5) cm/s	6 (5) cm/s	6 (5) cm/s	5 (5) cm/s
Standardavvik	4 cm/s	4 cm/s	4 cm/s	4 cm/s
Signifikant maksimumstrøm	10 cm/s	10 cm/s	10 cm/s	10 cm/s
Maksimumstrøm	39 cm/s	33 cm/s	28 cm/s	29 cm/s
Retning maksimumstrøm	333°	354°	10°	25°
Signifikant minimumstrøm	2.1 cm/s	2.1 cm/s	2.2 cm/s	2.1 cm/s
Minimumstrøm	0.0 cm/s	0.0 cm/s	0.0 cm/s	0.0 cm/s
Neumanns parameter	0.06	0.04	0.19	0.12
Vektormidlet strøm	0 cm/s	0 cm/s	1 cm/s	1 cm/s
Vektormidlet strømretning	225°	68°	35°	45°
Fire hyppigst forekommende strømretningene (synkende rekkefølge, 15 graders sektor)	210°, 195°, 225°, 240°	0°, 30°, 15°, 45°	0°, 30°, 15°, 45°	15°, 0°, 30°, 45°
Fire hyppigst forekommende strømhastighetene (synkende rekkefølge)	1-5, 5-10, 10-20, 0-1	1-5, 5-10, 10-20, 0-1	1-5, 5-10, 10-20, 0-1	1-5, 5-10, 10-20, 0-1
<b>Vannutskiftning</b>				
Mest vannutskiftning pr. 15 graders sektor	17354 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 210°	16268 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 210°	21379 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 30°	18644 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 30°
Minst vannutskiftning pr 15 graders sektor	6295 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 300°	4885 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 300°	4534 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 255°	4034 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 300°
Gjennomsnittlig total vannutskiftning pr. time (alle retninger)	207 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	198 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	202 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	194 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
<b>Nullmålinger</b>				
Andel målinger <1cm/s	3.7 %	4.5 %	3.6 %	3.9 %
Lengste periode <1cm/s	30 min	30 min	30 min	30 min

**Tabell 10:** Oversikt statistikk ved Steinergrunnen, retningssektorene er sentrert rundt 15°, 30°, 45° osv.

Dybde	7 m	11 m	15 m	25 m	35 m
<b>Horisontal strøm</b>					
Gjennomsnittsstrøm (median)	9 (7) cm/s	8 (6) cm/s	7 (5) cm/s	5 (4) cm/s	5 (4) cm/s
Standardavvik	7 cm/s	6 cm/s	5 cm/s	4 cm/s	3 cm/s
Signifikant maksimumstrøm	17 cm/s	15 cm/s	13 cm/s	9 cm/s	9 cm/s
Maksimumstrøm	50 cm/s	49 cm/s	46 cm/s	35 cm/s	40 cm/s
Retning maksimumstrøm	330°	346°	342°	332°	225°
Signifikant minimumstrøm	3.0 cm/s	2.6 cm/s	2.2 cm/s	1.8 cm/s	1.9 cm/s
Minimumstrøm	0.0 cm/s	0.0 cm/s	0.0 cm/s	0.0 cm/s	0.0 cm/s
Neumanns parameter	0.56	0.46	0.39	0.36	0.10
Vektormidlet strøm	5 cm/s	4 cm/s	3 cm/s	2 cm/s	0 cm/s
Vektormidlet strømretning	316°	340°	350°	23°	52°
Fire hyppigst forekommende strømretningene (synkende rekkefølge, 15 graders sektor)	330°, 315°, 345°, 300°	345°, 330°, 315°, 0°	345°, 330°, 0°, 315°	0°, 15°, 30°, 45°	30°, 45°, 15°, 0°
Fire hyppigst forekommende strømhastighetene (synkende rekkefølge)	5-10, 1-5, 10-20, 20-30	5-10, 1-5, 10-20, 20-30	1-5, 5-10, 10-20, 0-1	1-5, 5-10, 10-20, 0-1	1-5, 5-10, 10-20, 0-1
<b>Vannutskiftning</b>					
Mest vannutskiftning pr. 15 graders sektor	51611 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 330°	44439 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 330°	34472 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 345°	23055 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 0°	14609 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 30°
Minst vannutskiftning pr 15 graders sektor	2134 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 180°	1962 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 195°	3566 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 195°	2673 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 255°	3344 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 315°
Gjennomsnittlig total vannutskiftning pr. time (alle retninger)	328 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	280 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	238 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	175 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	183 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
<b>Nullmålinger</b>					
Andel målinger <1cm/s	2.2 %	2.8 %	3.4 %	5.4 %	4.5 %
Lengste periode <1cm/s	20 min	30 min	30 min	30 min	40 min

Tabell 9 og Tabell 10 inkluderer både middelerdi og median. Middelerdien er summen av alle målte hastigheter delt på antall målinger, mens median er den midterste målingen av måledata sortert etter størrelse. Median er mindre påvirket av enkelte ekstremverdier. Signifikant maksimal strøm er gjennomsnittsverdien av den høyeste tredjedelen av alle målte hastigheter i perioden. Vektormidlet strøm er den vektormidlete strømmen over hele perioden. Den er i praksis alltid lavere enn gjennomsnittsstrømmen. Neumanns parameter er et mål for hvor stabil strømretningen har vært. Den beregnes ut ifra Figur 11 og Figur 21 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 F.

## 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

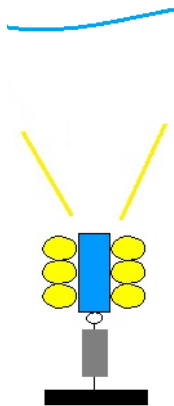
Kartverket, 2014 (sehavnivå.no): Kartverkets ressursnettsted om havnivå og vannstand

Kystinfo.no: Karttjeneste fra Kystverket

## Appendiks A Måling og kvalitetssikring

Strømmen ble målt med to akustisk doppler profilmålere (Aquadopp Profiler, produsent Nortek).

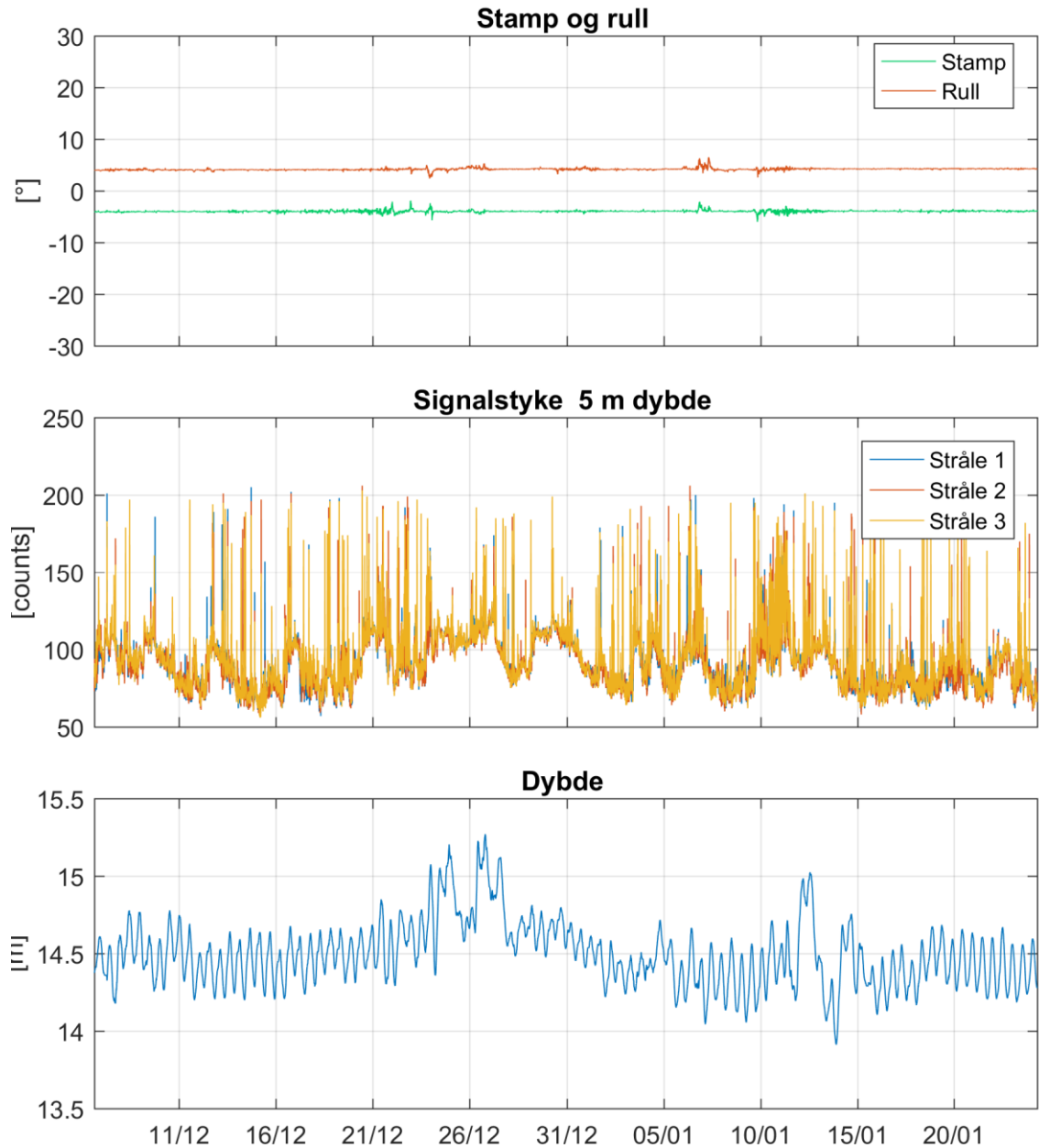
Målingene er basert på dopplereffekten. Instrumentet sender ut en akustisk puls (et kort lydsignal) med en bestemt frekvens og måler frekvensen av innkommende refleksjoner. Refleksjonen er forårsaket av små partikler eller bobler i vannet. Ut fra frekvensskiftet kan man beregne hastigheten av partiklene 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 27.



