

Strømrappport

**Måling av overflate- (5m),
dimensjonerings- (15m), sprednings- og
bunnstrøm ved**

Fagerhamn i

juli - august 2021

Rapport			
Rapportbeskrivelse og -navn	Vurdering av strømforhold ved Fagerhamn. SR-0921-UK-Fagerhamn-103184-01-001.pdf		
Rapportversjon	Dato	Beskrivelse	
001	03.09.21	Første utgivelse	
Rapportdistribusjon	Denne rapporten kan kun gjengis i sin helhet. Gjengivelse av deler av rapporten kan kun skje etter skriftlig tillatelse fra Åkerblå AS. I slike tilfeller skal kilde oppgis.		
Lokalitet			
Lokalitetsnavn	Fagerhamn	Lokalitetsnummer	ny
Kommune	Frøya	Fylke	Trøndelag
Oppdragsgiver			
Selskap	Uttian Kystfiske AS; c/o Espen Nilsen, Steinfjærveien 7, 7270 DYRVIK, NORGE		
Kontaktperson	Espen Nilsen	espen_nilsen@hotmail.com	
Oppdragsansvarlig			
Selskap	Åkerblå AS; Nordfrøyveien 413, 7260 SISTRANDA, NORGE Organisasjonsnummer: 916 763 816		
Feltarbeidsansvarlig	Nasir Hamdan El Shaikh Henry Køhler Haug	nasir.e@akerbla.no henry.haug@akerbla.no	
Rapportansvarlig	Astri Horge Glindø	astri.glindo@akerbla.no	
Kontrollert av	Øystein Breiteig	oystein.breiteig@akerbla.no	
Akkreditering	Feltarbeid og rapport er utført av Åkerblå og er akkreditert.		

Resultat nøkkeltall				
Måledyp	5m	15m	Spredning (43m)	Bunn (66m)
Maksimal strøm (cm/s) (retning)	54.2 (S)	49.9 (SV)	22.8 (NV)	25.2 (Ø)
Gjennomsnittlig strøm (cm/s)	14.3	11.1	5.4	5.6
Strømstyrke < 1cm/s (%)	0.3	0.7	3.4	6.3
Strømstyrke < 3cm/s (%)	2.7	6.5	24.4	36.8
Strømstyrke < 10cm/s (%)	32.9	53.9	90.7	83.2
Strømstyrke ≥ 30cm/s (%)	4.9	2.3	0.0	0.0
Strømstyrke ≥ 50cm/s (%)	0.08	0.0	0.0	0.0
Neumann-parameter	0.1	0.2	0.2	0.2
10-års strøm (maksimal)	89	82	-	-
50-års strøm (maksimal)	100	92	-	-

Innholdsfortegnelse

1. Forord	5
2. Områdebeskrivelse	6
3. Metodikk.....	7
4. Resultater.....	10
4.1 Sammendrag av strømdata	10
4.2 Strømroser	11
4.3 Matrise med strømhastighet og -retning	12
4.4 Strømmens hastighetsfordeling.....	16
4.5 Strømmens retningsfordeling	17
4.6 Tidsdiagram – Strømhastighet	18
4.7 Tidsdiagram – Strømretning	19
4.8 Tidsdiagram – Temperatur	20
4.9 Progressivt vektordiagram	21
4.10 Fordelingsdiagram – Maksimal strømhastighet	22
4.11 Fordelingsdiagram – Gjennomsnittshastighet.....	23
4.12 Fordelingsdiagram – Relativ vannfluks	24
4.13 Fordelingsdiagram – Antall observasjoner	25
4.14 Strømhastighetsprofil	26
4.15 Maksimal strømhastighet i 8 retningssektorer	27
4.16 Gjennomsnittlig strømhastighet i 8 retningssektorer	27
4.17 Antall målinger i 8 retningssektorer.....	27
4.18 Relativ vannutskiftning i 8 retningssektorer	27
4.19 10-års og 50-års strømhastighet i 8 retningssektorer	28
4.20 Persentilfordeling av strømhastighet.....	29
4.21 Prosentfordeling av strømhastighet.....	29
4.22 Strømfordeling	30
4.23 Strømvarighet.....	32
4.24 Tidevannsanalyse	34
4.25 Todagersperiode	37
4.26 Vind under måleperioden.....	38
4.27 Utslippskontur	41
4.28 CTD-profil.....	42
5. Diskusjon	43
5.1 Høye strømmålinger.....	43

5.2	Tidevannspåvirkning.....	43
5.3	Vindpåvirkning	43
5.4	Vannutskiftning.....	44
5.5	Mulig spredning av utslipp.....	44
5.6	Vannsøylens vertikale struktur.....	45
6.	Vedlegg – Bakgrunnsinformasjon	46
6.1	Valg av sted, dyp og periode for strømmålinger.....	46
6.2	Spesifikasjoner for strøminstrumenter	47
6.3	Måleprinsipp for strømmålinger	48
6.4	CTD-målinger	48
7.	Vedlegg – Riggoppsett	49
7.1	Riggoppsett	49
8.	Vedlegg – Databearbeiding og kvalitetssikring.....	51
8.1	Databearbeiding	51
8.2	Kvalitetssikring av data.....	53
8.3	Fjernede dataverdier.....	58
8.3.1	Måleperiode	58
8.3.2	Enkelte datapunkter.....	58
9.	Vedlegg – Fyrstikkdiagram av vind og strøm	59
10.	Vedlegg – Strømmens tilstandsklasser	62
11.	Vedlegg – Månedlige tidevannsvariasjoner	63
12.	Vedlegg – Måleenheter	64
13.	Vedlegg – Parametere og beskrivelse	65
14.	Vedlegg – Referanser	66

1. Forord

Åkerblå AS har på oppdrag fra Uttian Kystfiske AS utført strømmålinger ved tenkt oppdrettslokalitet Fagerhamn som er vurdert etter beliggenhet, strømforhold, temperatur, vannutskiftning, tidevann og vind.

Resultatene fra undersøkelsen gjelder for gitte prøvepunkt og på gitt tidspunkt hvor vurderingen av strømforhold over området er vurdert på bakgrunn av resultatene.

NYTEK-forskriften har som mål å begrense rømming av fisk fra oppdrettsanlegg. NS 9415:2009 krever at alle lokaliteter undersøkes og beskrives ut fra topografi og eksponeringsgrad i form av parametere som danner grunnlag for beregning av miljølaste på et anlegg.

Alle omsøkte akvakulturlokaliteter skal også kunne ivareta artens krav til et godt levemiljø (Mattilsynet, 2016). Det må være tilstrekkelig tilførsel av vann av egnet kvalitet. Spesielt relevant er oksygen – som er vurdert etter blant annet strømforhold og vannutskiftning – og temperatur.

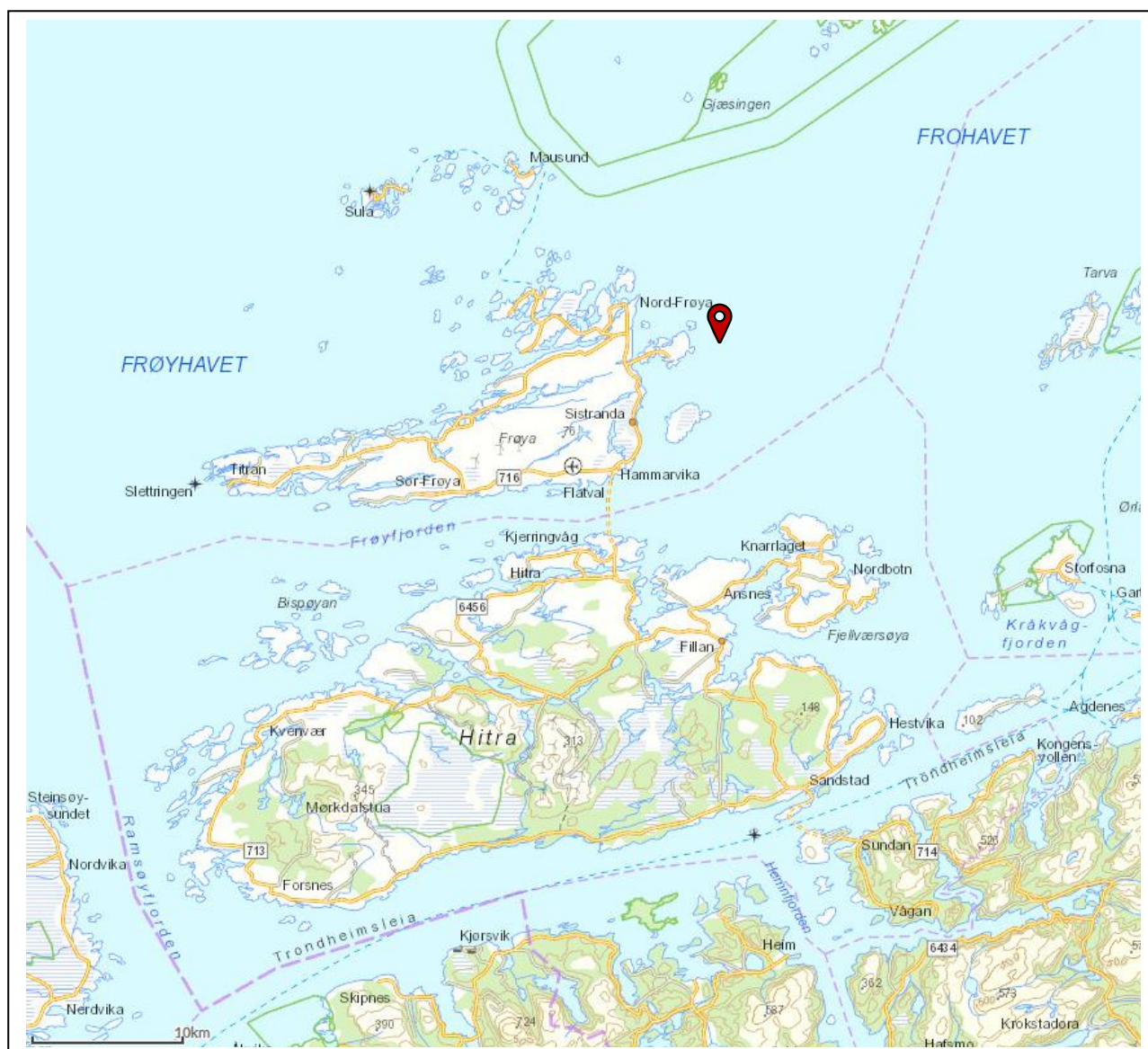
Denne rapporten tilfredsstiller kravene i NS 9415:2009, samt anbefalingene i retningslinje for etableringssøknader fra Mattilsynet (2016).

2. Områdebeskrivelse

Målepunktet for Fagerhamn ligger i Frøya kommune, Trøndelag (Figur 2.1). Fagerhamn ligger på østsiden av Frøya, øst for øya Uttian og nordøst for øya Inntian. Plasseringen ligger langs kystlinjen og er eksponert for åpent hav.

På grunn av lite omkringliggende topografi er området relativt eksponert for vind fra alle andre retninger enn vest.

Bunntopografi er ca. 67m dyp og er kupert i området for strømmålingsposisjonen. Målepunktet ligger i krysningen mellom to undersjøiske renner, som er orientert Ø – V og N – SØ.



Figur 2.1. Oversiktskart over området rundt måleposisjonen, anvist med rød pinne. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

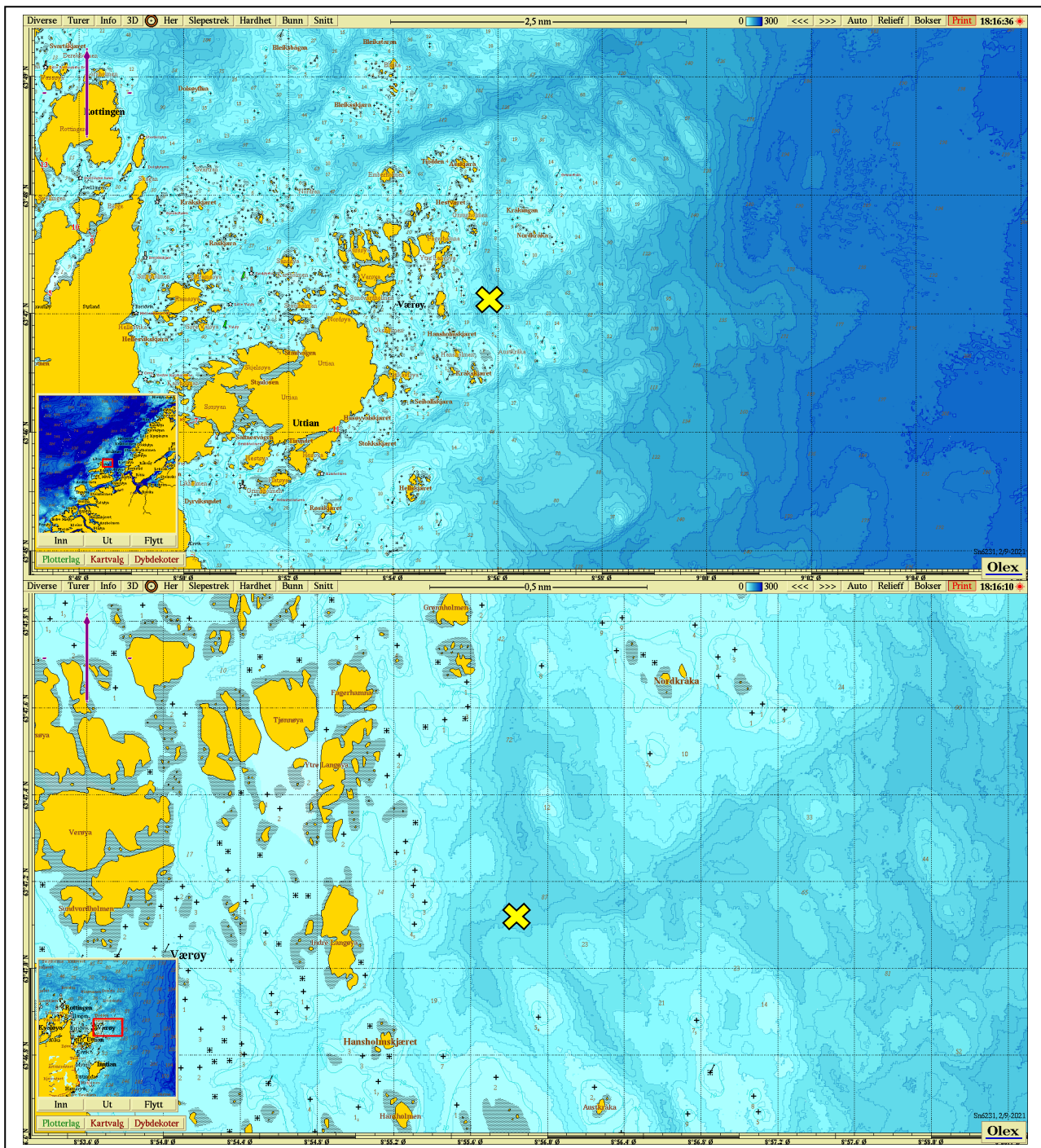
3. Metodikk

Strømmålinger er kvalitetssikret av Åkerblå AS og informasjon om måleperiode og instrumenter som ble benyttet er oppgitt i Tabell 3.1.

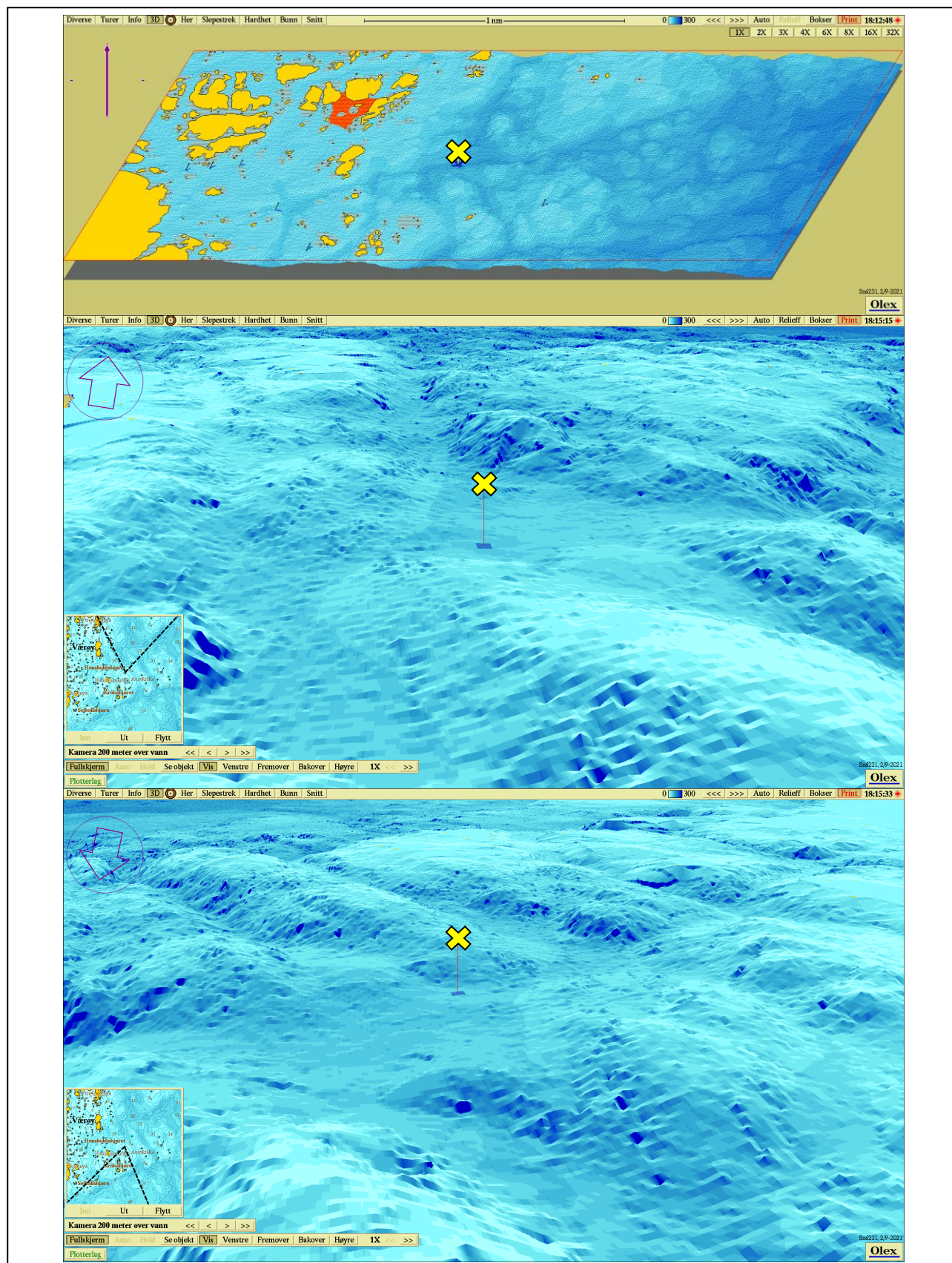
Ut fra topografi og bunntopografi er plasseringen vurdert som god for å dokumentere strømforholdene i området (Figur 3.1 – Figur 3.2). Målerne på 5m og 15m dyp er plassert i posisjonen som sannsynligvis oppgir høyeste strømhastighet i området rundt måleposisjonen.

Tabell 3.1. Bakgrunnsinformasjon om strømmåling.

Måledyp	5m	15m	Spredning (43m)	Bunn (66m)
Posisjonsanvisning	✗	✗	✗	✗
Posisjon	63° 47.118' N; 008° 55.841' Ø	63° 47.118' N; 008° 55.841' Ø	63° 47.118' N; 008° 55.841' Ø	63° 47.118' N; 008° 55.841' Ø
Dyp på målested	67m	67m	67m	67m
Instrumenttype	Nortek AWAC	Nortek AWAC	Aanderaa punktmåler	Aanderaa punktmåler
Måleperiode	01.07.21 - 15.08.21	01.07.21 - 15.08.21	01.07.21 - 15.08.21	01.07.21 - 15.08.21
Måleintervall	10 minutter	10 minutter	10 minutter	10 minutter
Antall døgn	45.1 / 45.1	45.1 / 45.1	45.1 / 45.1	45.1 / 45.1
Manglende/fjernede datapunkt	0	0	0	0



Figur 3.1. Plassering av strømmålere i området anvist med gult kryss. Kompasspila øverst i venstre hjørne indikerer kartets orientering. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.



Figur 3.2. 3D-bilde av bunntopografi i området. Den tynne kompasspila øverst i venstre hjørne indikerer kartets orientering (øverste bilde) og den tykke kompasspila indikerer kameraets orientering (midterste og nederste bilde). De små bildene viser kameraets utsiktspunkt for den tilhørende bunntopografien. Kartene er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

4. Resultater

4.1 Sammendrag av strømdata

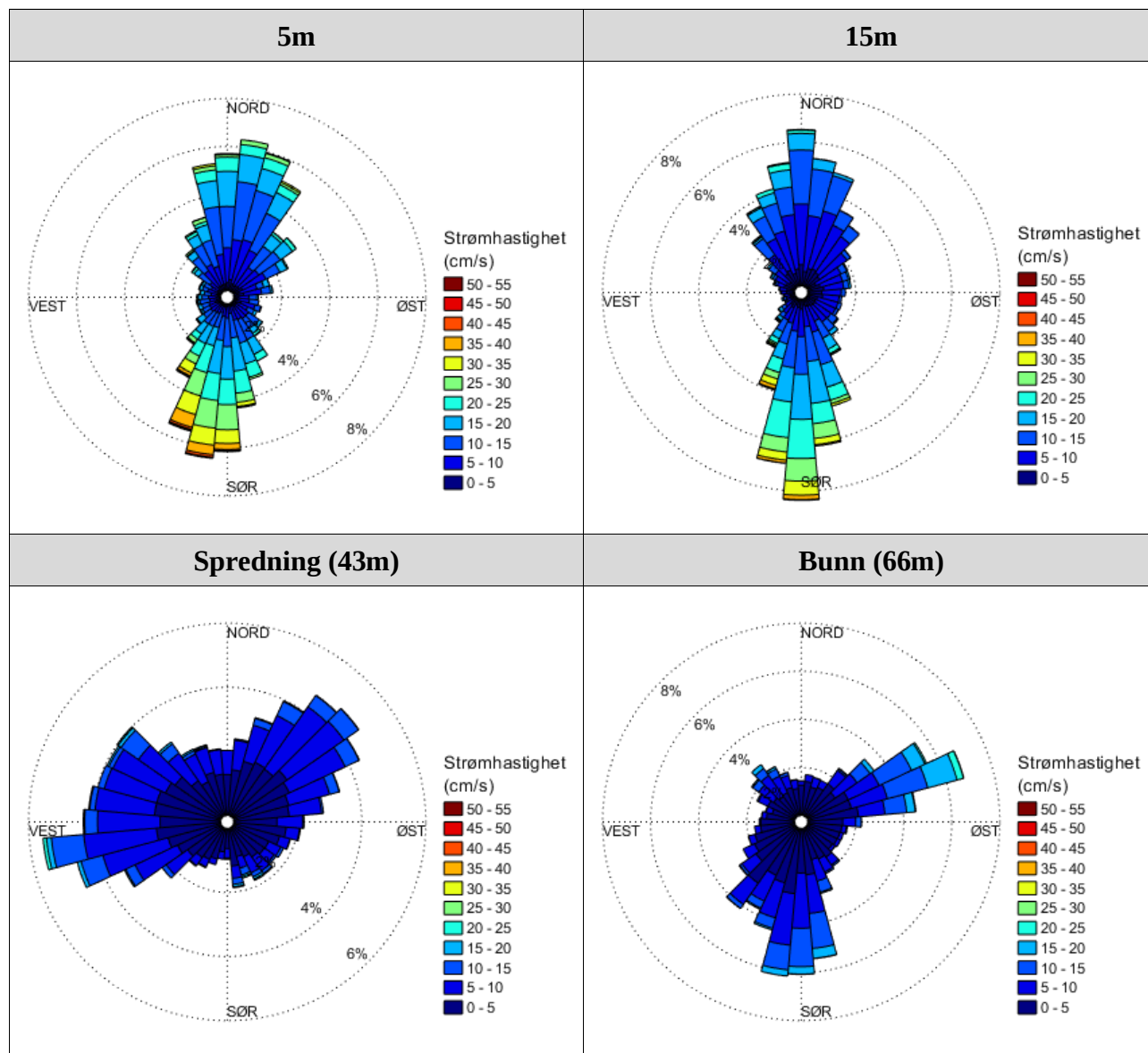
Resultater per måledyp for hele måleperioden er sammenfattet i Tabell 4.1.1. Verdiene er klassifisert (fargelagt) etter: «Vedlegg – Strømmens tilstandsklasser». De ulike parameterne som er oppgitt er forklart i «Vedlegg – Parametere og beskrivelse».

