Strømrapport

Måling av overflate- (5m) og dimensjoneringsstrøm (15m) ved

Holmskallen i

februar - mars 2021 og mai - juli 2023

ÅKERBLÅ

NORSK AKKREDITERING TEST 252

Rapport			
Rapportbeskrivelse og -navn	Vurdering av strømforhold ved Holmskallen. SR-MN-Holmskallen-11026161-3011-01-001.pdf		
Rapportversjon	**Dato**	**Beskrivelse**	
001	21.08.23	Første utgivelse. Presentasjon og vurdering av gjennomførte strømmålinger ved Holmskallen.	
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	Holmskallen	**Lokalitetsnummer**	45155
Kommune	Ålesund	**Fylke**	Møre og Romsdal
Oppdragsgiver			
Selskap	MOWI ASA; Sandviksbodene 77a, 5035 BERGEN, NORGE		
Kontaktperson	Arne Kvalvik	Arne.kvalvik@mowi.com	
Oppdragsansvarlig			
Selskap	Åkerblå AS; Nordfrøyveien 413, 7260 SISTRANDA, NORGE Organisasjonsnummer: 916 763 816		
Feltarbeidsansvarlig	Nicolas Sperre	nicolas.sperre@akerbla.no	
Rapportansvarlig	Clarissa A. K. Endo	clarissa.endo@akerbla.no	
Kontrollert av	Øystein Breiteig	oystein.breiteig@akerbla.no	
Akkreditering	Feltarbeid i P1 er utført av Aqua Kompetanse og er dermed ikke akkreditert. Feltarbeid og rapport i P2 er utført av Åkerblå og er akkreditert.		

Resultat nøkkeltall		
Måledyp	**5m**	**15m**
Maksimal strøm (cm/s) (retning)	46.2 (SØ)	31.1 (SV)
Gjennomsnittlig strøm (cm/s)	13.6	10.9
Strømstyrke < 1cm/s (%)	0.0	0.1
Strømstyrke < 3cm/s (%)	0.3	0.5
Strømstyrke < 10cm/s (%)	3.8	5.6
Strømstyrke ≥ 30cm/s (%)	1.4	0.05
Strømstyrke ≥ 50cm/s (%)	0.0	0.0
Neumann-parameter	0.0	0.1
10-års strøm (maksimal)	76	51
50-års strøm (maksimal)	86	58

Innholdsfortegnelse

1. Forord 6

2. Områdebeskrivelse 7

3. Metodikk 8

4. Resultater 12

4.1 Sammendrag av strømdata 12
4.2 Strømrose 13
4.3 Matrise med strømhastighet og -retning 14
4.4 Strømmens hastighetsfordeling 16
4.5 Strømmens retningsfordeling 16
4.6 Tidsdiagram – Strømhastighet 17
4.7 Tidsdiagram – Strømretning 18
4.8 Tidsdiagram – Temperatur 19
4.9 Progressivt vektordiagram 20
4.10 Fordelingsdiagram – Maksimal strømhastighet 22
4.11 Fordelingsdiagram – Gjennomsnittshastighet 22
4.12 Fordelingsdiagram – Relativ vannfluks 23
4.13 Fordelingsdiagram – Antall observasjoner 23
4.14 Strømhastighetsprofil 24
4.15 Maksimal strømhastighet i 8 retningssektorer 25
4.16 Gjennomsnittlig strømhastighet i 8 retningssektorer 25
4.17 Antall målinger i 8 retningssektorer 25
4.18 Relativ vannutskiftning i 8 retningssektorer 25
4.19 10-års og 50-års strømhastighet i 8 retningssektorer 26
4.20 Persentilfordeling av strømhastighet 27
4.21 Prosentfordeling av strømhastighet 27
4.22 Strømfordeling 28
4.23 Strømvarighet 29
4.24 Tidevannsanalyse 30
4.25 Maksimal strømhastighet, tidevann og vind 33
4.26 Vind under måleperioden 34
4.27 CTD-profil 38

5. Diskusjon 39

5.1 Høye strømmålinger 39
5.2 Tidevannspåvirkning 39

5.3 Vindpåvirkning 39
5.4 Vannutskiftning 39
5.5 Vannsøylens vertikale struktur 40

6. Vedlegg – Bakgrunnsinformasjon 42

6.1 Valg av sted, dyp og periode for strømmålinger 42
6.2 Spesifikasjoner for strøminstrumenter 43
6.3 Måleprinsipp for strømmålinger 45
6.4 CTD-målinger 45

7. Vedlegg – Riggoppsett 46

7.1 Test av riggoppsett før utsett 46
7.2 Riggoppsett 46

8. Vedlegg – Databearbeiding og kvalitetssikring 48

8.1 Databearbeiding 48
8.2 Kvalitetssikring av data 51
8.3 Fjernede dataverdier 55
8.3.1 Måleperiode 55
8.3.2 Enkelte datapunkter 55

9. Vedlegg – Fyrstikkdiagram av vind og strøm 56

10. Vedlegg - Varighetsanalyse 62

11. Vedlegg – Strømmens tilstandsklasser 68

12. Vedlegg – Månedlige tidevannsvariasjoner 69

13. Vedlegg – Måleenheter 71

14. Vedlegg – Parametere og beskrivelse 72

15. Vedlegg – Referanser 73

16. Vedlegg – Resultater per måned på 5m dyp 74

16.1 Sammendrag av strømdata 74
16.2 Strømroser 75
16.3 Tidsdiagram – strømhastighet 76
16.4 Tidsdiagram – strømretning 78
16.5 Persentilfordeling av strømhastighet 80
16.6 Prosentfordeling av strømhastighet 80

17. Vedlegg – Resultater per måned på 15m dyp 81

17.1 Sammendrag av strømdata 81
17.2 Strømroser 82

17.3 Tidsdiagram – strømhastighet 83
17.4 Tidsdiagram – strømretning 85
17.5 Persentilfordeling av strømhastighet 87
17.6 Prosentfordeling av strømhastighet 87

1. Forord

Åkerblå AS har på oppdrag fra MOWI ASA utført strømmålinger i P2 ved eksisterende oppdrettslokalitet Holmskallen som er vurdert etter beliggenhet, strømforhold, temperatur, vannutskiftning, tidevann og vind.

Strømmålinger i P1 ved lokalitet Holmskallen var utført, på oppdrag fra MOWI ASA, av Aqua Kompetanse (Aqua Kompetanse, 2021). Åkerblå AS har kvalitetssikret strømmålingene i P1 og utarbeidet en strømrapport basert på kvalitetssikret data.

Resultatene fra strømmålingene gjelder for gitte prøvepunkt og for oppgitt tidsperiode. Vurderingen av strømforhold i området er gjort på bakgrunn av disse resultatene.

NYTEK-forskriften har som mål å begrense rømming av fisk fra oppdrettsanlegg. NS 9415:2021 krever at alle lokaliteter undersøkes og beskrives ut fra topografi og eksponeringsgrad i form av parametere som danner grunnlag for beregning av miljølaster 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 påvirkes av blant annet strømforhold og vannutskiftning – og temperatur.

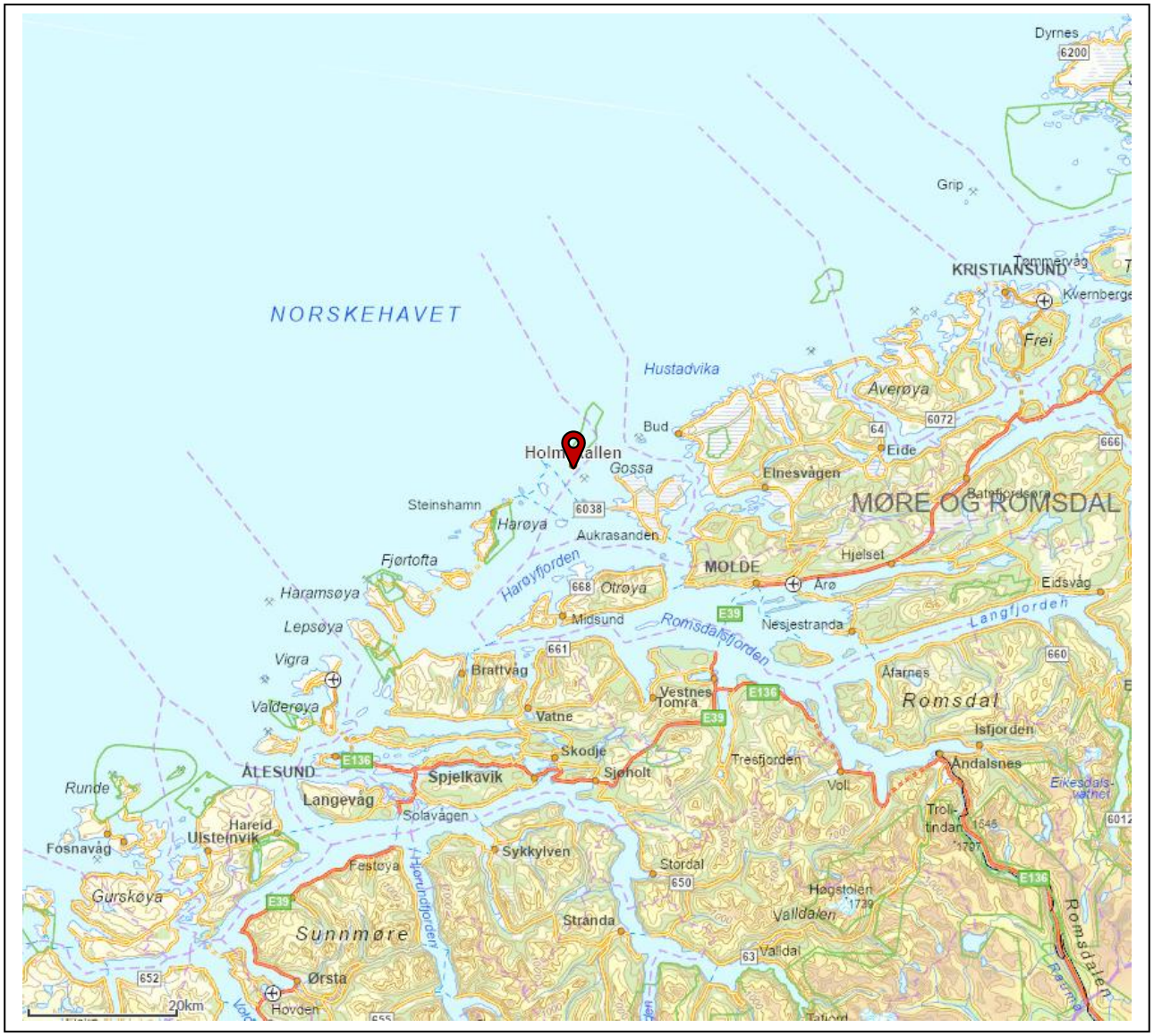
Denne rapporten tilfredsstiller kravene i NS 9425-1:1999, samt anbefalingene i retningslinje for etableringssøknader fra Mattilsynet (2016). For måleperioder på 3 måneder eller lengre benyttes multiplikasjonsfaktor for NS 9415:2021 for beregning av returverdier.

2. Områdebeskrivelse

Målepunktene for Holmskallen ligger i Ålesund kommune, Møre og Romsdal (Figur 2.1). Holmskallen ligger NØ for Sandøya, Ø/SØ for Ona og NV for Flatflesa. Holmskallen er åpen mot Kråksundet i NV/N, mot Saltsteinsleia og Indreleia i Ø og mot Harøyfjorden, Grunnefjorden og Tangefjorden i S.

På grunn av omkringliggende topografi er området relativt eksponert for vind, med tanke på strøm, fra alle retninger.

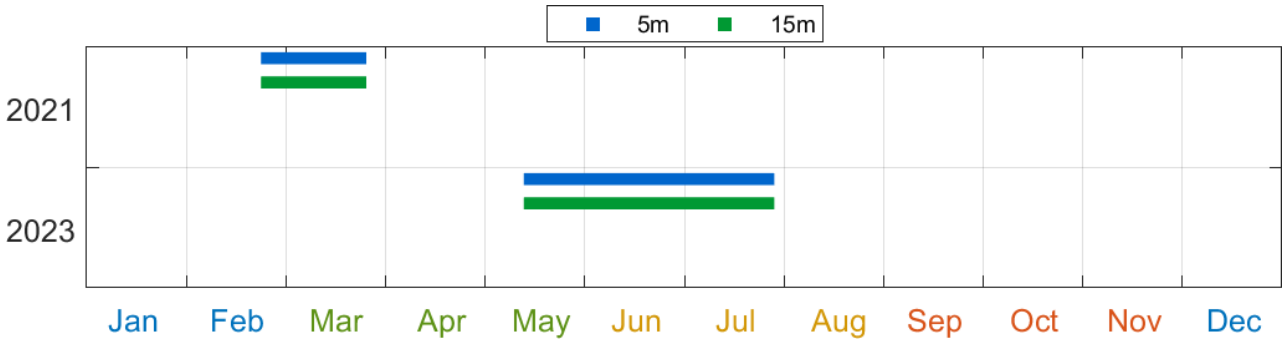
Bunntopografi er ca. 90 - 112m dyp og orientert N/NØ – S/SV i området for strømmålingsposisjonene.



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

3. Metodikk

Strømmålinger i P1 er kvalitetssikret av Aqua Kompetanse AS og av Åkerblå AS i P2. Informasjon om måleperiode og instrumenter som ble benyttet er oppgitt i Tabell 3.1 og Figur 3.1. Strømmen ble målt i to rigger, hvor avstanden mellom disse var ca. 630m. Strømmen ble målt over to måleperioder; fra 22.02.21 til 25.03.21 (P1) og fra 13.05.23 til 28.07.23 (P2) (Figur 3.1).