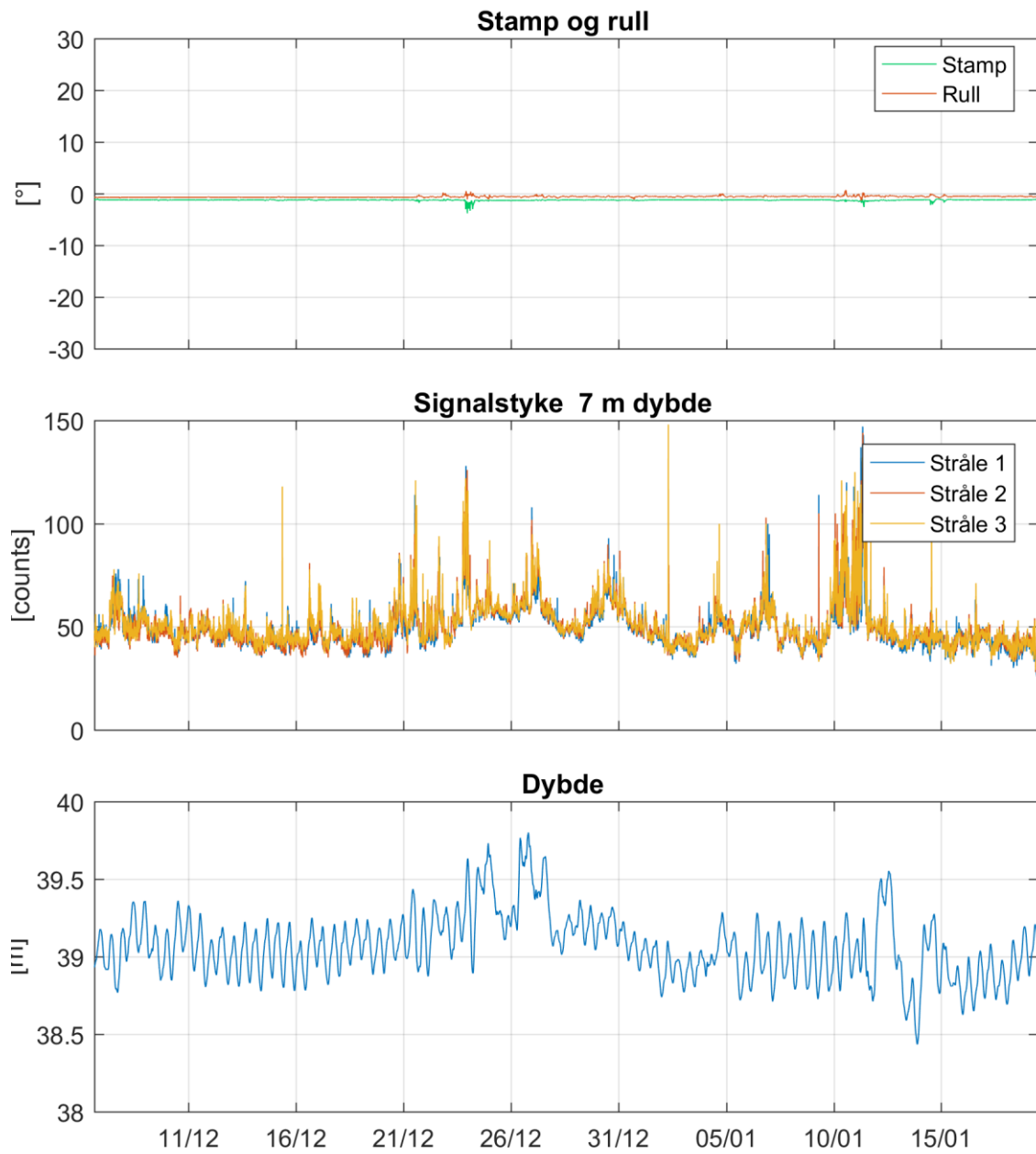
**Figur 27:** Skisse av riggene som ble satt ut ved Espenesgrunnen og Steinergrunnen

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 E. Figur 28 og Figur 29 viser noen av parameterne etter datarensing.