Tabell 4.1.1. Sammendrag av strømdata fra 5m, 15m, spredningsdyp (43m) og bunndyp (66m).

Måledyp	Instrument (24m)		Spredning (43m)	Bunn (66m)
Sjøtemperatur (°C)	10.5 - 13.3		9.2 - 13.3	8.7 - 11.4
Strømhastighet	5m	15m	Spredning (43m)	Bunn (66m)
Maksimum (cm/s)	54.2	49.9	22.8	25.2
Gjennomsnitt (cm/s)	14.3	11.1	5.4	5.6
Minimum (cm/s)	0.2	0.2	0.1	0.0
Signifikant maks (cm/s)	23.2	19.1	9.2	10.9
Signifikant min (cm/s)	6.7	4.6	2.3	1.6
Varians (cm/s) ²	62.0	49.7	11.0	19.5
Standardavvik (cm/s)	7.9	7.1	3.3	4.4
% < 1cm/s (dvs. 0 - < 1cm/s)	0.3	0.7	3.4	6.3
Lengste periode < 1cm/s (min)	30	20	60	50
% < 3cm/s (dvs. 0 - < 3cm/s)	2.7	6.5	24.4	36.8
Lengste periode < 3cm/s (min)	100	100	250	340
% < 10cm/s (dvs. 0 - < 10cm/s)	32.9	53.9	90.7	83.2
Lengste periode < 10cm/s (min)	500	640	5530	3750
% ≥ 30cm/s	4.9	2.3	0.0	0.0
Lengste periode ≥ 30cm/s (min)	140	80	0	0
% ≥ 50cm/s	0.08	0.0	0.0	0.0
Lengste periode ≥ 50cm/s (min)	20	0	0	0
Effektiv transport				
Hastighet (cm/s)	1.6	2.3	1.2	1.3
Retning (grader)	179	170	326	131
Neumann-parameter	0.1	0.2	0.2	0.2
Gjennomsnittlig vannforflytning (m ³ /m ² /d)	12353	9572	4682	4850

4.2 Strømroser

Strømrosene viser strømhastighet og -retning under hele måleperioden. Strømrosene viser hvor stor andel av målingene som er registrert for hver 10°-sektor, vist som prosentandel i figurene, og hvilken strømhastighetsklasse som er registrert i de ulike sektorene. Strømroser gir en indikasjon på om strømmen har en dominerende retning eller ikke.



Figur 4.2.1. Strømroser på 5m, 15m, spredningsdyp (43m) og bunndyp (66m).

4.3 Matrise med strømhastighet og -retning

Strømretninger er fordelt i 15°-sektorer (sektorene er vist i venstre kolonne). Den nederste linjen viser den prosentvise fordelingen av de registrerte strømhastighetene. Kolonnen til høyre viser den prosentvise fordelingen i de ulike 15°-sektorene og antall kubikkmeter vann som i måleperioden vil passere et tenkt vindu på 1x1 meter i den aktuelle strømretningen. Kolonnen til høyre viser også maksimal strømhastighet i hver 15°-sektor.

Hastighetsfordeling er $\geq$ (lavest verdi) og $<$ (høyest verdi) i oppgitt hastighetsrekkevidde.

Tabell 4.3.1. Hastighets- og retningsmatrise av strømdata fra 5m dyp.

Retning (grader)		Strømhastighetsgruppe (cm/s)													Antall obs.	%	Relativ vannfluks		Maks- strøm cm/s
		0-1	1-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100			m ³ /m ²	%	
N	0	0	9	29	139	171	132	62	13	5	0	0	0	0	560	8.6	45354	8.1	33.3
N	15	0	8	21	181	239	99	38	17	2	0	0	0	0	605	9.3	45309	8.1	32.9
NØ	30	1	10	24	146	156	91	31	11	5	0	0	0	0	475	7.3	35333	6.3	33.8
NØ	45	0	10	17	93	107	53	14	2	0	0	0	0	0	296	4.6	20502	3.7	27.5
NØ	60	0	16	26	99	63	38	9	0	0	0	0	0	0	251	3.9	15075	2.7	23.8
Ø	75	0	10	21	76	32	16	1	0	0	0	0	0	0	156	2.4	8173	1.5	20.0
Ø	90	0	5	17	52	33	6	0	0	0	0	0	0	0	113	1.7	5774	1.0	19.3
Ø	105	0	7	17	53	30	3	0	0	0	0	0	0	0	110	1.7	5354	1.0	17.1
SØ	120	3	5	14	48	31	11	0	0	0	0	0	0	0	112	1.7	5877	1.1	18.8
SØ	135	0	2	17	57	50	20	4	1	0	0	0	0	0	151	2.3	9548	1.7	26.3
SØ	150	0	4	11	65	82	65	36	1	0	0	0	0	0	264	4.1	21098	3.8	26.1
S	165	1	4	2	47	106	105	73	22	6	0	0	0	0	366	5.6	35976	6.5	36.4
S	180	2	2	5	41	108	137	101	95	72	8	0	0	0	571	8.8	70534	12.7	48.2
S	195	0	5	9	31	80	104	118	110	132	16	2	0	0	607	9.3	84860	15.2	54.2
SV	210	0	3	11	33	57	71	59	39	53	6	3	0	0	335	5.2	41197	7.4	51.7
SV	225	1	2	6	45	51	45	9	8	3	1	0	0	0	171	2.6	14067	2.5	48.2
SV	240	1	9	10	31	28	12	4	0	1	0	0	0	0	96	1.5	5733	1.0	30.9
V	255	3	2	10	37	39	13	4	2	0	0	0	0	0	110	1.7	6969	1.3	26.3
V	270	1	5	7	30	26	14	3	1	0	0	0	0	0	87	1.3	5463	1.0	25.3
V	285	1	9	8	35	27	15	4	0	0	0	0	0	0	99	1.5	5862	1.1	20.7
NV	300	2	7	8	30	27	10	4	2	0	0	0	0	0	90	1.4	5586	1.0	28.5
NV	315	0	5	18	55	65	30	8	5	0	0	0	0	0	186	2.9	13067	2.3	28.7
NV	330	1	12	11	93	85	37	10	7	0	0	0	0	0	256	3.9	17119	3.1	29.3
N	345	1	8	20	102	159	92	26	17	5	0	0	0	0	430	6.6	33627	6.0	32.5
Antall obs.		18	159	339	1619	1852	1219	618	353	284	31	5	0	0	6497	100	0	0	0
%		0.3	2.4	5.2	24.9	28.5	18.8	9.5	5.4	4.4	0.5	0.1	0.0	0.0	100	0	0	0	0

Tabell 4.3.2. Hastighets- og retningsmatrise av strømdata fra 15m dyp.

Retning (grader)		Strømhastighetsgruppe (cm/s)													Antall obs.	%	Relativ vannfluks		Maks- strøm
		0-1	1-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100			m³/m²	%	
N	0	2	21	57	235	211	75	9	2	0	0	0	0	0	612	9.4	36628	8.5	26.5
N	15	3	19	42	236	171	23	1	0	0	0	0	0	0	495	7.6	26654	6.2	21.3
NØ	30	3	24	47	203	79	1	0	0	0	0	0	0	0	357	5.5	16343	3.8	15.1
NØ	45	2	30	44	163	29	1	0	0	0	0	0	0	0	269	4.1	10912	2.5	16.1
NØ	60	2	12	33	106	28	4	0	0	0	0	0	0	0	185	2.8	7964	1.8	16.5
Ø	75	2	21	35	94	17	10	0	0	0	0	0	0	0	179	2.8	7350	1.7	17.6
Ø	90	2	20	41	71	20	1	0	0	0	0	0	0	0	155	2.4	5691	1.3	15.1
Ø	105	1	13	35	78	12	0	0	0	0	0	0	0	0	139	2.1	5120	1.2	13.0
SØ	120	6	9	24	84	13	2	0	0	0	0	0	0	0	138	2.1	5563	1.3	16.6
SØ	135	2	15	26	84	36	11	0	0	0	0	0	0	0	174	2.7	8159	1.9	18.1
SØ	150	1	15	18	74	87	48	17	6	2	0	0	0	0	268	4.1	18838	4.4	31.0
S	165	0	14	14	101	139	121	74	34	19	0	0	0	0	516	7.9	47553	11.0	38.7
S	180	3	14	29	109	154	191	150	88	65	3	0	0	0	806	12.4	85967	19.9	43.2
S	195	2	8	15	79	112	101	100	44	41	2	0	0	0	504	7.8	52397	12.1	45.6
SV	210	3	16	21	61	53	33	20	7	18	2	0	0	0	234	3.6	18998	4.4	49.9
SV	225	3	10	12	38	23	16	5	1	0	0	0	0	0	108	1.7	6152	1.4	28.9
SV	240	2	7	14	17	6	5	0	0	0	0	0	0	0	51	0.8	2083	0.5	18.5
V	255	0	8	9	22	7	5	0	0	0	0	0	0	0	51	0.8	2253	0.5	18.6
V	270	2	15	16	19	8	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0.9	1932	0.4	14.6
V	285	1	15	27	33	5	3	0	0	0	0	0	0	0	84	1.3	2935	0.7	17.8
NV	300	3	13	21	47	17	7	3	0	0	0	0	0	0	111	1.7	5002	1.2	20.7
NV	315	2	18	30	76	54	11	4	0	0	0	0	0	0	195	3.0	9977	2.3	21.7
NV	330	0	18	56	138	98	33	7	2	0	0	0	0	0	352	5.4	19783	4.6	27.2
N	345	1	18	40	204	110	53	25	3	0	0	0	0	0	454	7.0	27640	6.4	28.2
Antall obs.		48	373	706	2372	1489	755	415	187	145	7	0	0	0	6497	100	0	0	0
%		0.7	5.7	10.9	36.5	22.9	11.6	6.4	2.9	2.2	0.1	0.0	0.0	0.0	100	0	0	0	0

Tabell 4.3.3. Hastighets- og retningsmatrise av strømdata fra spredningsdyp (43m).

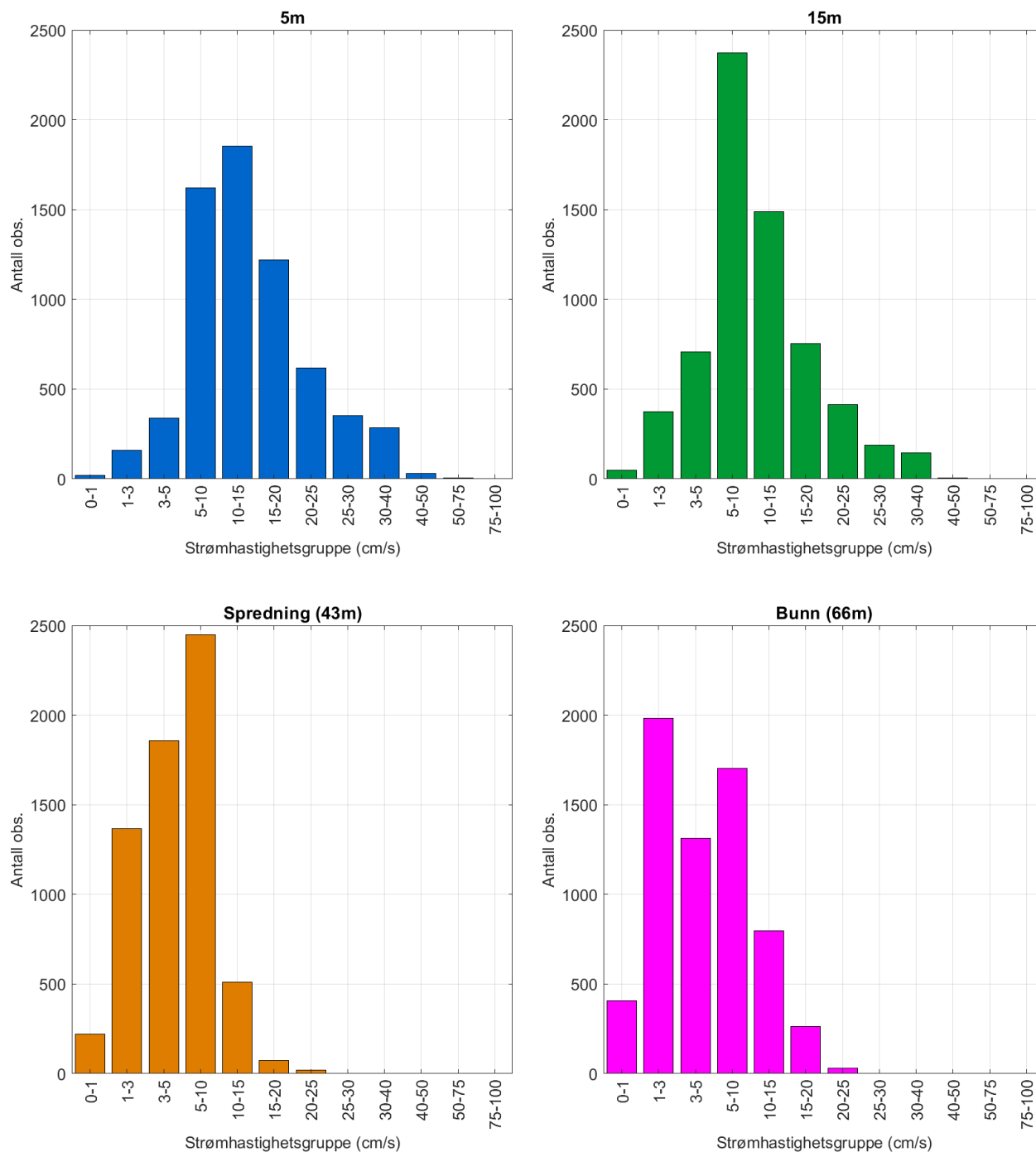
Retning (grader)		Strømhastighetsgruppe (cm/s)													Antall obs.	%	Relativ vannfluks		Maks- strøm cm/s
		0-1	1-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100			m³/m²	%	
N	0	9	60	55	71	1	0	0	0	0	0	0	0	0	196	3.0	4872	2.3	11.0
N	15	13	54	89	95	12	1	0	0	0	0	0	0	0	264	4.1	7880	3.7	17.3
NØ	30	10	72	90	174	44	4	0	0	0	0	0	0	0	394	6.1	14079	6.7	18.1
NØ	45	12	83	100	231	42	1	0	0	0	0	0	0	0	469	7.2	16422	7.8	15.2
NØ	60	4	72	113	162	50	1	0	0	0	0	0	0	0	402	6.2	14349	6.8	15.0
Ø	75	12	61	93	116	18	1	0	0	0	0	0	0	0	301	4.6	9097	4.3	15.1
Ø	90	6	60	93	80	4	0	0	0	0	0	0	0	0	243	3.7	6384	3.0	11.0
Ø	105	6	49	81	38	3	0	0	0	0	0	0	0	0	177	2.7	4314	2.0	11.1
SØ	120	9	54	63	39	8	0	0	0	0	0	0	0	0	173	2.7	4238	2.0	14.3
SØ	135	15	43	59	41	10	1	0	0	0	0	0	0	0	169	2.6	4435	2.1	15.3
SØ	150	13	35	48	51	15	6	3	0	0	0	0	0	0	171	2.6	5835	2.8	21.4
S	165	7	45	62	38	18	9	4	0	0	0	0	0	0	183	2.8	6518	3.1	22.5
S	180	4	35	29	25	4	1	1	0	0	0	0	0	0	99	1.5	2650	1.3	20.1
S	195	10	35	33	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	1.6	2149	1.0	8.9
SV	210	11	47	45	23	3	0	0	0	0	0	0	0	0	129	2.0	2757	1.3	10.9
SV	225	10	53	59	50	5	0	0	0	0	0	0	0	0	177	2.7	4297	2.0	12.6
SV	240	9	53	87	143	37	3	0	0	0	0	0	0	0	332	5.1	11879	5.6	17.1
V	255	11	65	110	218	87	18	7	0	0	0	0	0	0	516	7.9	22014	10.4	22.4
V	270	7	69	109	187	42	2	1	0	0	0	0	0	0	417	6.4	15032	7.1	21.5
V	285	5	66	135	176	18	2	0	0	0	0	0	0	0	402	6.2	12793	6.1	17.3
NV	300	14	76	101	174	24	6	1	0	0	0	0	0	0	396	6.1	12977	6.1	21.5
NV	315	7	64	83	119	50	10	2	0	0	0	0	0	0	335	5.2	12727	6.0	22.8
NV	330	11	53	62	89	14	5	0	0	0	0	0	0	0	234	3.6	7434	3.5	19.2
N	345	6	63	58	84	3	2	0	0	0	0	0	0	0	216	3.3	6097	2.9	18.4
Antall obs.		221	1367	1857	2448	512	73	19	0	0	0	0	0	0	6497	100	0	0	0
%		3.4	21.0	28.6	37.7	7.9	1.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100	0	0	0	0

Tabell 4.3.4. Hastighets- og retningsmatrise av strømdata fra bunndyp (66m).

Retning (grader)		Strømhastighetsgruppe (cm/s)													Antall obs.	%	Relativ vannfluks		Maks- strøm
		0-1	1-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100			m³/m²	%	
N	0	17	73	32	25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	149	2.3	2704	1.2	11.7
N	15	11	77	40	34	1	0	0	0	0	0	0	0	0	163	2.5	3273	1.5	10.4
NØ	30	16	80	37	40	1	0	0	0	0	0	0	0	0	174	2.7	3569	1.6	10.4
NØ	45	14	78	51	75	27	8	0	0	0	0	0	0	0	253	3.9	8050	3.7	19.6
NØ	60	21	89	80	148	149	66	9	0	0	0	0	0	0	562	8.7	28876	13.2	24.5
Ø	75	20	90	77	128	129	83	16	1	0	0	0	0	0	544	8.4	29216	13.4	25.2
Ø	90	12	77	76	56	27	4	0	0	0	0	0	0	0	252	3.9	7536	3.4	18.9
Ø	105	7	84	38	16	2	0	0	0	0	0	0	0	0	147	2.3	2739	1.3	13.9
SØ	120	14	71	45	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144	2.2	2415	1.1	7.2
SØ	135	20	80	45	24	5	0	0	0	0	0	0	0	0	174	2.7	3354	1.5	12.1
SØ	150	21	55	54	61	10	1	0	0	0	0	0	0	0	202	3.1	5218	2.4	15.0
S	165	23	81	54	127	92	26	1	0	0	0	0	0	0	404	6.2	17338	7.9	21.2
S	180	26	99	82	208	155	28	1	0	0	0	0	0	0	599	9.2	27431	12.5	20.9
S	195	23	109	117	186	69	18	0	0	0	0	0	0	0	522	8.0	19097	8.7	18.3
SV	210	20	107	97	116	30	4	0	0	0	0	0	0	0	374	5.8	10880	5.0	19.5
SV	225	19	122	98	89	17	2	1	0	0	0	0	0	0	348	5.4	8928	4.1	20.8
SV	240	16	104	65	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235	3.6	4811	2.2	9.5
V	255	7	98	49	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	174	2.7	3117	1.4	11.4
V	270	17	85	30	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	147	2.3	2398	1.1	8.8
V	285	11	67	21	22	3	0	0	0	0	0	0	0	0	124	1.9	2438	1.1	12.5
NV	300	17	76	31	39	7	0	0	0	0	0	0	0	0	170	2.6	3906	1.8	14.0
NV	315	20	43	36	96	33	14	0	0	0	0	0	0	0	242	3.7	9697	4.4	19.5
NV	330	16	63	34	76	33	9	1	0	0	0	0	0	0	232	3.6	8358	3.8	20.3
N	345	20	74	24	40	3	1	0	0	0	0	0	0	0	162	2.5	3467	1.6	17.2
Antall obs.		408	1982	1313	1704	796	264	29	1	0	0	0	0	0	6497	100	0	0	0
%		6.3	30.5	20.2	26.2	12.3	4.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100	0	0	0	0

4.4 Strømmens hastighetsfordeling

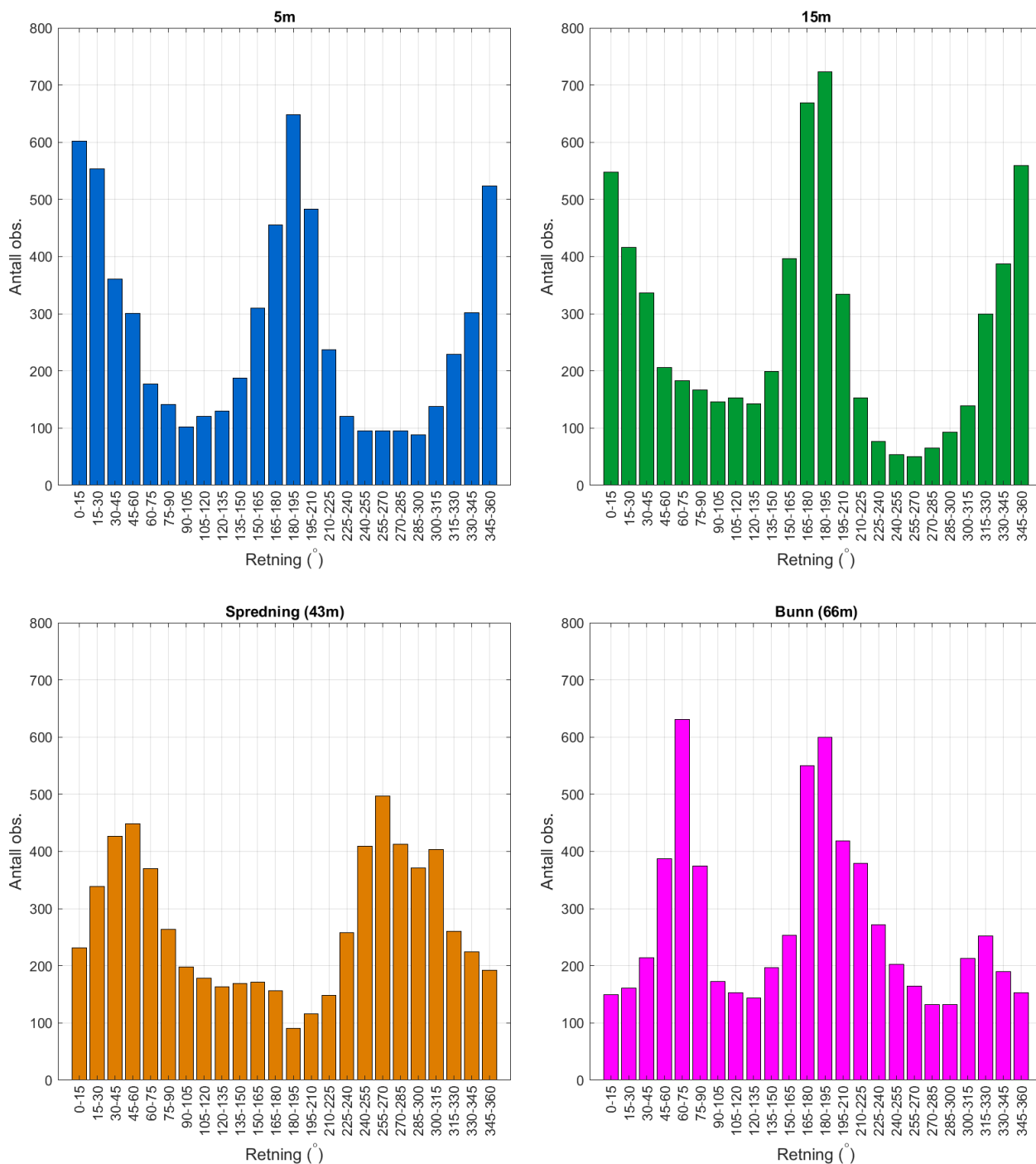
Strømmens hastighetsfordeling uten hensyn til retning er oppgitt under.



Figur 4.4.1. Strømmens hastighetsfordeling på 5m, 15m, spredningsdyp (43m) og bunndyp (66m). Antall observasjoner er indikert på stående akse og hastighetsgruppe på liggende akse.