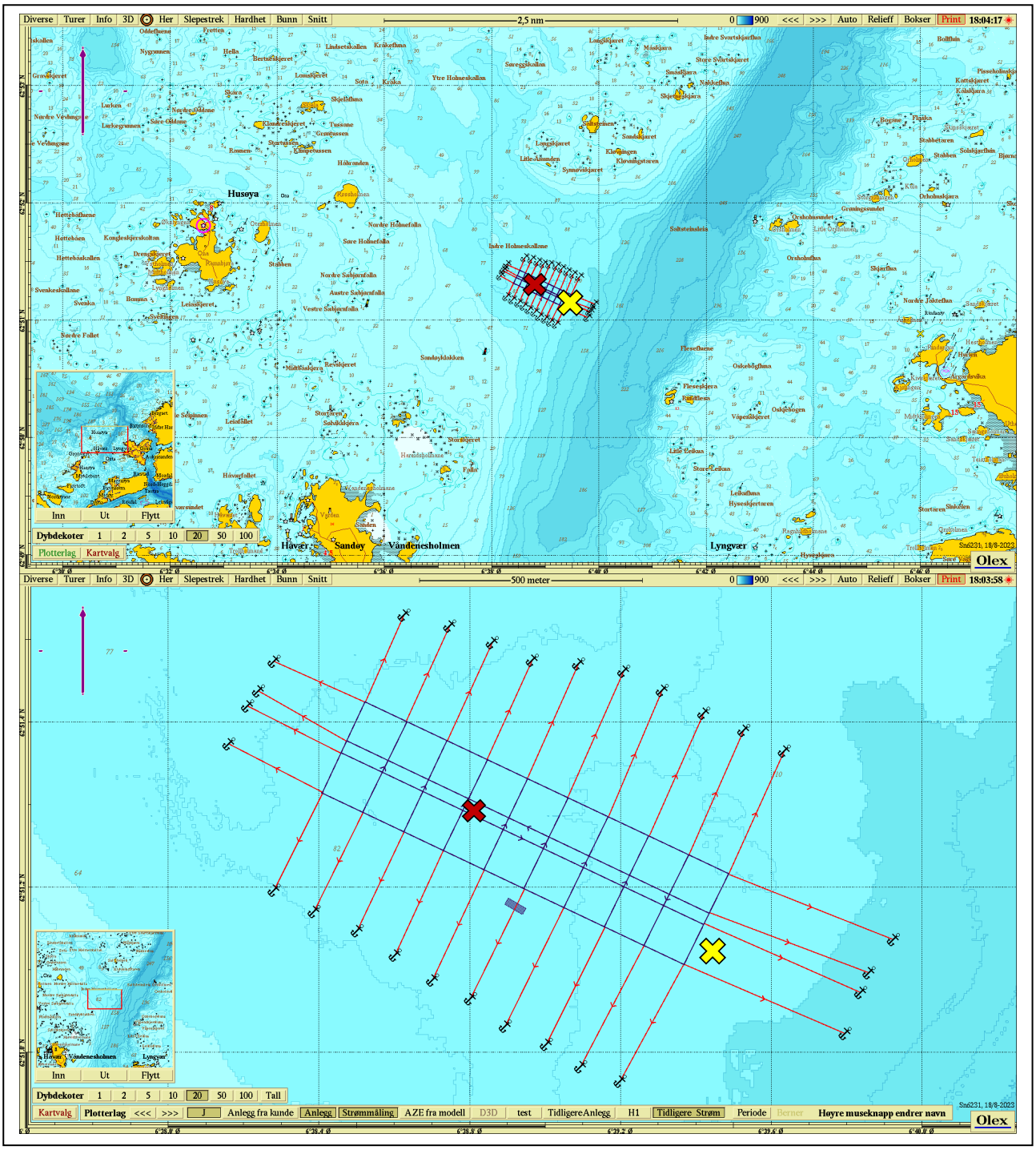


Figur 3.1. De fargede linjene i figuren viser hvilke år og måneder det er strømmålinger på 5m (blå linje) og 15m (grønn linje). Skriftfargene på månedene langs x-aksen illustrerer sesong; blå = vinter, grønn = vår, gul = sommer, og rød = høst. Målingene på 5m og 15m ble utført om våren, sommeren og vinteren.

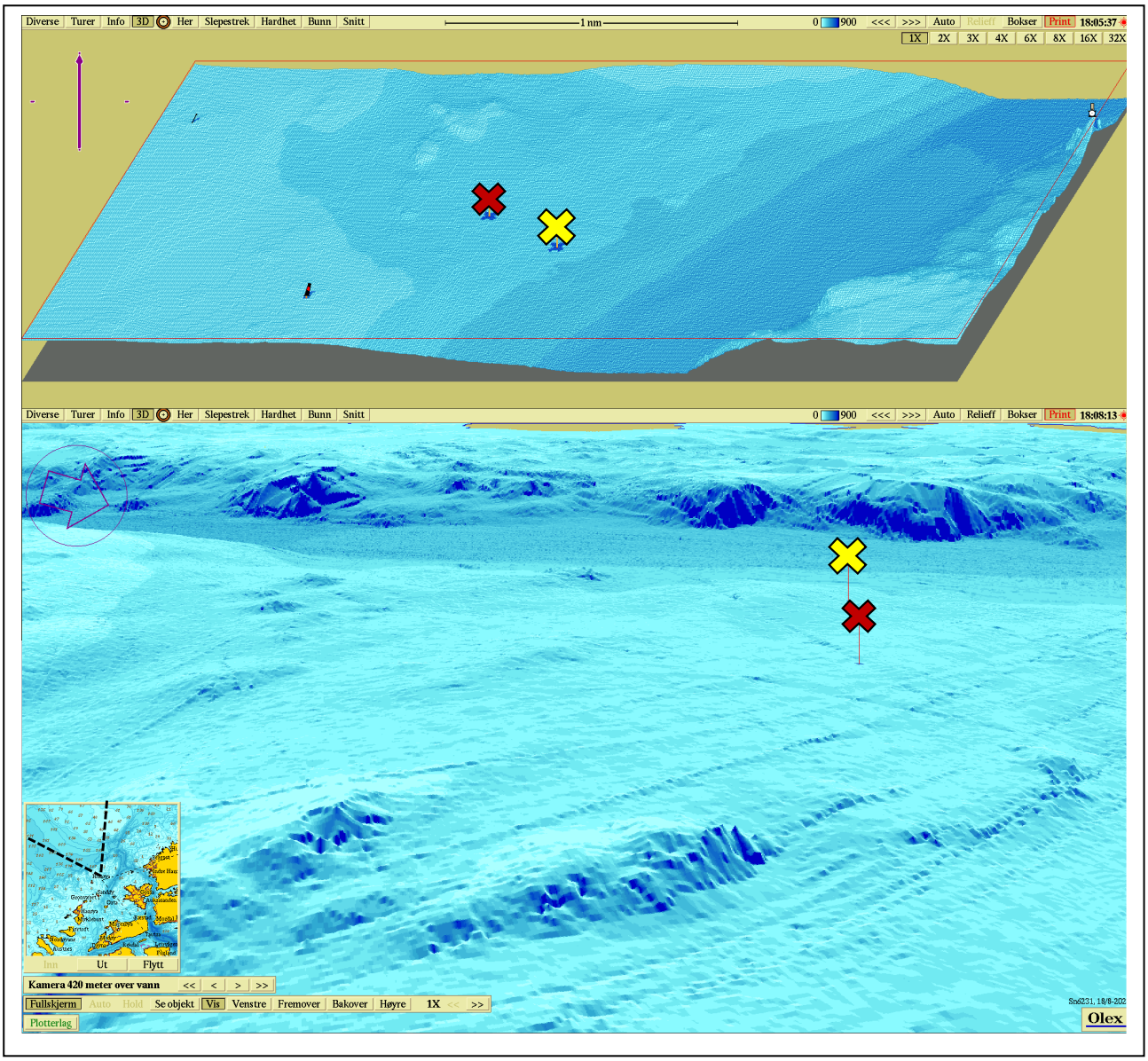
Ut fra topografi og bunntopografi er plasseringen vurdert som god for å dokumentere strømforholdene i området (Figur 3.2 – Figur 3.3). Målerne på 5m og 15m dyp er plassert i posisjonen som sannsynligvis oppgir høyeste strømhastighet i området der anlegget ligger.

Tabell 3.1. Bakgrunnsinformasjon om strømmåling.

Måledyp	**5m**	**15m**
Posisjonsanvisning	**P1:** ✖	**P1:** ✖
	P2: ✖	**P2:** ✖
Posisjon	**P1:** 62° 51.293' N; 006° 38.807' Ø	**P1:** 62° 51.293' N; 006° 38.807' Ø
	P2: 62° 51.121' N; 006° 39.445' Ø	**P2:** 62° 51.121' N; 006° 39.445' Ø
Dyp på målested	**P1:** 90m	**P1:** 90m
	P2: 112m	**P2:** 112m
Instrumenttype	**P1:** Nortek profiler	**P1:** Nortek profiler
	P2: Aanderaa punktmåler	**P2:** Aanderaa punktmåler
Måleperiode	**22.02.21 - 28.07.23**	**22.02.21 - 28.07.23**
	P1: 22.02.21 - 25.03.21	**P1:** 22.02.21 - 25.03.21
	P2: 13.05.23 - 28.07.23	**P2:** 13.05.23 - 28.07.23
Måleintervall	10 minutter	10 minutter
Antall døgn (målt/planlagt)	**106.7 / 106.7**	**106.7 / 106.7**
	P1: 30.7 / 30.7	**P1:** 30.7 / 30.7
	P2: 76.0 / 76.0	**P2:** 76.0 / 76.0
Fjernede datapunkt	**P1:** 0	**P1:** 0
	P2: 1	**P2:** 0



Figur 3.2. Plassering av strømmålere i området anvist med gult kryss for P1 og rødt kryss for P2, i forhold til eksisterende anlegg. Kompasspila øverst i venstre hjørne indikerer orientering til kart. Kart er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.



Figur 3.3. 3D-kart/bilder av bunntopografi i området. Den tynne kompasspila øverst i venstre hjørne indikerer kartets orientering (øverste bilde) og den tykke kompasspila indikerer kameraets orientering (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

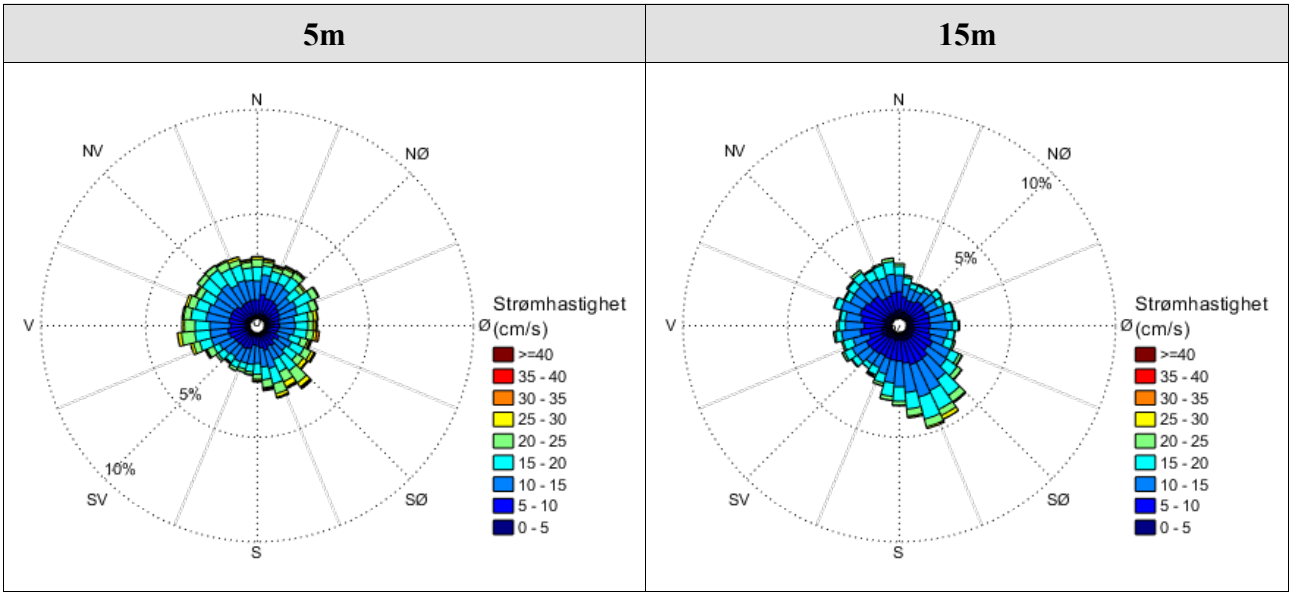
Resultater per måledyp for hele måleperioden er sammenfattet i Tabell 4.1.1. Verdiene er klassifisert (fargelagt) etter: «Vedlegg – Strømmens tilstandsklasser». De ulike parameterne som er oppgitt er forklart i «Vedlegg – Parametere og beskrivelse».

Tabell 4.1.1. Sammendrag av strømdata fra 5m og 15m dyp.

Måledyp	**5m**	**15m**
Strømhastighet		
Maksimum (cm/s)	46.2	31.1
Gjennomsnitt (cm/s)	13.6	10.9
Minimum (cm/s)	0.2	0.1
Signifikant maks (cm/s)	20.9	16.8
Signifikant min (cm/s)	7.0	5.4
Varians (cm/s)²	41.8	27.1
Standardavvik (cm/s)	6.5	5.2
% < 1cm/s (dvs. 0 - < 1cm/s)	0.0	0.1
Lengste periode < 1cm/s (min)	20	30
% < 3cm/s (dvs. 0 - < 3cm/s)	0.3	0.5
Lengste periode < 3cm/s (min)	80	160
% < 10cm/s (dvs. 0 - < 10cm/s)	3.8	5.6
Lengste periode < 10cm/s (min)	940	1840
% ≥ 30cm/s	1.4	0.05
Lengste periode ≥ 30cm/s (min)	270	20
% ≥ 50cm/s	0.0	0.0
Lengste periode ≥ 50cm/s (min)	0	0
Effektiv transport		
Hastighet (cm/s)	0.5	1.5
Retning (grader)	19	169
Neumann-parameter	0.0	0.1
Gjennomsnittlig vannforflytning (m³/m²/d)	11790	9412

4.2 Strømrose

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



Figur 4.2.1. Strømroser på 5m og 15m dyp.

4.3 Matrise med strømhastighet og -retning

Strømretning er fordelt i 15º-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 15º-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 15º-sektor.

Hastighetsfordeling er ≥ (lavest verdi) og < (høyest verdi) av oppgitt hastighetsintervall.