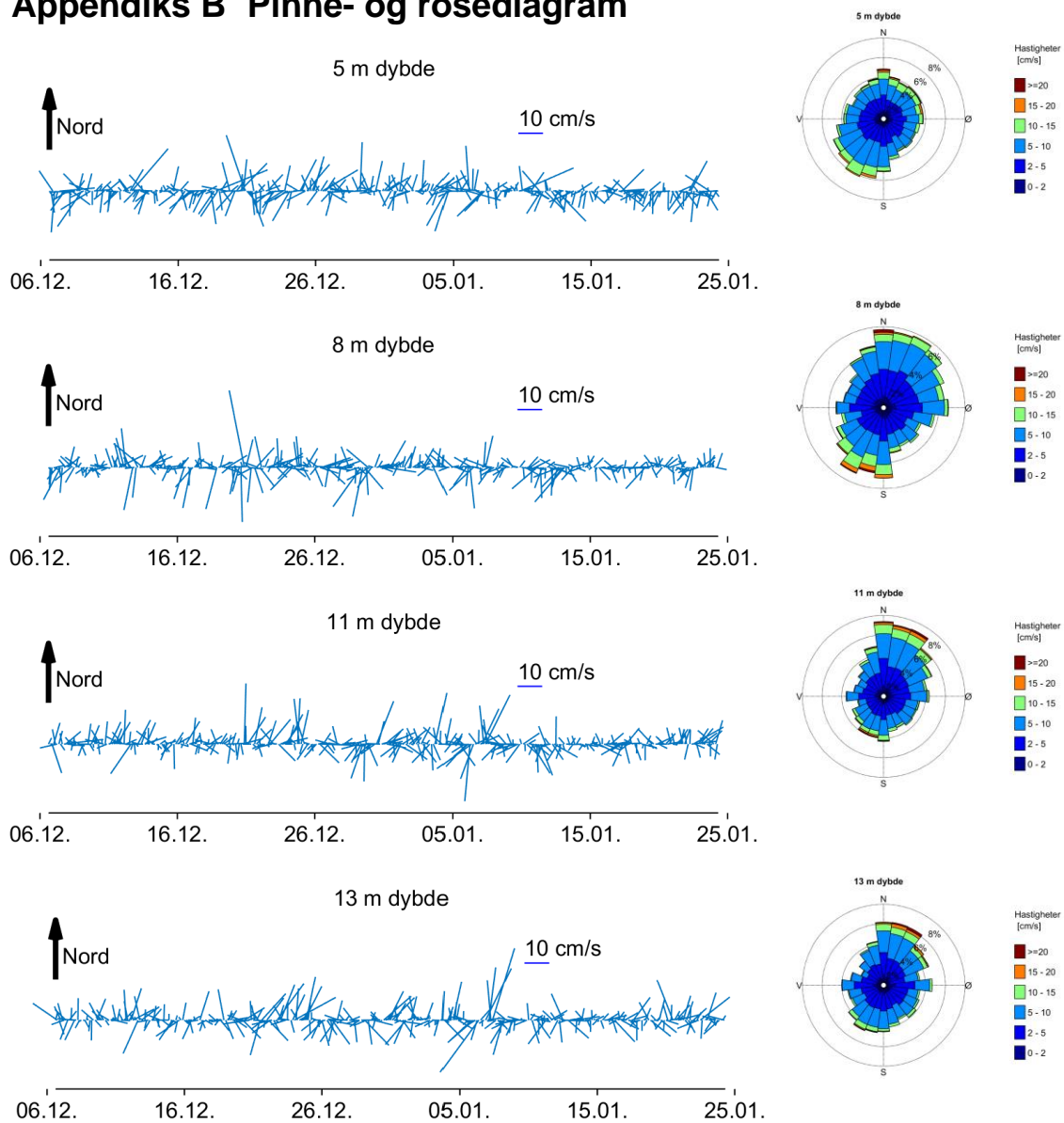


**Figur 28:** Kvalitetssikring Aquadopp Profiler 14 m etter datarensing ved Espenesgrunnen



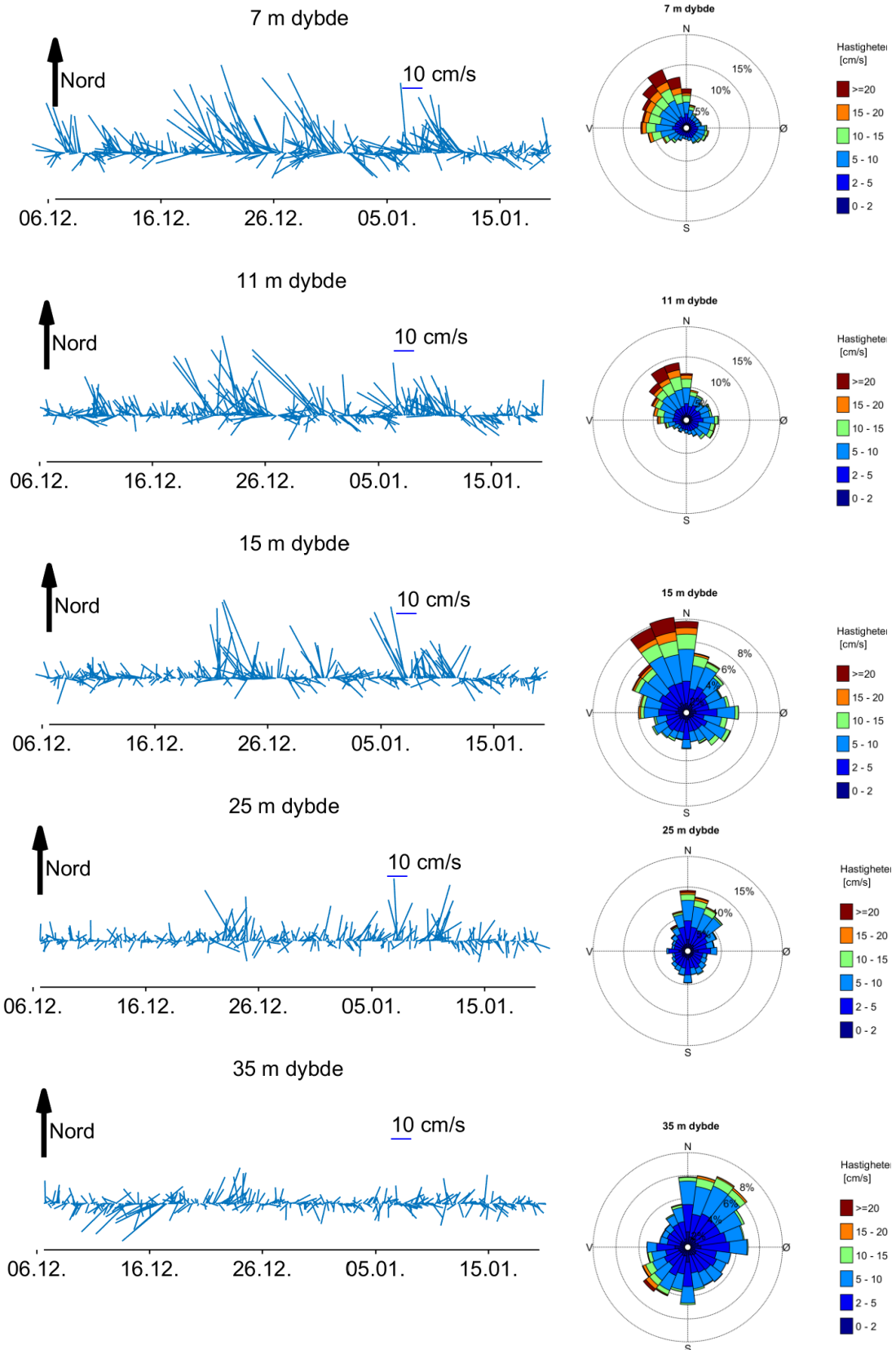
**Figur 29:** Kvalitetssikring Aquadopp Profiler 39 m etter datarensing ved Steinergrunnen

## Appendiks B Pinne- og rosediagram



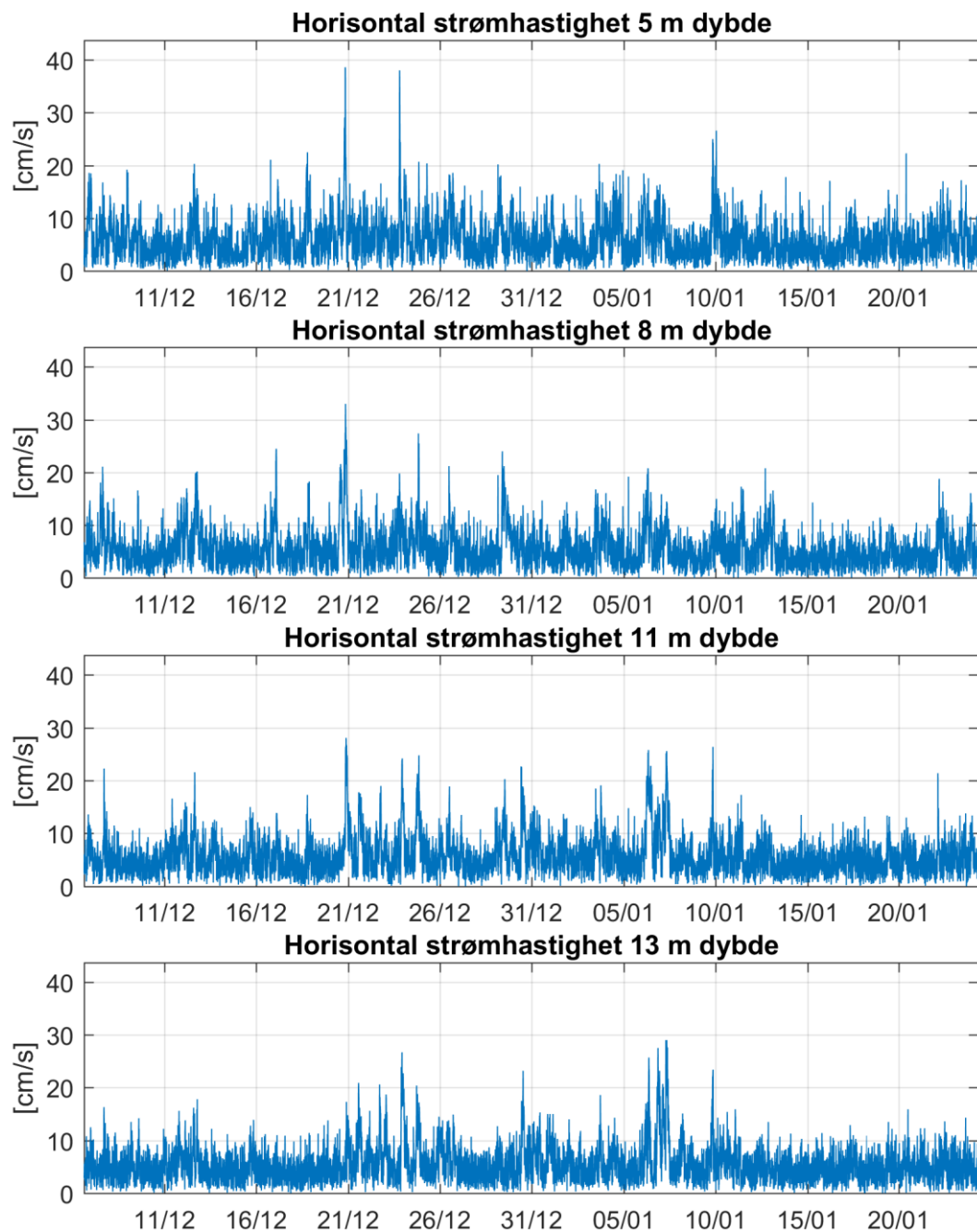
**Figur 30:** Strømretninger og strømhastigheter ved Espenesgrunnen: pinnediagram som viser hastighet og retning over tid (en strek hver tredje time); rosediagram som viser fordelingen av retninger i kompasset og hastigheter i farge