4.5 Strømmens retningsfordeling

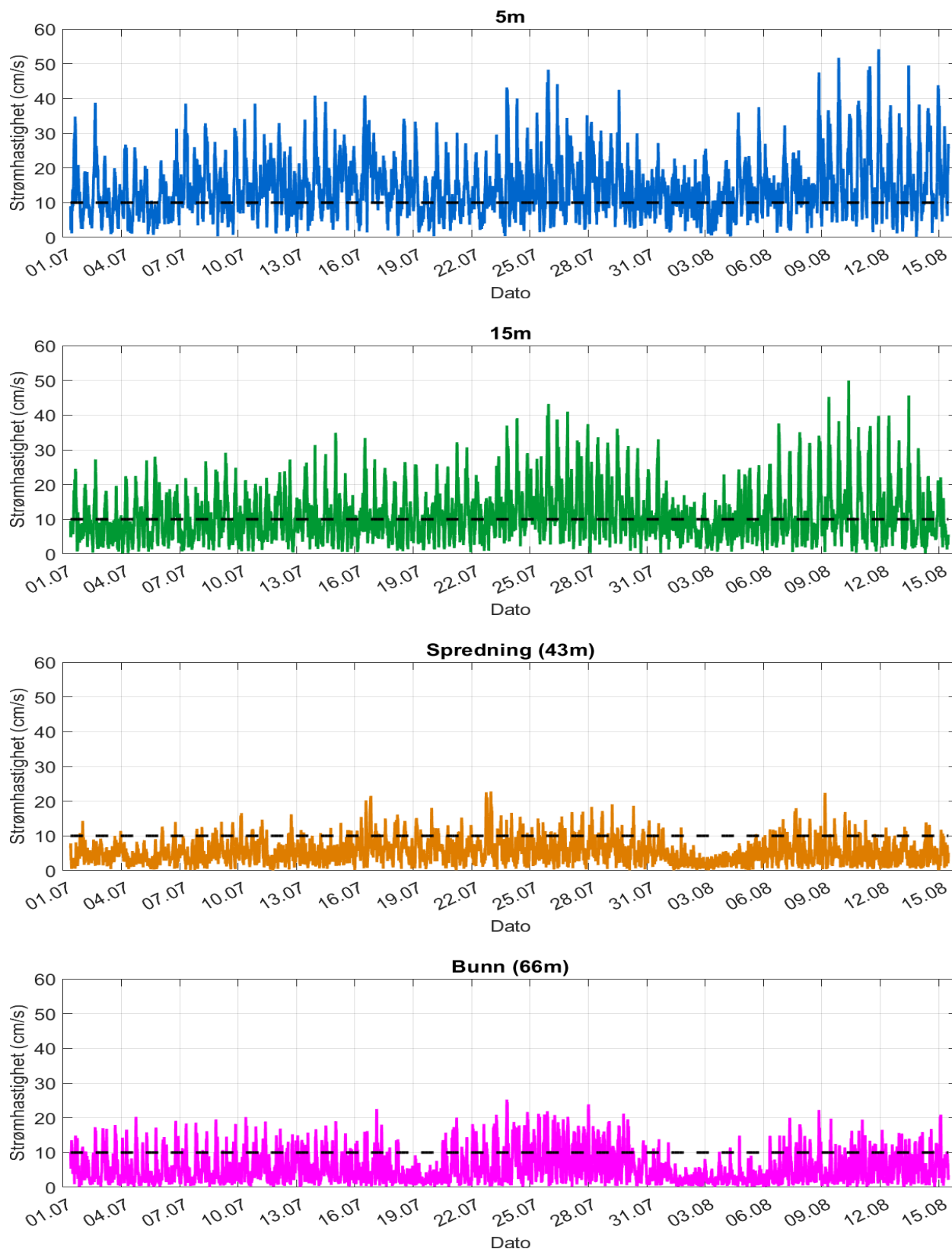
Strømmens retning fordelt i 15°-sektorer er oppgitt under.



Figur 4.5.1. Strømmens retningsfordeling på 5m, 15m, spredningsdyp (43m) og bunndyp (66m). Antall observasjoner er indikert på stående akse og 15°-sektorer på liggende akse.

4.6 Tidsdiagram – Strømhastighet

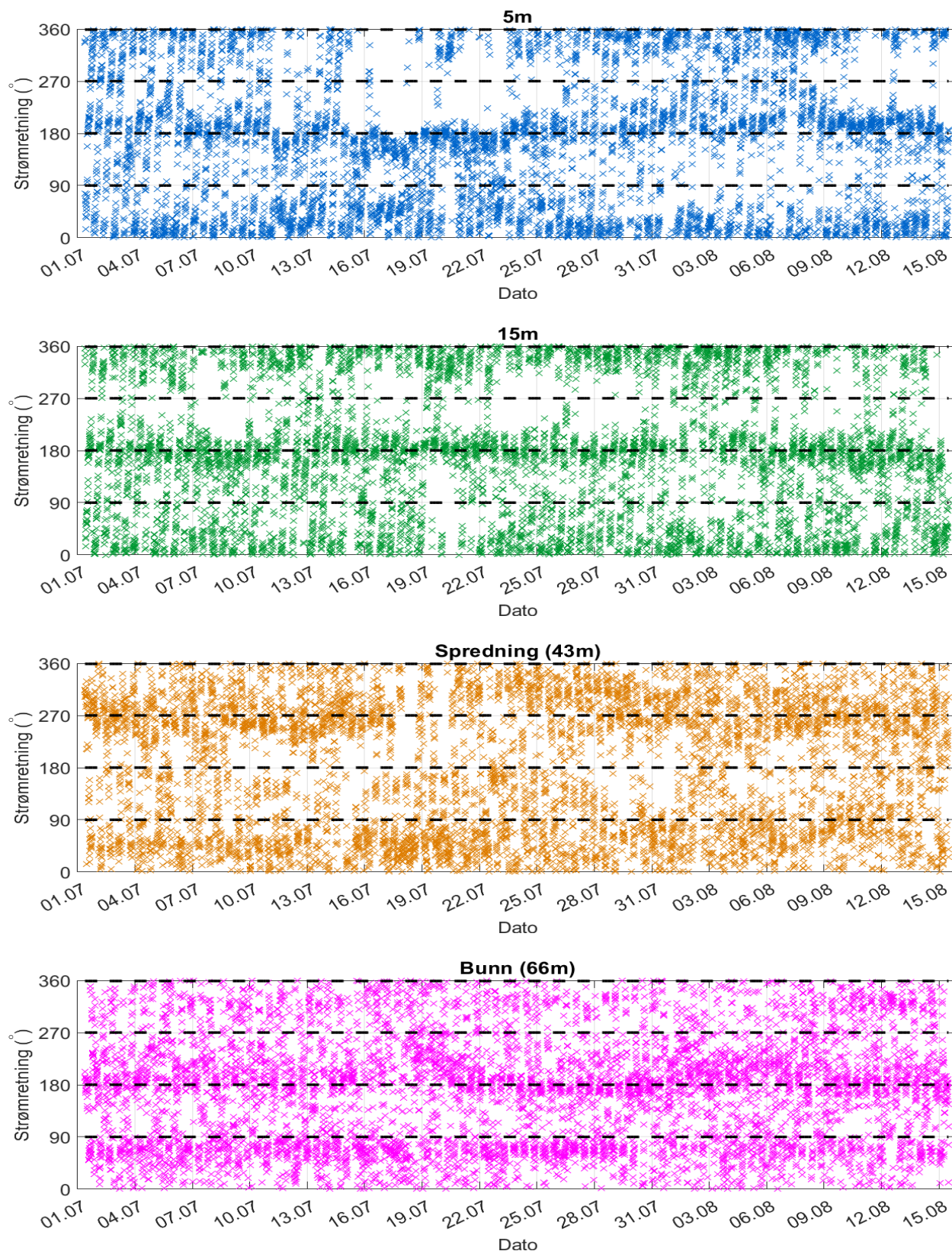
Strømmens hastighet under måleperioden er oppgitt under.



Figur 4.6.1. Tidsdiagram av strømhastighet på 5m, 15m, spredningsdyp (43m) og bunndyp (66m). Strømhastighet er indikert på stående akse og tid på liggende akse.

4.7 Tidsdiagram – Strømretning

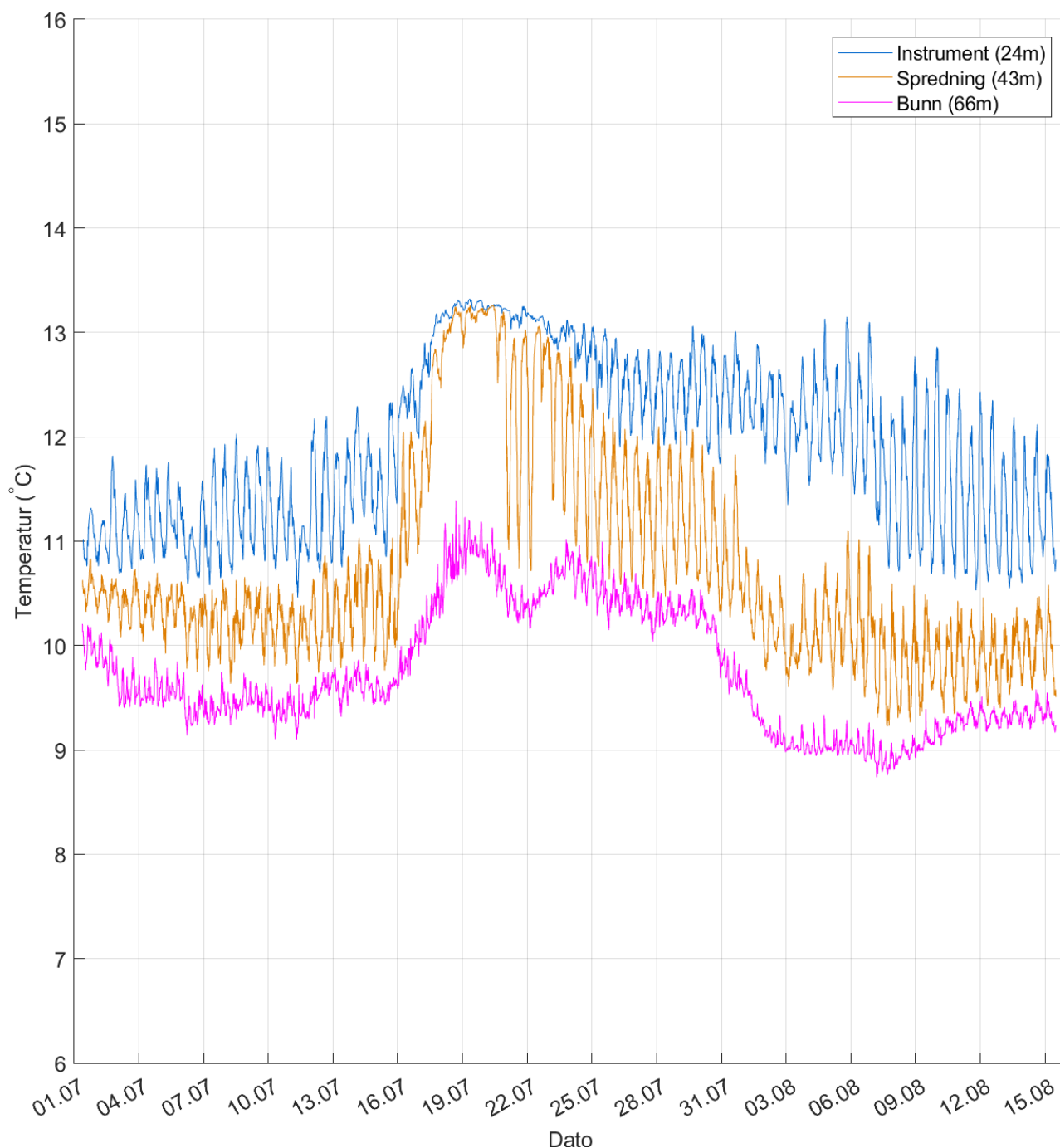
Strømmens retning under måleperiode er oppgitt under.



Figur 4.7.1. Tidsdiagram av strømretning på 5m, 15m, spredningsdyp (43m) og bunn dyp (66m). Strømretning på stående akse og tid på liggende akse.

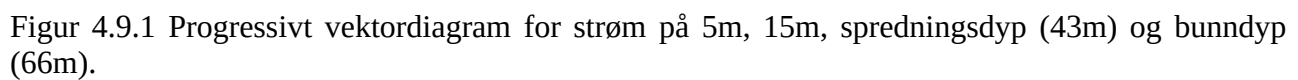
4.8 Tidsdiagram – Temperatur

Temperatur under måleperioden er oppgitt under.

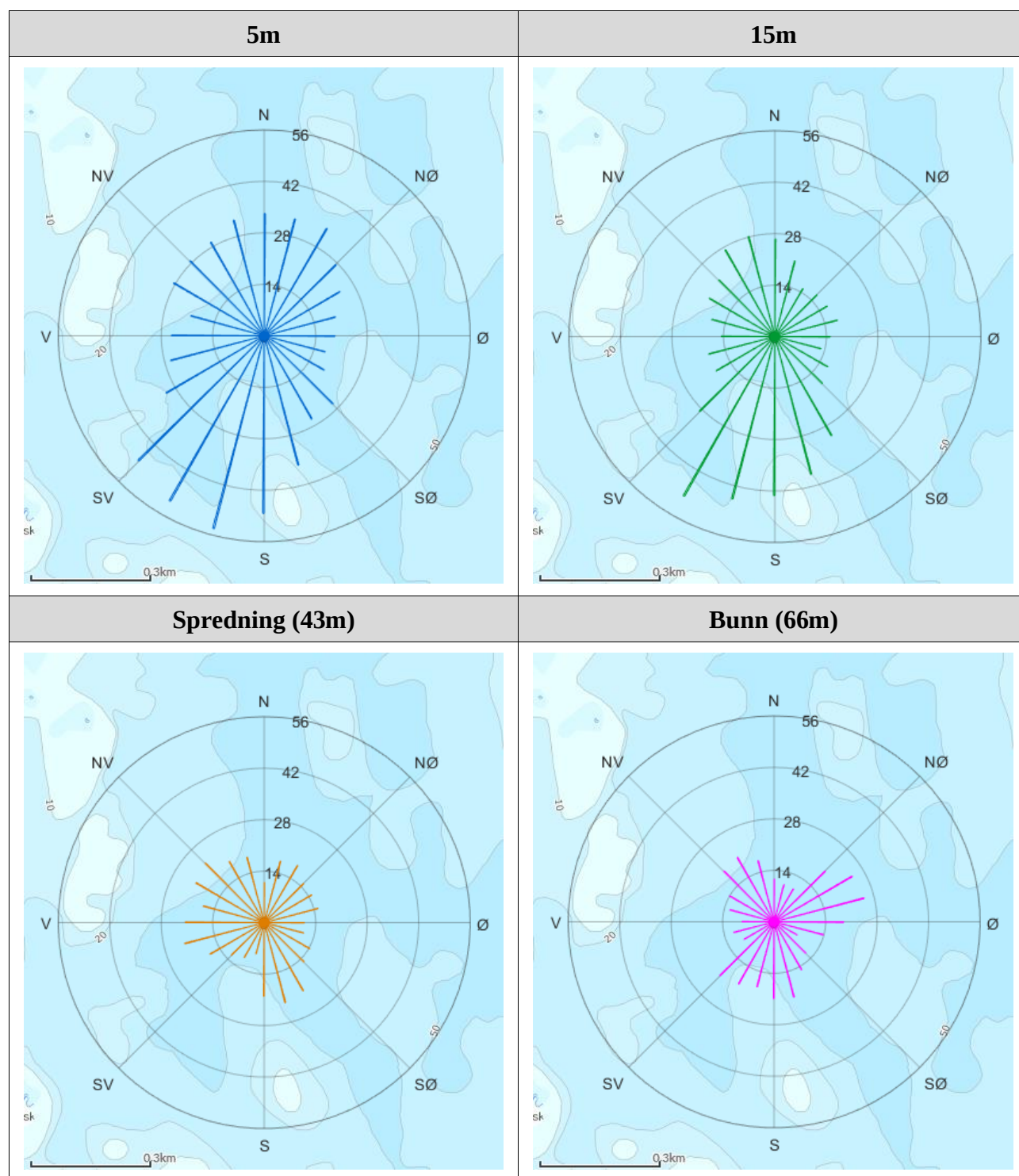


Figur 4.8.1. Tidsdiagram av temperatur på instrument (24m), spredningsdyp (43m) og bunndyp (66m). Temperatur er indikert på stående akse og tid på liggende akse.

Et progressivt vektordiagram viser hvor langt og hvordan en tenkt merket vannpartikkel som befinner seg i strømmålerens posisjon ved målestart, vil drive av sted i løpet av måleperioden (Figur 4.9.1). Dette gir en indikasjon på vannutskiftning under måleperioden.

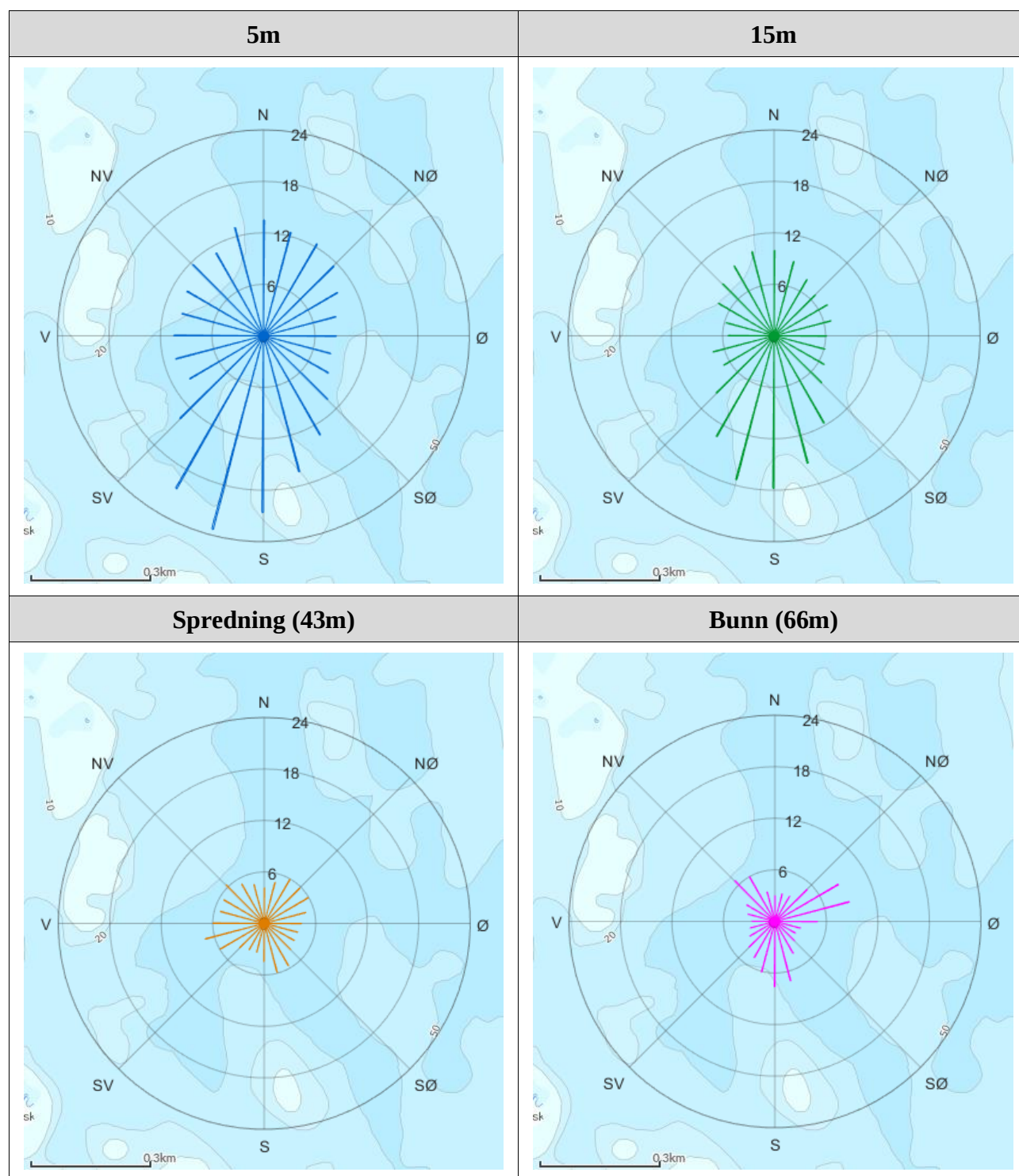


4.10 Fordelingsdiagram – Maksimal strømshastighet



Figur 4.10.1. Fordelingsdiagram av maksimal strømshastighet (cm/s) for hver 15°-sektor på 5m, 15m, spredningsdyp (43m) og bunndyp (66m) i løpet av måleperioden.

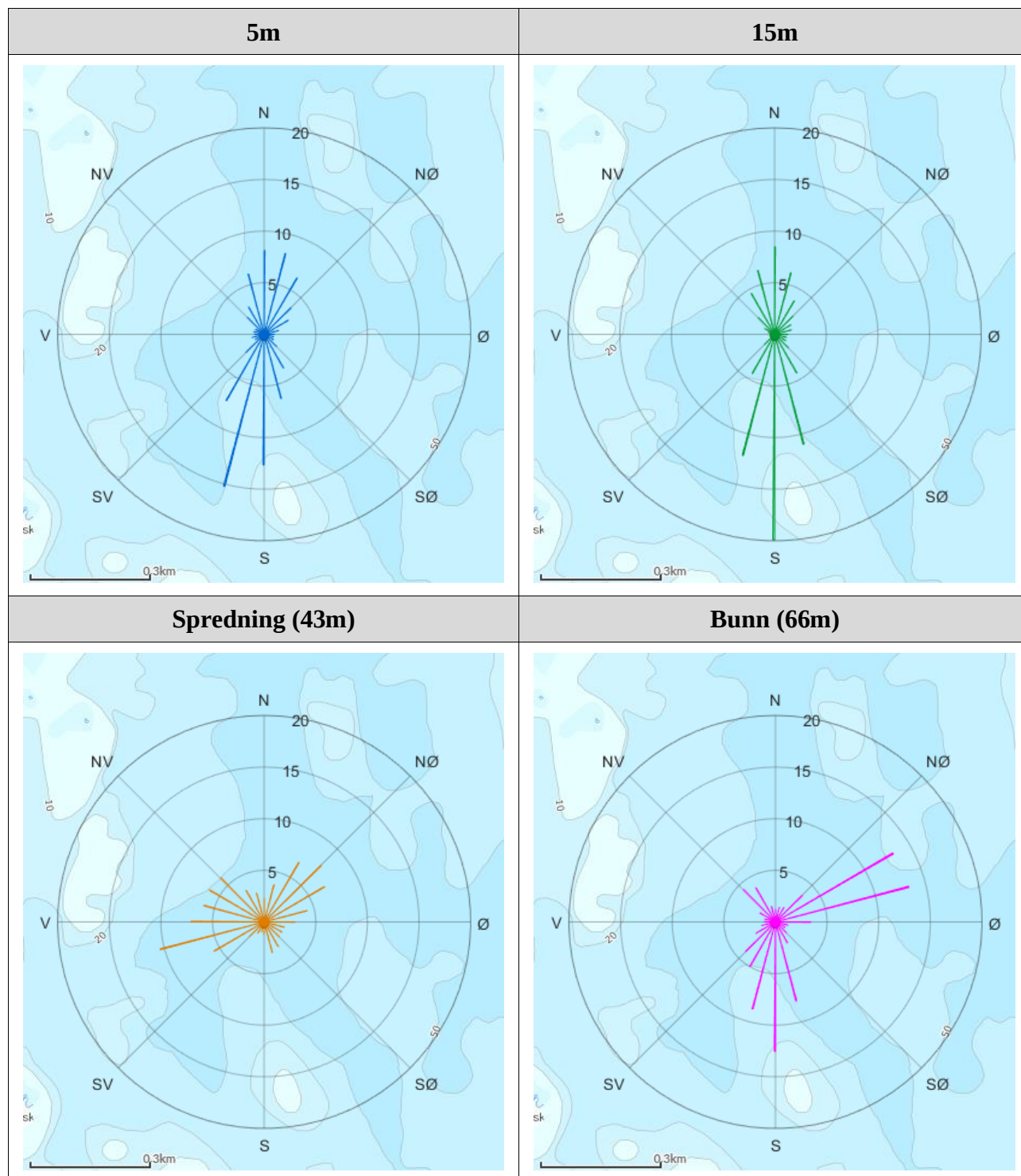
4.11 Fordelingsdiagram – Gjennomsnittshastighet



Figur 4.11.1. Fordelingsdiagram av gjennomsnittlig strømhastighet (cm/s) for hver 15°-sektor på 5m, 15m, spredningsdyp (43m) og bunndyp (66m) i løpet av måleperioden.

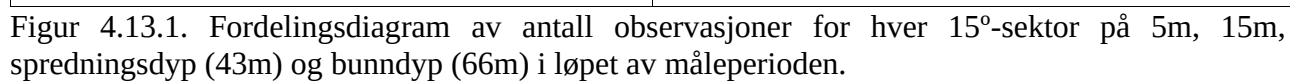
4.12 Fordelingsdiagram – Relativ vannfluks

Figuren viser relativ vannfluks (%) i hver 15°-sektor. Relativ vannfluks angir mengden vann som strømmer gjennom en retningssektor. Total vannfluks er totalt volum vann som strømmer gjennom alle sektorer i løpet av måleperioden.