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

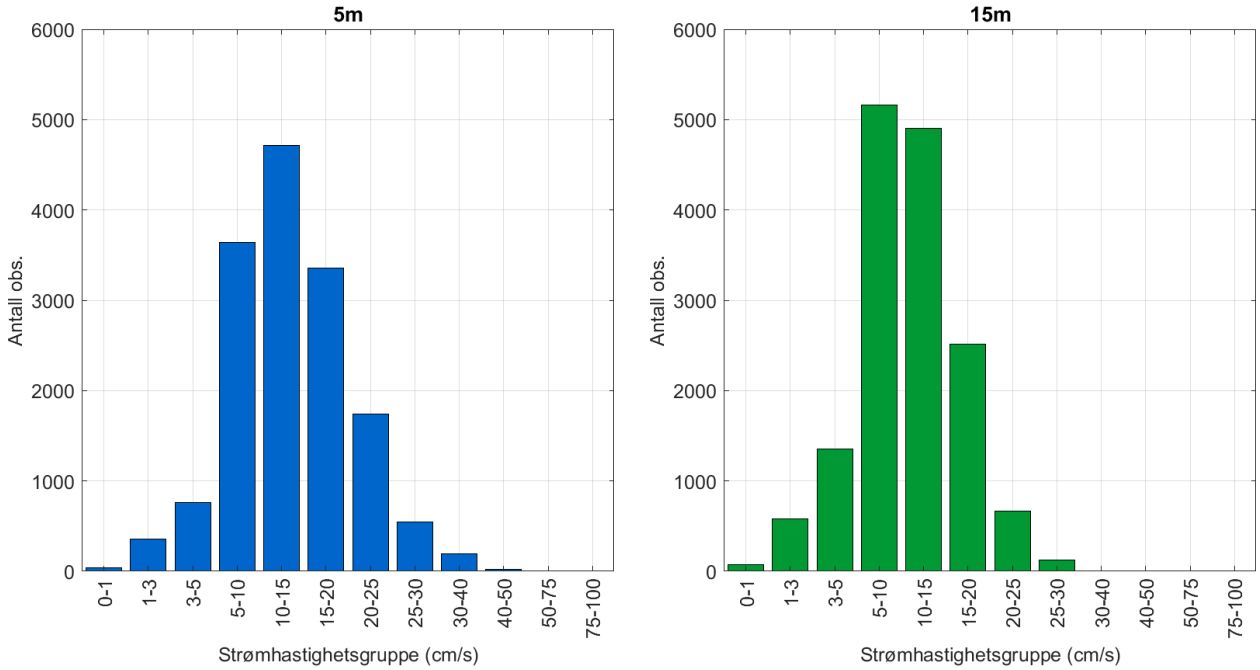
Retning (grader)		Strømhastighetsgruppe (cm/s)													Antall obs.	%	Relativ vannfluks		Maks-strøm
		0-1	1-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100			m³/m²	%	cm/s
N	0	0	9	29	176	217	138	73	30	9	0	0	0	0	681	4.4	56349	4.5	36.9
N	15	1	15	37	197	194	107	44	23	12	0	0	0	0	630	4.1	47736	3.8	39.1
NØ	30	1	15	42	182	208	115	59	15	12	1	0	0	0	650	4.2	49725	4.0	40.9
NØ	45	3	14	43	166	165	149	62	20	3	0	0	0	0	625	4.1	48781	3.9	35.9
NØ	60	3	16	27	141	193	187	72	18	0	0	0	0	0	657	4.3	53805	4.3	27.9
Ø	75	0	18	27	127	193	138	63	21	5	1	0	0	0	593	3.9	48681	3.9	41.4
Ø	90	1	15	41	118	177	150	64	36	17	0	0	0	0	619	4.0	52971	4.2	39.5
Ø	105	4	12	30	102	152	121	68	27	29	1	0	0	0	546	3.6	49280	3.9	43.2
SØ	120	2	21	41	114	155	148	92	33	13	4	0	0	0	623	4.1	55074	4.4	46.2
SØ	135	1	12	31	123	161	167	129	56	17	3	0	0	0	700	4.6	67056	5.3	41.6
SØ	150	2	13	24	141	175	165	122	55	22	6	0	0	0	725	4.7	69373	5.5	44.1
S	165	2	9	34	133	201	160	103	22	13	3	0	0	0	680	4.4	59722	4.7	45.7
S	180	2	10	25	119	195	124	48	17	14	1	0	0	0	555	3.6	45818	3.6	41.3
S	195	0	18	22	126	193	72	38	3	1	0	0	0	0	473	3.1	33938	2.7	36.0
SV	210	1	17	34	150	157	77	31	4	0	0	0	0	0	471	3.1	32108	2.6	26.6
SV	225	1	20	23	146	152	80	16	4	0	0	0	0	0	442	2.9	29815	2.4	28.1
SV	240	0	14	25	174	184	85	79	13	6	0	0	0	0	580	3.8	45104	3.6	31.2
V	255	0	17	48	177	191	152	110	40	3	0	0	0	0	738	4.8	61519	4.9	31.4
V	270	0	18	26	173	244	161	114	25	2	0	0	0	0	763	5.0	63307	5.0	31.9
V	285	4	22	38	176	238	161	84	25	0	0	0	0	0	748	4.9	59229	4.7	29.0
NV	300	1	14	39	187	227	155	63	17	0	0	0	0	0	703	4.6	53920	4.3	29.7
NV	315	2	10	36	154	280	193	67	4	0	0	0	0	0	746	4.9	58834	4.7	27.6
NV	330	3	19	18	150	232	200	76	23	1	0	0	0	0	722	4.7	59632	4.7	34.3
N	345	1	8	19	187	234	155	65	19	11	0	0	0	0	699	4.5	56584	4.5	35.5
Antall obs.		35	356	759	3639	4718	3360	1742	550	190	20	0	0	0	15369	100	0	0	0
%		0.2	2.3	4.9	23.7	30.7	21.9	11.3	3.6	1.2	0.1	0.0	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	%	cm/s
N	0	2	22	69	198	169	105	33	4	0	0	0	0	0	602	3.9	39116	3.9	29.7
N	15	3	24	48	155	130	65	12	5	0	0	0	0	0	442	2.9	27309	2.7	29.2
NØ	30	1	21	51	148	130	62	10	2	0	0	0	0	0	425	2.8	25294	2.5	28.2
NØ	45	1	26	52	182	128	58	7	0	0	0	0	0	0	454	3.0	25841	2.6	24.0
NØ	60	6	22	50	164	166	71	16	0	0	0	0	0	0	495	3.2	30504	3.0	24.5
Ø	75	0	28	49	195	180	92	17	2	0	0	0	0	0	563	3.7	35707	3.6	26.6
Ø	90	1	21	62	176	234	73	13	0	0	0	0	0	0	580	3.8	36254	3.6	24.7
Ø	105	9	25	48	174	180	84	18	1	0	0	0	0	0	539	3.5	33567	3.3	27.5
SØ	120	4	20	70	239	203	107	35	9	0	0	0	0	0	687	4.5	45096	4.5	29.7
SØ	135	3	27	62	244	280	168	75	12	1	0	0	0	0	872	5.7	63245	6.3	30.9
SØ	150	4	24	58	260	347	247	70	37	2	0	0	0	0	1049	6.8	80627	8.0	30.5
S	165	4	22	68	268	341	211	87	18	2	0	0	0	0	1021	6.6	77230	7.7	30.4
S	180	2	19	59	247	287	166	48	9	0	0	0	0	0	837	5.4	59230	5.9	28.5
S	195	5	22	55	217	217	128	40	5	0	0	0	0	0	689	4.5	46825	4.7	29.3
SV	210	5	25	46	226	145	86	15	9	3	0	0	0	0	560	3.6	34802	3.5	31.1
SV	225	0	29	50	217	145	48	5	0	0	0	0	0	0	494	3.2	27816	2.8	21.9
SV	240	4	32	62	218	173	103	26	2	0	0	0	0	0	620	4.0	38744	3.9	26.6
V	255	3	29	55	223	210	97	17	3	0	0	0	0	0	637	4.1	39958	4.0	25.9
V	270	3	31	55	228	193	71	22	0	0	0	0	0	0	603	3.9	36258	3.6	23.4
V	285	3	33	55	270	197	57	14	0	0	0	0	0	0	629	4.1	36543	3.6	24.4
NV	300	1	20	58	266	178	76	10	1	0	0	0	0	0	610	4.0	35795	3.6	25.2
NV	315	5	21	62	243	224	92	23	2	0	0	0	0	0	672	4.4	42072	4.2	28.2
NV	330	1	15	48	196	229	105	24	2	0	0	0	0	0	620	4.0	41539	4.1	27.9
N	345	1	21	58	204	216	142	27	1	0	0	0	0	0	670	4.4	45184	4.5	25.1
Antall obs.		71	579	1350	5158	4902	2514	664	124	8	0	0	0	0	15370	100	0	0	0
%		0.5	3.8	8.8	33.6	31.9	16.4	4.3	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100	0	0	0	0

4.4 Strømmens hastighetsfordeling

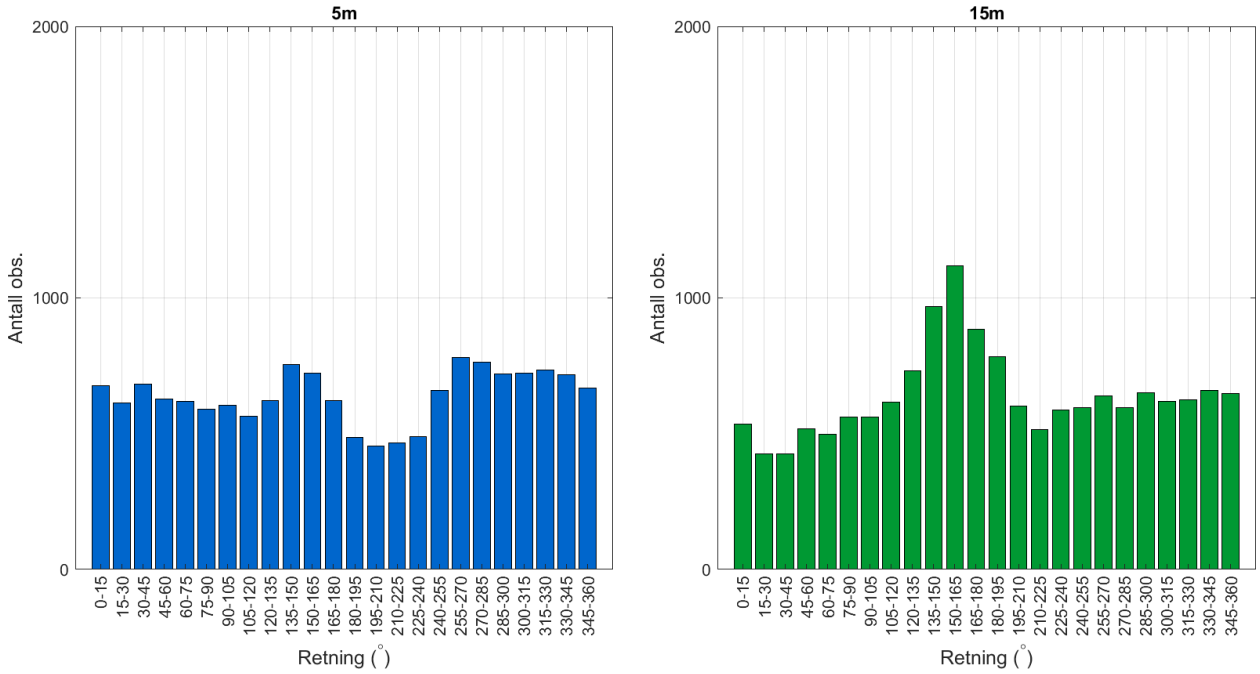
Strømmens hastighetsfordeling uten hensyn til retning er oppgitt under.



Figur 4.4.1. Strømmens hastighetsfordeling på 5m og 15m dyp. Antall observasjoner er indikert på stående akse og hastighetsgruppe på liggende akse.

4.5 Strømmens retningsfordeling

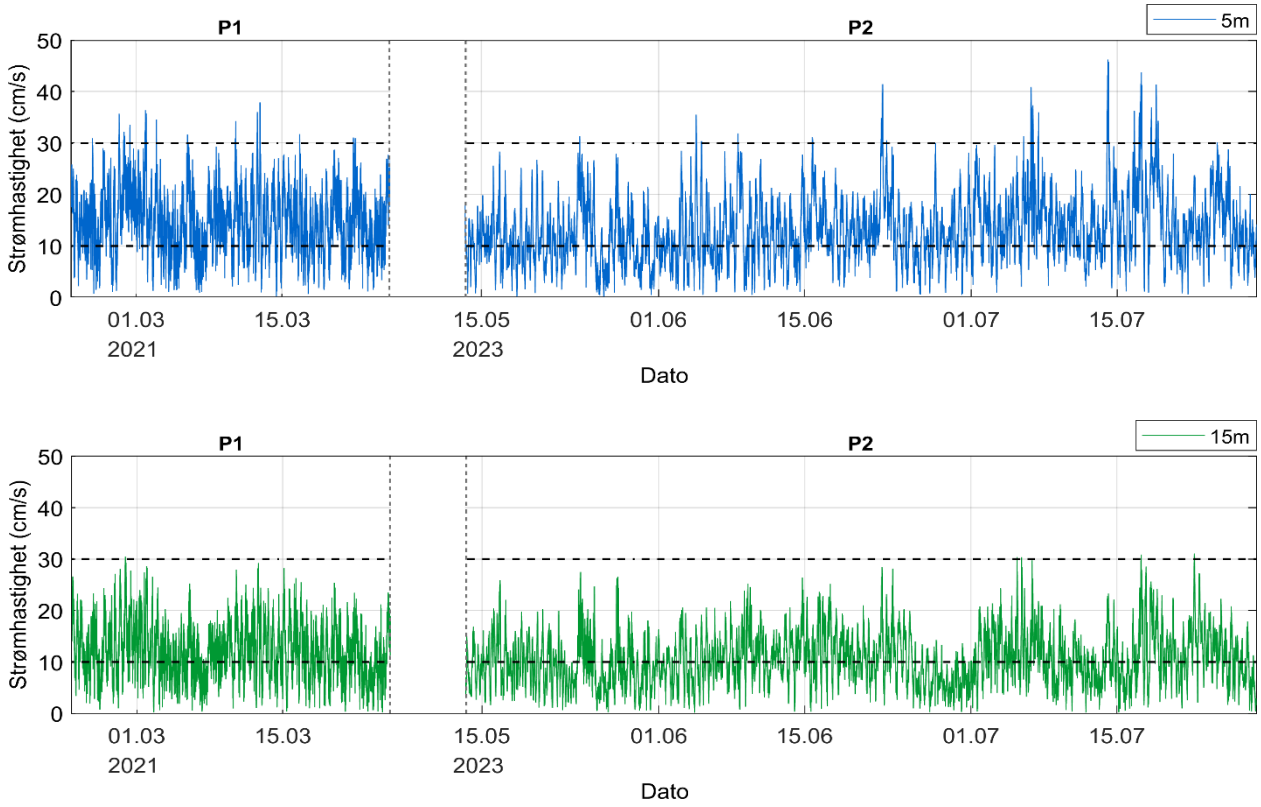
Strømmens retning fordelt i 15º-sektorer er oppgitt under.