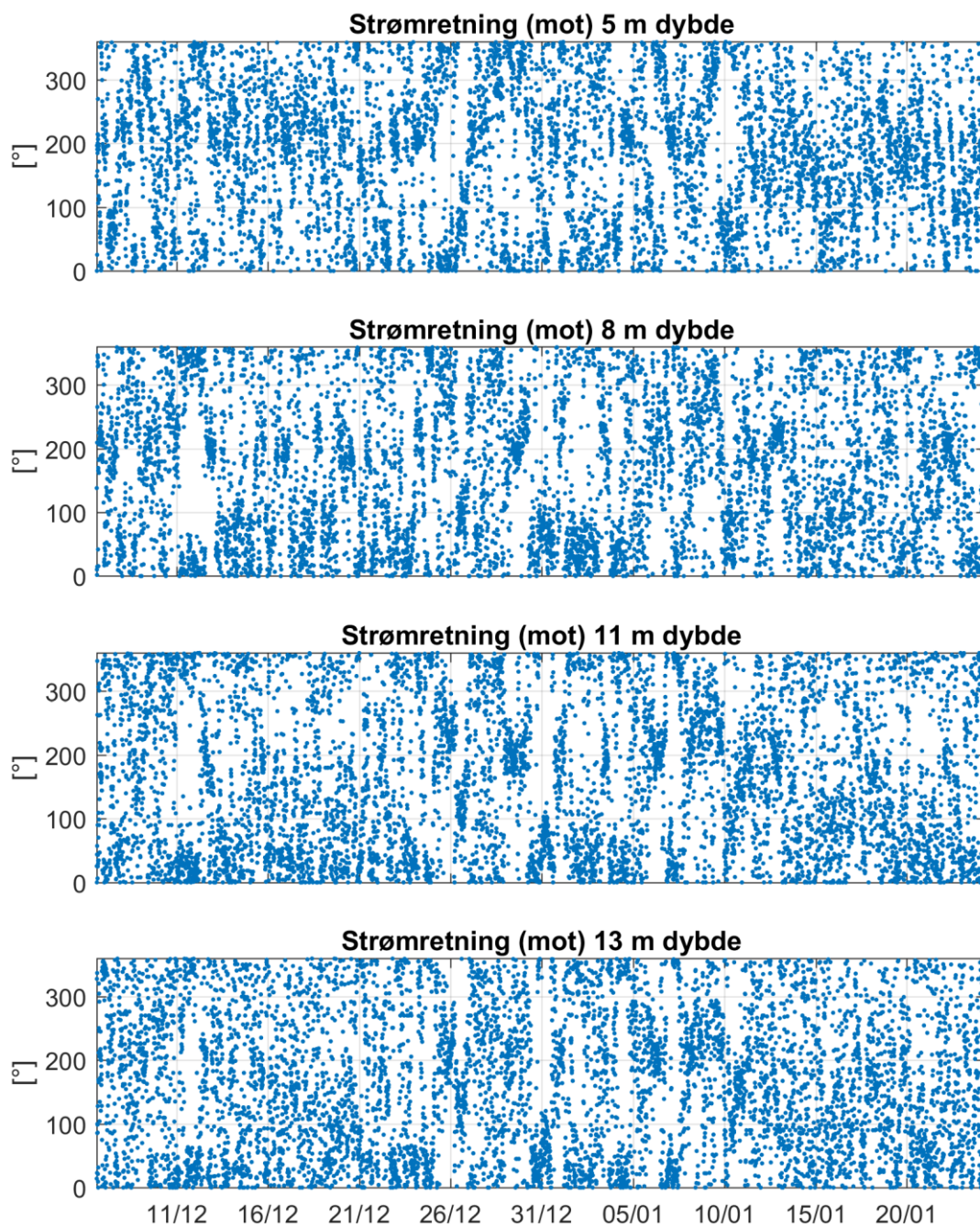


**Figur 31:** Strømretninger og strømhastigheter ved Steingerunnen: pinnediagram som viser hastighet og retning over tid (en strek hver tredje time); rosediagram som viser fordelingen av retninger i kompasset og hastigheter i farge

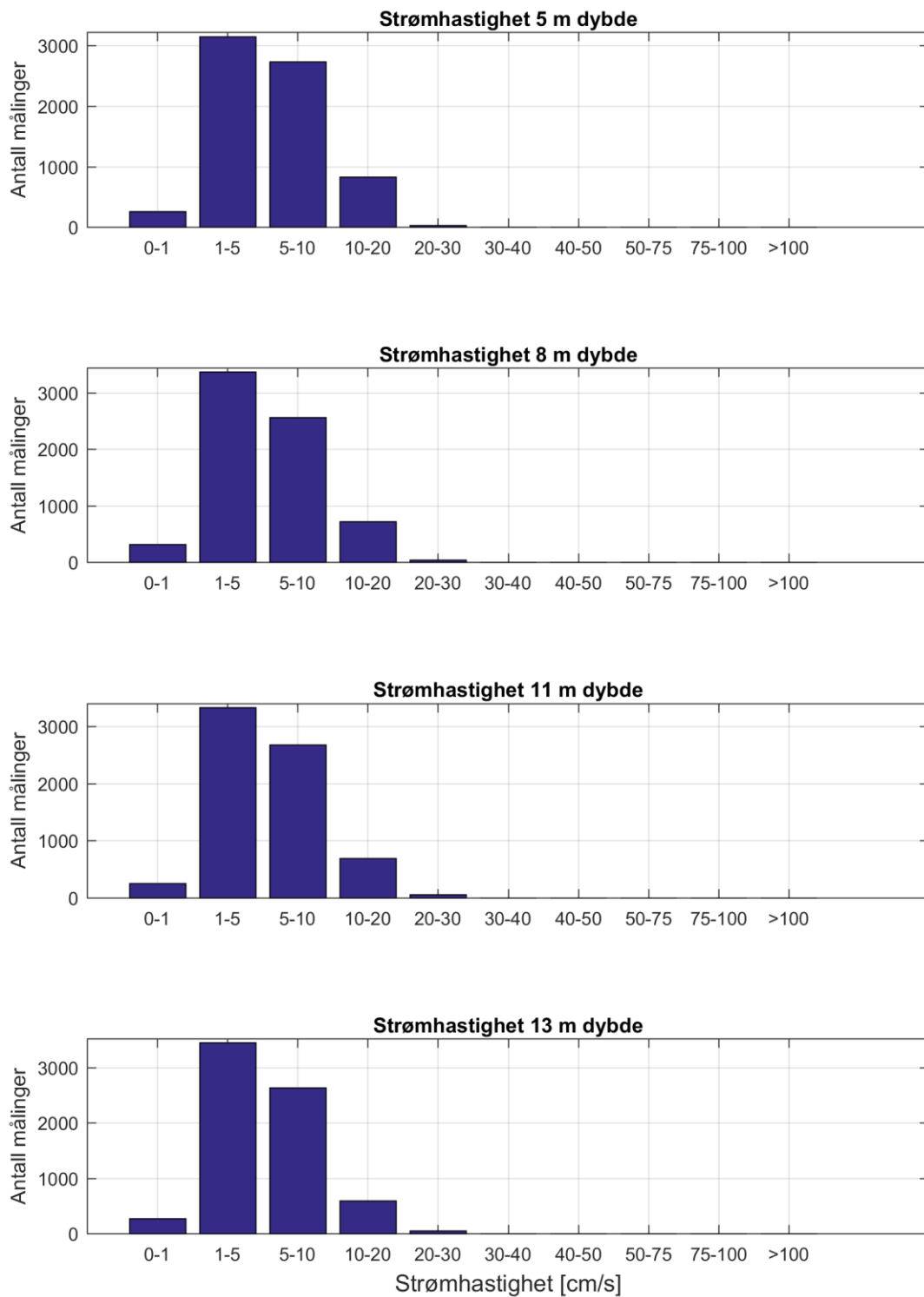
## Appendiks C Strømdata fra Espenesgrunnen



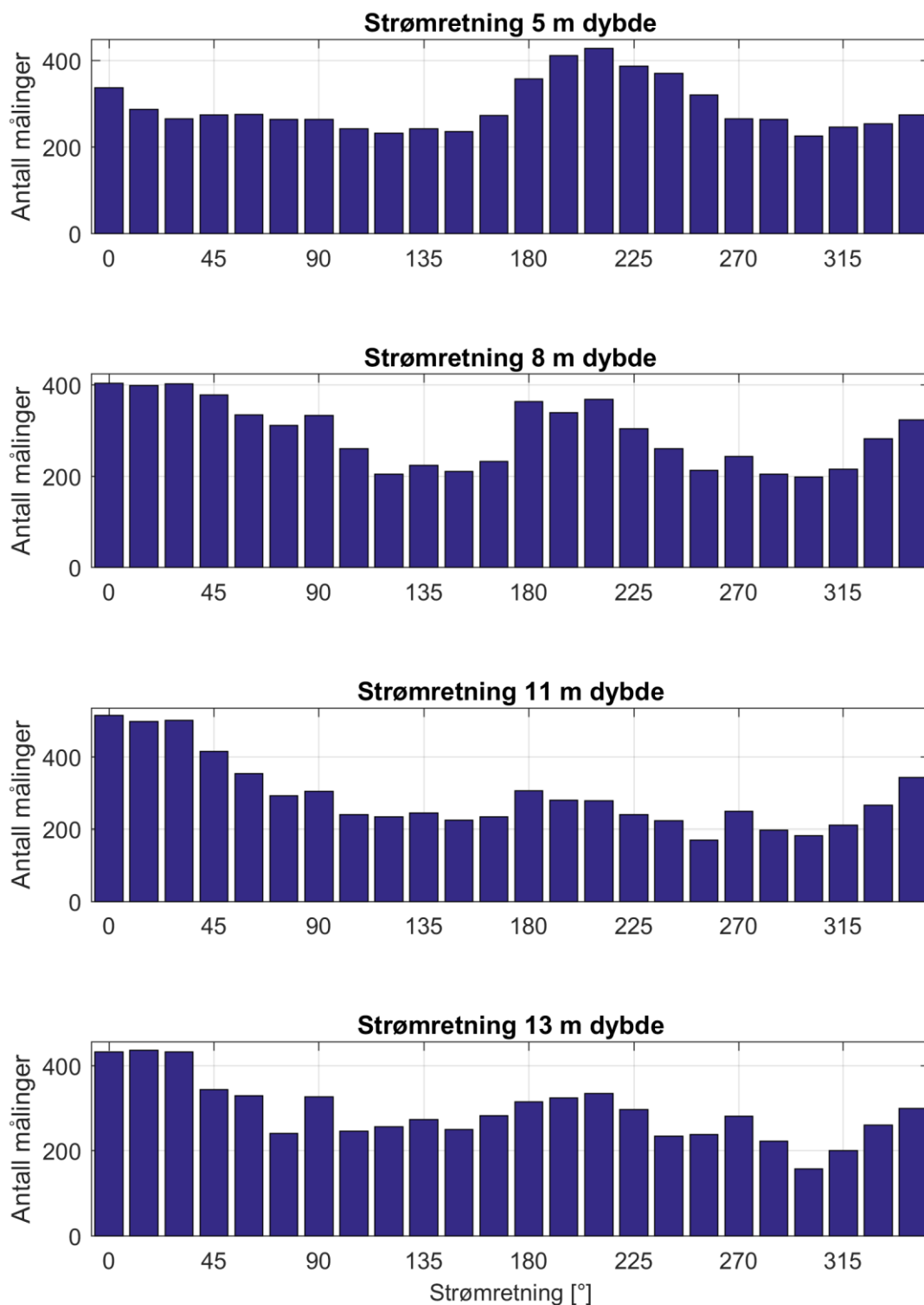
**Figur 32:** Tidsserier av horisontal strømhastighet ved Espenesgrunnen