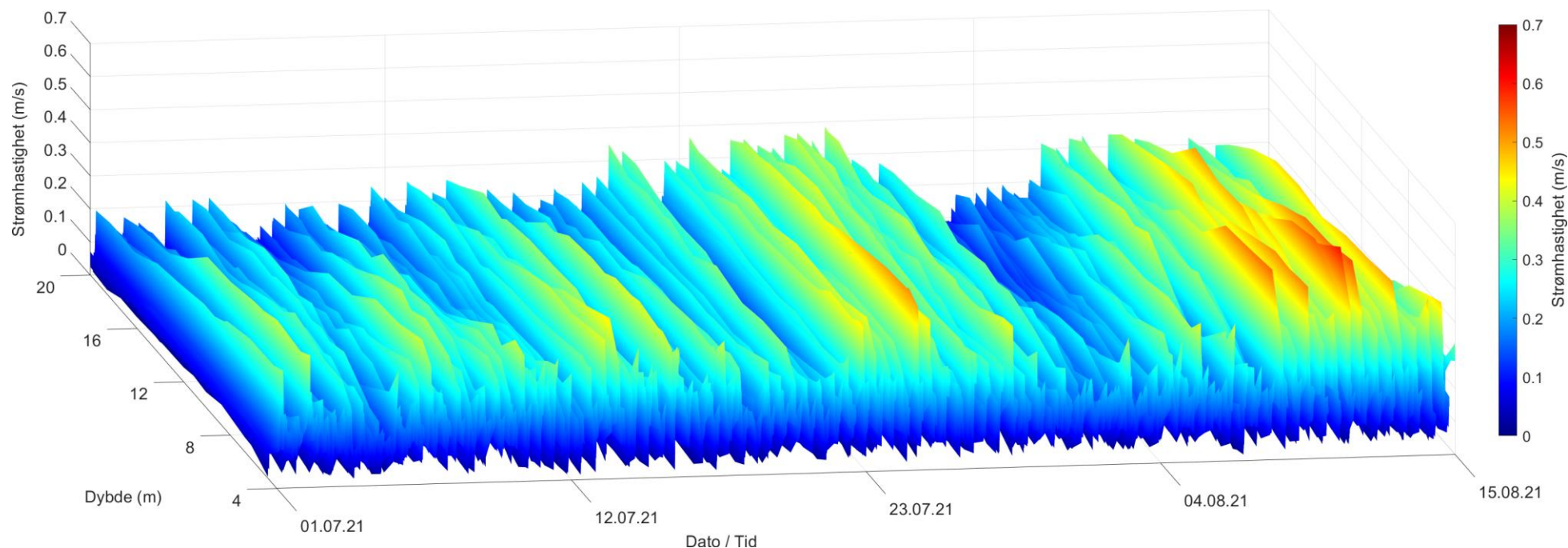
Figur 4.12.1. Fordelingsdiagram av relativ vannfluks (%) for hver 15°-sektor på 5m, 15m, spredningsdyp (43m) og bunndyp (66m) i løpet av måleperioden.

Figuren viser hvor mange ganger strømretningen er observert i de ulike 15°-sektorene i løpet av måleperioden.



4.14 Strømhastighetsprofil

Figuren viser strømhastighet med dybde i løpet av måleperioden. Det er rådata som er vist i figuren under og kan dermed avvike fra kvalitetssikrede resultater som er oppgitt i rapporten.



Figur 4.14.1. Strømhastighetsprofil målt av instrument på 24m dyp, pekende oppover. Dato er indikert på x-aksen, dyp på y-aksen og strømhastighet på z-aksen.

4.15 Maksimal strømhastighet i 8 retningssektorer

Tabell 4.15.1. Maksimal strømhastighet (cm/s) per retningssektor.

Dybde	Retning							
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
	337.5° – 22.5°	22.5° – 67.5°	67.5° – 112.5°	112.5° – 157.5°	157.5° – 202.5°	202.5° – 247.5°	247.5° – 292.5°	292.5° – 337.5°
5m	33.3	33.8	20.0	26.3	54.2	51.7	26.3	29.3
15m	28.2	16.5	17.6	31.0	45.6	49.9	18.6	27.2
Spredning (43m)	18.4	18.1	15.1	21.4	22.5	17.1	22.4	22.8
Bunn (66m)	17.2	24.5	25.2	15.0	21.2	20.8	12.5	20.3

4.16 Gjennomsnittlig strømhastighet i 8 retningssektorer

Tabell 4.16.1. Gjennomsnittlig strømhastighet (cm/s) per retningssektor.

Dybde	Retning							
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
	337.5° – 22.5°	22.5° – 67.5°	67.5° – 112.5°	112.5° – 157.5°	157.5° – 202.5°	202.5° – 247.5°	247.5° – 292.5°	292.5° – 337.5°
5m	13.0	11.6	8.5	11.6	20.7	16.9	10.3	11.2
15m	9.7	7.2	6.4	9.4	17.0	11.5	6.1	8.8
Spredning (43m)	4.6	5.9	4.6	4.7	4.9	4.9	6.2	5.7
Bunn (66m)	3.3	6.8	7.0	3.5	7.0	4.3	3.0	5.7

4.17 Antall målinger i 8 retningssektorer

Tabell 4.17.1. Antall målinger per retningssektor.

Dybde	Retning							
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
	337.5° – 22.5°	22.5° – 67.5°	67.5° – 112.5°	112.5° – 157.5°	157.5° – 202.5°	202.5° – 247.5°	247.5° – 292.5°	292.5° – 337.5°
5m	1595	1022	379	527	1544	602	296	532
15m	1561	811	473	580	1826	393	195	658
Spredning (43m)	676	1265	721	513	384	638	1335	965
Bunn (66m)	474	989	943	520	1525	957	445	644

4.18 Relativ vannutskiftning i 8 retningssektorer

Tabell 4.18.1. Relativ vannutskiftning (%) per retningssektor.

Dybde	Retning							
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
	337.5° – 22.5°	22.5° – 67.5°	67.5° – 112.5°	112.5° – 157.5°	157.5° – 202.5°	202.5° – 247.5°	247.5° – 292.5°	292.5° – 337.5°
5m	22.3	12.7	3.5	6.5	34.3	10.9	3.3	6.4
15m	21.1	8.2	4.2	7.5	43.0	6.3	1.6	8.0
Spredning (43m)	8.9	21.2	9.4	6.9	5.4	9.0	23.6	15.7
Bunn (66m)	4.3	18.5	18.0	5.0	29.2	11.3	3.6	10.0

4.19 10-års og 50-års strømhastighet i 8 retningssektorer

Verdier for strøm med returperiode på 10 år (x1.65) og for returperiode på 50 år (x1.85). Retningene som er oppgitt i raden under maksstrømmen er retningen til den respektive maksimale strømhastigheten.

Tabell 4.19.1. 10-års og 50-års strømhastighet (cm/s) per retningssektor på 5m dyp.

Strøm	Retning							
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
	337.5° – 22.5°	22.5° – 67.5°	67.5° – 112.5°	112.5° – 157.5°	157.5° – 202.5°	202.5° – 247.5°	247.5° – 292.5°	292.5° – 337.5°
Maks (cm/s)	33.3	33.8	20.0	26.3	54.2	51.7	26.3	29.3
Retning (°)	357	33	80	142	201	217	261	336
10-år (cm/s)	55	56	33	43	89	85	43	48
50-år (cm/s)	62	62	37	49	100	96	49	54

Tabell 4.19.2. 10-års og 50-års strømhastighet (cm/s) per retningssektor på 15m dyp.

Strøm	Retning							
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
	337.5° – 22.5°	22.5° – 67.5°	67.5° – 112.5°	112.5° – 157.5°	157.5° – 202.5°	202.5° – 247.5°	247.5° – 292.5°	292.5° – 337.5°
Maks (cm/s)	28.2	16.5	17.6	31.0	45.6	49.9	18.6	27.2
Retning (°)	345	56	77	157	197	204	249	327
10-år (cm/s)	46	27	29	51	75	82	31	45
50-år (cm/s)	52	31	33	57	84	92	34	50

4.20 Persentilfordeling av strømhastighet

Kolonnen til venstre indikerer prosent av data (persentil) som er lik eller lavere enn oppgitt strømhastighet (cm/s).

Tabell 4.20.1. Persentilfordeling av strømhastighet (cm/s) for hvert dyp.

Persentil	5m	15m	Spredning (43m)	Bunn (66m)
1	1.8	1.2	0.5	0.4
10	5.6	3.8	1.8	1.3
20	7.8	5.4	2.7	1.9
30	9.5	6.7	3.4	2.5
40	11.2	8.0	4.0	3.2
50	12.9	9.4	4.8	4.2
60	14.8	11.1	5.6	5.4
70	16.9	13.1	6.6	7.0
80	19.9	16.2	7.8	9.3
90	25.2	21.0	9.8	12.3
95	30.0	25.4	11.8	14.8
99	38.1	33.3	16.1	18.6

4.21 Prosentfordeling av strømhastighet

Oppgitte verdier i tabellen under er rundet av til nærmeste desimaltall for verdier over 0.1%, mens verdier mellom 0.1% og 0.01% er rundet av til to desimaltall. Lave verdier (< 0.01%) er oppgitt som 0.0%.

Tabell 4.21.1. Prosent (%) av data per dyp som er lik eller høyere enn oppgitt strømhastighet (cm/s).

Strømhastighet (cm/s)	5m	15m	Spredning (43m)	Bunn (66m)
1	99.7	99.3	96.6	93.7
3	97.3	93.5	75.6	63.2
5	92.1	82.7	47.0	43.0
10	67.1	46.1	9.3	16.8
20	19.9	11.6	0.3	0.5
30	4.9	2.3		
40	0.6	0.1		
50	0.08			

4.22 Strømfordeling

Verdiene i tabellene under indikerer prosent av data i ulike grupper av strømhastighet (cm/s), fordelt i 8 retningssektorer. Strømhastighetsgruppene er oppdelt slik at strømhastighetene er større enn oppgitt laveste grense og mindre eller lik oppgitt høyeste grense. Oppgitte verdier er rundet av til nærmeste desimaltall for verdier over 0.1%, mens verdier mellom 0.1% og 0.01% er rundet av til to desimaltall. Lave verdier (< 0.01%) er oppgitt som 0.0%.

Tabell 4.22.1. Prosent (%) av data i strømhastighetsgrupper fordelt i 8 retningssektorer for 5m dyp.

Strømhastighet (cm/s)	Retning								Sum
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
	337.5°- 22.5°	22.5°- 67.5°	67.5°- 112.5°	112.5°- 157.5°	157.5°- 202.5°	202.5°- 247.5°	247.5°- 292.5°	292.5°- 337.5°	
0-1	0.02	0.02		0.05	0.05	0.03	0.08	0.05	0.3
1-5	1.5	1.6	1.2	0.8	0.4	0.6	0.6	0.9	7.6
5-10	6.5	5.2	2.8	2.6	1.8	1.7	1.6	2.7	24.9
10-20	13.7	7.8	1.8	4.0	9.9	4.1	2.1	3.9	47.3
20-30	2.7	1.0	0.02	0.6	8.0	1.8	0.2	0.6	14.9
30-40	0.2	0.08			3.2	0.9			4.4
40-50					0.4	0.1			0.5
50-60					0.03	0.05			0.08
Sum	24.6	15.7	5.8	8.1	23.8	9.3	4.6	8.2	100.0

Tabell 4.22.2. Prosent (%) av data i strømhastighetsgrupper fordelt i 8 retningssektorer for 15m dyp.

Strømhastighet (cm/s)	Retning								Sum
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
	337.5°- 22.5°	22.5°- 67.5°	67.5°- 112.5°	112.5°- 157.5°	157.5°- 202.5°	202.5°- 247.5°	247.5°- 292.5°	292.5°- 337.5°	
0-1	0.09	0.1	0.08	0.1	0.08	0.1	0.05	0.08	0.7
1-5	3.0	2.9	2.5	1.6	1.4	1.2	1.4	2.4	16.4
5-10	10.4	7.3	3.7	3.7	4.4	1.8	1.1	4.0	36.4
10-20	9.9	2.2	0.9	3.0	12.6	2.1	0.4	3.4	34.5
20-30	0.6			0.4	7.5	0.5		0.2	9.2
30-40				0.03	1.9	0.3			2.2
40-50					0.08	0.03			0.1
50-60									0.0
Sum	24.0	12.5	7.2	8.8	28.0	6.0	2.9	10.1	100.0

Tabell 4.22.3. Prosent (%) av data i strømhastighetsgrupper fordelt i 8 retningssektorer for spredningsdyp (43m).

Strømhastighet (cm/s)	Retning								Sum
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
	337.5°- 22.5°	22.5°- 67.5°	67.5°- 112.5°	112.5°- 157.5°	157.5°- 202.5°	202.5°- 247.5°	247.5°- 292.5°	292.5°- 337.5°	
0-1	0.4	0.4	0.4	0.6	0.3	0.5	0.4	0.5	3.5
1-5	5.8	8.2	6.7	4.6	3.7	5.3	8.5	6.8	49.6
5-10	3.8	8.7	3.6	2.0	1.3	3.3	8.9	5.9	37.5
10-20	0.3	2.2	0.4	0.6	0.5	0.7	2.6	1.7	9.0
20-30				0.05	0.08		0.1	0.05	0.3
30-40									0.0
40-50									0.0
50-60									0.0
Sum	10.3	19.5	11.1	7.8	5.9	9.8	20.5	14.9	100.0

Tabell 4.22.4. Prosent (%) av data i strømhastighetsgrupper fordelt i 8 retningssektorer for bunndyp (66m).

Strømhastighet (cm/s)	Retning								Sum
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
	337.5°- 22.5°	22.5°- 67.5°	67.5°- 112.5°	112.5°- 157.5°	157.5°- 202.5°	202.5°- 247.5°	247.5°- 292.5°	292.5°- 337.5°	
0-1	0.7	0.8	0.6	0.8	1.1	0.8	0.5	0.8	6.1
1-5	4.9	6.4	6.8	5.4	8.3	9.1	5.4	4.4	50.7
5-10	1.5	4.0	3.1	1.5	8.0	3.9	0.9	3.2	26.1
10-20	0.1	3.9	3.8	0.2	6.0	0.8	0.06	1.5	16.4
20-30		0.1	0.3		0.03	0.02		0.02	0.5
30-40									0.0
40-50									0.0
50-60									0.0
Sum	7.2	15.2	14.6	7.9	23.4	14.6	6.9	9.9	100.0

4.23 Strømvarighet

Verdiene i tabellene under indikerer prosent av data i ulike intervaller av strømhastighet (cm/s) med forskjellig varighet. Strømhastighetsintervallene er oppdelt slik at strømhastighetene er større enn oppgitt laveste grense og mindre eller lik oppgitt høyeste grense. De ulike gruppene av varighet er oppdelt på samme måte som strømhastighetsintervallene. Oppgitte verdier er rundet av til nærmeste desimaltall for verdier over 0.1%, mens verdier mellom 0.1% og 0.01% er rundet av til to desimaltall. Lave verdier (< 0.01%) er oppgitt som 0.0%.

Tabell 4.23.1. Prosent (%) av data i strømhastighetsintervaller med gitt varighet på 5m dyp.

Strømhastighet (cm/s)	10 - 30min	30min - 1t	1 - 2t	2 - 3t	3 - 4t	4 - 5t	5 - 6t	>6t
0-1	0.3							
1-5	4.5	1.8	1.1	0.2				
5-10	10.9	8.1	4.6	1.3				
10-20	8.0	10.0	14.4	8.3	4.7	1.2	0.5	
20-30	5.1	5.1	3.5	0.6	0.6			
30-40	1.8	1.5	0.9	0.2				
40-50	0.3	0.2						
50-60	0.08							

Tabell 4.23.2. Prosent (%) av data i strømhastighetsintervaller med gitt varighet på 15m dyp.

Strømhastighet (cm/s)	10 - 30min	30min - 1t	1 - 2t	2 - 3t	3 - 4t	4 - 5t	5 - 6t	>6t
0-1	0.7							
1-5	7.5	4.2	4.1	0.6				
5-10	14.3	9.2	9.7	2.5	0.9			
10-20	7.4	9.3	12.1	4.4	1.0	0.4		
20-30	3.8	3.4	1.8	0.2				
30-40	1.1	0.7	0.5					
40-50	0.1							
50-60								

Tabell 4.23.3. Prosent (%) av data i strømhastighetsintervaller med gitt varighet på spredningsdyp (43m).

Strømhastighet (cm/s)	10 - 30min	30min - 1t	1 - 2t	2 - 3t	3 - 4t	4 - 5t	5 - 6t	>6t
0-1	3.2	0.2						
1-5	10.4	10.7	17.6	5.9	3.3	1.6		
5-10	13.4	9.1	11.3	2.6	0.9	0.4		
10-20	3.9	2.2	2.6	0.2				
20-30	0.1	0.2						
30-40								
40-50								
50-60								

Tabell 4.23.4. Prosent (%) av data i strømhastighetsintervaller med gitt varighet på bunndyp (66m).

Strømhastighet (cm/s)	10 - 30min	30min - 1t	1 - 2t	2 - 3t	3 - 4t	4 - 5t	5 - 6t	>6t
0-1	5.9	0.4						
1-5	10.9	13.1	14.9	8.1	2.5	1.2		
5-10	14.3	8.1	3.3	0.5				
10-20	5.7	4.2	4.7	1.1	0.6			
20-30	0.4	0.06						
30-40								
40-50								
50-60								

4.24 Tidevannsanalyse

En tidevannsanalyse av strømdata er gjennomført for å vurdere hvor stor andel av det målte signalet som er forårsaket av tidevannet. Tidevannsanalysen er utført ved bruk av analyseverktøyet T_Tide (Pawlowic, et al., 2002).

Tidevannsanalysen inkluderer alle separerbare tidevannskomponenter. Det er også foretatt en analyse med fem separerbare tidevannskomponenter, M_2 (12.42 timers periode), S_2 (12.00 timers periode), N_2 (12.66 timers periode), O_1 (25.82 timers periode) og K_1 (23.93 timers periode), som benyttes i forbindelse med tidevannstabeller. Tidevannskomponentenes periode forklarer hvor ofte de oppstår, dvs. at M_2 , S_2 og N_2 oppstår omtrent to ganger daglig, mens O_1 og K_1 oppstår omtrent en gang per dag.

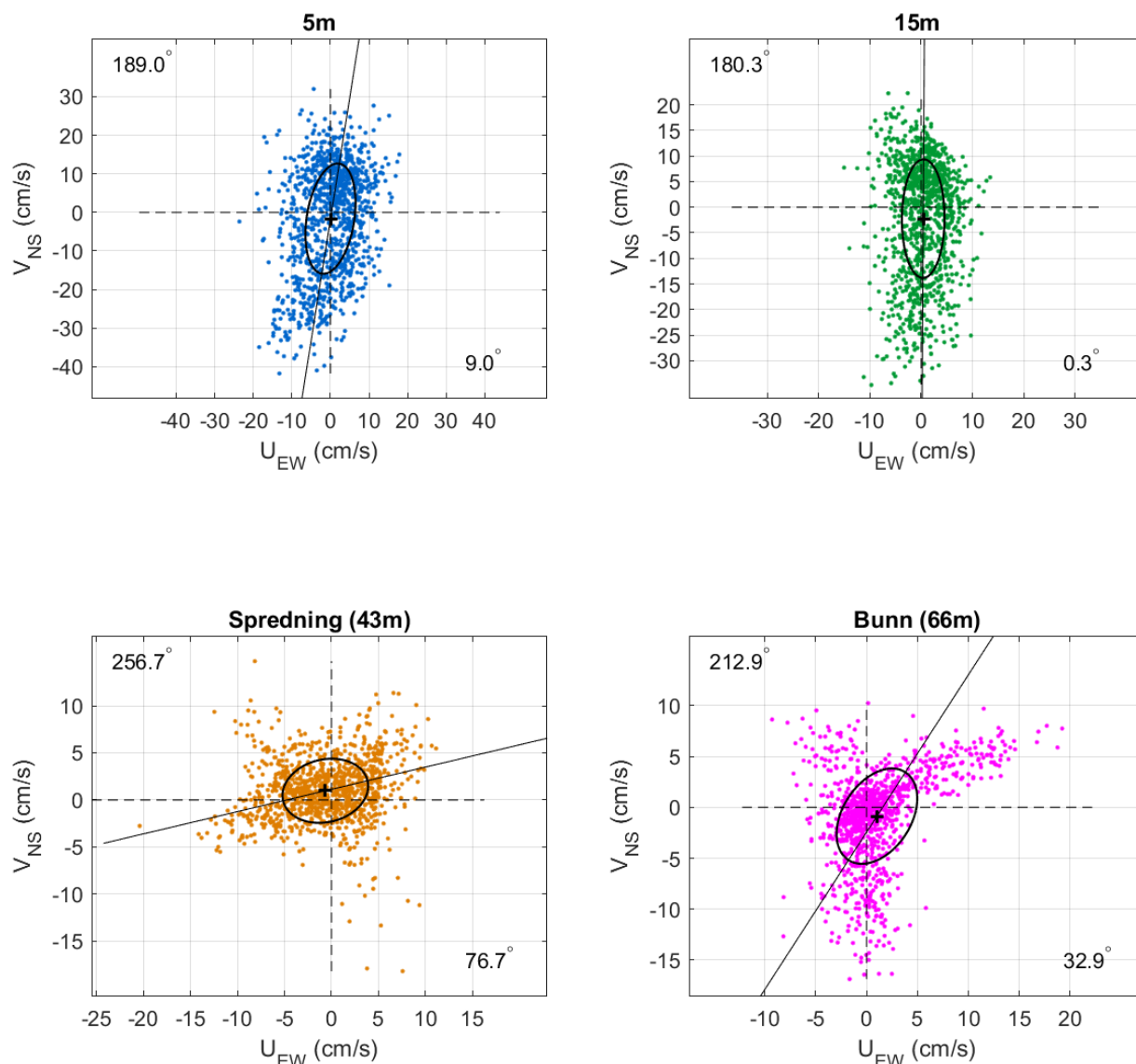
Strøm er splittet i komponentene øst-vest (U_{EW}) og nord-sør (V_{NS}) for å vurdere spredning av (variasjon i) strømdata på de forskjellige dypene (Emery & Thomson, 2001). Krysset markerer gjennomsnittsverdien for hastighetskomponentene og reflekterer den effektive transporthastigheten med tilhørende retning (Figur 4.24.1). Strørellipsens store halvakse (hovedakse) markerer retningen der variasjonen er størst.

Tabell 4.24.1. Tidevannsbidrag til strøm og trykkendringer basert på tidevannsanalyse av strømdata i timesverdier.