Figur 4.5.1. Strømmens retningsfordeling på 5m og 15m dyp. Antall observasjoner er indikert på stående akse og 15º-sektorer på liggende akse.

4.6 Tidsdiagram – Strømhastighet

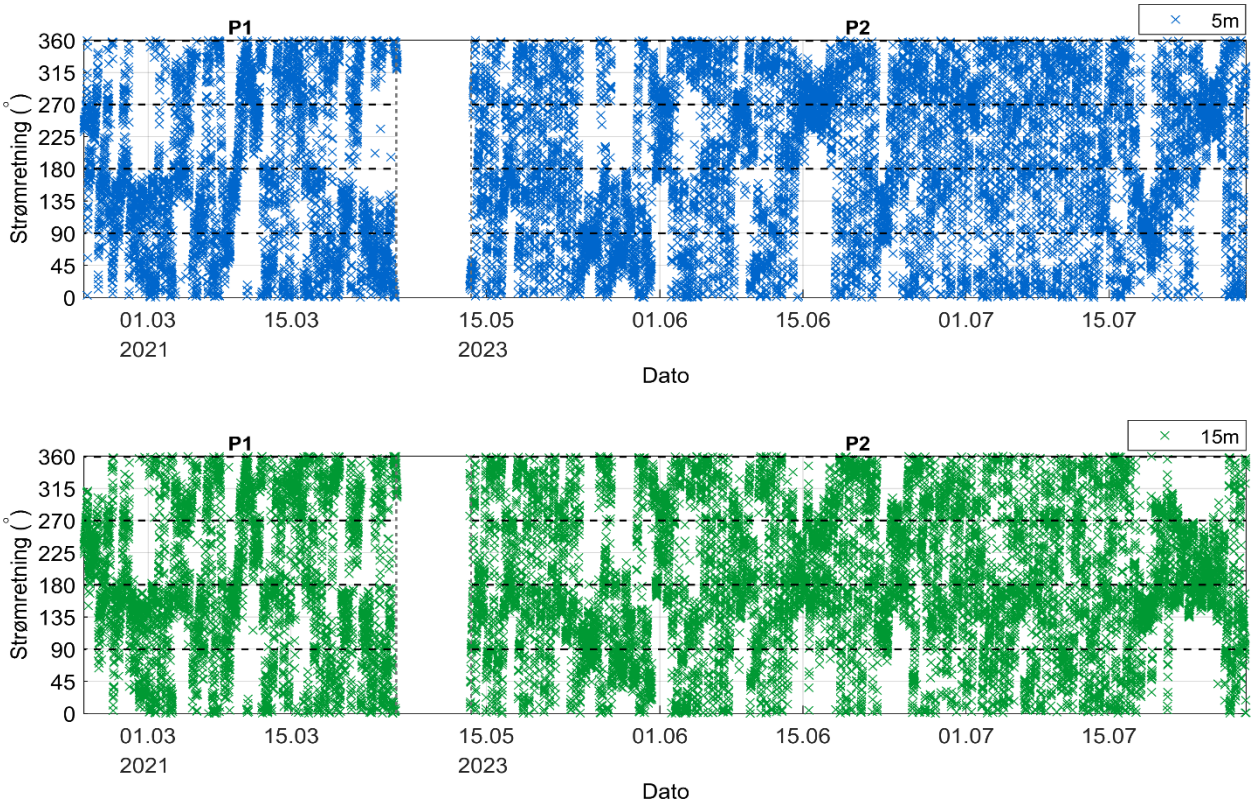
Strømmens hastighet under måleperiodene er oppgitt under.



Figur 4.6.1. Tidsdiagram av strømhastighet på 5m og 15m dyp. Strømhastighet er indikert på stående akse og tid på liggende akse.

4.7 Tidsdiagram – Strømretning

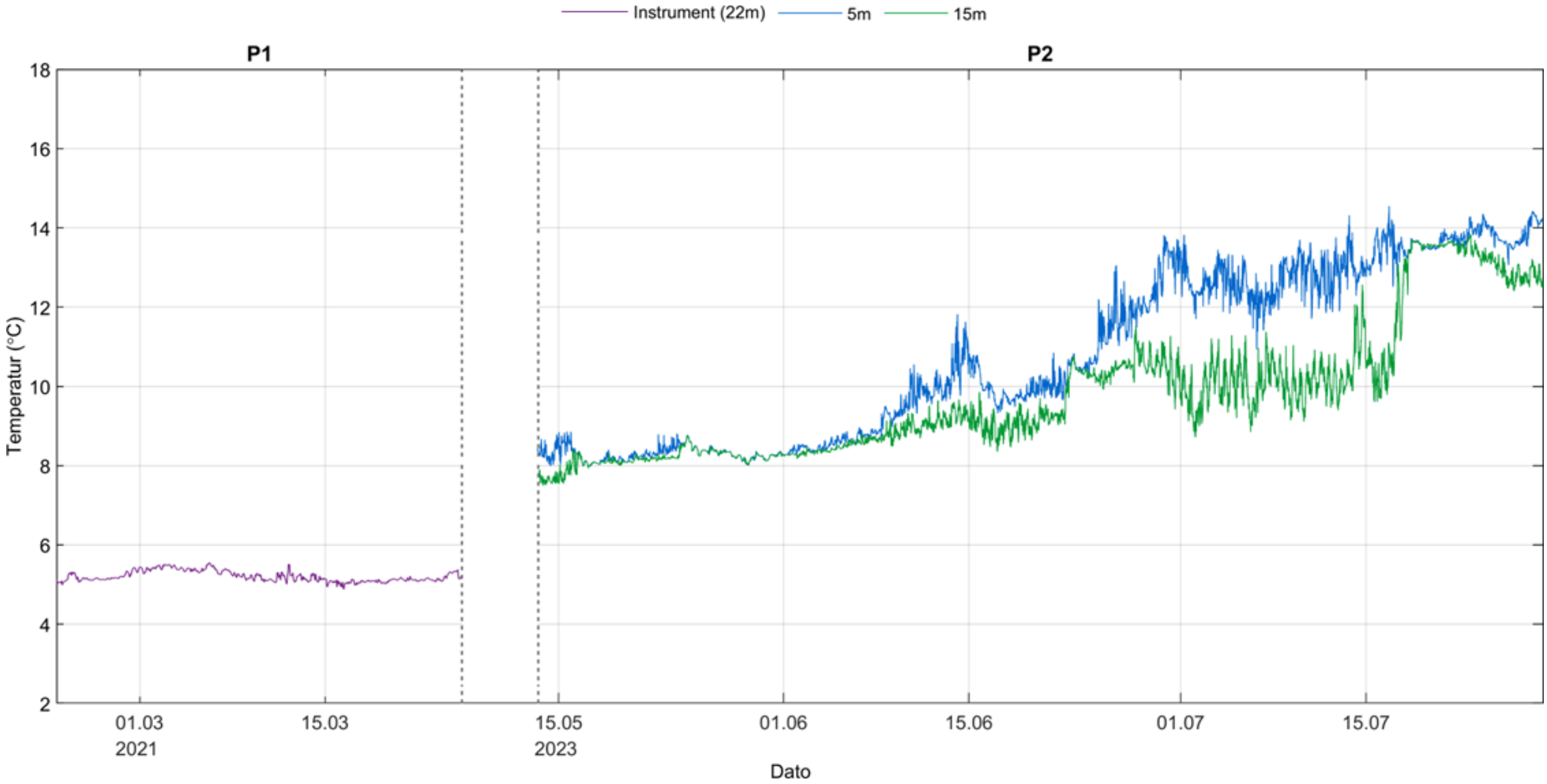
Strømmens retning under måleperiodene er oppgitt under.



Figur 4.7.1. Tidsdiagram av strømretning på 5m og 15m dyp. Strømretning på stående akse og tid på liggende akse.

4.8 Tidsdiagram – Temperatur

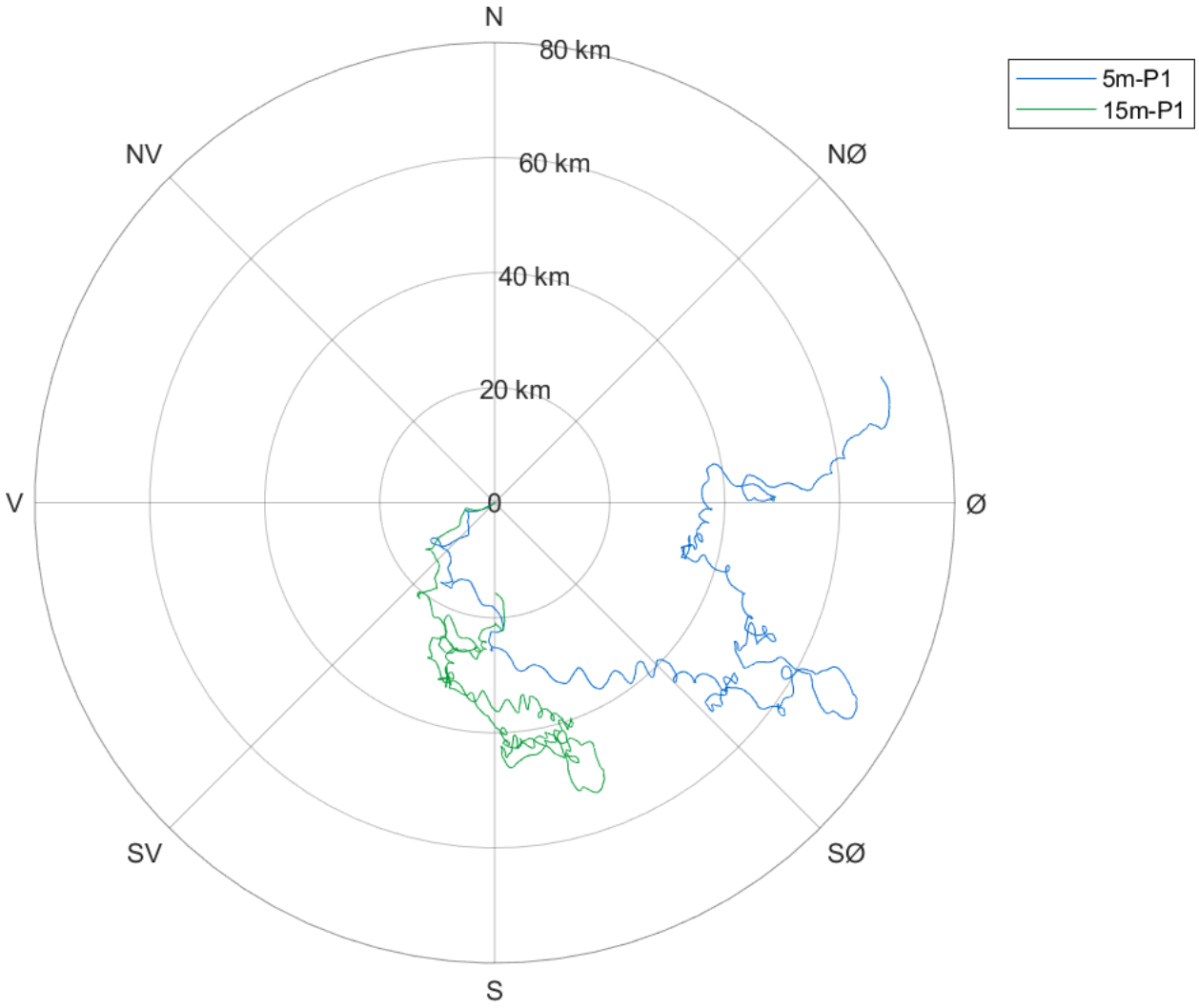
Temperatur under måleperiodene er oppgitt under.



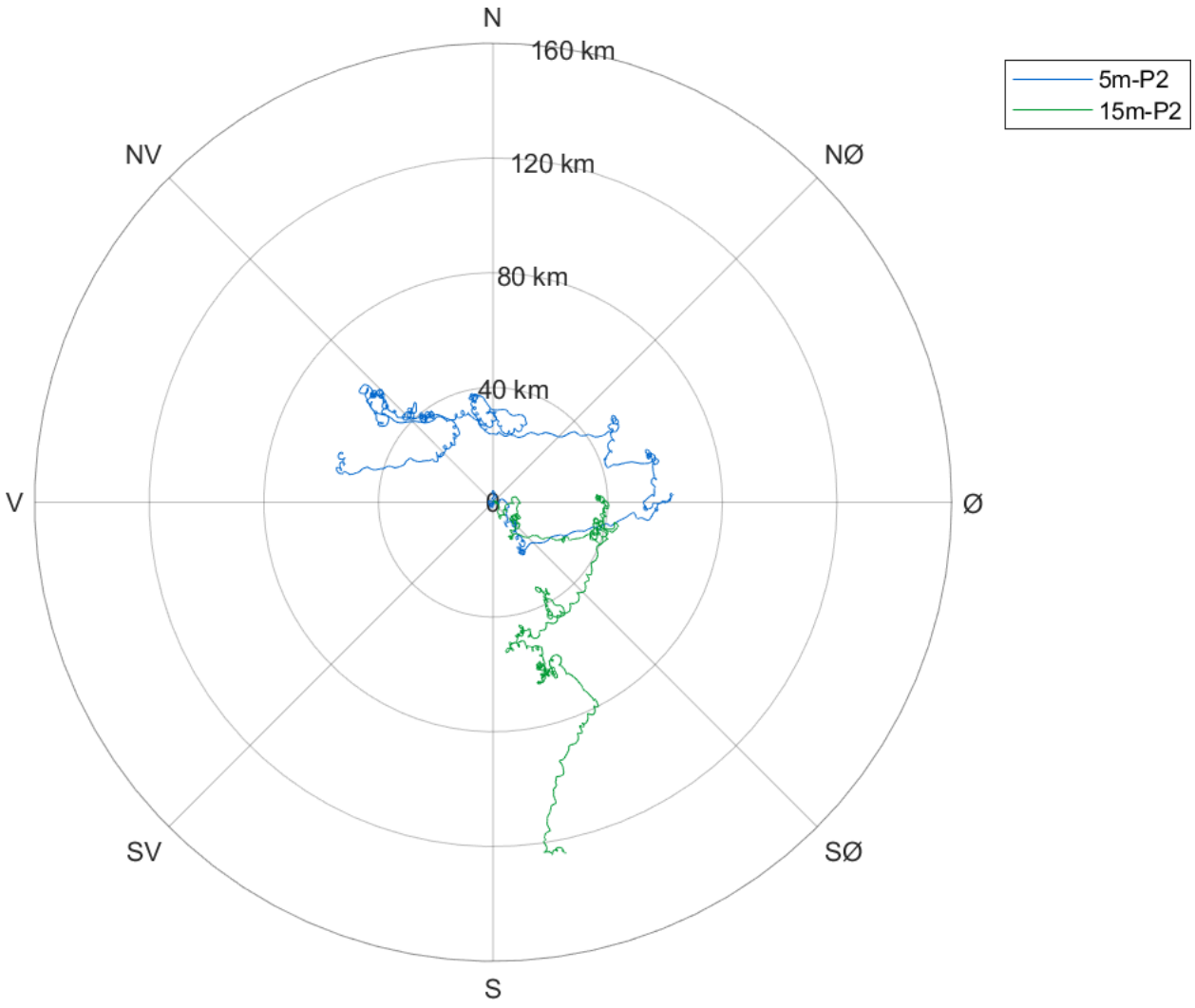
Figur 4.8.1. Tidsdiagram av temperatur på instrumentdyp (22m) i P1 og på 5m og 15m dyp i P2. Temperatur er indikert på stående akse og tid på liggende akse.