**Figur 33:** Tidsserier av horisontal strømrretning ved Espenesgrunnen



**Figur 34:** Histogram av horisontal strømhastighet ved Espenesgrunnen



Figur 35: Histogram av horisontal strømretning ved Espenesgrunnen

**Tabell 11:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 5 m dybde ved Espenesgrunnen 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°	12	140	114	62	8	2	0	0	0	0	5	13852	6
15°	10	110	108	54	5	0	0	0	0	0	4	11512	5
30°	9	103	95	58	1	0	0	0	0	0	4	10437	4
45°	7	110	113	43	2	0	0	0	0	0	4	10296	4
60°	15	113	104	42	2	0	0	0	0	0	4	9892	4
75°	6	111	101	45	2	0	0	0	0	0	4	10223	4
90°	16	129	89	31	0	0	0	0	0	0	4	8454	3
105°	16	111	92	24	0	0	0	0	0	0	3	7637	3
120°	8	130	83	11	0	0	0	0	0	0	3	6731	3
135°	8	139	85	10	0	0	0	0	0	0	3	6763	3
150°	8	114	100	14	0	0	0	0	0	0	3	7178	3
165°	10	149	96	19	0	0	0	0	0	0	4	8195	3
180°	16	160	147	35	0	0	0	0	0	0	5	11929	5
195°	3	148	182	79	0	0	0	0	0	0	6	16783	7
210°	10	142	190	87	0	0	0	0	0	0	6	17354	7
225°	8	165	159	55	0	0	0	0	0	0	6	14313	6
240°	14	146	172	38	1	0	0	0	0	0	5	12930	5
255°	11	162	131	17	0	0	0	0	0	0	5	10043	4
270°	20	135	95	16	0	0	0	0	0	0	4	7647	3
285°	12	139	96	17	0	0	0	0	0	0	4	7652	3
300°	8	124	86	8	0	0	0	0	0	0	3	6295	3
315°	11	128	93	14	0	0	0	0	0	0	4	7247	3
330°	9	125	100	17	2	1	0	0	0	0	4	8387	3
345°	9	121	104	36	4	1	0	0	0	0	4	10327	4
Sum%	4	45	39	12	0	0	0	0	0	0			

**Tabell 12:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 8 m dybde ved Espenesgrunnen 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°	19	172	148	50	14	1	0	0	0	0	6	15585	7
15°	17	173	162	46	1	0	0	0	0	0	6	13838	6
30°	15	188	156	44	0	0	0	0	0	0	6	13297	6
45°	10	163	174	31	0	0	0	0	0	0	5	12800	6
60°	6	165	139	25	0	0	0	0	0	0	5	10621	5
75°	17	158	106	29	1	0	0	0	0	0	4	9385	4
90°	23	172	117	21	0	0	0	0	0	0	5	9635	4
105°	8	141	99	13	0	0	0	0	0	0	4	7562	3
120°	6	117	69	12	0	0	0	0	0	0	3	5777	2
135°	4	133	77	10	0	0	0	0	0	0	3	6338	3
150°	8	117	74	12	0	0	0	0	0	0	3	6005	3
165°	17	113	75	28	0	0	0	0	0	0	3	7489	3
180°	17	148	126	72	1	0	0	0	0	0	5	14299	6
195°	12	121	111	85	10	0	0	0	0	0	5	15580	7
210°	16	115	143	89	5	0	0	0	0	0	5	16268	7
225°	8	129	108	57	2	0	0	0	0	0	4	11516	5
240°	16	125	95	24	1	0	0	0	0	0	4	8383	4
255°	13	94	90	16	0	0	0	0	0	0	3	6592	3
270°	24	146	68	5	0	0	0	0	0	0	3	5789	2
285°	13	124	63	4	0	0	0	0	0	0	3	5182	2
300°	13	120	62	3	0	0	0	0	0	0	3	4885	2
315°	15	124	69	8	0	0	0	0	0	0	3	5769	2
330°	8	147	116	10	1	0	0	0	0	0	4	8342	4
345°	11	161	121	26	4	0	0	0	0	0	5	10700	5
Sum%	5	48	37	10	1	0	0	0	0	0			

**Tabell 13:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 11 m dybde ved Espenesgrunnen som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor

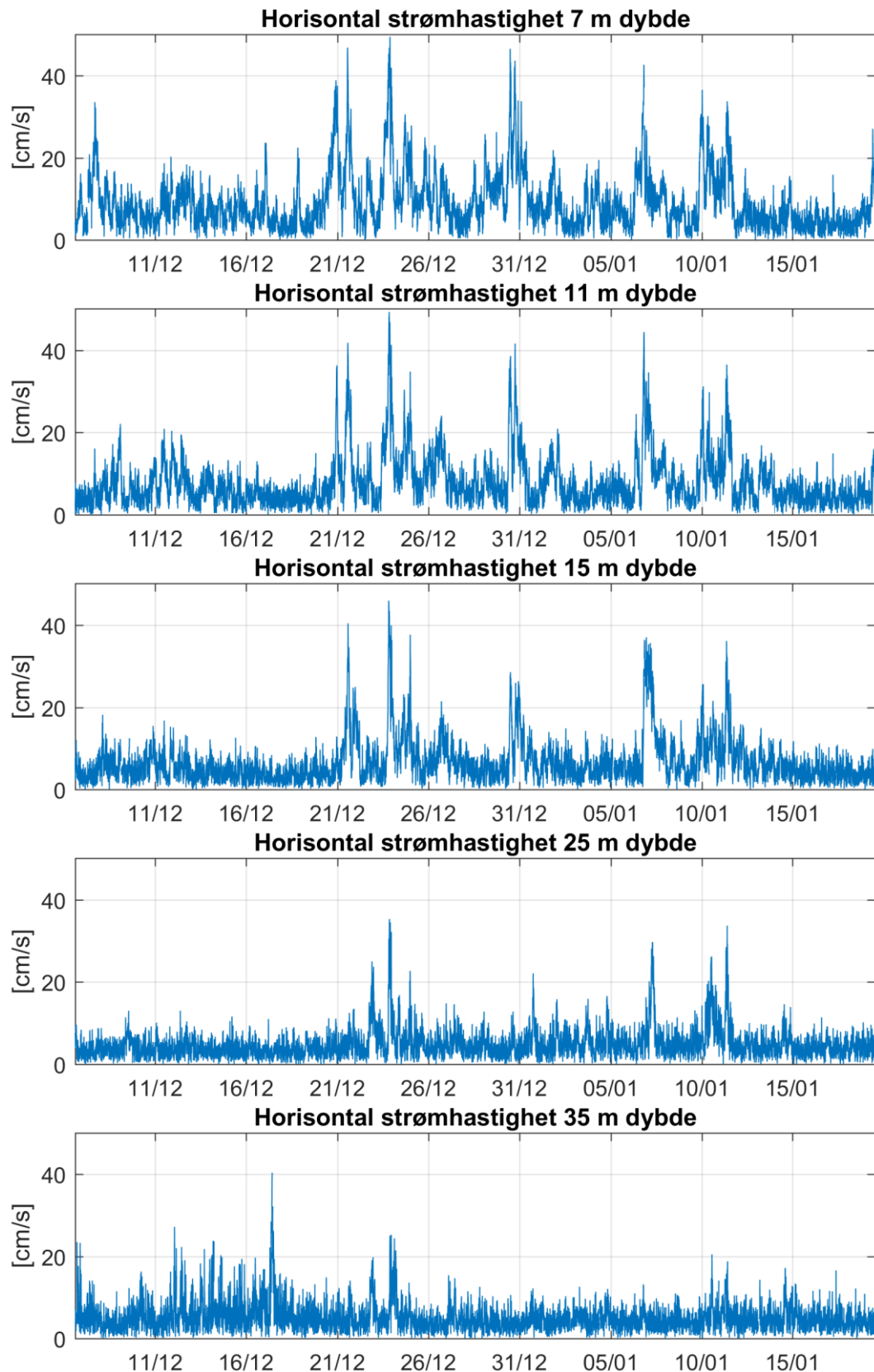
	Strømhastighet [cm/s]											Utskiftning	
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%
0°	27	226	177	79	7	0	0	0	0	0	7	19019	8
15°	13	184	211	83	8	0	0	0	0	0	7	20339	9
30°	5	197	198	88	14	0	0	0	0	0	7	21379	9
45°	4	175	175	60	1	0	0	0	0	0	6	15153	6
60°	12	163	146	33	0	0	0	0	0	0	5	11709	5
75°	11	156	109	16	0	0	0	0	0	0	4	8798	4
90°	21	155	114	15	0	0	0	0	0	0	4	8712	4
105°	11	131	87	12	0	0	0	0	0	0	3	7133	3
120°	7	136	83	8	0	0	0	0	0	0	3	6691	3
135°	7	132	98	8	0	0	0	0	0	0	3	7025	3
150°	7	112	89	17	0	0	0	0	0	0	3	7139	3
165°	8	108	96	22	0	0	0	0	0	0	3	7543	3
180°	19	131	112	40	4	0	0	0	0	0	4	10887	5
195°	11	112	108	43	7	0	0	0	0	0	4	11142	5
210°	7	119	108	36	9	0	0	0	0	0	4	11022	5
225°	8	104	97	30	2	0	0	0	0	0	3	8713	4
240°	9	101	92	22	0	0	0	0	0	0	3	7393	3
255°	6	103	54	7	0	0	0	0	0	0	2	4534	2
270°	19	140	86	5	0	0	0	0	0	0	4	6230	3
285°	12	121	61	3	0	0	0	0	0	0	3	4847	2
300°	7	114	59	2	0	0	0	0	0	0	3	4612	2
315°	10	132	62	7	0	0	0	0	0	0	3	5365	2
330°	8	137	103	18	0	0	0	0	0	0	4	8234	3
345°	2	148	152	38	3	0	0	0	0	0	5	12631	5
Sum%	4	48	38	10	1	0	0	0	0	0			