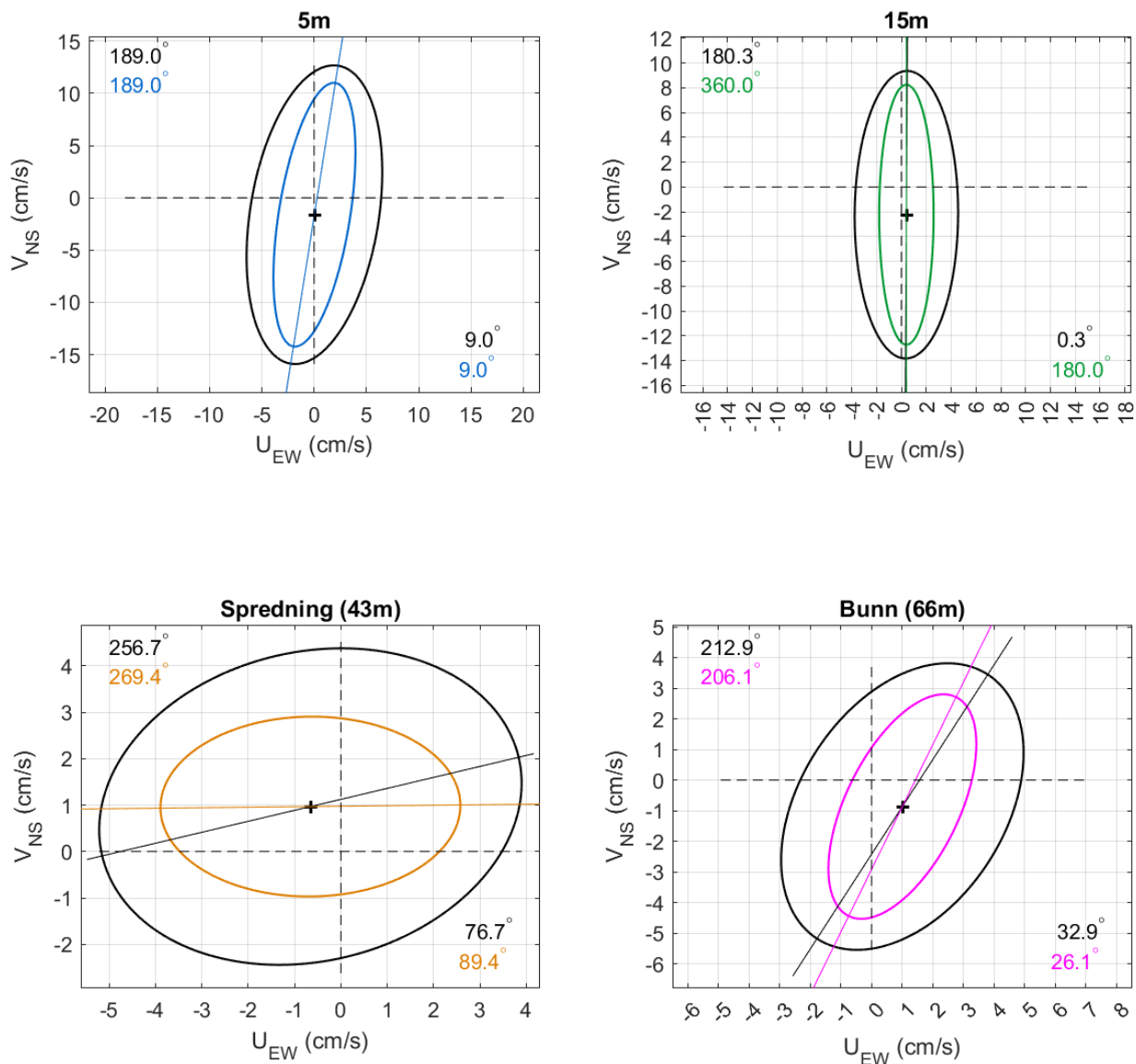
Måledyp	5m	15m	Spredning (43m)	Bunn (66m)
Strøm (%)	81.8	80.4	48.9	54.5
Måledyp	Instrument (24m)		Spredning (43m)	Bunn (66m)
Trykk (%)	99.0		99.2	99.5

Tabell 4.24.2. Tidevannsbidrag til strøm og trykkendringer fra tidevannskomponentene M_2 , S_2 , N_2 , O_1 og K_1 .

Måledyp	5m	15m	Spredning (43m)	Bunn (66m)
Strøm (%)	73.5	74.5	40.3	38.0
Måledyp	Instrument (24m)		Spredning (43m)	Bunn (66m)
Trykk (%)	98.7		99.0	99.1



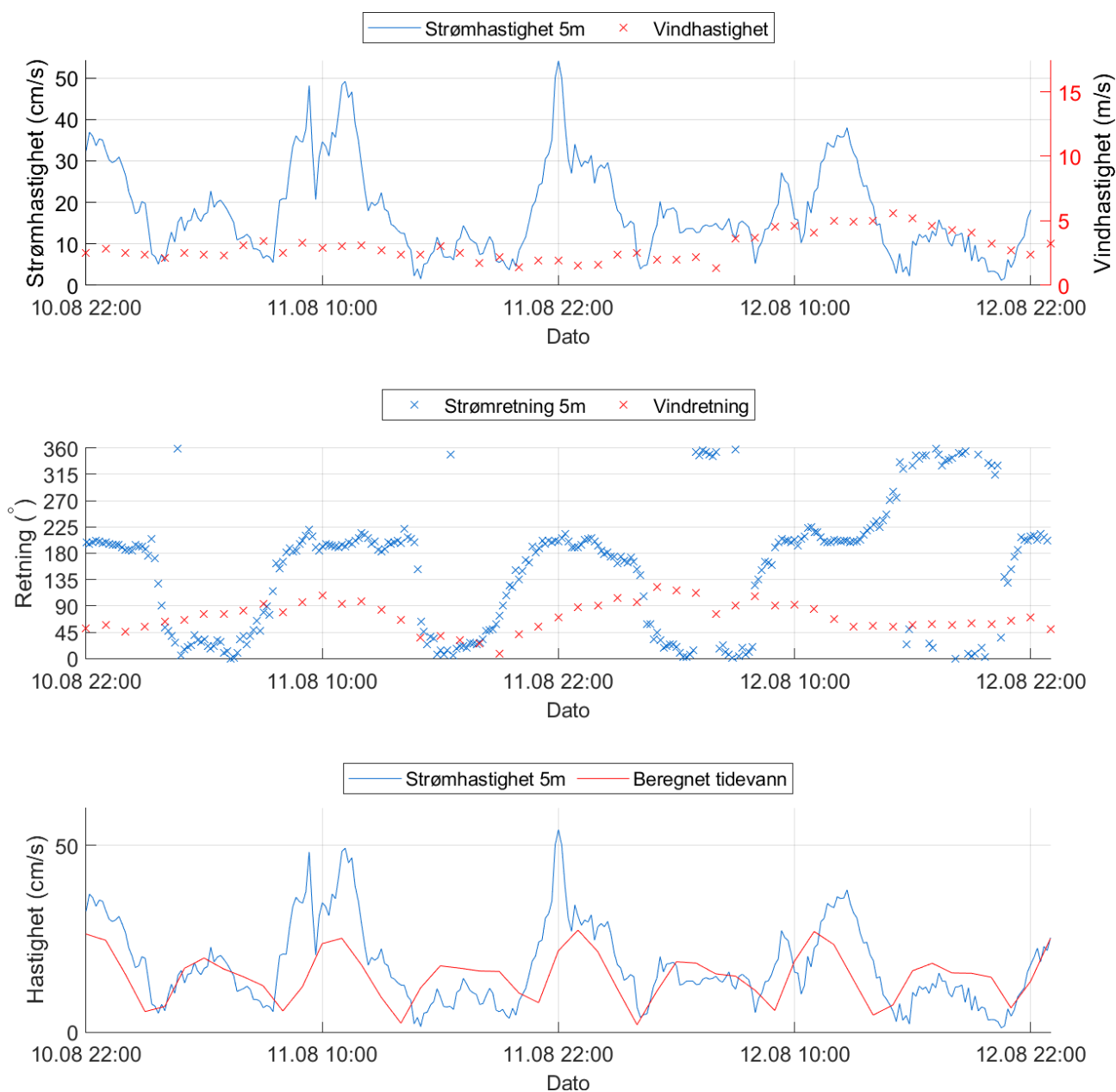
Figur 4.24.1. U_{EW} – V_{NS} punktdiagram av strømdata i timesverdier, med tilhørende strø mellipse. Midtpunktet for strø mellipsen er markert med kryss som også markerer strømmens effektive transporthastighet. Vinklene indikerer den store halvaksens orientering i forhold til nord/sør. Aksekors for øst – vest og nord – sør er vist med stiplede linjer.



Figur 4.24.2. $U_{EW} - V_{NS}$ tidevannsellipse (farget linje) vist sammen med strørellipsen (svart linje). Midtpunktet for strørellipsene er markert med kryss som også markerer den effektive transporthastigheten. Vinklene indikerer de store halvaksenes orientering i forhold til nord/sør. Aksekors for øst – vest og nord – sør er vist med stiplede linjer.

4.25 Todagersperiode

Strømhastighet og -retning på 5m dyp, samt tidevann og vind er oppgitt i figuren under for en todagersperiode da maksimalstrømmen ved 5m dyp oppstod.



Figur 4.25.1. Strømhastighet og -retning, samt tidevann og vind for perioden hvor maksimalstrømmen på 5m dyp er registrert.

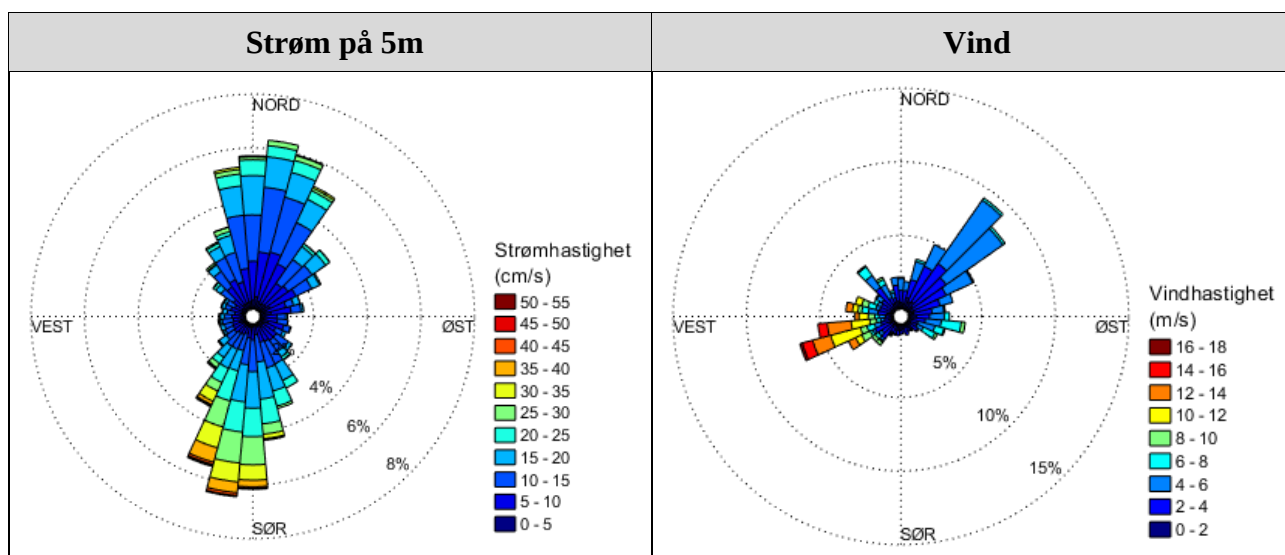
4.26 Vind under måleperioden

Vinddata er hentet fra værstasjon Sula, som ligger ca. 23.9km nordvest for strømmålingsposisjonen (Figur 4.26.3).

Strøm over 10cm/s på 5m dyp ble sammenlignet med vinddata fra Sula fra samme periode. Figur 4.26.2 og figurene i "Vedlegg - Fyrstikkdiagram av vind og strøm" indikerer hvilke tidspunkter vind på Sula og målt strøm på 5m dyp hadde omtrent sammenfallende retning. Vannstand i løpet av måleperioden er vist i Figur 4.26.2 og er hentet fra tidevannsstasjon Mausund (Kartverket, 2021), som ligger ca. 16.2km nordvest for strømmålingsposisjonen (Figur 4.26.3). Vannstand er tilpasset området for målepunktet.

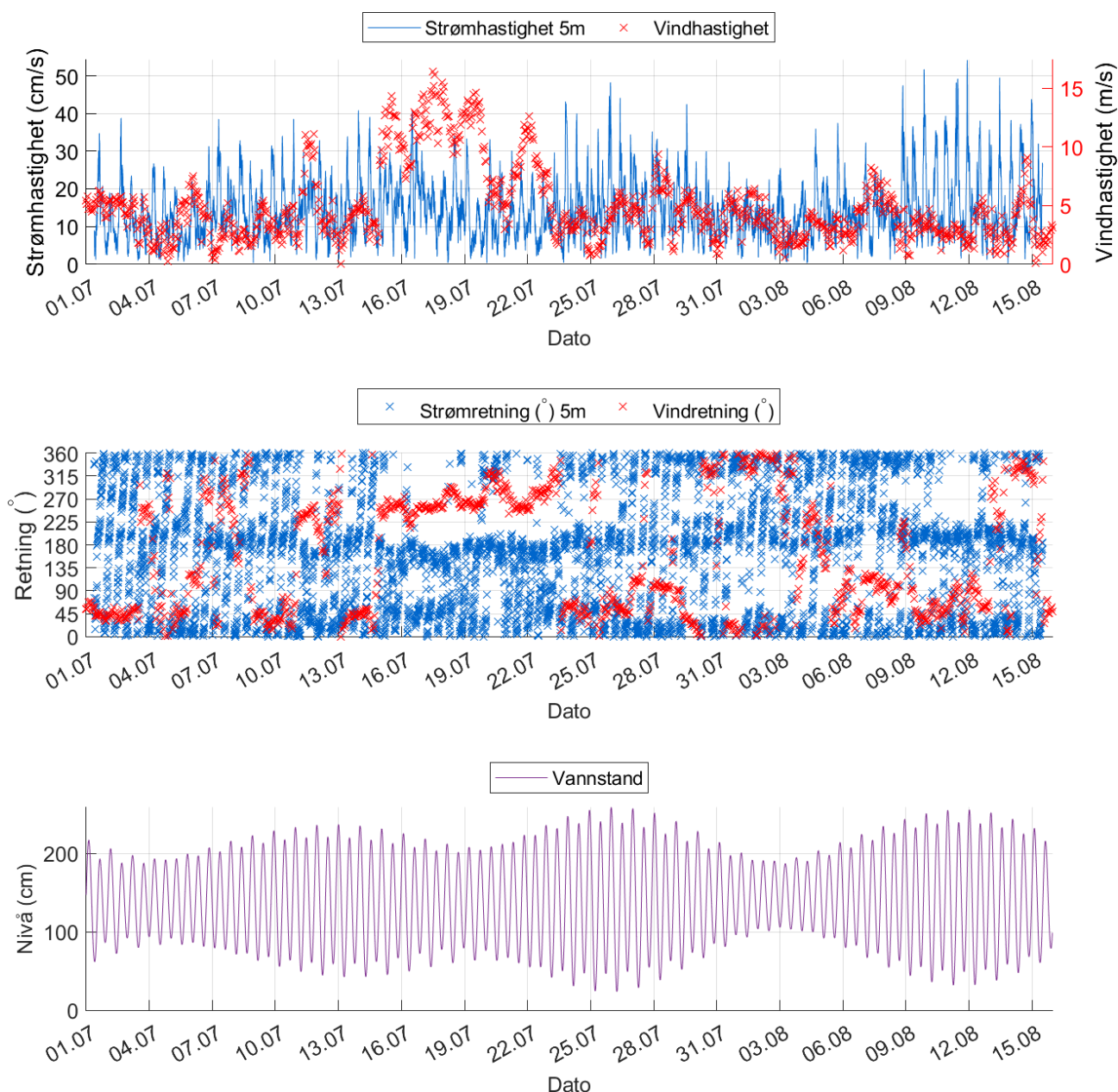
Tabell 4.26.1. Maksimal vindhastighet og prosent av tiden hvor vinden blåste fra de ulike retningene under måleperioden.

	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
Maksimal vindhastighet (m/s)	6.3	6.3	9.4	8.2	3.7	14.5	16.4	11.6
Tid (%)	9.1	30.0	13.9	5.2	3.3	9.7	18.7	10.1

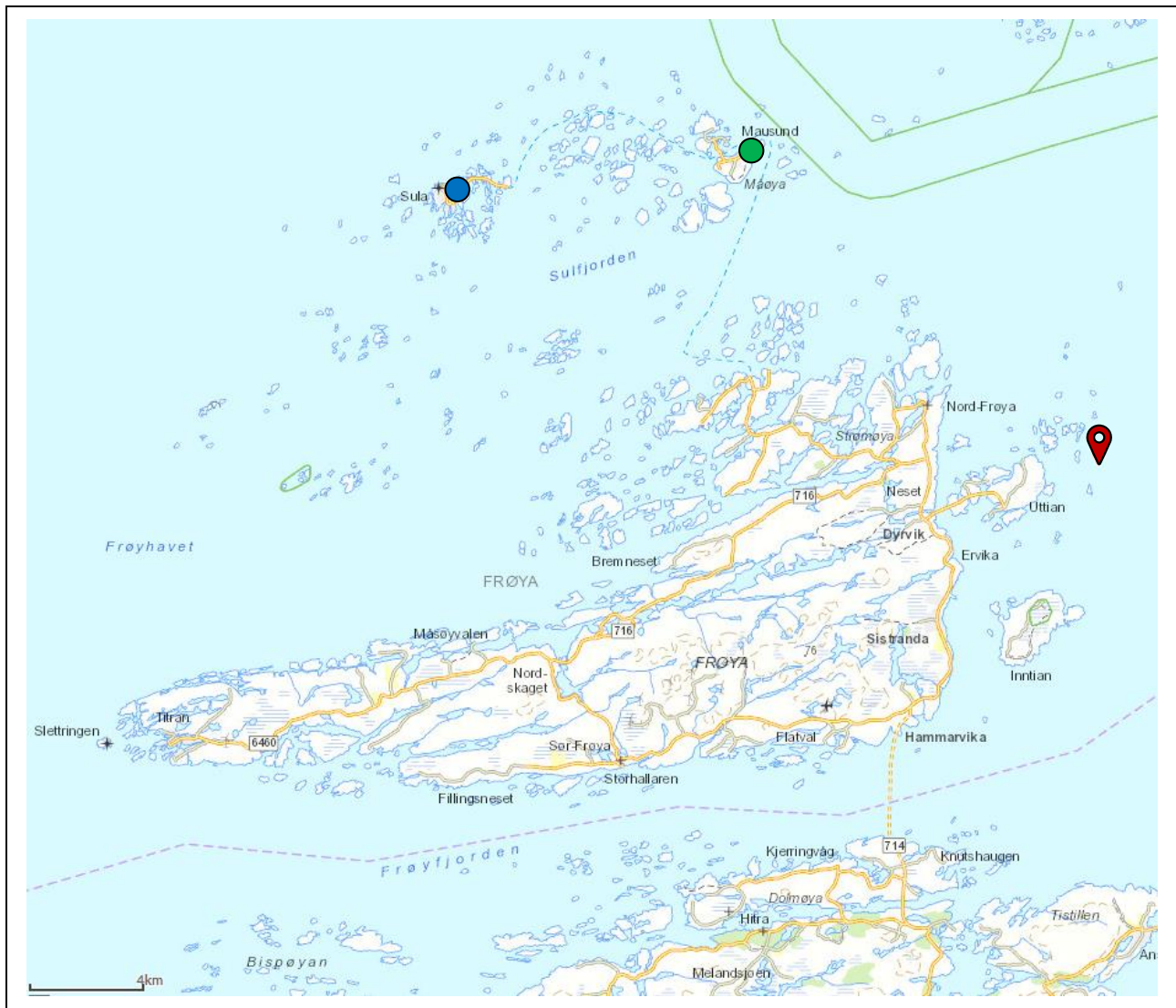


Figur 4.26.1. Rosediagram for strøm (mot retning) på 5m dyp, samt vind (fra retning) på Sula værstasjon under måleperioden. Skalaen på diagrammene er ulik.

Hastighet og retning for strøm og vind er oppgitt i Figur 4.26.2 og i "Vedlegg - Fyrstikkdiagram av vind og strøm" for å vurdere vindpåvirkning på strømmen. I Figur 4.26.2 er vindretning oppgitt som at vind blåser fra en retning, mens i "Vedlegg - Fyrstikkdiagram av vind og strøm" er vindretning oppgitt som at vind blåser mot en retning. Tidevann er også vist i Figur 4.26.2 for å vurdere tidevannspåvirkning.



Figur 4.26.2. Strømhastighet (mot retning) på 5m dyp og vindhastighet (fra retning) på Sula, strøm- og vindretning, samt vannstand (Mausund) under måleperioden. Tidspunkter hvor strøm og vind har omtrent motsatt rettet retning indikerer tilfeller med vindpåvirket strøm.

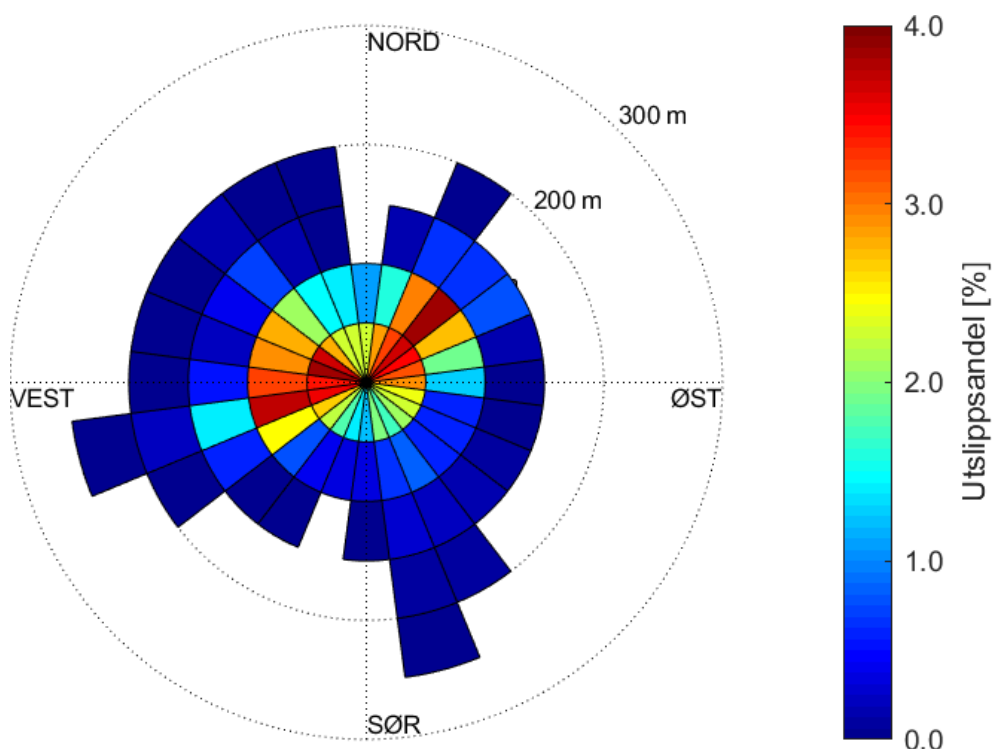


Figur 4.26.3. Posisjonen til Sula værstasjon (markert med blå sirkel) og posisjonen til Mausund tidevannsstasjon (markert med grønn sirkel) i forhold til strømmålingsposisjon (markert med rød pinne). Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

4.27 Utslippskontur

Utslippskonturen tar utgangspunkt i strøm målt på spredningsdyp til å beregne spredningsavstand for avfallspartikler fra et utslippspunkt med en viss synkehastighet (Bannister, et al., 2016). Figur 4.27.1 viser retning og avstand for spredning, og i hvilke områder det er mest utslipp som blir liggende på bunn. Fargeskalaen indikerer mengde sedimentasjon som prosentandel (%) av den totale mengden som blir sluppet ut, hvor de røde områdene vil ha størst mengde avfall. Summen av prosentnivået i alle sektorer er lik total mengde utslipp (100%).

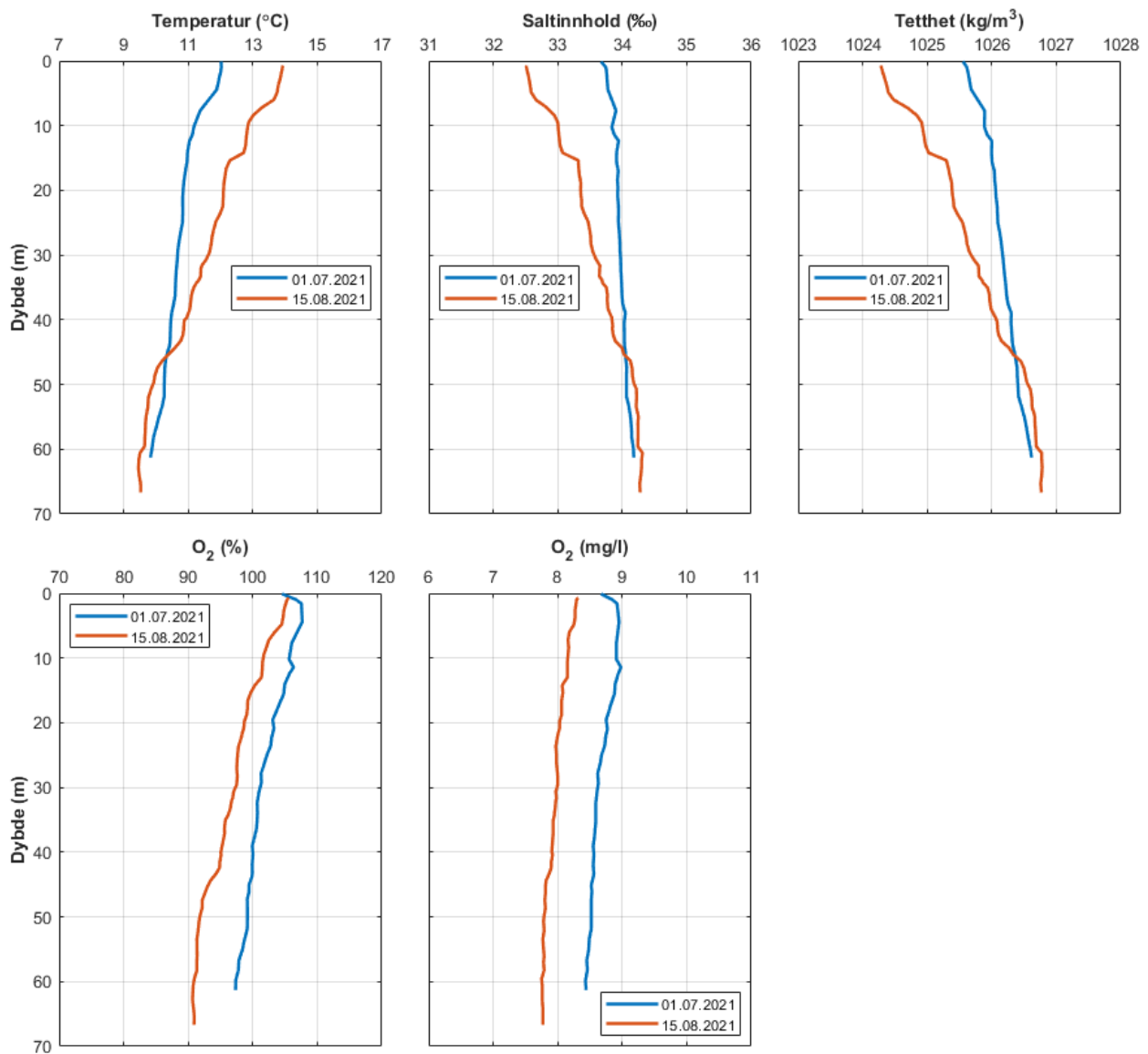
Merk at figuren viser utslipp fra ett punkt. Med utslipp fra ett enkelt punkt vil svært lite avfall havne rett under utslippspunktet, da strømmen alltid vil skape noe spredning. Ved et oppdrettsanlegg er det utslipp over et større område, noe som må inkluderes i vurderingen av spredning av utslipp.