4.9 Progressivt vektordiagram

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 - Figur 4.9.2). Dette gir en indikasjon på vannutskiftning under måleperioden.

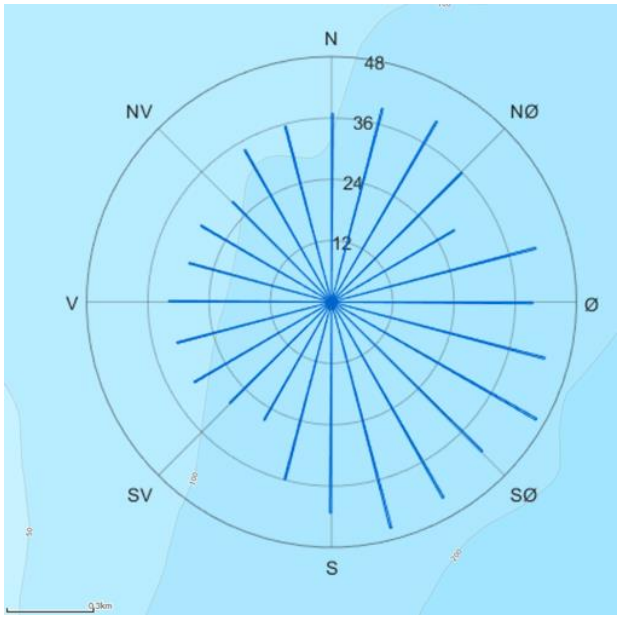
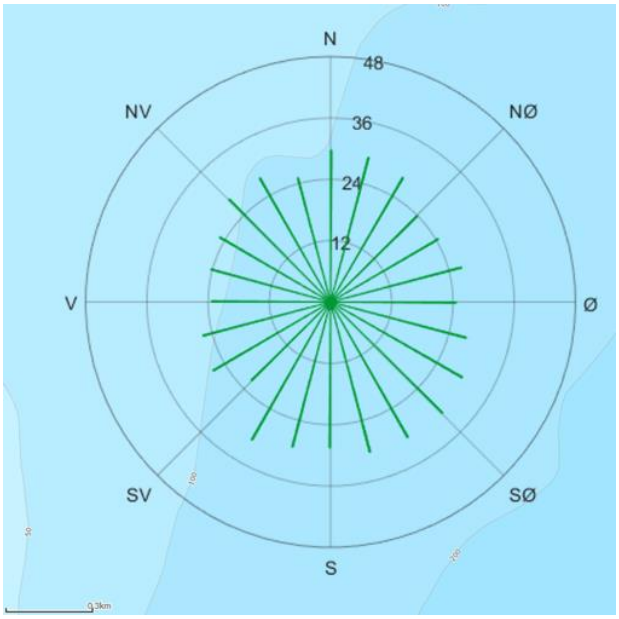


Figur 4.9.1. Progressivt vektordiagram for strøm på 5m og 15m dyp i P1.



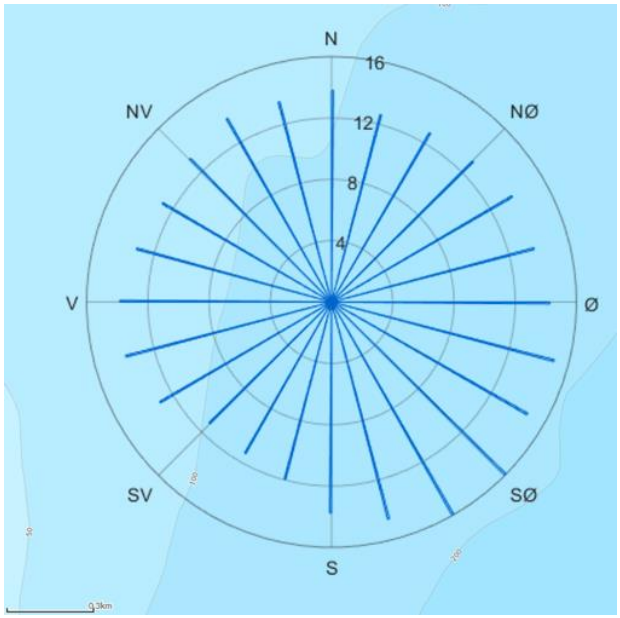
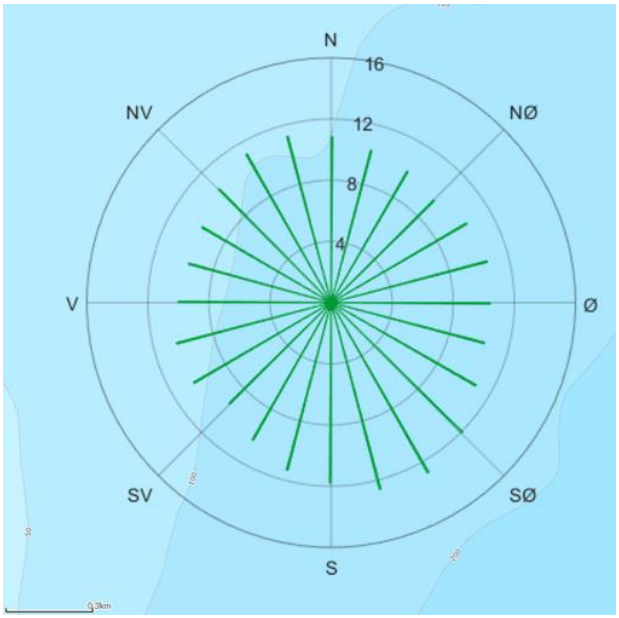
Figur 4.9.2. Progressivt vektordiagram for strøm på 5m og 15m dyp i P2.

4.10 Fordelingsdiagram – Maksimal strømhastighet

5m	15m
	

Figur 4.10.1. Fordelingsdiagram av maksimal strømhastighet (cm/s) for hver 15º-sektor på 5m og 15m dyp i løpet av måleperiodene.

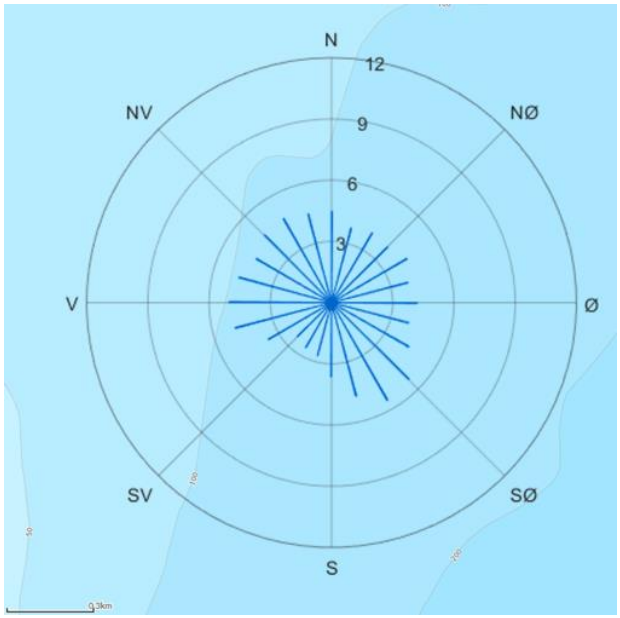
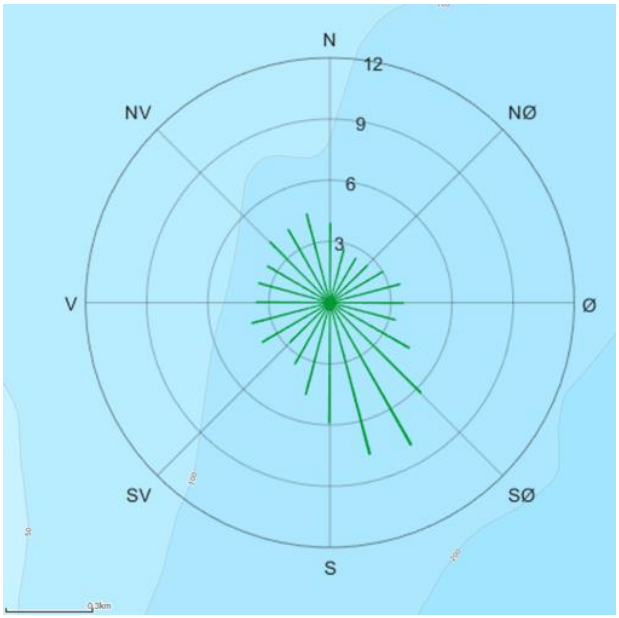
4.11 Fordelingsdiagram – Gjennomsnittshastighet

5m	15m
	

Figur 4.11.1. Fordelingsdiagram av gjennomsnittlig strømhastighet (cm/s) for hver 15º-sektor på 5m og 15m dyp i løpet av måleperiodene.

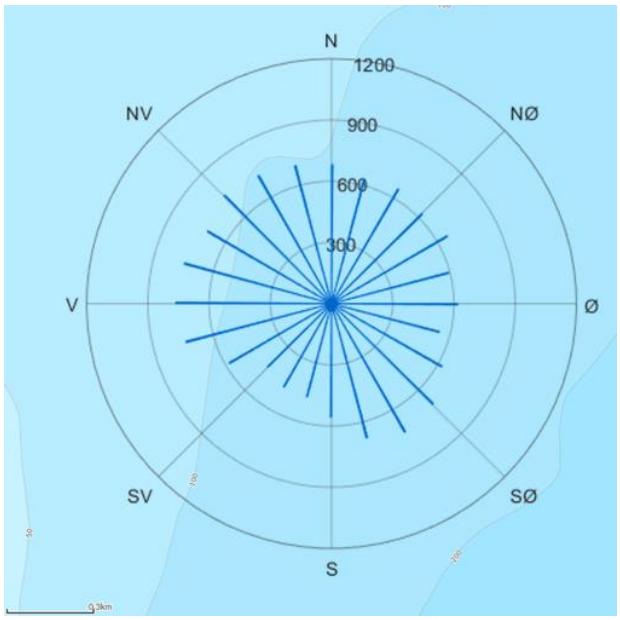
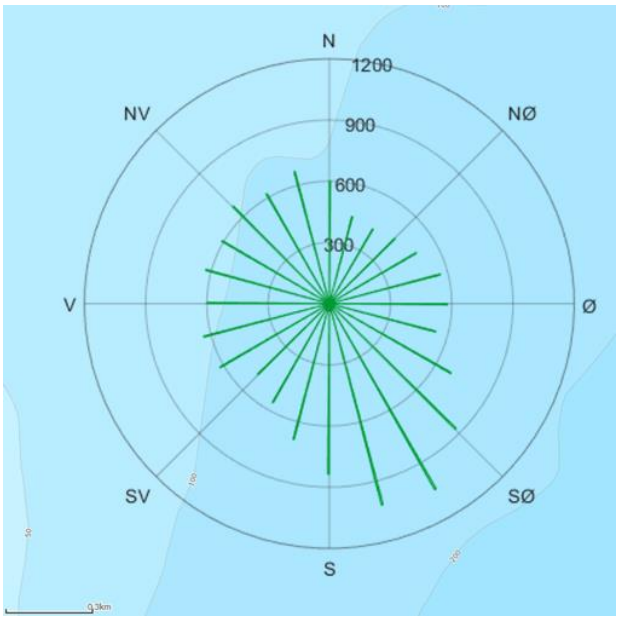
4.12 Fordelingsdiagram – Relativ vannfluks

Relativ vannfluks (%) angir mengden vann som strømmer gjennom en 15˚-retningssektor. Total vannfluks er totalt volum vann som strømmer gjennom alle sektorer i løpet av måleperiodene.

5m	15m
	

Figur 4.12.1. Fordelingsdiagram av relativ vannfluks (%) for hver 15º-sektor på 5m og 15m dyp i løpet av måleperioden.

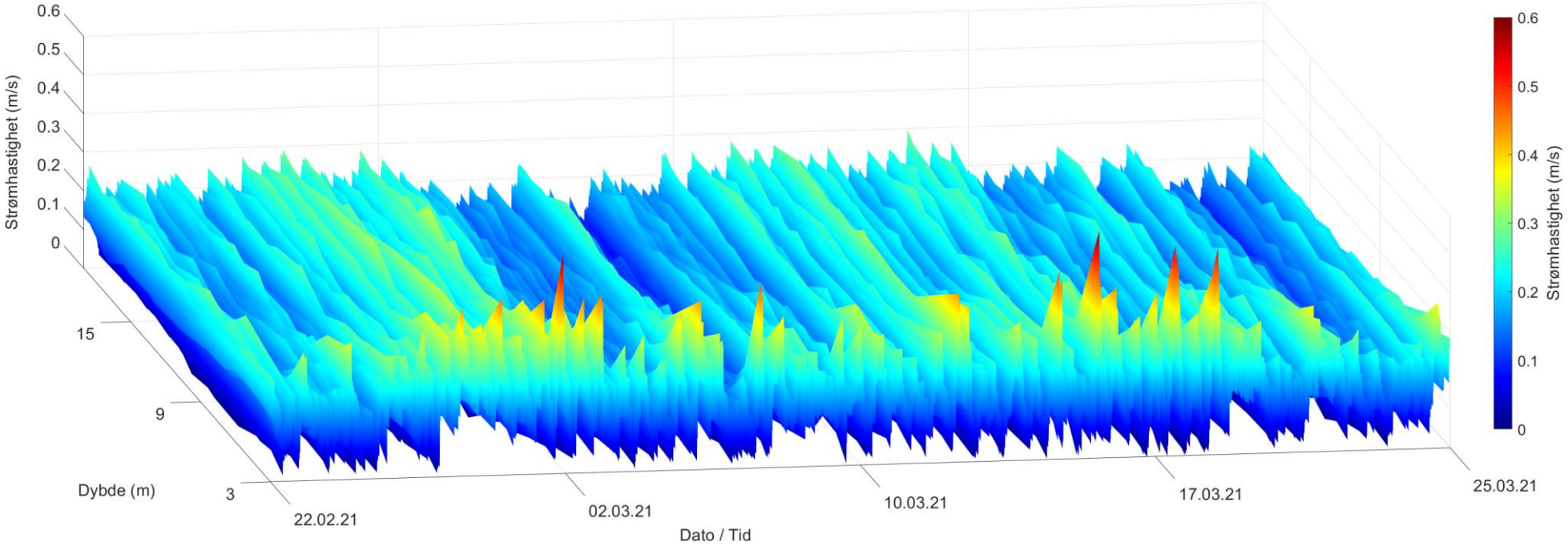
4.13 Fordelingsdiagram – Antall observasjoner

5m	15m
	

Figur 4.13.1. Fordelingsdiagram av antall observasjoner for hver 15º-sektor på 5m og 15m dyp i løpet av måleperiodene.