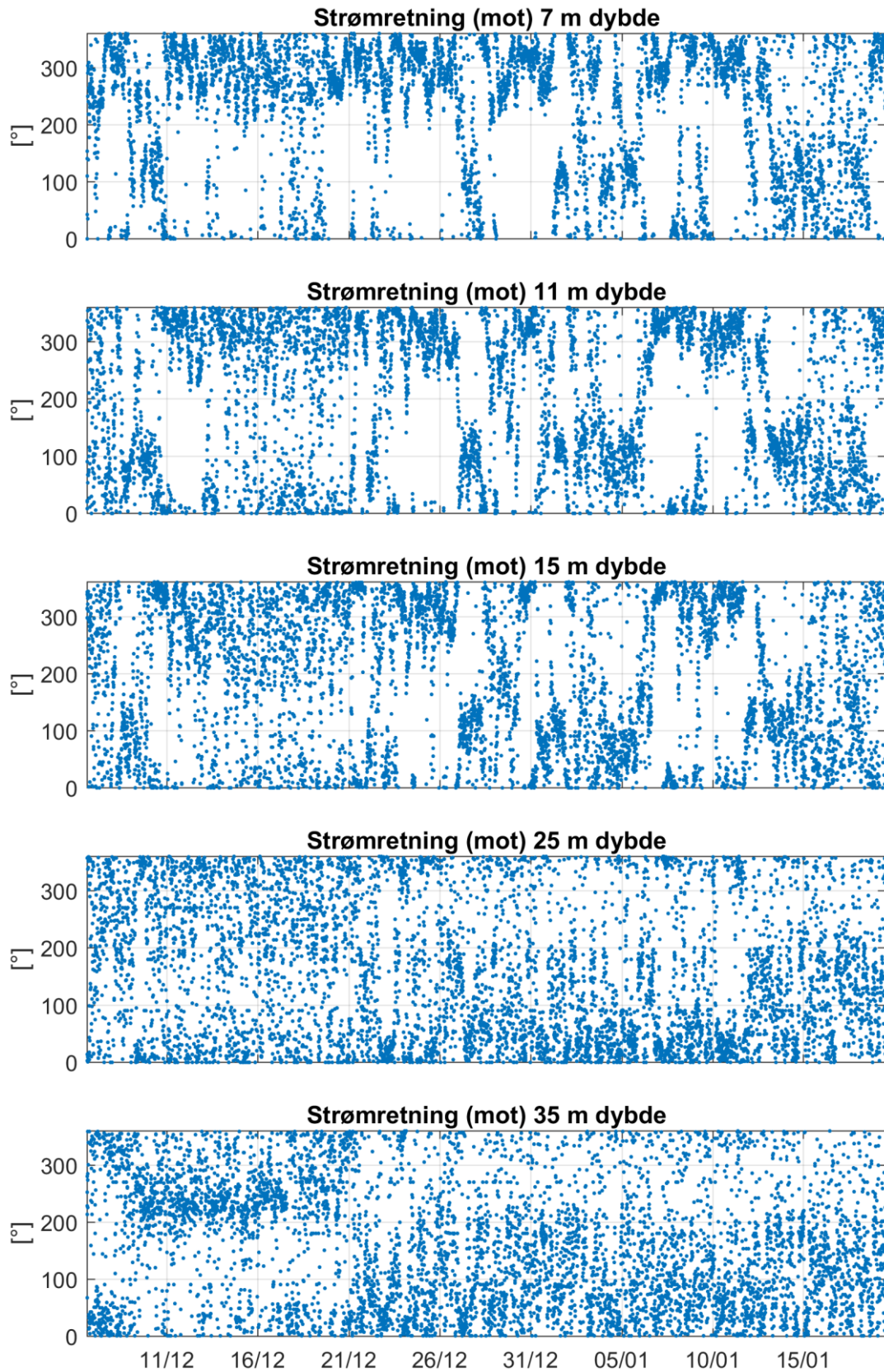
**Tabell 14:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 13 m dybde ved Espenesgrunnen som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor

	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°	16	199	155	58	4	0	0	0	0	0	6	15077	7
15°	7	170	178	71	10	0	0	0	0	0	6	18073	8
30°	11	163	172	68	18	0	0	0	0	0	6	18644	8
45°	8	151	134	49	2	0	0	0	0	0	5	12805	6
60°	15	137	140	35	2	0	0	0	0	0	5	11677	5
75°	8	125	97	11	0	0	0	0	0	0	3	7282	3
90°	20	186	104	17	0	0	0	0	0	0	5	8878	4
105°	10	150	73	13	0	0	0	0	0	0	4	6648	3
120°	7	149	86	14	0	0	0	0	0	0	4	7316	3
135°	9	151	91	23	0	0	0	0	0	0	4	8330	4
150°	13	123	102	12	0	0	0	0	0	0	4	7444	3
165°	11	143	109	20	0	0	0	0	0	0	4	8818	4
180°	17	149	127	22	0	0	0	0	0	0	4	9695	4
195°	13	140	133	35	3	0	0	0	0	0	5	11318	5
210°	10	147	129	44	4	0	0	0	0	0	5	12130	5
225°	8	143	113	31	2	0	0	0	0	0	4	10020	4
240°	9	120	94	12	0	0	0	0	0	0	3	6976	3
255°	14	129	88	7	0	0	0	0	0	0	3	6472	3
270°	23	167	88	3	0	0	0	0	0	0	4	6808	3
285°	13	131	73	5	0	0	0	0	0	0	3	5711	3
300°	7	102	43	5	0	0	0	0	0	0	2	4034	2
315°	6	122	70	2	0	0	0	0	0	0	3	5091	2
330°	8	134	108	10	0	0	0	0	0	0	4	7564	3
345°	8	126	136	29	0	0	0	0	0	0	4	10241	5
Sum%	4	49	38	8	1	0	0	0	0	0			

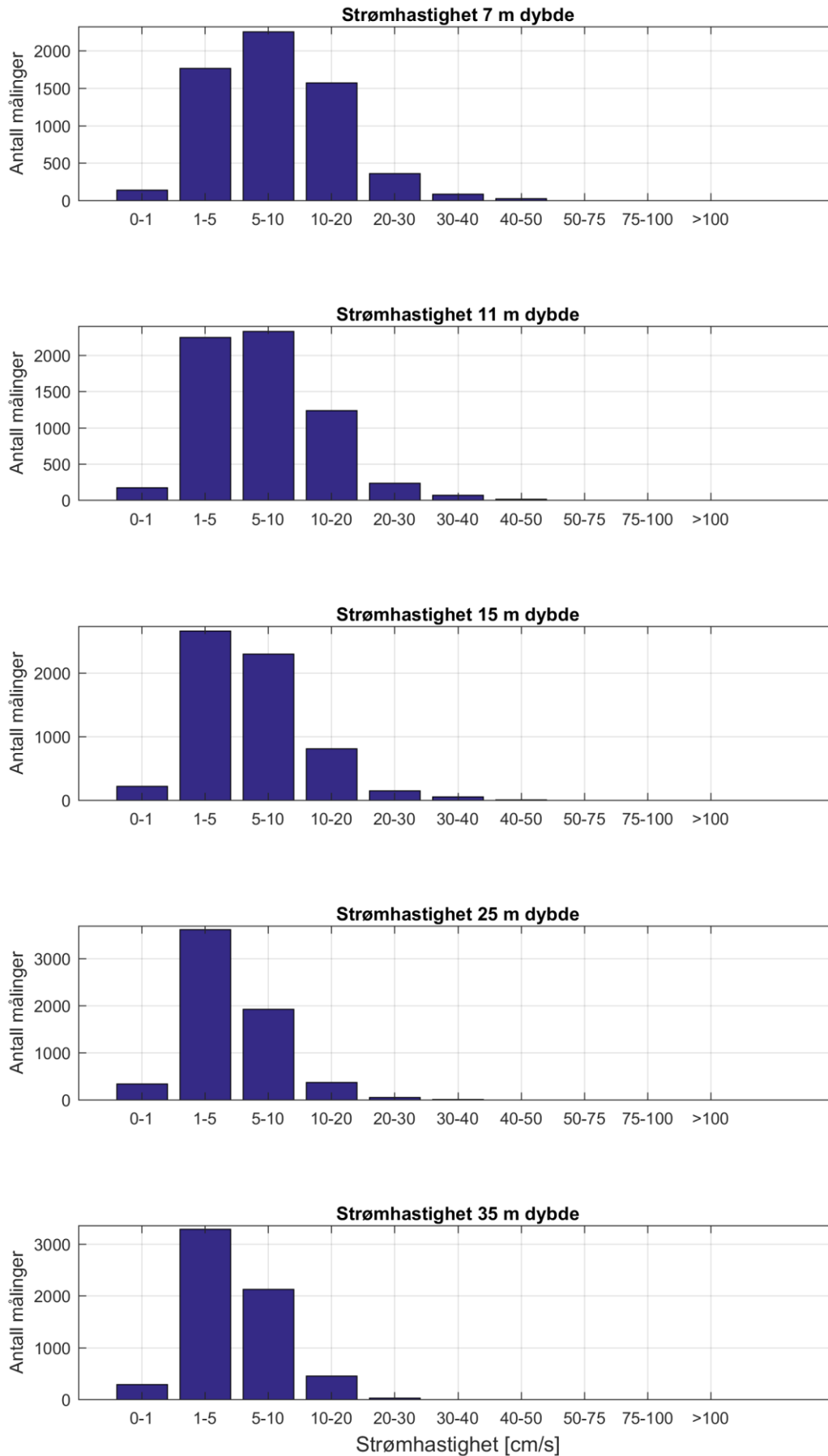
## Appendiks D Strømdata fra Steinergrunnen