Figur 4.27.1. Utslippskontur basert på målte strømhastigheter på spredningsdyp (43m). Akkumulering av avfall vises som prosentandel av utslipp som havner på bunnen, indikert av fargelagte sektorer. Oppløsningen på hver fargelagt sektor er 50m lang og 15° bred. Avstand fra utslippspunktet er markert med en stiplet sirkel for hver 100m.

4.28 CTD-profil

CTD-profil ble målt i sammenheng med utsett 01. juli og opptak 15. august 2021 av strømmålere i området ved strømriggen.



Figur 4.28.1. Vertikalprofiler av saltinnhold, temperatur, tetthet og oksygen. Dypet er oppgitt langs y-aksen.

5. Diskusjon

Strømmen på Fagerhamn er mot N – S på 5m og 15m dyp. Strømretningen domineres av motsatt rettede hovedstrømretninger. 56.6% av relativ vannutskiftning på 5m og 64.1% på 15m dyp skjer langs hovedstrømretningene (Tabell 4.18.1).

Strømmen på Fagerhamn er mot flere retninger på sprednings- (43m) og bunndyp (66m). Dette stemmer med områdets kuperte bunntopografi og med et eksponert område. Mest vannutskiftning på spredningsdyp er mot V (23.6%) og mot S på bunndyp (29.2%) (Tabell 4.18.1).

5.1 Høye strømmålinger

Maksimal strømhastighet var 54.2cm/s mot S på 5m, 49.9cm/s mot SV på 15m, 22.8cm/s mot NV på spredningsdyp (43m) og 25.2cm/s mot Ø på bunndyp (66m). Maksstrømmen er langs hovedstrømretning på 5m og spredningsdyp (43m). Maksimal strømhastighet er vurdert som sterk på 5m og bunndyp (66m), svært sterk på 15m, og middels sterk på spredningsdyp (43m). Maksimalmålingen er bare én måling og gir ikke en indikasjon av om strømmen er sterk eller svak i området.

Signifikant maksimal strømhastighet er gjennomsnittet av den høyeste tredjedelen av målingene og gir en indikasjon av styrken på strømmen i området. Denne var 23.2cm/s på 5m, 19.1cm/s på 15m, 9.2cm/s på spredningsdyp (43m) og 10.9cm/s på bunndyp (66m). Signifikant maksimal strømhastighet er vurdert som sterk på 5m og 15m dyp, og middels sterk på sprednings- (43m) og bunndyp (66m).

Det var tilfeller der strøm var $> 30\text{cm/s}$ på 5m og 15m dyp. Høy strømhastighet oppstår jevnt med tidevannssyklusen, men også uregelmessig på måleposisjonen. Høye strømhastigheter er vurdert forårsaket av tidevann og vind.

5.2 Tidevannspåvirkning

Strømmen er vurdert som tidevannsdominert på alle dyp under måleperioden, fordi tidevannsellipsen er stor i forhold til strø mellipsen (Figur 4.24.2). Tidevannsbidrag til strøm på 5m og 15m dyp er høyere enn lenger ned i vannsøylen. Dette indikerer at strømmen nærmere sjøbunnen er mer påvirket av andre faktorer.

5.3 Vindpåvirkning

Ut fra omkringliggende topografi er det vurdert at vind fra alle andre retninger enn V kan ha betydning for strømforholdene på lokaliteten. Under måleperioden blåste vind mest fra NØ og sterkest fra SV/V (Tabell 4.26.1).

Grunnet friksjon mellom vind og vannoverflate vil vind med betydelig hastighet ($> 3\text{m/s}$) og stabil retning som blåser over en lengre periode ha større innvirkning på strøm. Tilfeller med vindpåvirkning er i dette tilfellet beregnet utfra sammenfallende eller motsatt rettet retninger ved et bestemt tidspunkt, uten hensyn til vindens varighet eller stabilitet.

Hvis de lokale vindforholdene på strømmålingsposisjonen var like de på Sula under måleperioden, er det vurdert at vind kan ha påvirket strøm mot alle retninger. På grunn av omgivende topografi er derimot vind med høy hastighet fra V lite sannsynlig og eventuell påvirkning på strømmen er dermed vurdert som liten. Videre var vindhastigheten fra N, NØ og S lav under hele måleperioden ($< 8\text{ m/s}$), slik at selv om vind fra disse retningene er vurdert å påvirke strøm i noen tilfeller har den ikke hatt en sterk innflytelse.

Det var enkelte tilfeller hvor strøm- og vindretning var motsatt rettet under måleperioden, hvor vind kan ha virket bremsende på målt strømhastighet.

5.4 Vannutskiftning

Det er naturlig med strømstille når tidevannet skifter fra flo til fjære eller motsatt. Varigheten av strømstille perioder kan ha betydning for vannutskiftning i et område. Siden vann vil strømme rundt, i tillegg til gjennom eller under, et anlegg er anleggsorientering viktig. Et anlegg orientert slik at det ligger med langsiden mot den dominerende strømrretningen vil ha bedre vannutskiftning i merdene enn et anlegg hvor mange av merdene ligger etter hverandre langs hovedstrømmen. Neumann-parameteren sier noe om stabiliteten til strømmen. En høy Neumann parameter (f.eks. 0.7) indikerer en retningsstabil strøm. Dette tyder på at vannet strømmer i en retning og beveger seg konstant bort fra startpunktet. En lav Neumann-parameter kan bety at vannstrømmen har skiftende retning og kanskje bare flyter fram og tilbake ved startpunktet. Neumann-parameteren kan brukes opp mot progressivt vektordiagram og gjennomsnittsstrømmen for å kunne si noe om vannutskiftningen ved det punktet hvor strømmen er målt.

Gjennomsnittlig strømhastighet var $\geq 2\text{ cm/s}$ på alle dyp. Gjennomsnittlig strømhastighet er vurdert som svært sterk på 5m og 15m dyp, og sterk på spredningsdyp (43m) og bunndyp (66m).

Neumann-parameteren er vurdert som lite stabil på 5m, og middels stabil på alle andre dyp. Vannutskiftningen er vurdert som god på 15m, sprednings- (43m) og bunndyp (66m), fordi vannet beveger seg bort fra startpunktet og ikke bare flyter fram og tilbake. Vannutskiftningen trenger ikke nødvendigvis å være dårlig selv om Neumann-parameteren er lav på 5m dyp, ettersom det har vært flere anledninger hvor vannet strømmer i én retning over lengre tid enn en tidevannsperiode. Det er ikke nødvendigvis det samme vannet som har returnert til startpunktet.

Prosent nullmålinger ($< 1\text{ cm/s}$) var mindre enn 10% på alle dyp. Lengst varighet for strøm $< 1\text{ cm/s}$ var 30 minutter på 5m, 20 minutter på 15m, 60 minutter (1t) på spredningsdyp (43m) og 50 minutter på bunndyp (66m). Det var kort periode med strømstille. Dette tyder på god vannutskiftning i området.

5.5 Mulig spredning av utslipp

Sprednings- og bunnstrøm er viktig for lokalitetens totale bæreevne. Opphopning av sediment under anlegget kan i noen tilfeller påvirke vannkvaliteten i merden og dermed fiskens levevilkår (Mattilsynet, 2016). På lokaliteter med kort avstand mellom havbunn og notbunn er det viktig at både sprednings- og bunnstrøm viser god vannutskiftning slik at sedimenter ikke hopper seg opp og påvirker vannkvaliteten i merden negativt (Mattilsynet, 2016). Bunntopografi og strømningsforhold har også betydning for utskifting og nedbryting av bunnsedimenter fra anlegget (Mattilsynet, 2016). En ujevn bunn eller en flat bunn med groper gir større risiko for opphopning av sedimenter enn en jevnt skrånende bunn.

Dyp ved målepunktet var ca. 67m. Med slike dyp er det god avstand mellom notbunn og havbunn. Strømmåleposisjonen ligger i et kupert område, med flere høyder og groper i området. Videre ligger målepunktet i krysningen mellom to undersjøiske renner, som er orientert Ø – V og N – SØ.

Det var flere tilfeller der strøm var $> 10\text{cm/s}$ på både spredningsdyp (43m) og bunndyp (66m). Dette er gunstig med tanke på spredning av organisk materiale fra anlegget.

Spredning av utslipp følger strømmen for spredningsdyp (Figur 4.2.1). Mye sedimentasjon legger seg mot V og NØ (Figur 4.27.1), som er retningene med mest vannutskiftning (Tabell 4.18.1). Med utgangspunkt i målte strømhastigheter på spredningsdyp vil avfall spre seg lengst mot sør og vest, opptil 250m vekk fra utslippspunktet.

5.6 Vannsøylens vertikale struktur

Vannsøylens stabilitet har vesentlig betydning for sirkulasjon i området og mulighet for blanding vertikalt. En stabil vannsøyle har økende tetthet med økende dyp. Lagdeling i vannsøylen (forårsaket forskjellige grunner, for eksempel; ferskvannsavrenning, avkjøling/oppvarming av overflatevann, utveksling av vann ved bunn med kystvann) påvirker spredning av utslipp både horisontalt og vertikalt.

Temperatur under måleperioden var $10.5 - 13.3^{\circ}\text{C}$ på instrumentdyp (24m), $9.2 - 13.3^{\circ}\text{C}$ på spredningsdyp (43m) og $8.7 - 11.4^{\circ}\text{C}$ på bunndyp (66m). Temperaturmålingene viser at vannsøylen hadde minkende temperatur med økende dyp. Dette er normalt på denne årstiden, når solen har varmet overflatelaget gjennom sommeren. Videre varierte temperaturen periodisk på alle dyp, trolig forårsaket av ulike vannmasser som strømmer forbi målepunktet med tidevannet. Temperaturen økte fra 16. juli til 19. juli på alle dyp, men avtok igjen før slutten av måleperioden.

Mellom utsett i juli og opptak i august viser CTD-målingene at det var en oppvarming fra overflaten og ned til ca. 45m dyp, og en avkjøling fra 45m dyp og ned mot bunnen. Temperaturen avtok fra overflaten og ned til bunnen i både juli og august.

I løpet av måleperioden minket saltinnholdet fra overflaten og ned til ca. 45m dyp. Fra 45m dyp og ned til bunnen var saltinnholdet relativt likt i juli og august. Saltinnholdet i juli endret seg lite fra overflaten og ned til bunnen. I august økte saltinnholdet fra overflaten og ned til omtrent 47m dyp, før det endret seg lite ned mot bunnen.

Tetthetsdata gjenspeiler saltinnholdet og viser at vannsøylen var blandet ved utsett og svakt lagdelt ved opptak. I august var det indikasjoner på et vannlag fra overflaten og ned til ca. 43m dyp, svak lagdeling mellom 43m og 47m dyp, og deretter et nytt vannlag fra 47m og ned til bunnen.

Oksygenmetningen minket i løpet av måleperioden, men var fortsatt høy ($> 90\%$) i hele vannsøylen ved både utsett og opptak. I juli økte oksygenmetningen noe fra overflaten og ned til ca. 3m dyp, før den avtok ned mot bunnen. I august avtok oksygenmetningen jevnt fra overflaten og ned til bunnen. Oksygeninnholdet viser lignende mønster som oksygenmetningen.

6. Vedlegg – Bakgrunnsinformasjon

6.1 Valg av sted, dyp og periode for strømmålinger

Valg av målested

Plassering av riggen i forhold til det dypet strømmen skal måles på har stor betydning for målingene. Et av kravene i NS 9415:2009 er at målerne skal plasseres i den posisjonen som sannsynligvis oppgir høyeste strømhastighet på lokaliteten.

- Anleggets geografiske plassering og topografiske utforming av nærområdet må vurderes. Strømmen påvirkes av bukter, vikar og elveløp, møtepunkter for fjordsystemer, osv. Dette kan føre til at strømmen skifter retning e.l.
- Anlegget bør plasseres der vannet får kortest mulig oppholdstid i anlegget før nytt vann kommer inn, og slik at vanntransporten på tvers av anlegget maksimeres. Dette er spesielt viktig i den varme årstiden med høy temperatur i vannet, mye fisk og intensiv fôring, og drift av anlegget.
- Bunntopografien under anlegget og i området bør vurderes, da ujevnheter kan påvirke strømmens styrke og dreining.

Plasseringen som sannsynligvis oppgir høyeste strømhastighet på en lokalitet er ofte rett utenfor anlegget, lengst unna land. Strømmåling på 5m og 15m dyp som foretas her gir grunnlag for å estimere den sterkeste strømmen anlegget kan bli utsatt for med tanke på dimensjonering.

For strømmåling på sprednings- og bunnndyp er foretrukket plassering i anleggets senter, som gir grunnlag for å estimere den representative strømstyrken i anlegget med tanke på spredning av partikler.

Valg av måledyp

Overflatestrømmen måles på 5m dyp. Det tas ikke på 1m på grunn av støy fra bølger.

Vannutskiftningsstrøm måles på 15m dyp.

Sprednings- og bunnstrøm

- Spredningsstrøm måles midt mellom merdbunn og sjøbunn, men ikke dypere enn 50m fra merdbunn.
- Bunnstrøm måles enten ca. 2m over bunn, men ikke dypere enn 100m fra merdbunn, eller 2m over bunn.

Valg av måleperiode

Siden tidevannskomponentene M_2 og S_2 «pulserer» sammen hvert 14.77 døgn, som er tidevannssyklus for spring / nipp, er anbefalt minimum for måleperioden 30 dager.

Målingene på 5m og 15m dyp ble gjort i samsvar med NS 9415:2009, der kravet er at målingene skal gjennomføres sammenhengende i minst en måned.

Målingene på sprednings- og bunnndyp ble gjort i samsvar med retningslinje for etableringssøknader fra Mattilsynet (Mattilsynet, 2016), der det er anbefalt at målingene skal gjennomføres sammenhengende i minst 4 uker.

6.2 Spesifikasjoner for strøminstrumenter

Opplysninger om strøminstrumentene er oppgitt i Tabell 6.2.1. Målerne registrerer strømhastighet, strømretning og temperatur.

Tabell 6.2.1. Spesifikasjoner per strøminstrument.

Måledyp	5m	15m	Spredning (43m)	Bunn (66m)
Leverandør	Nortek AS	Nortek AS	Aanderaa AS	Aanderaa AS
Instrumenttype, modell	AWAC (400kHz)	AWAC (400kHz)	RCM Blue 5430 punktmåler	RCM Blue 5430 punktmåler
ID-nr.	6296	6296	5316	5313
Cellestørrelse	2m	2m	-	-
Kalibrering	Utført hos Nortek AS ved levering av instrumentet.	Utført hos Nortek AS ved levering av instrumentet.	Utført hos Aanderaa Data Instruments ved levering av instrumentet.	Utført hos Aanderaa Data Instruments ved levering av instrumentet.
Strømhastighetens nøyaktighet	1% av målt verdi $\pm 0.5\text{cm/s}$	1% av målt verdi $\pm 0.5\text{cm/s}$	$\pm 0.15\text{cm/s}$	$\pm 0.15\text{cm/s}$
Strømhastighetens rekkevidde / terskelverdi	0 til $\pm 10\text{m/s}$ (vektor gjennomsnitt)	0 til $\pm 10\text{m/s}$ (vektor gjennomsnitt)	0 til 300cm/s (vektor gjennomsnitt)	0 til 300cm/s (vektor gjennomsnitt)
Strømretningens nøyaktighet	$\pm 2^\circ$ for helning $< 15^\circ$	$\pm 2^\circ$ for helning $< 15^\circ$	$\pm 5^\circ$ for $0-15^\circ$ helning; $\pm 7.5^\circ$ for $15-35^\circ$ helning	$\pm 5^\circ$ for $0-15^\circ$ helning; $\pm 7.5^\circ$ for $15-35^\circ$ helning
Kompassorientering	Magnetisk nord	Magnetisk nord	Magnetisk nord	Magnetisk nord
Kompass justert for misvisning	Nei	Nei	Nei	Nei
Temperaturens nøyaktighet og rekkevidde	0.1°C , -4°C til 40°C	0.1°C , -4°C til 40°C	0.05°C , -5°C til 40°C	0.05°C , -5°C til 40°C

6.3 Måleprinsipp for strømmålinger

Aanderaa punktmåler

Instrumentet bruker Doppler-effekten for å måle strøm. Det sendes ut en kort lydimpuls (akustisk impuls) med en konstant, bestemt frekvens. Endring i styrken og frekvensen til de innkommende refleksjonene blir målt. Forskjellen mellom pulsen som ble sendt ut og innkommende refleksjon er proporsjonal med strømhastigheten. Refleksjoner er forårsaket av små partikler i vannet (vanligvis zooplankton eller sediment) og bobler. Det er antatt at disse partiklene flyter i vannet og at de derfor beveger seg med samme hastighet som vannet. En punktmåler er satt opp for å måle strøm med én datalogging i et intervall på 10 minutter, basert på 150 ping.

Tabell 6.3.1. Måleprinsipp for en Aanderaa punktmåler.

Tid (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Punktmåler																				

Gule og grønne felt indikerer samplingsperioder på 10 minutter. I løpet av denne perioden sender instrumentet ut 150 ping. Ett datapunkt gir gjennomsnittet over en 10-minuttersperiode.

Nortek AWAC

Instrumentet bruker Doppler-effekten for å måle strøm. Instrumentet sender ut en kort lydimpuls (akustisk impuls) med en konstant, bestemt frekvens. Endring i styrken og frekvensen til de innkommende refleksjonene blir målt. Forskjellen mellom pulsen som ble sendt ut og innkommende refleksjon er proporsjonal med strømhastigheten. Refleksjoner er forårsaket av små partikler i vannet (vanligvis zooplankton eller sediment) og bobler. Det er antatt at disse partiklene flyter i vannet og at de derfor beveger seg med samme hastighet som vannet.

Tabell 6.3.2. Måleprinsipp for Nortek AWAC.

Tid (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Profiler																				

Gule og grønne felt indikerer aktive perioder innenfor en samplingsperiode på 10 minutter; hvor hele 10-minutters samplingsperioden. Den registrerte målingen hvert 10. minutt er gjennomsnittet av strømmålinger i løpet av samplingsperioden.

6.4 CTD-målinger

Hydrografimålinger ble gjennomført med en SD 204 CTD-sonde med oksygensensor. Sonden med et påmontert lodd ble senket ned til loddet traff bunnen og deretter hevet til overflaten. Sonden gjør én registrering hvert 2. sekund, og den vil dermed lage en profil av vannsøylen ved senkning og en ved heving. Profil ved senkning av sonden ble benyttet.

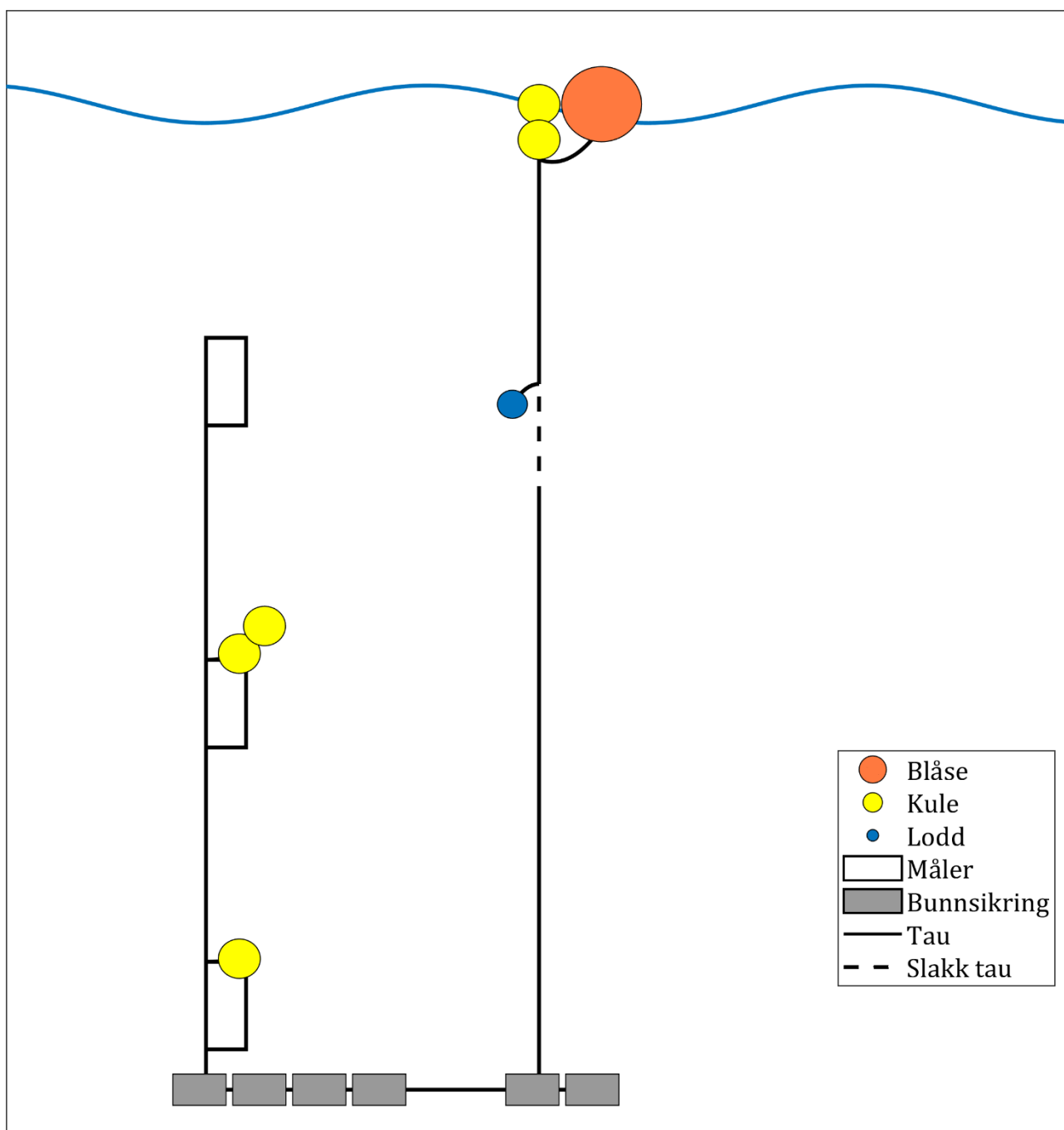
7. Vedlegg – Riggoppsett

7.1 Riggoppsett

Riggoppsett for målt strøm er beskrevet i Tabell 7.1.1 og skissert i Figur 7.1.1.

Tabell 7.1.1. Beskrivelse av riggoppsett for strømmålinger på alle målte dyp.