4.14 Strømhastighetsprofil

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



Figur 4.14.1. Strømhastighetsprofil målt av instrument på 22m dyp i P1, 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	39.1	40.9	43.2	46.2	45.7	31.2	31.9	34.3
15m	29.7	28.2	27.5	30.9	30.4	31.1	25.9	28.2

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	13.3	13.1	14.3	15.6	13.6	11.9	13.6	13.2
15m	10.8	9.9	10.5	12.1	12.0	10.1	10.1	10.5

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	2010	1932	1758	2048	1708	1493	2249	2171
15m	1714	1374	1682	2608	2547	1674	1869	1902

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	12.8	12.1	12.0	15.2	11.1	8.5	14.6	13.7
15m	11.1	8.1	10.5	18.8	18.3	10.1	11.2	11.9

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

Verdier for strøm med returperiode på 10 år og 50 år beregnes ut fra målt maksimal strømhastighet sammen med en multiplikasjonsfaktor som avhenger av lengden på måleperioden (NS 9415:2021). Retningen som er oppgitt i raden under maksstrømmen er retningen til den respektive maksimale strømhastigheten (Tabell 4.19.1 - Tabell 4.19.2).

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)	39.1	40.9	43.2	46.2	45.7	31.2	31.9	34.3
Retning (°)	19	23	111	116	161	240	268	332
10-år (cm/s) (x1.65)	65	67	71	76	75	51	53	57
50-år (cm/s) (x1.85)	72	76	80	86	85	58	59	63

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)	29.7	28.2	27.5	30.9	30.4	31.1	25.9	28.2
Retning (°)	5	33	107	142	172	207	260	311
10-år (cm/s) (x1.65)	49	47	45	51	50	51	43	47
50-år (cm/s) (x1.85)	55	52	51	57	56	58	48	52

4.20 Persentilfordeling av strømhastighet

Kolonnen til venstre i Tabell 4.20.1 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
1	1.9	1.4
10	5.8	4.4
20	8.1	6.2
30	9.8	7.7
40	11.4	9.1
50	13.0	10.4
60	14.7	11.8
70	16.6	13.4
80	18.9	15.3
90	22.3	17.9
95	25.0	20.1
99	31.3	24.6

4.21 Prosentfordeling av strømhastighet

Oppgitte verdier i Tabell 4.21.1 er rundet av til nærmeste desimal for verdier over 0.1%, mens verdier mellom 0.1% og 0.01% er rundet av til to desimal. 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
1	99.8	99.5
3	97.5	95.8
5	92.5	87.0
10	68.8	53.4
20	16.3	5.2
30	1.4	0.05
40	0.1	

4.22 Strømfordeling

Verdiene i tabell for strømfordeling viser 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 desimal for verdier over 0.1%, mens verdier mellom 0.1% og 0.01% er rundet av til to desimaler. 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. Mørkere farge i tabellen representerer høyere prosentandel av data.

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 < x ≤ 1	0.01	0.05	0.03	0.03	0.03	0.01	0.03	0.04	0.2
1 < x ≤ 5	0.8	1.0	0.9	0.9	0.8	0.9	1.1	0.9	7.3
5 < x ≤ 10	3.6	3.2	2.3	2.5	2.5	3.1	3.4	3.2	23.8
10 < x ≤ 20	6.8	6.6	6.1	6.3	6.1	4.8	7.5	8.4	52.6
20 < x ≤ 30	1.7	1.6	1.8	3.2	1.5	1.0	2.6	1.6	15.0
30 < x ≤ 40	0.2	0.1	0.3	0.3	0.2	0.04	0.03	0.0	1.2
40 < x ≤ 50	0	0.0	0.01	0.08	0.03	0	0	0	0.1
Sum	13.1	12.5	11.4	13.3	11.2	9.8	14.7	14.1	100.0

Tabell 4.22.2. Prosent (%) av data i strømhastighetsgrupper fordelt i 8 retningssektorer for 15m dyp. Mørkere farge i tabellen representerer høyere prosentandel av data.

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 < x ≤ 1	0.04	0.05	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.5
1 < x ≤ 5	1.6	1.4	1.5	1.7	1.6	1.6	1.7	1.5	12.6
5 < x ≤ 10	3.6	3.2	3.5	4.8	4.8	4.3	4.7	4.6	33.5
10 < x ≤ 20	5.4	4.0	5.5	8.8	8.8	4.6	5.4	5.9	48.4
20 < x ≤ 30	0.5	0.2	0.3	1.5	1.3	0.4	0.4	0.4	5.0
30 < x ≤ 40	0	0	0	0.02	0.01	0.02	0	0	0.05
40 < x ≤ 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Sum	11.1	8.8	10.9	16.9	16.6	11.0	12.3	12.5	100.0

4.23 Strømvarighet

En varighetsanalyse viser antall hendelser av strømhastigheter (cm/s) fordelt på hastighets- og tidsintervaller (hastighets- og varighetsklasse). Varighetsklasser er > (lavest verdi) og ≤ (høyest verdi) av oppgitt intervall.

Én registrert måling er gjennomsnittet av strømmålinger i ett 10 minutters måleintervall. Alle strømhastigheter som er innenfor en strømklasse for en varighet av kun en registrert måling (10 minutter) er ekskludert fra tabeller og figurer, da varighetsklassene starter fra > 10 minutter.

I Tabell 4.23.1 – Tabell 4.23.2 er antall hendelser av strømhastigheter (cm/s) per varighets- og hastighetsklasse gitt for hele måleperioden. I disse tabellene er hastighetsklasser > (lavest verdi) og ≤ (høyest verdi) av oppgitt intervall.

Lave (≤ 1, 3, 5 og 10cm/s) og høye (≥ 50, 60, 70 og 80cm/s) strømhastigheter kan ha betydning for fiskens helse. I Vedlegg 10 vises varighet av lave (≤ 1, 3, 5 og 10cm/s) strømhastigheter på hvert av de målte dypene i måleperioden. Det var ingen tilfeller av strøm ≥ 50cm/s på begge dyp.

Tabell 4.23.1. Antall hendelser av strømhastigheter i gitte intervaller med gitt varighet på 5m dyp. Mørkere farge i tabellen representerer høyere antall hendelser.

Strømhastighet (cm/s)	10< x ≤ 30min	30 < x ≤ 60min	1 < x ≤ 2t	2 < x ≤ 3t	3 < x ≤ 4t	4 < x ≤ 5t	5 < x ≤ 6t	>6t
0 < x ≤ 1	3	0	0	0	0	0	0	0
1 < x ≤ 5	97	56	35	4	0	0	0	0
5 < x ≤ 10	338	194	102	17	7	2	0	0
10 < x ≤ 20	325	204	187	86	47	25	14	16
20 < x ≤ 30	138	79	77	27	10	1	0	0
30 < x ≤ 40	17	12	7	0	0	0	0	0
40 < x ≤ 50	2	2	0	0	0	0	0	0

Tabell 4.23.2. Antall hendelser av strømhastigheter i gitte intervaller med gitt varighet på 15m dyp. Mørkere farge i tabellen representerer høyere antall hendelser.

Strømhastighet (cm/s)	10< x ≤ 30min	30 < x ≤ 60min	1 < x ≤ 2t	2 < x ≤ 3t	3 < x ≤ 4t	4 < x ≤ 5t	5 < x ≤ 6t	>6t
0 < x ≤ 1	11	0	0	0	0	0	0	0
1 < x ≤ 5	157	89	67	9	2	0	0	0
5 < x ≤ 10	429	246	146	43	16	3	0	1
10 < x ≤ 20	297	151	186	72	48	23	13	15
20 < x ≤ 30	77	32	19	4	3	0	0	0
30 < x ≤ 40	2	0	0	0	0	0	0	0
40 < x ≤ 50	0	0	0	0	0	0	0	0

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 U_Tide (Codiga, 2011).

Tidevannsanalysen inkluderer alle separerbare tidevannskomponenter (Tabell 4.24.1). 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 (Tabell 4.24.2).

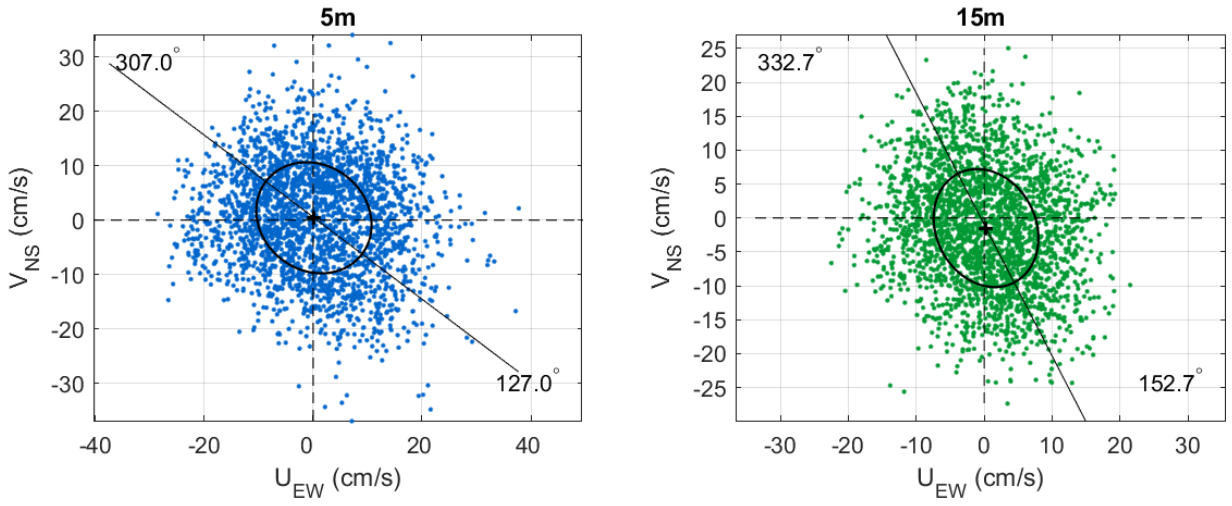
Strøm er splittet i komponentene øst-vest (U_{EW}) og nord-sør (V_{NS}) for å vurdere variasjon i strømdata på de forskjellige dypene (Emery & Thomson, 2001). Krysset markerer gjennomsnittsverdien for hastighetskomponentene og reflekterer den effektive transporthastigheten med tilhørende retning (Figur 4.24.1). Strømellipsens store halvakse (hovedakse) markerer retningen der variasjonen er størst. Figur 4.24.2 og Figur 4.24.3 viser strømellipsen sammen med tidevannsellipsen for hvert måledyp.

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

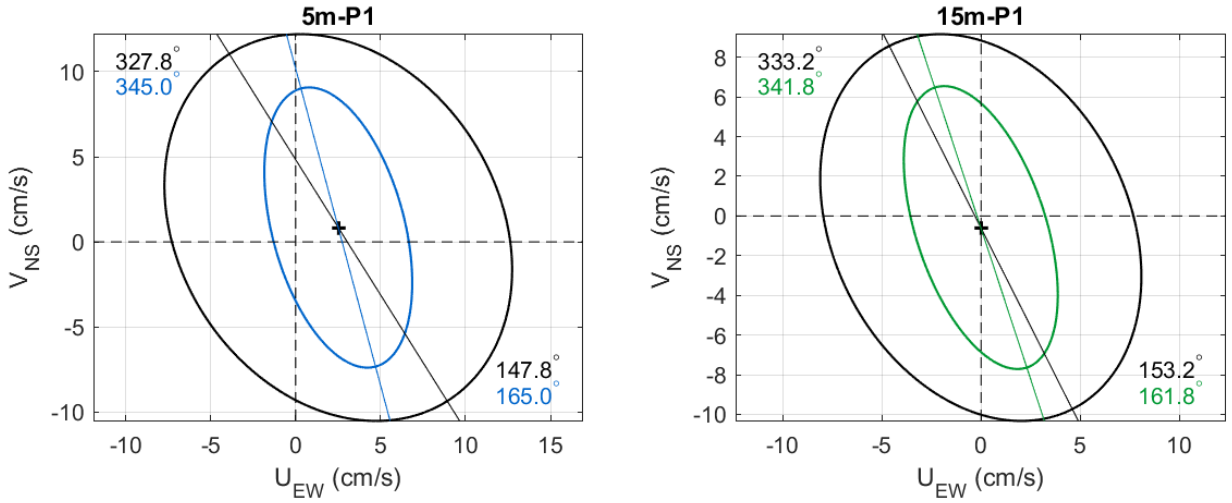
Strøm (%)	**5m**	**15m**
P1	69.7	70.7
P2	72.9	74.2
Trykk (%)	**Instrument (22m)**	
P1	86.3	
P2	-	

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

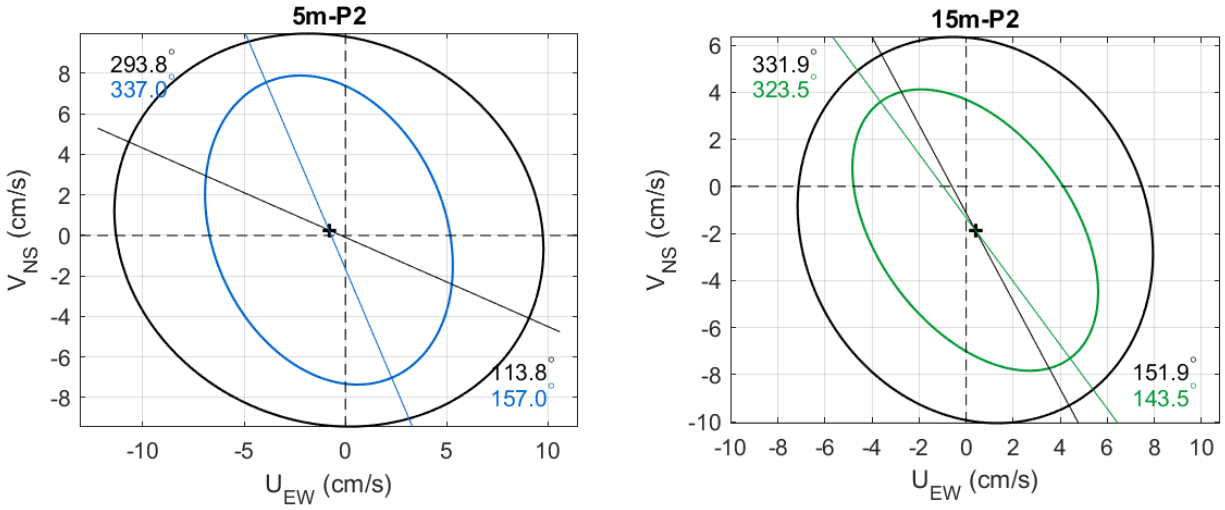
Strøm (%)	**5m**	**15m**
P1	63.5	64.4
P2	71.1	73.4
Trykk (%)	**Instrument (22m)**	
P1	83.1	
P2	-	



Figur 4.24.1. U_{EW} – V_{NS} punktdiagram av strømdata i timesverdier, med tilhørende strømellipse. Midtpunktet for strømellipsen 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.