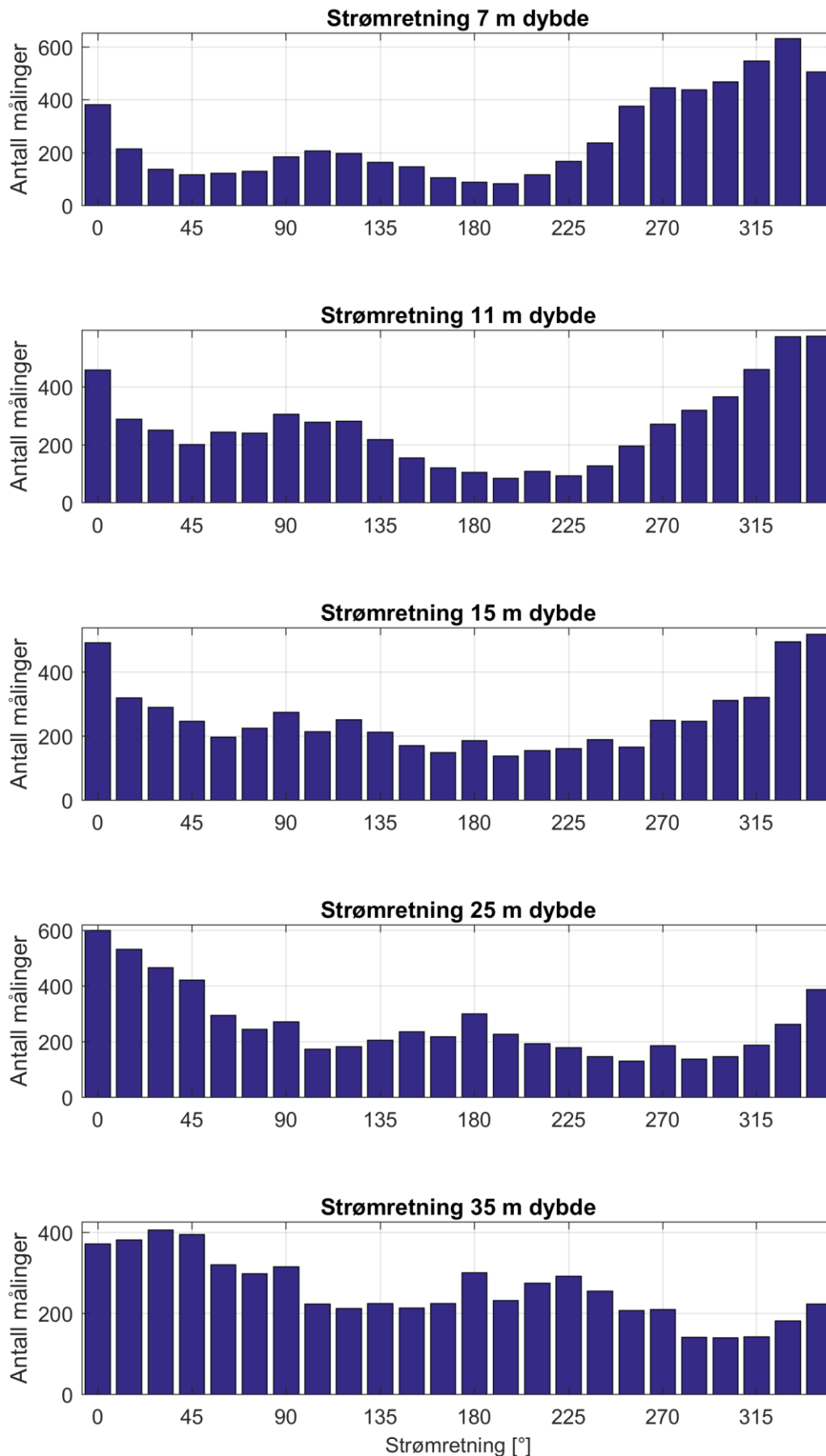
**Figur 36:** Tidsserier av horisontal strømshastighet ved Steinergrunnen



**Figur 37:** Tidsserier av horisontal strømretning ved Steinergrunnen



**Figur 38:** Histogram av horisontal strømhastighet ved Steinergrunnen



**Figur 39:** Histogram av horisontal strømretning ved Steinergrunnen

**Tabell 15:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 7 m dybde ved Steinergrunnen 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°	8	110	122	93	41	3	4	0	0	0	6	22270	7
15°	5	74	81	48	4	1	1	0	0	0	3	9841	3
30°	4	62	53	18	0	0	0	0	0	0	2	4519	1
45°	8	60	44	4	0	0	0	0	0	0	2	3173	1
60°	4	69	45	5	0	0	0	0	0	0	2	3460	1
75°	5	64	49	12	0	0	0	0	0	0	2	4181	1
90°	8	80	74	22	0	0	0	0	0	0	3	6353	2
105°	5	78	83	39	1	0	0	0	0	0	3	8255	2
120°	10	67	86	33	2	0	0	0	0	0	3	7932	2
135°	6	69	64	25	0	0	0	0	0	0	3	5924	2
150°	5	80	50	12	0	0	0	0	0	0	2	4523	1
165°	7	64	33	1	0	0	0	0	0	0	2	2717	1
180°	6	56	26	1	0	0	0	0	0	0	1	2134	1
195°	3	48	28	4	0	0	0	0	0	0	1	2282	1
210°	2	57	50	7	0	0	0	0	0	0	2	3842	1
225°	3	65	71	28	0	0	0	0	0	0	3	6495	2
240°	3	74	103	55	2	0	0	0	0	0	4	10560	3
255°	7	83	149	130	6	0	0	0	0	0	6	19642	6
270°	16	98	177	140	15	0	0	0	0	0	7	23329	7
285°	5	85	154	176	17	1	0	0	0	0	7	25456	8
300°	4	81	189	157	30	5	2	0	0	0	8	29031	9
315°	2	75	187	192	62	21	7	0	0	0	9	41626	12
330°	8	92	183	209	99	32	9	0	0	0	10	51611	15
345°	7	74	151	163	85	22	4	0	0	0	8	39883	12
Sum%	2	28	36	25	6	1	0	0	0	0			

**Tabell 16:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 11 m dypde ved Steinergrunnen 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°	17	125	166	132	17	0	1	0	0	0	7	23107	8
15°	5	110	112	60	1	0	0	0	0	0	5	11838	4
30°	4	136	89	21	1	0	0	0	0	0	4	8138	3
45°	13	96	81	11	0	0	0	0	0	0	3	6089	2
60°	10	118	102	14	0	0	0	0	0	0	4	7495	3
75°	4	118	97	22	0	0	0	0	0	0	4	7926	3
90°	9	135	119	41	1	0	0	0	0	0	5	10735	4
105°	8	89	129	52	1	0	0	0	0	0	4	11242	4
120°	8	98	124	52	0	0	0	0	0	0	4	11230	4
135°	5	88	95	30	0	0	0	0	0	0	3	7884	3
150°	8	80	59	8	0	0	0	0	0	0	2	4641	2
165°	4	80	34	2	0	0	0	0	0	0	2	3143	1
180°	7	61	34	3	0	0	0	0	0	0	2	2657	1
195°	4	64	16	1	0	0	0	0	0	0	1	1962	1
210°	4	63	34	7	0	0	0	0	0	0	2	3103	1
225°	5	47	37	4	0	0	0	0	0	0	1	2750	1
240°	7	51	53	16	0	0	0	0	0	0	2	4338	1
255°	6	82	72	33	3	0	0	0	0	0	3	7570	3
270°	11	98	94	60	9	0	0	0	0	0	4	12220	4
285°	3	99	108	104	5	0	0	0	0	0	5	15733	5
300°	11	97	158	82	12	5	0	0	0	0	6	18053	6
315°	7	110	173	114	41	12	3	0	0	0	7	28291	10
330°	6	101	170	165	95	32	4	0	0	0	9	44439	15
345°	9	106	178	208	51	21	3	0	0	0	9	40056	14
Sum%	3	36	37	20	4	1	0	0	0	0			