Komponent	Komponenttype	Antall/Lengde	Dyp	Vekt/oppdrift per enhet
A2-blåse	Blåse	1stk		35kg oppdrift
Trålkule 11"	Kule	2stk		7.5kg oppdrift
Danline 14mm	Tau	20.0m		
Pærelodd	Lodd	1stk		5kg
Danline 14mm	Tau	60.0m		
Garnanker	Bunnsikring	2stk		50kg
Synketau 20mm	Tau	110.0m		
Garnanker	Bunnsikring	4stk		50kg
Danline 14mm	Tau	2.0m		
Punktmåler	Måler	1stk	65.0m	
Trålkule 11"	Kule	1stk		7.5kg oppdrift
Danline 14mm	Tau	19.0m		
Punktmåler	Måler	1stk	46.0m	7.5kg oppdrift
Trålkule 11"	Kule	2stk		
Danline 14mm	Tau	21.0m		
Profiler	Måler/Bøye	1stk	25.0m	40.5kg oppdrift



Figur 7.1.1. Riggoppsett for strømmålinger på alle målte dyp. Det ble benyttet et profilerende instrument på ca. 25m dyp, pekende oppover, for å måle strøm på 5m og 15m dyp.

8. Vedlegg – Databearbeiding og kvalitetssikring

Før utsett ble fysisk status til hvert instrument kontrollert. Kontrollsjekk inkluderer: batteristatus, instrumentinnstilling, minnestatus og anoder.

Det benyttes et skjema som følger hver måler for teknisk dokumentasjon. Instrumenttilstand og eventuelt andre kommentarer angående instrumentet oppføres i egen logg etter hvert prosjekt.

Ved utsett av instrumenter benyttes eget riggskjema som inkluderer (etter NS 9425:1999): lokalitetsnavn, riggoppsett, posisjon, måledyp, kontaktperson og oppdragsgiver, tidspunkt for utsett og opptak, og et kommentarfelt for eventuelle observasjoner ved utsett og opptak.

Ved opptak blir måleinstrumentene undersøkt for begroing, annet som kan ha påvirket målingene, og fysisk skade. Dette kommenteres på riggskjema og i rapporten, og mulig påvirkning for resultatet blir vurdert. Verdier som er benyttet i rapporten er troverdige og uten behov for støyfiltrering eller annen korleksjon.

Data er kvalitetssikret gjennom interne prosedyrer utviklet i samarbeid med instrumentenes produsent etter bestemte kriterier. Dersom disse kriteriene ikke blir møtt er data kritisk vurdert. Enkeltstående datapunkter blir også vurdert og data fjernes om nødvendig. Både rådata og kvalitetssikret data er lagret på server.

8.1 Databearbeiding

Riggtilstand etter måling

Det var ingen begroing eller skade på instrumentene, og ingen data er vurdert som feil eller usikre på grunn av dette. Datakvaliteten anses å være god.

Feil på instrument

Det var ingen feil på instrumentenes sensorer under måleperioden. Datakvaliteten anses å være god.

Tabell 8.1.1. Opplysninger om strømmålinger og databearbeiding.

Måledyp	5m	15m	Spredning (43m)	Bunn (66m)
Filnavn for rådata	Fagerhamn 5 og 15m UK0821 AWAC6296.wpr	Fagerhamn 5 og 15m UK0821 AWAC6296.wpr	Fagerhamn spred UK0821 AP5316.bin	Fagerhamn bunn UK0821 AP5313.bin
Rådata først vurdert i	STORM - SeaReport	STORM - SeaReport	Aanderaa Data Studio	Aanderaa Data Studio
Filnavn for eksportert data	Fagerhamn 5m UK0821 NA6296_eks_AHG.xlsx	Fagerhamn 15m UK0821 NA6296_eks_AHG.xlsx	Fagerhamn spred-43m UK0821 AP5316_eks_AHG.xlsx	Fagerhamn bunn-66m UK0821 AP5313_eks_AHG.xlsx
Filnavn for kvalitetssikret data	Fagerhamn-5m_QC.xlsx	Fagerhamn-15m_QC.xlsx	Fagerhamn-Spredning (43m)_QC.xlsx	Fagerhamn-Bunn (66m)_QC.xlsx
Data return (%)	100.00 / 100.00	100.00 / 100.00	100.00 / 100.00	100.00 / 100.00
Antall målinger	6497 / 6497	6497 / 6497	6497 / 6497	6497 / 6497
Antall fjernede/manglende målinger	0 (se vedlegg 8.3)	0 (se vedlegg 8.3)	0 (se vedlegg 8.3)	0 (se vedlegg 8.3)
Ekstern påvirkning på målinger	Nei	Nei	Nei	Nei
Dato og tid for første og siste benyttede strømmåling	01.07.21 09:20 - 15.08.21 12:00	01.07.21 09:20 - 15.08.21 12:00	01.07.21 09:20 - 15.08.21 12:00	01.07.21 09:20 - 15.08.21 12:00
Dato og tid for start og slutt av instrument	01.07.21 07:20 - 16.08.21 07:00	01.07.21 07:20 - 16.08.21 07:00	01.07.21 07:40 - 16.08.21 07:30	01.07.21 07:40 - 16.08.21 07:10

8.2 Kvalitetssikring av data

Data er kvalitetssikret etter bestemte kriterier (Tabell 8.2.1). Dersom disse kriteriene ikke blir møtt er data kritisk vurdert. Utstikkere blir også vurdert og data fjernet om nødvendig.

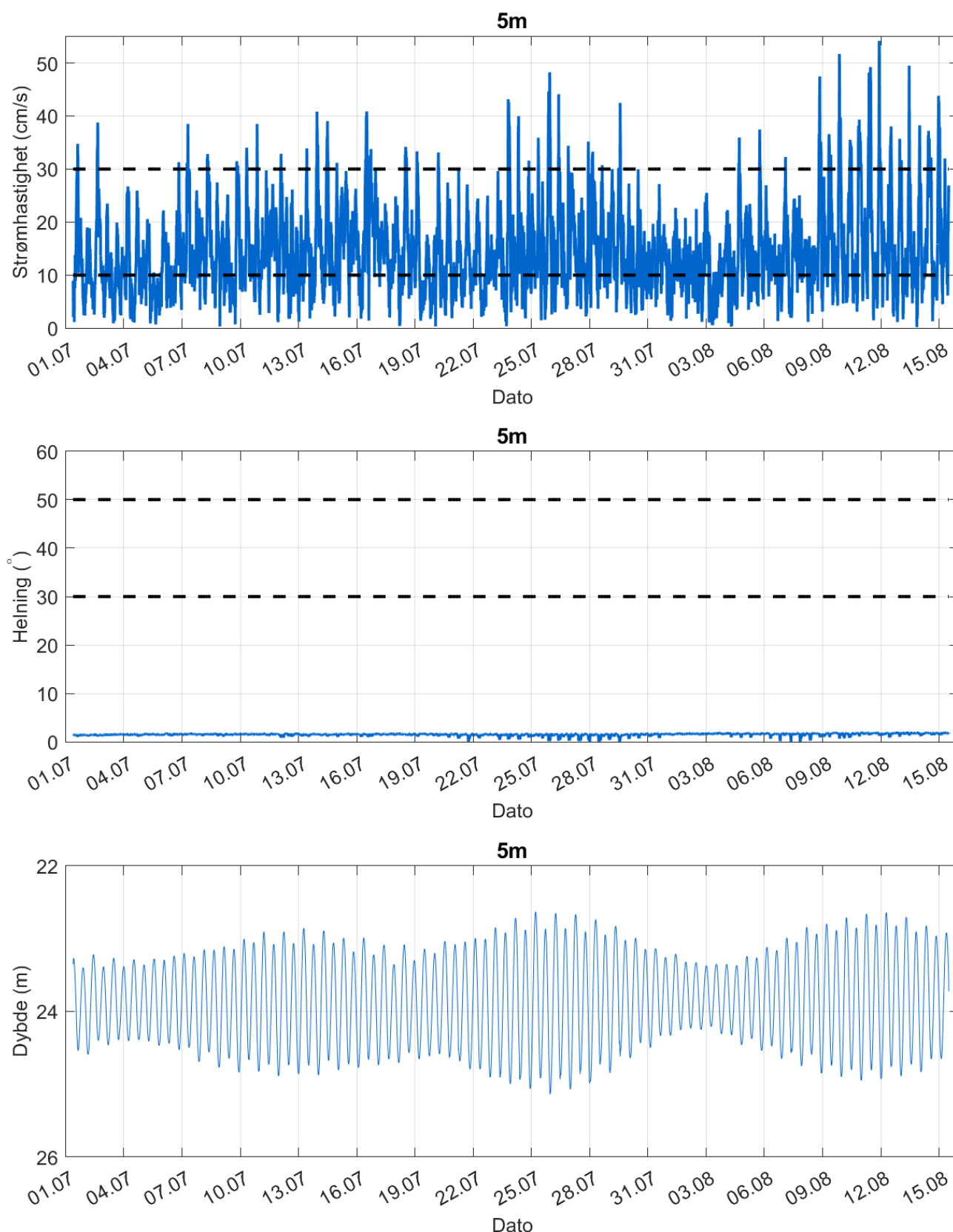
Tabell 8.2.1. Kriterier brukt for å kvalitetssikre data.

Parameter	QC
Temperatur	Manuell sjekk av data for stabil temp ($\Delta < 1^{\circ}\text{C}$)
Helning	$< 50^{\circ}$ (Figur 8.2.3 – Figur 8.2.4) – Aanderaa punktmåler $< 20\text{-}30^{\circ}$ (Figur 8.2.1 – Figur 8.2.2) – Nortek instrumenter
Ping count	150 (Figur 8.2.3 – Figur 8.2.4) – Aanderaa punktmåler
Trykk	Stabilt (Figur 8.2.1 – Figur 8.2.4)
Strømhastighet	Stabil (ingen store endringer fra en måling til neste måling, Tabell 8.2.2). Lav og sterk strøm vurderes etter forskjellige 'kriterier' i forhold til endringer mellom målinger.
Retning	Stabil (ingen store endringer fra en måling til neste måling). Lav og sterk strøm vurderes etter forskjellige 'kriterier' i forhold til endringer mellom målinger.

Tabell 8.2.2. Teoretiske forskjeller i strømhastighet fra en måling til det neste (IOC, 1993).

Δt (min)	Teoretisk	Faktor	Godkjent
	$u_1 - u_2$ (m/s)		$u_1 - u_2$ (m/s)
5	0.0422 u	2.0	0.08
10	0.0843 u	1.8	0.15
15	0.1264 u	1.6	0.20
20	0.1685 u	1.5	0.25
30	0.2523 u	1.4	0.35
60	0.5001 u	1.2	0.60

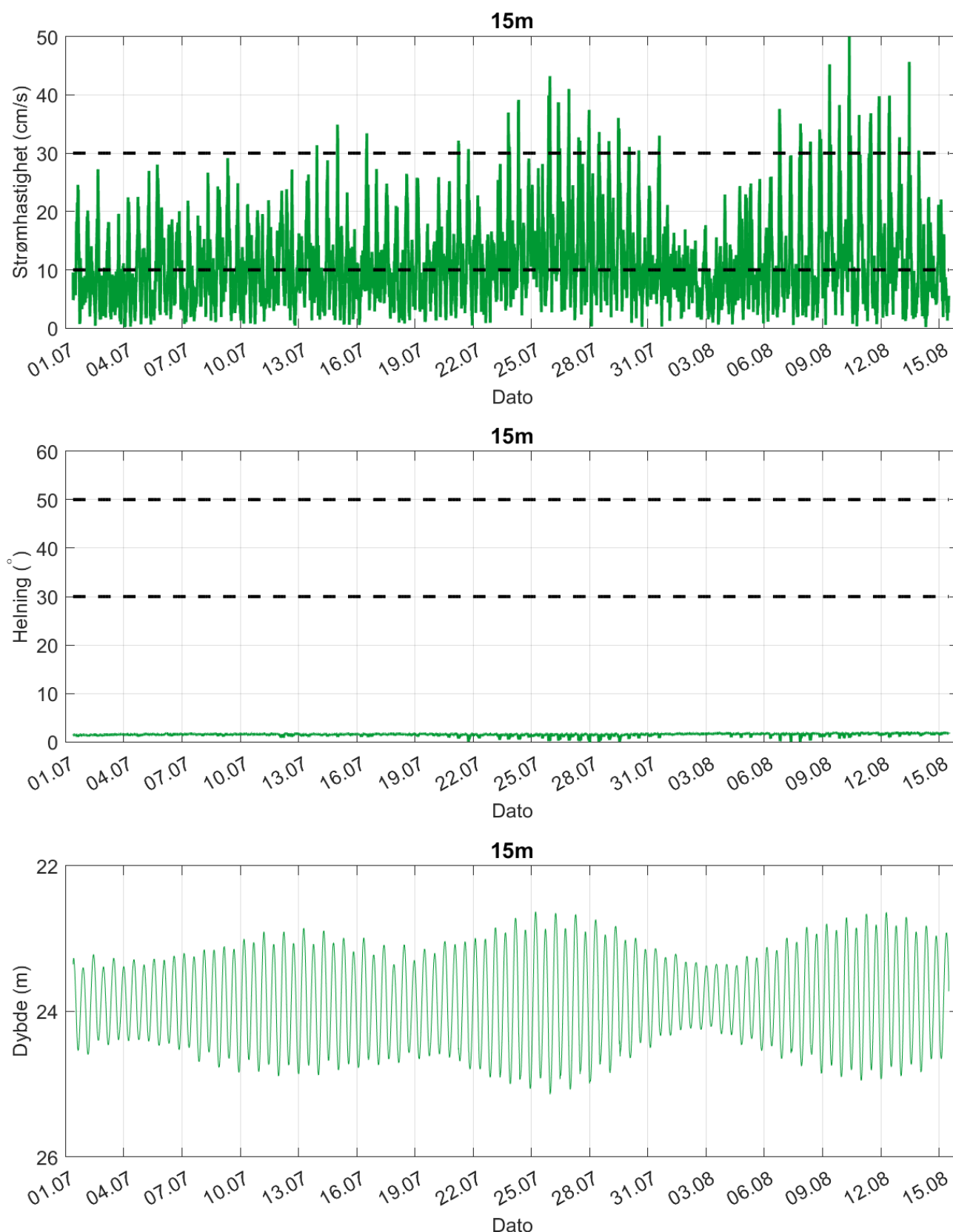
Tabell 8.2.2 gir teoretiske forskjeller mellom to suksessive målinger av strømhastighet, u_1 og u_2 , for forskjellige måleintervall, Δt (IOC, 1993). For å tillate noe naturlig variabilitet i strømhastighet og -retning (inkludert usymmetriske hastighetskurver for tidevannsstrøm) har de teoretiske forskjellene blitt hevet med de oppgitte faktorene, mens strøm (u) er satt til 1m/s ettersom variabilitet øker med avtagende strøm.



Figur 8.2.1. Tidsdiagram – kriteriene brukt for å kvalitetssikre data, 5m dyp.

Instrumentdypet varierte mellom 22.6m og 25.1m dyp i løpet av måleperioden. Gjennomsnittlig instrumentdyp var på 23.8m.

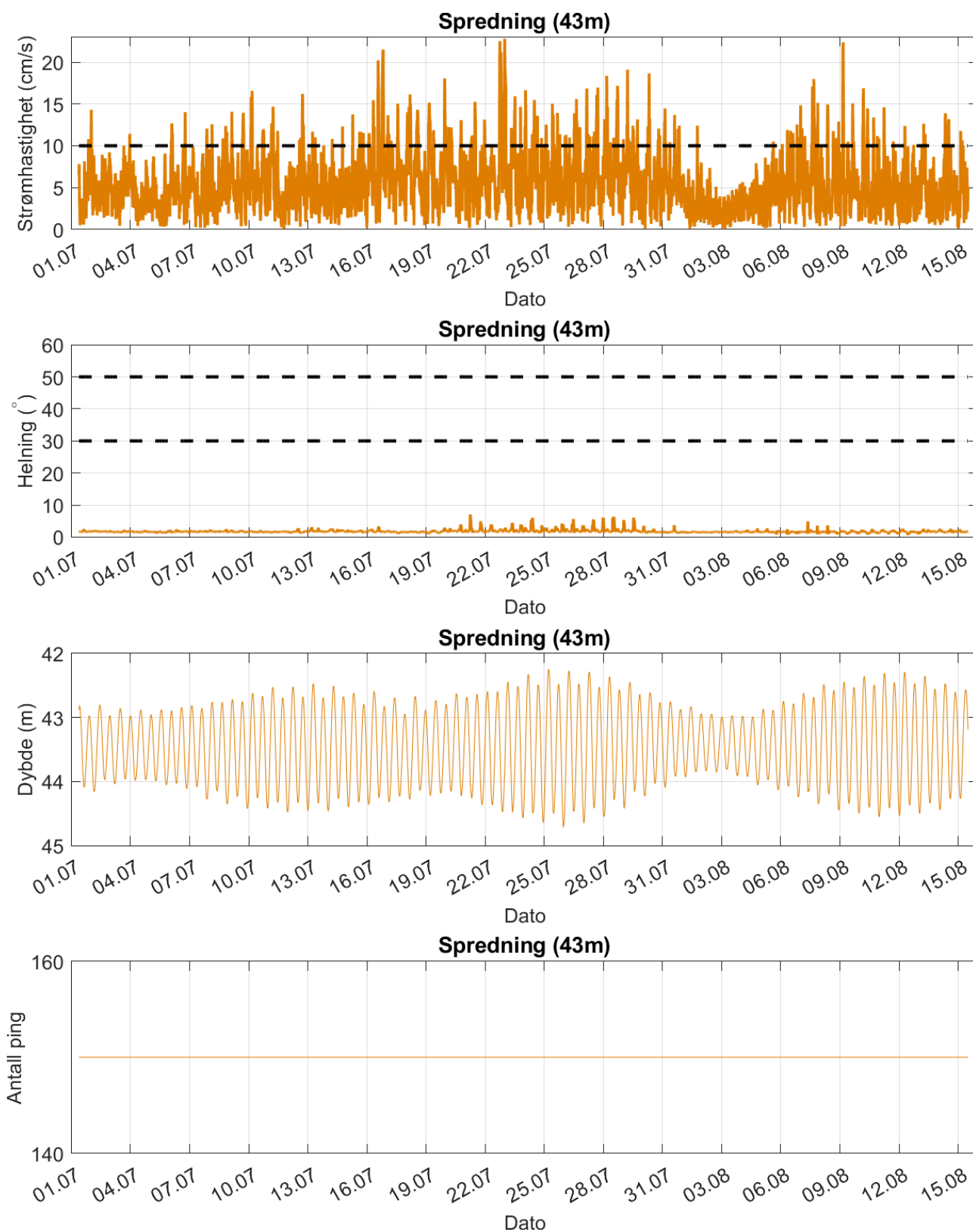
Merknad: Ettersom strømmen på 5m og 15m ble målt med samme instrument (profilerende instrument) er samme helning- og trykkdata oppgitt for 5m og 15m, fordi dette gjelder disse dypene.



Figur 8.2.2. Tidsdiagram – kriteriene brukt for å kvalitetssikre data, 15m dyp.

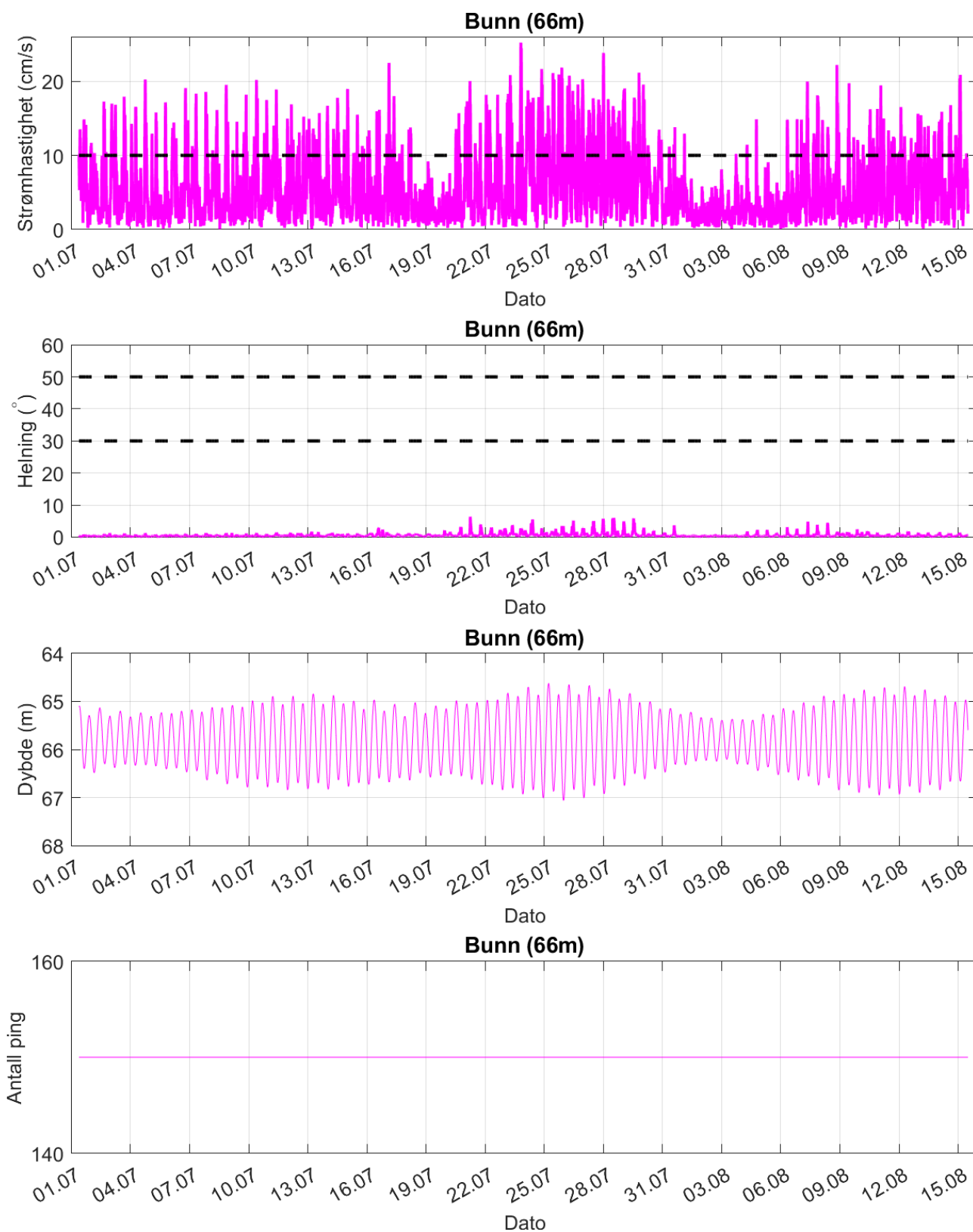
Instrumentdypet varierte mellom 22.6m og 25.1m dyp i løpet av måleperioden. Gjennomsnittlig instrumentdyp var på 23.8m.

Merknad: Ettersom strømmen på 5m og 15m ble målt med samme instrument (profilerende instrument) er samme helning- og trykkdata oppgitt for 5m og 15m, fordi dette gjelder disse dypene.



Figur 8.2.3. Tidsdiagram – kriteriene brukt for å kvalitetssikre data, spredningsdyp (43m).

Instrumentdypet varierte mellom 42.2m og 44.7m dyp i løpet av måleperioden. Gjennomsnittlig instrumentdyp var på 43.4m.



Figur 8.2.4. Tidsdiagram – kriteriene brukt for å kvalitetssikre data, bunndyp (66m).

Instrumentdypet varierte mellom 64.6m og 67.1m dyp i løpet av måleperioden. Gjennomsnittlig instrumentdyp var på 65.8m.

8.3 Fjernede dataverdier

8.3.1 Måleperiode

Strøm på 5m og 15m dyp er målt med samme instrument (profilerende instrument) og har derfor samme måleperiode.