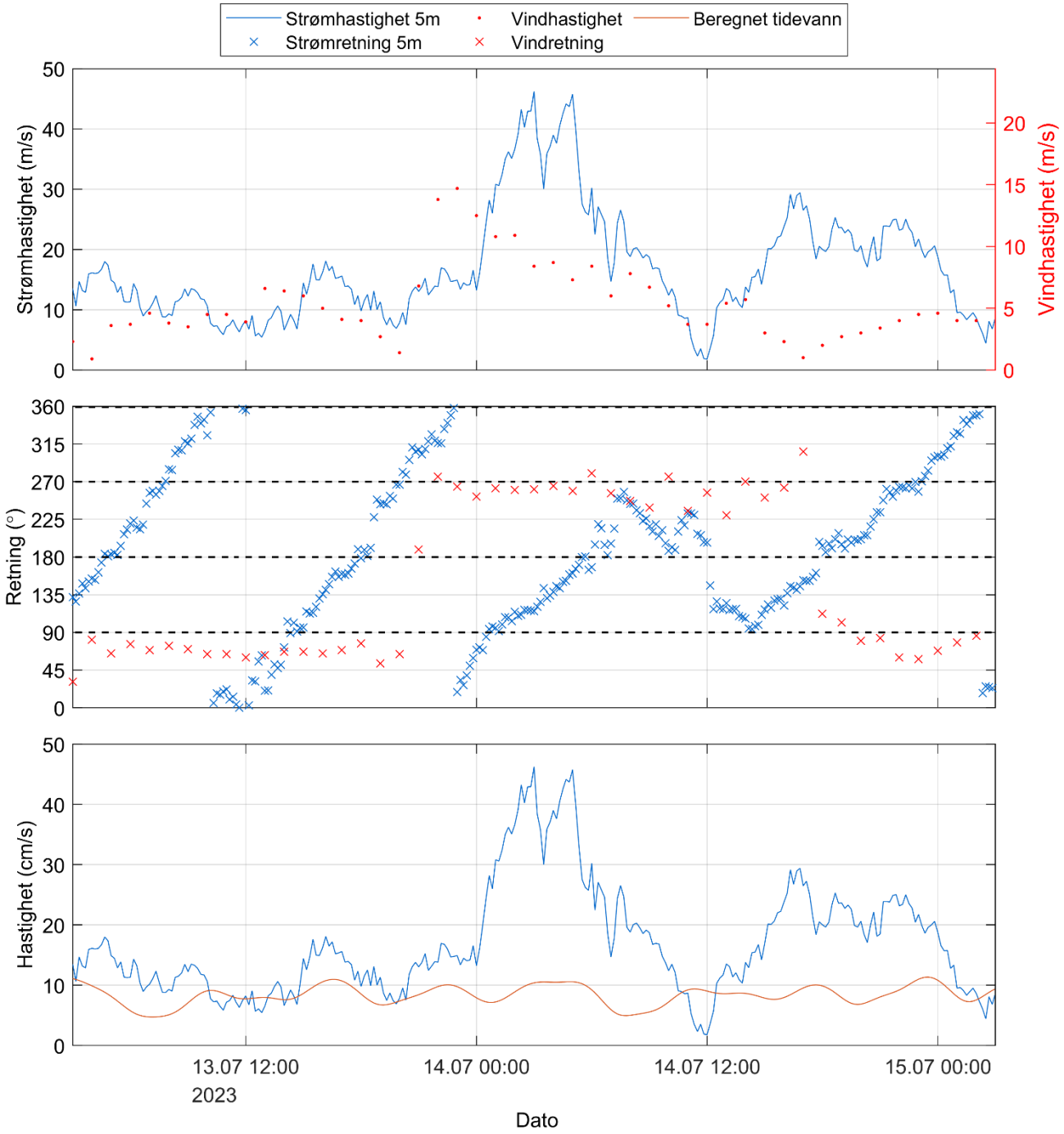
Figur 4.24.2. U_{EW} - V_{NS} tidevannsellipser (fargede linjer) vist sammen med strømellipser (svarte linjer) for 5m og 15m under P1. Midtpunktet for strømellipsene er markert med kryss som også markerer den effektive transporthastigheten. Vinklene indikerer de store halvaksenes orientering i forhold til nord/sør. Aksekors for øst - vest og nord - sør er vist med stiplede linjer.



Figur 4.24.3. U_{EW} - V_{NS} tidevannsellipser (fargede linjer) vist sammen med strømellipser (svarte linjer) for 5m og 15m under P2. Midtpunktet for strømellipsene 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 Maksimal strømhastighet, tidevann og vind

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



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

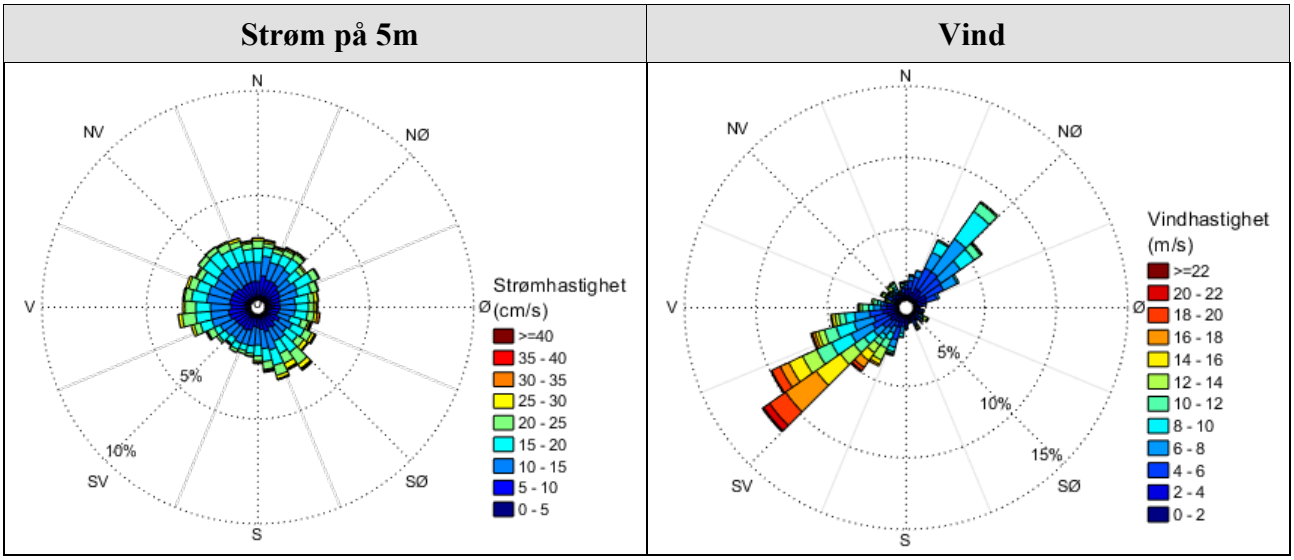
4.26 Vind under måleperioden

Vinddata er hentet fra værstasjon Ona II (Meteorologisk institutt, 2023), som ligger ca. 6.2km nordvest for strømmålingsposisjonene (Figur 4.26.4). Tabell 4.26.1 viser retningsfordeling og maksimal vindhastighet i hver retningssektor ved værstasjonen.

Strøm over 10cm/s på 5m dyp ble sammenlignet med vinddata fra Ona II fra samme periode. Figur 4.26.2 - Figur 4.26.3 og figurene i "Vedlegg - Fyrstikkdiagram av vind og strøm" indikerer hvilke tidspunkter vind på Ona II og målt strøm på 5m dyp hadde omtrent sammenfallende retning. Vannstand i løpet av måleperioden er vist i Figur 4.26.2 - Figur 4.26.3 og er hentet fra tidevannsstasjon Kristiansund (Kartverket, 2023), som ligger ca. 62.6km nordøst for strømmålingsposisjonene (Figur 4.26.4). Vannstand er tilpasset området for målepunktene.

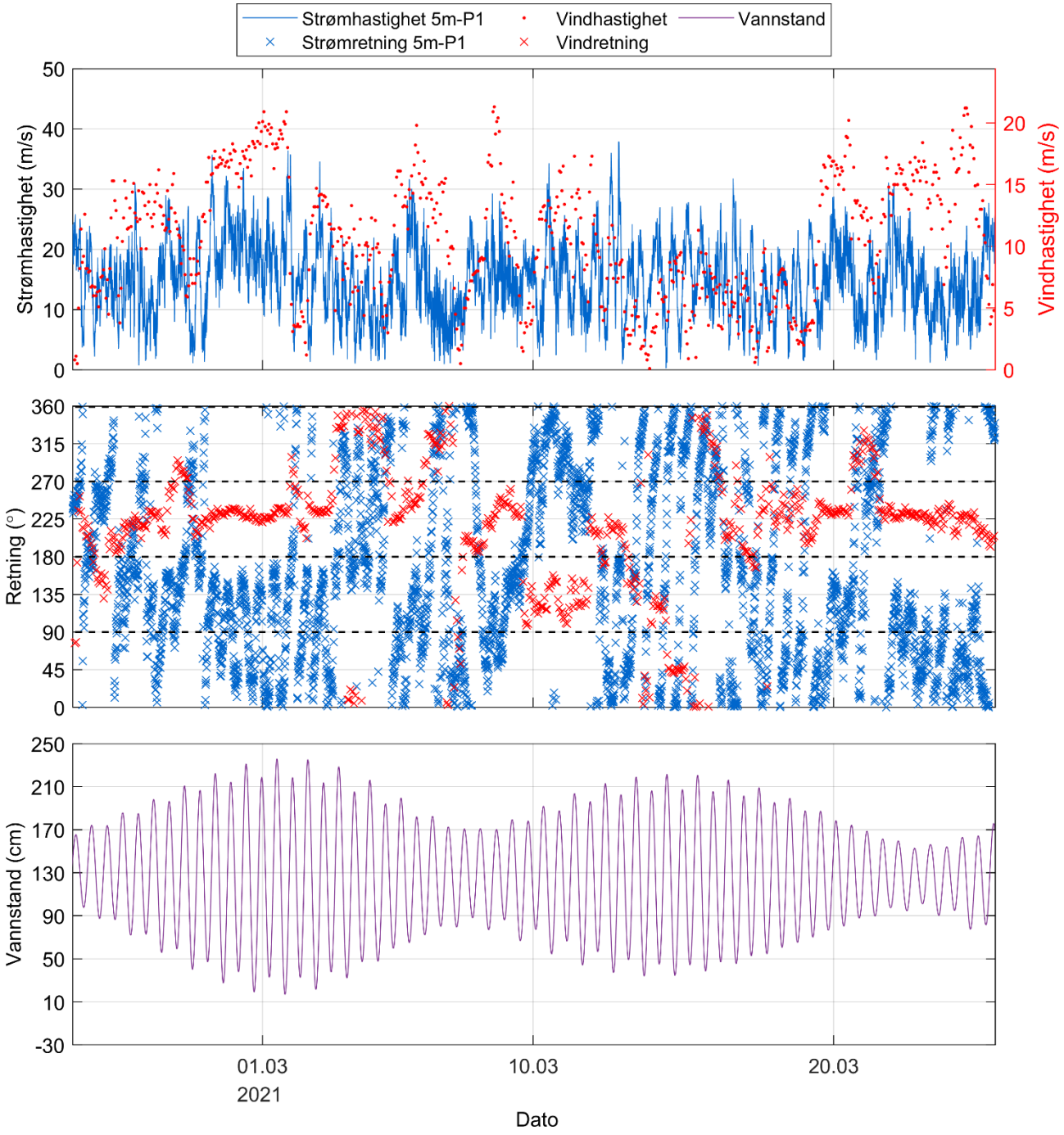
Tabell 4.26.1. Maksimal vindhastighet og prosent av tiden hvor vinden blåste fra de ulike retningene på Ona II under måleperioden.