**Tabell 17:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 15 m dybde ved Steinergrunnen 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°	12	147	179	119	26	10	0	0	0	0	8	25547	10
15°	8	111	130	67	4	0	0	0	0	0	5	13468	5
30°	9	132	117	30	2	0	0	0	0	0	5	9990	4
45°	9	119	101	18	0	0	0	0	0	0	4	7782	3
60°	7	103	80	8	0	0	0	0	0	0	3	6000	2
75°	14	97	99	16	0	0	0	0	0	0	4	7190	3
90°	13	142	99	21	0	0	0	0	0	0	4	8443	3
105°	7	76	100	32	0	0	0	0	0	0	3	8071	3
120°	7	102	117	26	0	0	0	0	0	0	4	8860	4
135°	3	89	93	28	0	0	0	0	0	0	3	7768	3
150°	6	86	65	14	0	0	0	0	0	0	3	5369	2
165°	8	82	58	1	0	0	0	0	0	0	2	3954	2
180°	15	119	48	4	0	0	0	0	0	0	3	4502	2
195°	9	85	40	5	0	0	0	0	0	0	2	3566	1
210°	7	92	42	14	0	0	0	0	0	0	3	4385	2
225°	12	99	45	6	0	0	0	0	0	0	3	4138	2
240°	7	100	73	10	0	0	0	0	0	0	3	5486	2
255°	4	91	59	12	0	0	0	0	0	0	3	5055	2
270°	16	123	82	28	1	0	0	0	0	0	4	8188	3
285°	8	119	92	27	1	0	0	0	0	0	4	8343	3
300°	11	136	123	36	4	2	0	0	0	0	5	11576	5
315°	7	124	123	52	12	2	1	0	0	0	5	14075	6
330°	12	142	170	104	45	22	0	0	0	0	8	29414	12
345°	7	142	159	129	56	21	5	0	0	0	8	34472	14
Sum%	4	43	37	13	2	1	0	0	0	0			



**Tabell 18:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 25 m dybde ved Steinergrunnen 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°	36	248	212	82	21	0	0	0	0	0	9	23055	13
15°	12	207	215	87	11	0	0	0	0	0	8	21853	12
30°	12	191	183	77	3	0	0	0	0	0	7	17907	10
45°	13	212	176	19	1	0	0	0	0	0	7	12786	7
60°	12	177	96	9	0	0	0	0	0	0	5	7939	4
75°	8	156	74	6	0	0	0	0	0	0	4	6314	3
90°	36	170	65	1	0	0	0	0	0	0	4	5753	3
105°	4	122	42	5	0	0	0	0	0	0	3	4237	2
120°	8	119	54	1	0	0	0	0	0	0	3	4364	2
135°	12	130	61	3	0	0	0	0	0	0	3	5025	3
150°	11	156	59	9	0	0	0	0	0	0	4	5904	3
165°	15	131	68	3	0	0	0	0	0	0	3	5552	3
180°	23	191	80	5	0	0	0	0	0	0	5	7309	4
195°	9	140	71	6	0	0	0	0	0	0	4	5774	3
210°	13	127	51	2	0	0	0	0	0	0	3	4496	2
225°	13	126	39	1	0	0	0	0	0	0	3	3922	2
240°	11	108	28	0	0	0	0	0	0	0	2	2963	2
255°	9	98	23	0	0	0	0	0	0	0	2	2673	1
270°	29	137	20	0	0	0	0	0	0	0	3	3072	2
285°	9	102	24	2	0	0	0	0	0	0	2	2826	2
300°	12	106	26	2	0	1	0	0	0	0	2	3310	2
315°	8	120	50	7	1	1	0	0	0	0	3	5207	3
330°	13	145	73	17	9	5	0	0	0	0	4	9184	5
345°	14	204	132	32	5	0	0	0	0	0	6	12660	7
Sum%	5	57	30	6	1	0	0	0	0	0			

**Tabell 19:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 35 m dybde ved Steinergrunnen 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°	25	194	129	24	0	0	0	0	0	0	6	10558	6
15°	19	148	154	59	2	0	0	0	0	0	6	14008	7
30°	9	175	165	55	2	0	0	0	0	0	7	14609	8
45°	11	167	168	48	1	0	0	0	0	0	6	13912	7
60°	10	167	129	15	0	0	0	0	0	0	5	9705	5
75°	5	192	95	6	0	0	0	0	0	0	5	7869	4
90°	26	187	97	5	0	0	0	0	0	0	5	7782	4
105°	7	137	79	1	0	0	0	0	0	0	4	5904	3
120°	7	148	57	1	0	0	0	0	0	0	3	5074	3
135°	5	136	82	2	0	0	0	0	0	0	4	5905	3
150°	8	127	76	3	0	0	0	0	0	0	3	5620	3
165°	9	118	89	9	0	0	0	0	0	0	4	6521	3
180°	21	180	91	9	0	0	0	0	0	0	5	7558	4
195°	11	122	87	12	0	0	0	0	0	0	4	6571	3
210°	12	141	89	30	3	0	0	0	0	0	4	9055	5
225°	9	105	101	60	12	4	1	0	0	0	5	14214	8
240°	12	111	71	57	4	0	0	0	0	0	4	10222	5
255°	11	95	77	25	0	0	0	0	0	0	3	6837	4
270°	27	128	54	1	0	0	0	0	0	0	3	4652	2
285°	12	85	42	1	1	0	0	0	0	0	2	3490	2
300°	7	100	30	1	2	0	0	0	0	0	2	3360	2
315°	8	95	37	3	0	0	0	0	0	0	2	3344	2
330°	8	112	55	7	0	0	0	0	0	0	3	4812	3
345°	8	118	79	17	1	0	0	0	0	0	4	6765	4
Sum%	5	53	34	7	0	0	0	0	0	0			

## Appendiks E Fjernet data

### Aquadopp Profiler ved Espenesgrunnen:

Antall NaN (hull) i intervallet: 0

Støygulvet er til instrumentet er satt til 25 counts.

Høyeste godkjente celle er valgt på grunnlag av moden for de tre strålene.

Data med lav signalstyrke (under støygulvet + 7 counts) er også fjernet.

Høyeste godkjente celle er på 4.0 m dyp. Fjerner 13 celler over dette.

2 celler fjernet pga. målinger under issturment:

14.0 dyp

15.0 dyp

Outliers:

Fjernet 5 punkter ved 4.0 m dybde:

07-Dec-2016 17:10:00, 20-Dec-2016 06:50:00, 20-Dec-2016 07:00:00, 20-Dec-2016 07:10:00, 18-Jan-2017 11:10:00

Fjernet 4 punkter ved 5.0 m dybde:

20-Dec-2016 06:50:00, 20-Dec-2016 07:00:00, 20-Dec-2016 07:10:00, 18-Jan-2017 11:10:00

Fjernet 5 punkter ved 6.0 m dybde:

16-Dec-2016 18:40:00, 20-Dec-2016 06:50:00, 20-Dec-2016 07:00:00, 20-Dec-2016 07:10:00, 29-Dec-2016 03:40:00

Fjernet 4 punkter ved 7.0 m dybde:

20-Dec-2016 06:50:00, 20-Dec-2016 07:00:00, 20-Dec-2016 07:10:00, 05-Jan-2017 06:10:00

Fjernet 1 punkter ved 8.0 m dybde:

20-Dec-2016 07:00:00

### Aquadopp Profiler ved Steinergrunnen:

Antall NaN (hull) i intervallet: 0

Støygulvet er til instrumentet er satt til 15 counts.

Høyeste godkjente celle er valgt på grunnlag av moden for de tre strålene.

Data med lav signalstyrke (under støygulvet + 7 counts) er også fjernet.

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

1 celler fjernet pga. overflatestøy eller for lav signalstyrke:

37.0 dyp

Outliers:

Fjernet 1 punkter ved 15.0 m dybde:

23-Dec-2016 23:10:00

Fjernet 2 punkter ved 17.0 m dybde:

23-Dec-2016 23:00:00, 23-Dec-2016 23:10:00

Fjernet 2 punkter ved 19.0 m dybde:

23-Dec-2016 23:00:00, 23-Dec-2016 23:10:00

Fjernet 2 punkter ved 21.0 m dybde:

23-Dec-2016 23:00:00, 23-Dec-2016 23:10:00

Fjernet 1 punkter ved 23.0 m dybde:

11-Jan-2017 10:30:00

Fjernet 1 punkter ved 27.0 m dybde:

11-Jan-2017 10:40:00

Fjernet 4 punkter ved 33.0 m dybde:

12-Dec-2016 18:20:00, 13-Dec-2016 08:10:00, 17-Dec-2016 08:40:00, 17-Dec-2016 08:50:00

Fjernet 5 punkter ved 35.0 m dybde:

14-Dec-2016 15:00:00, 14-Dec-2016 15:10:00, 17-Dec-2016 09:30:00, 17-Dec-2016 10:30:00, 17-Dec-2016 11:10:00

## Appendiks F Instrumentspesifikasjoner

Tabell 20: Instrumentspesifikasjonene

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

## Appendiks G Kalibrering Aquadopp Profiler AQD 9251

Tabell 21: Test og spesifikasjoner

	Dato	Utført av
Service/test	01.01.2011	Nortek
Funksjonstest	06.12.2016	Multiconsult
Tilt	06.12.2016	Multiconsult
Temperatur	06.12.2016	Multiconsult
Kompass	06.12.2016	Multiconsult
Ping sjekk	06.12.2016	Multiconsult

Tabell 22: Kalibrering

	Dato	Utført av
Kompasskalibrering	06.12.2016	Multiconsult

## Appendiks H Kalibrering Aquadopp Profiler AQD 12552

Tabell 23: Test og spesifikasjoner

	Dato	Utført av
Service/test	09.06.2015	Nortek
Funksjonstest	06.12.2016	Multiconsult
Tilt	06.12.2016	Multiconsult
Temperatur	06.12.2016	Multiconsult
Kompass	06.12.2016	Multiconsult
Ping sjekk	06.12.2016	Multiconsult

Tabell 24: Kalibrering

	Dato	Utført av
Kompasskalibrering	06.12.2016	Multiconsult