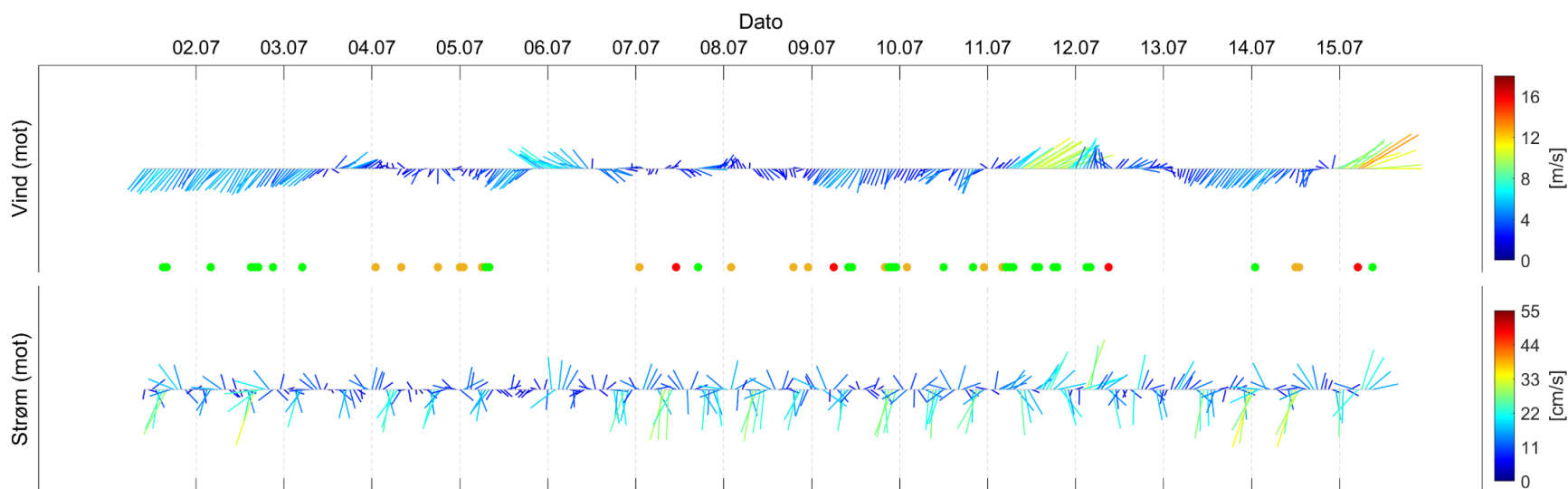
Data er fjernet utenfor måleperioden på sprednings- (43m) og bunndyp (66m) for å bruke overlappende periode mellom de forskjellige dyp i så stor grad som mulig.

8.3.2 Enkelte datapunkter

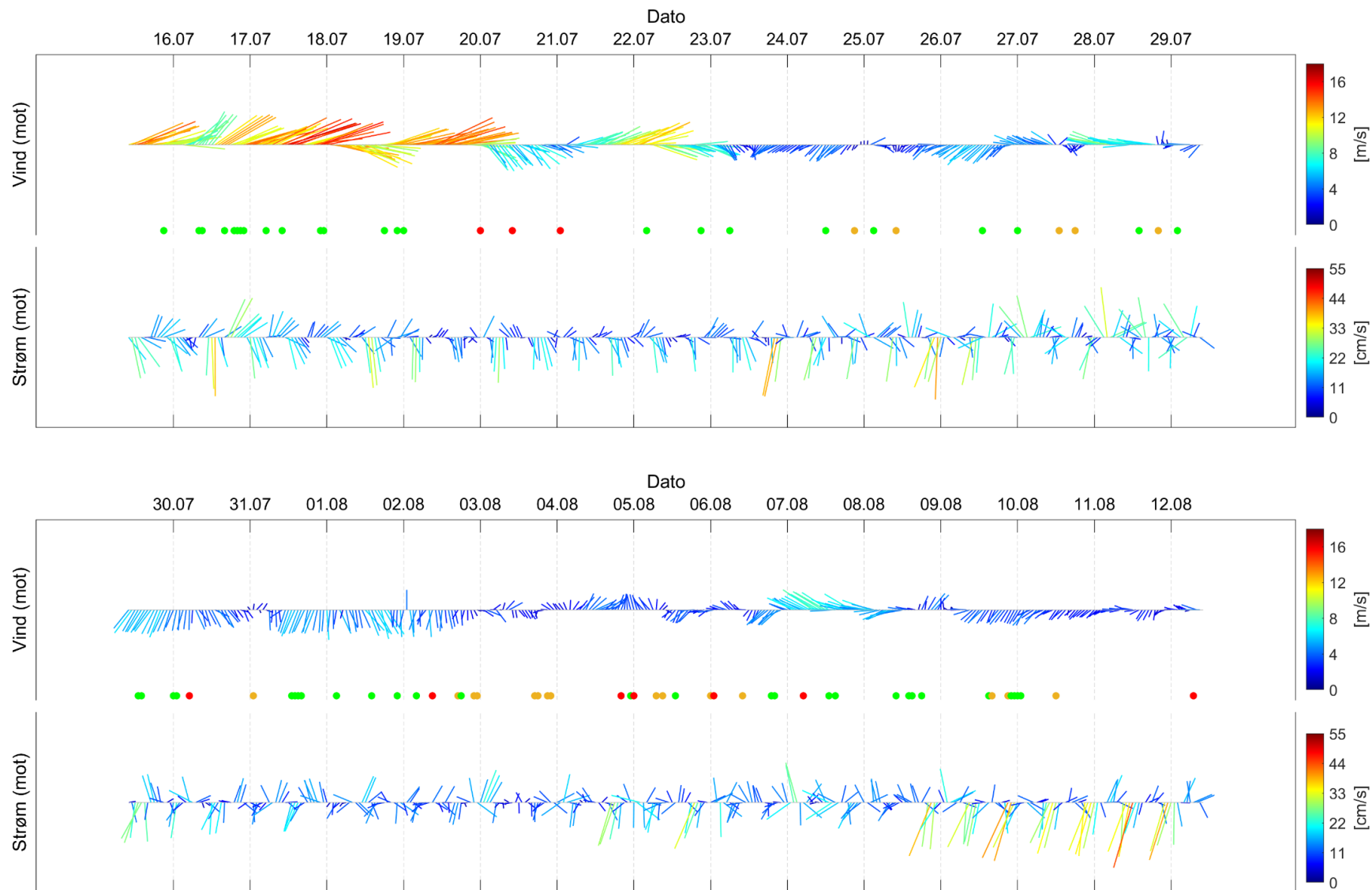
Ingen andre datapunkter er fjernet.

9. Vedlegg – Fyrstikkdiagram av vind og strøm

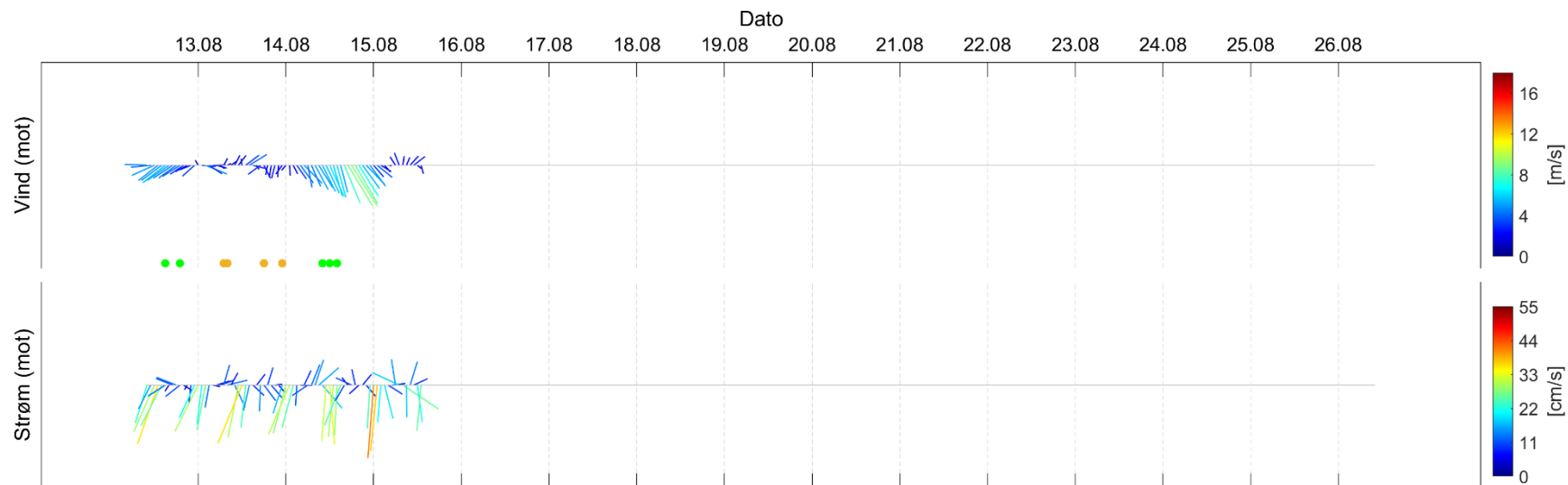
Figurene under viser vind- og strømhastighet i løpet av måleperioden, oppdelt i perioder på to uker. Tidspunkter hvor vind og strøm hadde omtrent sammenfallende retning (grønne prikker) eller motsatt retning (røde prikker) indikerer tilfeller med vindpåvirket strøm. Svak vind ($< 3\text{ m/s}$) hvor strøm og vind hadde sammenfallende eller motsatt retning er indikert med oransje prikker. Det er tillatt en vinkel på opptil $\pm 22.5^\circ$ ved beregning av om vind og strøm har omtrent sammenfallende eller motsatt retning.



Figur 9.1. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Sula (over) og strømhastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under måleperioden.



Figur 9.2. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Sula (over) og strømhastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under måleperioden.



Figur 9.3. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Sula (over) og strømshastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under måleperioden.

10. Vedlegg – Strømmens tilstandsklasser

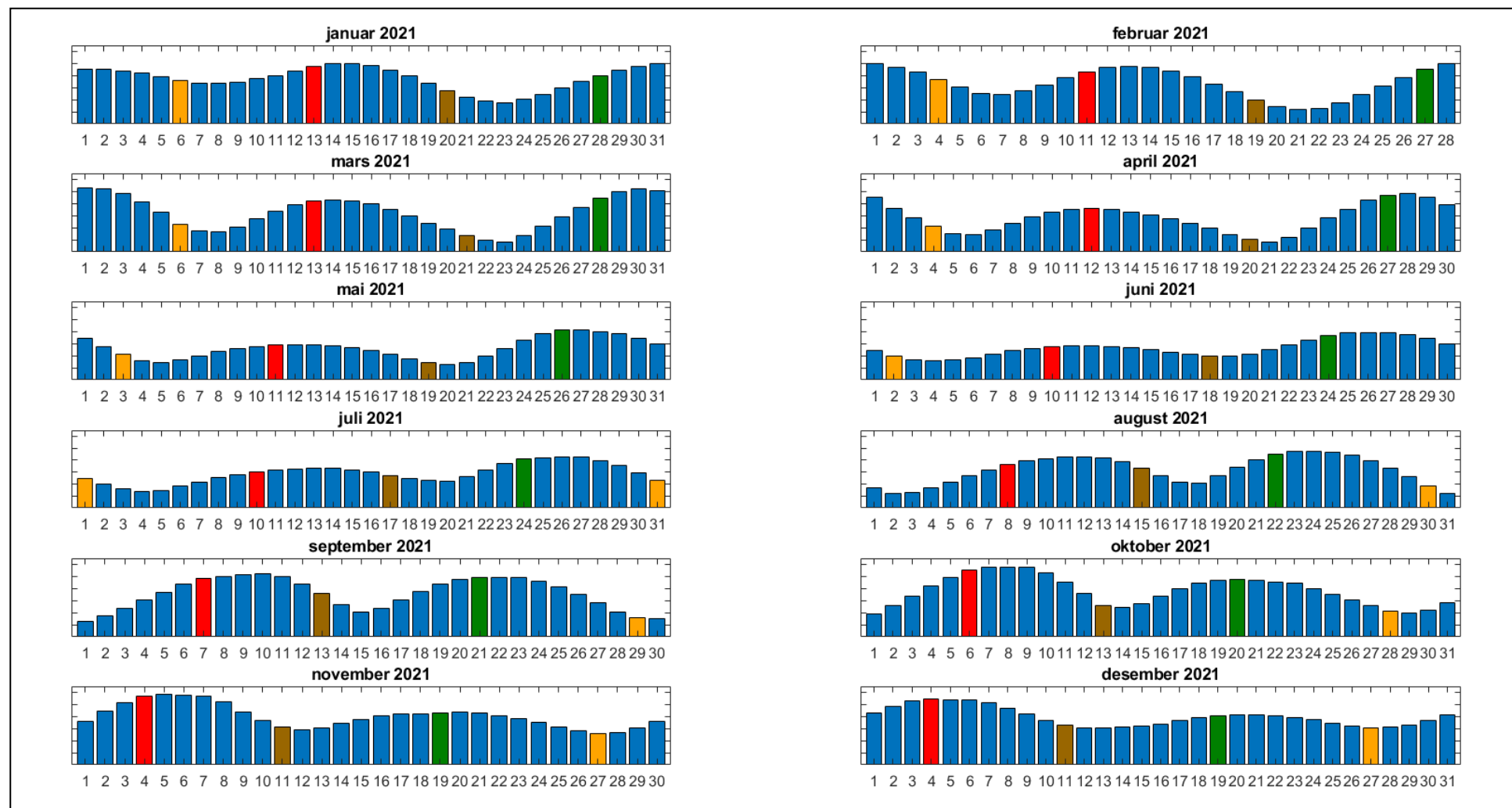
Tilstandsklasser for strømparametere er oppgitt i Tabell 10.1. Verdiene er hentet fra strømdata målt av Åkerblå ved bruk av Aanderaa punktmålere (Åkerblå, 2015).

Tabell 10.1. Tilstandsklasser for vurdering av strømdata.

	Dyp (m)	1	2	3	4	5
Maksimal strømhastighet (cm/s)						
		svært sterk	sterk	middels sterk	svak	svært svak
Overflate	5	≥ 55	$\geq 40 - < 55$	$\geq 26 - < 40$	$\geq 15 - < 26$	< 15
Utskifting	15	≥ 45	$\geq 30 - < 45$	$\geq 20 - < 30$	$\geq 10 - < 20$	< 10
Spredning		≥ 35	$\geq 25 - < 35$	$\geq 15 - < 25$	$\geq 10 - < 15$	< 10
Bunn		≥ 35	$\geq 25 - < 35$	$\geq 15 - < 25$	$\geq 10 - < 15$	< 10
Gjennomsnittlig strømhastighet (cm/s)						
		svært sterk	sterk	middels sterk	svak	svært svak
Overflate	5	≥ 10	$\geq 7 - < 10$	$\geq 6 - < 7$	$\geq 3 - < 6$	< 3
Utskifting	15	≥ 9	$\geq 6 - < 9$	$\geq 5 - < 6$	$\geq 2 - < 5$	< 2
Spredning		≥ 8.5	$\geq 5 - < 8.5$	$\geq 4 - < 5$	$\geq 2 - < 4$	< 2
Bunn		≥ 7.5	$\geq 5 - < 7.5$	$\geq 4 - < 5$	$\geq 2 - < 4$	< 2
Signifikant maksimal strømhastighet (cm/s)						
		svært sterk	sterk	middels sterk	svak	svært svak
Overflate	5	≥ 25	$\geq 17 - < 25$	$\geq 11 - < 17$	$\geq 5 - < 11$	< 5
Utskifting	15	≥ 23	$\geq 15 - < 23$	$\geq 8 - < 15$	$\geq 4 - < 8$	< 4
Spredning		≥ 20	$\geq 14 - < 20$	$\geq 7 - < 14$	$\geq 4 - < 7$	< 4
Bunn		≥ 16	$\geq 11 - < 16$	$\geq 6.5 - < 11$	$\geq 3 - < 6.5$	< 3
Signifikant minimal strømhastighet (cm/s)						
		svært sterk	sterk	middels sterk	svak	svært svak
Overflate	5	≥ 6	$\geq 4 - < 6$	$\geq 2.5 - < 4$	$\geq 1.5 - < 2.5$	< 1.5
Utskifting	15	≥ 5	$\geq 3.5 - < 5$	$\geq 2.3 - < 3.5$	$\geq 1.5 - < 2.3$	< 1.5
Spredning		≥ 4	$\geq 3 - < 4$	$\geq 2 - < 3$	$\geq 1 - < 2$	< 1
Bunn		≥ 4	$\geq 3 - < 4$	$\geq 2 - < 3$	$\geq 1 - < 2$	< 1
Andel strømstille (%) < 1cm/s						
		svært lite	lite	middels	høy	svært høy
Overflate	5	< 1	$< 3 - \geq 1$	$< 5 - \geq 3$	$< 7 - \geq 5$	≥ 7
Utskifting	15	< 1	$< 5 - \geq 1$	$< 7 - \geq 5$	$< 10 - \geq 7$	≥ 10
Spredning		< 3	$< 8.5 - \geq 3$	$< 15 - \geq 8.5$	$< 20 - \geq 15$	≥ 20
Bunn		< 3	$< 10 - \geq 3$	$< 20 - \geq 10$	$< 30 - \geq 20$	≥ 30
Andel strømstille (%) < 3cm/s						
		svært lite	lite	middels	høy	svært høy
Overflate	5	< 5	$< 10 - \geq 5$	$< 20 - \geq 10$	$< 30 - \geq 20$	≥ 30
Utskifting	15	< 5	$< 15 - \geq 5$	$< 25 - \geq 15$	$< 40 - \geq 25$	≥ 40
Spredning		< 10	$< 20 - \geq 10$	$< 35 - \geq 20$	$< 50 - \geq 35$	≥ 50
Bunn		< 10	$< 20 - \geq 10$	$< 35 - \geq 20$	$< 60 - \geq 35$	≥ 60
Effektiv transport (cm/s)						
		svært sterk	sterk	middels sterk	svak	svært svak
Overflate	5	≥ 5	$\geq 2.5 - < 5$	$\geq 1.5 - < 2.5$	$\geq 0.3 - < 1.5$	< 0.3
Utskifting	15	≥ 3.5	$\geq 2 - < 3.5$	$\geq 1 - < 2$	$\geq 0.2 - < 1$	< 0.2
Spredning		≥ 3	$\geq 1.8 - < 3$	$\geq 0.6 - < 1.8$	$\geq 0.1 - < 0.6$	< 0.1
Bunn		≥ 3	$\geq 1.8 - < 3$	$\geq 0.6 - < 1.8$	$\geq 0.1 - < 0.6$	< 0.1
Neumann-parameter						
		svært stabil	stabil	middels stabil	lite stabil	svært lite stabil
Alle dyp (m)		> 0.6	0.4 - 0.6	0.2 - 0.4	0.1 - 0.2	< 0.1

11. Vedlegg – Månedlige tidevannsvariasjoner

Strømmålinger er påvirket av blant annet tidevannsstrøm og kan bli påvirket av vind og vær. Månedlige tidevannsvariasjoner er vist i figuren under.



Figur 11.1. Månedlige tidevannsvariasjoner hvor stolpehøyde angir relativ tidevannsstrøm og stolpefarge indikerer månefaser (oransje – siste kvarter; rød – nymåne; brun – første kvarter; grønn - fullmåne).

12. Vedlegg – Måleenheter

Alle måleenheter brukt i rapporten er beskrevet i tabellen under.

Tabell 12.1. Måleenheter brukt i rapporten.

Beskrivelse	Måleenhet
Dag og Tid Tidsstempel i tidsserier er gitt ved midnatt, slik at tidsserier starter midnatt før første målepunkt og slutter midnatt etter siste målepunkt.	dd.mm.yy hh:mm (UTC) dd.mm (UTC) dd.mm.yyyy hh (UTC)
Høyde / Dybde	Meter (m)
Avstand	Kilometer (km) Meter (m)
Posisjon / Koordinater Posisjon er oppgitt i koordinatsystemet WGS64 (World Geodetic System 1984).	GGG (°) MM.MM (')
Strømretning (mot)	Grader (°)
Strømhastighet	Centimeter per sekund (cm/s)
Vindhastighet	Meter per sekund (m/s)
Vindretning (fra)	Grader (°)
Tidevannsnivå	Centimeter (cm)
Temperatur	Grader celsius (°C)
Helning	Grader (°)
Ping Count	Antall

13. Vedlegg – Parametere og beskrivelse

Tabell 13.1. Parametere brukt i rapporten og beskrivelse av disse.

Parameter	Beskrivelse
Sjøtemperatur (°C)	Temperatur i vannet målt ved måledyp
Strømhastighet	
Maksimum (cm/s)	Høyeste verdi av alle data
Gjennomsnitt (cm/s)	Matematisk gjennomsnittlig verdi av alle data
Minimum (cm/s)	Laveste verdi av alle data
Signifikant maks (cm/s)	Matematisk gjennomsnitt av høyeste 1/3 av data
Signifikant min (cm/s)	Matematisk gjennomsnitt av laveste 1/3 av data
Varians (cm/s) ²	Verdi som indikerer spredning av data rundt gjennomsnittsverdi, dvs. om data varierte mye mellom suksessivt høye og lave verdier. En høy varians indikerer at datapunkter er meget spredt ut rundt gjennomsnittsverdien, mens en lav varians indikerer at datapunkter er veldig nær gjennomsnittsverdien og derfor også hverandre. Varians = Gjennomsnittet av de kvadrerte forskjeller fra gjennomsnittsverdien.
Standardavvik (cm/s)	Verdi som indikerer spredning av data rundt gjennomsnittsverdi, dvs. gjennomsnittlig avstand fra gjennomsnittsverdi. Et høyt standardavvik indikerer stor spredning av data. Standardavvik = kvadratroten (varians).
% < x cm/s	Mengden strøm med strømhastighet < x cm/s
Lengst periode < x cm/s	Varighet av lengste periode med strømhastighet < x cm/s
Effektiv transport	
Hastighet (cm/s)	Hastighet er en funksjon av posisjon og tid. Gitt en tenkt partikkel som starter i strømmålerens posisjon og som driver med strømmen i løpet av måleperioden, da er effektiv hastighet gitt som den rettlinjede avstanden mellom partikkelens start- og sluttposisjon delt på total tid i måleperioden.
Retning (grader)	Retning er vinkelen til en linje ut fra origo. Gitt en tenkt partikkel som starter i strømmålerens posisjon og som driver med strømmen i løpet av måleperioden, er resultatretning eller retning av effektiv transport gitt som vinkelen fra partikkelens startposisjon til partikkelens posisjon ved måleperiodens slutt.
Neumann-parameter	Verdi som indikerer stabiliteten til strømmen. Neumann-parameteren beregnes ut fra forholdet mellom den rettlinjede avstanden mellom en tenkt drivende partikkels start- og sluttposisjon, og partikkelens totale bane i løpet av måleperioden. Stabil strøm (høy Neumann-parameter) betyr at vannet strømmer i «en» retning og beveger seg bort fra startpunktet hele tiden. Ustabil strøm (lav Neumann-parameter) betyr at vannet strømmer i ulike retninger og kanskje bare flyter fram og tilbake ved startpunktet. For eksempel, en Neumann-parameter på 0.7 betyr at strømmen i løpet av måleperioden strømmer med 70% stabilitet i en bestemt retning. Dette er klassifisert som svært stabil strøm.
Vannforflytning (m ³ /m ² /d)	Mengden vann som strømmer gjennom en tenkt flate på 1 m ² i løpet av et døgn.

14. Vedlegg – Referanser

1. Brukerveiledning. Aanderaa RCM Blue punktmåler og Nortek AWAC.
2. Bannister, R. J., Johnsen, I. A., Hansen, P. K., Kutti, T., & Asplin, L. (2016). Near- and far-field dispersal modelling of organic waste from Atlantic salmon aquaculture in fjord systems. *ICES Journal of Marine Science*, 73, 9, 2408-2419.
3. Emery, R., & Thomson, W. J. (2001). *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. Elsevier Science.
4. Fiskeridirektoratet (2012). Veileder for utfylling av søknadsskjema for tillatelse til akvakultur i flytende eller landbasert anlegg. Tilgjengelig: <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Registre-og-skjema/Skjema-akvakultur/Akvakultursoeknad>
5. IOC (1993). *Manual of Quality Control Procedures for validation of Oceanographic Data*. Tilgjengelig: http://www.iode.org/components/com_oe/oe.php?task=download&id=20423&version=1st%20edition&lang=1&format=1
6. Kartverket (2021). www.kartverket.no/sehavniva
7. Mattilsynet (2016). Statens tilsyn for planter, fisk, dyr og næringsmidler, utgave 6. Etableringssøknader – saksbehandling i tilsynet. Retningslinje til behandling av søknader etter forskrift 17. juni 2008 nr. 823 om etablering og utvidelse av akvakulturanlegg, zoobutikker m.m. 36s.
8. Meteorologisk institutt (2021). www.eklima.no
9. NS 9415:2009. Flytende oppdrettsanlegg. Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift. Norsk Standard 2009: 101s.
10. NS 9425-1:1999. Oseanografi – Del 1: Strømmålinger i faste punkter. Norsk Standard 1999. 6s.
11. Pawlowicz, R., Beardsley, B. & Lentz, S. (2002). Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. *Computers & Geosciences*, 28, 929-937.
12. Åkerblå (2015). Strømklassifisering. Åkerblå AS-rapport: Strøm- Klassifisering-AanderaaPunktMåler-Okt2015, 2 sider.