	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
Maksimal vindhastighet (m/s)	15.5	14.2	16.5	17.3	15.3	23.4	19.3	16.4
Tid (%)	6.8	24.0	4.2	4.4	5.5	33.6	15.3	6.2

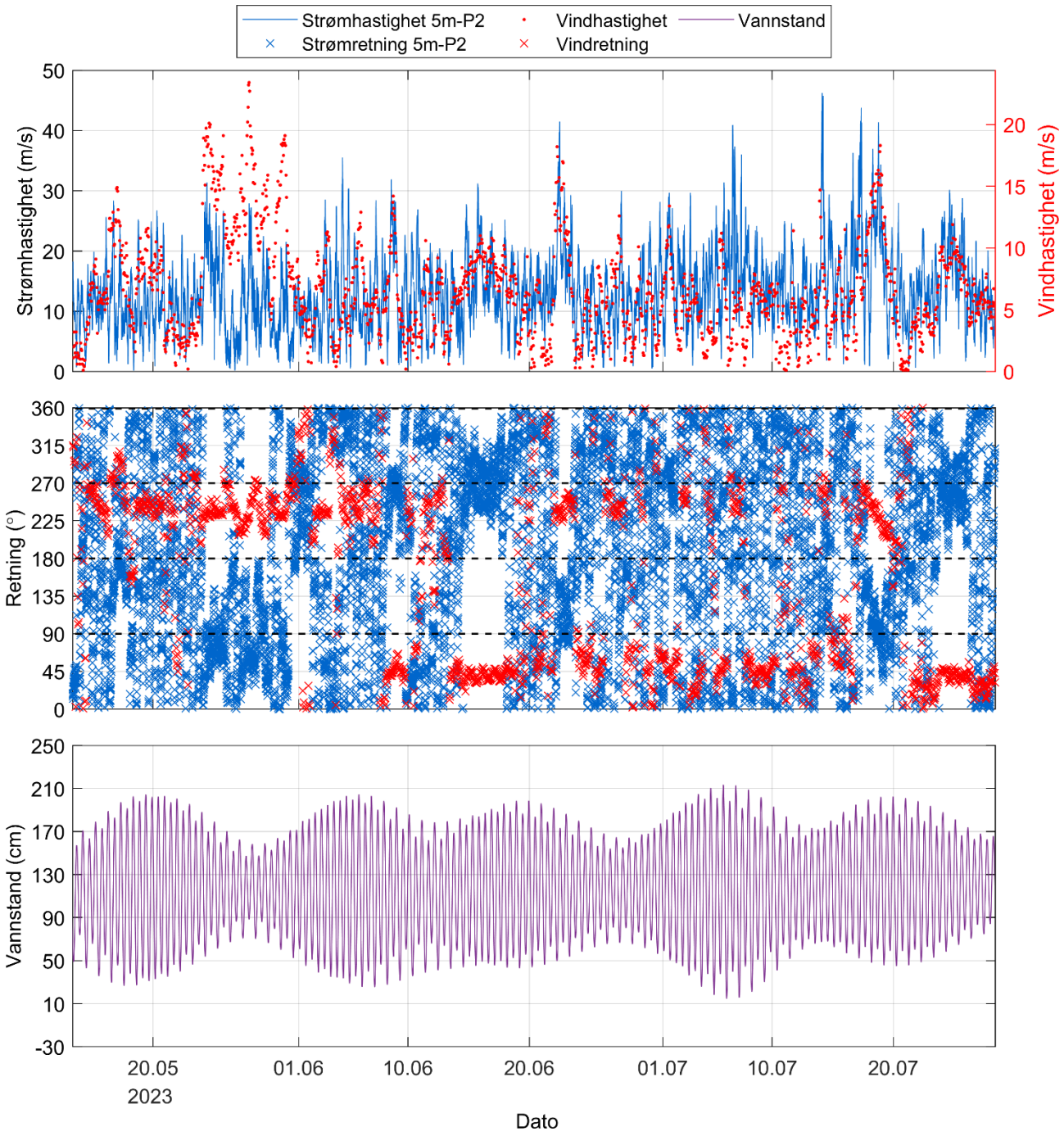


Figur 4.26.1. Rosediagram for strøm (mot retning) på 5m dyp, samt vind (fra retning) på Ona II værstasjon under måleperioden. Skalaen på diagrammene er ulik.

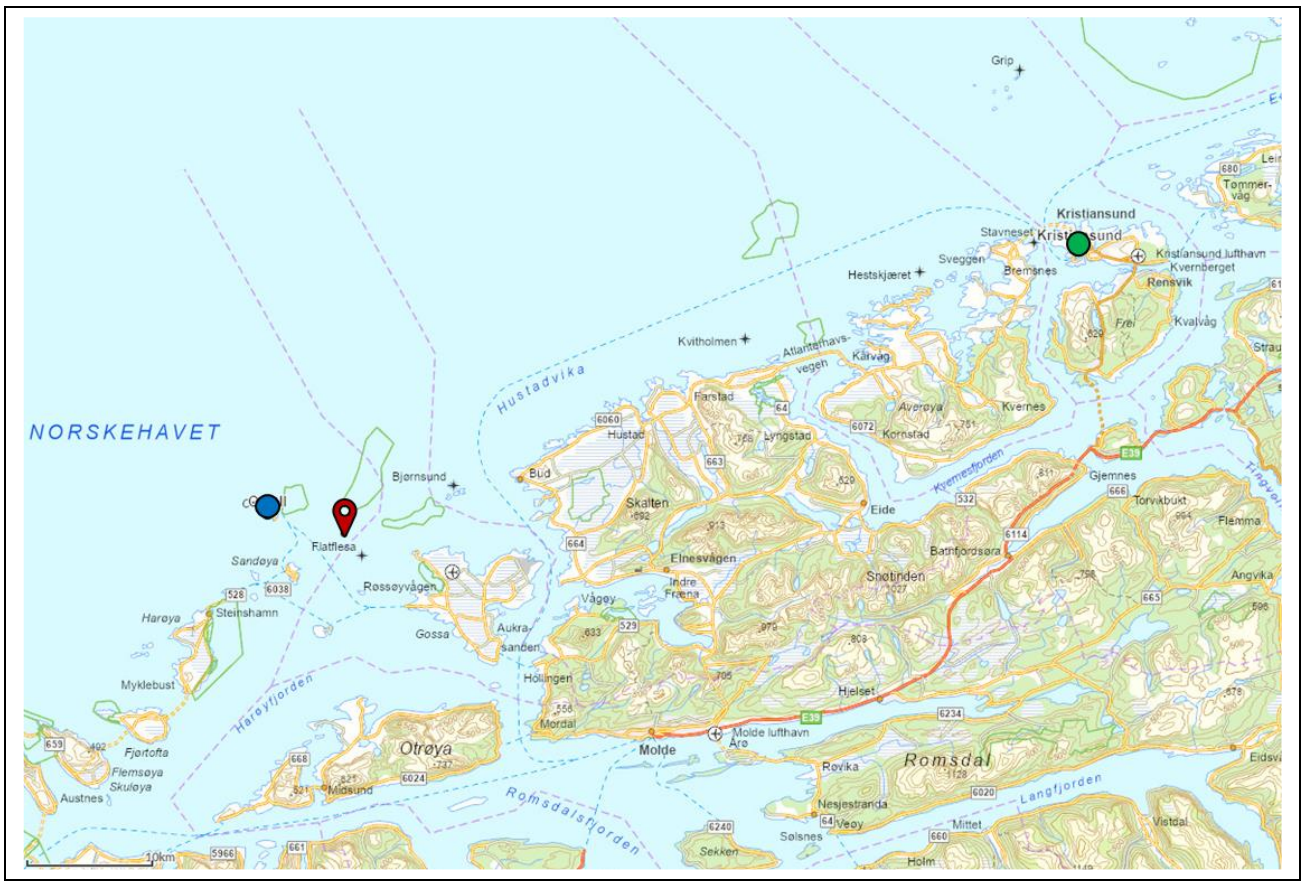
Hastighet og retning for strøm og vind er oppgitt i Figur 4.26.2 - Figur 4.26.3 og i "Vedlegg - Fyrstikkdiagram av vind og strøm" for å vurdere vindpåvirkning på strømmen. I Figur 4.26.2 - Figur 4.26.3 er vindretning oppgitt som at vind blåser fra en retning, mens i "Vedlegg - Fyrstikkdiagram av vind og strøm" er vindretning oppgitt som at vind blåser mot en retning. Tidevann er også vist i Figur 4.26.2 - Figur 4.26.3 for å vurdere tidevannspåvirkning.



Figur 4.26.2. Strømhastighet (mot retning) på 5m dyp og vindhastighet (fra retning) på Ona II, strøm- og vindretning, samt vannstand (Kristiansund) under P1. Tidspunkter hvor strøm og vind har omtrent motsatt rettet retning indikerer tilfeller med vindpåvirket strøm.



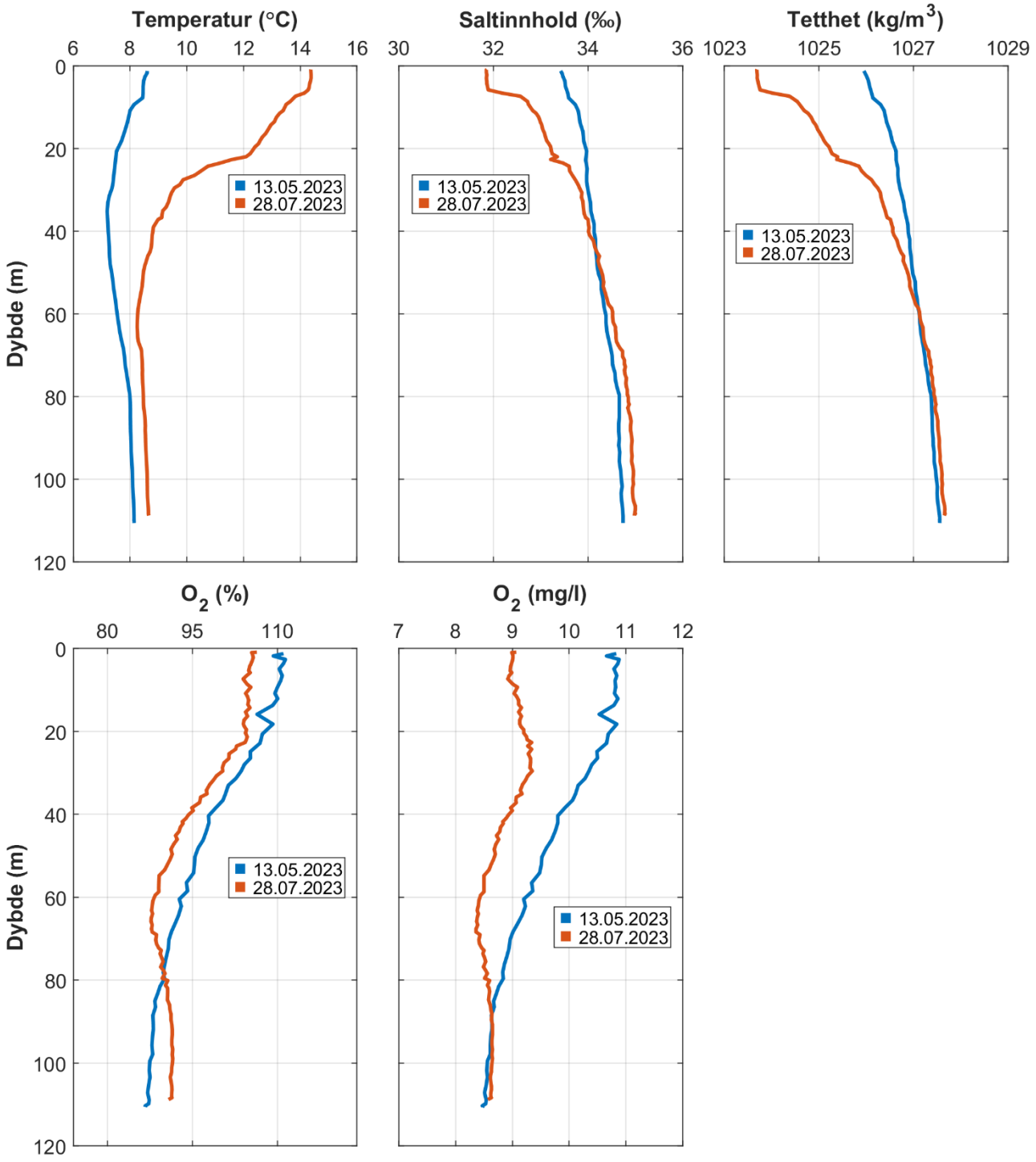
Figur 4.26.3. Strømhastighet (mot retning) på 5m dyp og vindhastighet (fra retning) på Ona II, strøm- og vindretning, samt vannstand (Kristiansund) under P2. Tidspunkter hvor strøm og vind har omtrent motsatt rettet retning indikerer tilfeller med vindpåvirket strøm.



Figur 4.26.4. Posisjonen til Ona II værstasjon (markert med blå sirkel) og posisjonen til Kristiansund tidevannsstasjon (markert med grønn sirkel) i forhold til strømmålingsposisjonene (markert med rød pinne). Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

4.27 CTD-profil

CTD-profil ble målt i sammenheng med utsett (13.05.2023) og opptak (28.05.2032) av strømmålere i området ved strømriggen i P2.



Figur 4.27.1. Vertikalprofiler av saltinnhold, temperatur, tetthet og oksygen. Dypet er oppgitt langs y-aksen.

5. Diskusjon

Strømmen på Holmskallen er mot flere retninger på begge dyp, som stemmer med områdets bunntopografi og med et eksponert område. Strømretning er ikke dominert av motsatt rettede hovedstrømretninger siden strømmen skifter retning i løpet av perioden. Mest vannutskiftning på 5m er mot SØ (15.2%) og mot SØ/S på 15m (37.1%) (Tabell 4.18.1).

5.1 Høye strømmålinger

Maksimal strømhastighet var 46.2cm/s mot SØ på 5m og 31.1cm/s mot SV på 15m dyp, og er vurdert som sterk på begge dyp. 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 20.9cm/s på 5m og 16.8cm/s på 15m dyp. Signifikant maksimal strømhastighet er vurdert som sterk på begge dyp.

Det var tilfeller der strøm var > 30cm/s på begge dyp. Høy strømhastighet oppstår uregelmessig på måleposisjonen og er vurdert forårsaket av tidevann i kombinasjon med vind.

5.2 Tidevannspåvirkning

Strømmen er vurdert som tidevannsdominert på begge dyp under alle måleperiodene, da tidevannsbidraget var ≥ 40% (Tabell 4.24.1).

5.3 Vindpåvirkning

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

Grunnet friksjon mellom vind og vannoverflate vil vind med betydelig hastighet (> 3m/s) og stabil retning som blåser over en lengre periode ha innvirkning på strømmen. 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 Ona II er det vurdert at vind fra alle retninger kan ha påvirket strøm mot alle retninger.

Vind kan ha påvirket noen av strømtoppene.

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 strømretningen 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 ≥ 2cm/s på begge dyp. Gjennomsnittlig strømhastighet er vurdert som svært sterk på både 5m og 15m dyp.

Prosent nullmålinger (< 1cm/s) var mindre enn 10% på begge dyp. Lengst varighet for strøm < 1cm/s var 20 minutter på 5m og 30 minutter på 15m dyp. Det var kort periode med strømstille på 5m og 15m dyp (≤ 30 minutter, Tabell 4.23.1 – Tabell 4.23.2).

Neumann-parameteren er beregnet til 0.0 på 5m og 0.1 på 15m dyp. Neumann-parameteren er vurdert som svært lite stabil på 5m og lite stabil på 15m dyp. Vannutskiftningen trenger ikke nødvendigvis å være dårlig selv om Neumann-parameteren er < 0.2. Det er ikke nødvendigvis det samme vannet som har returnert til startpunktet. På 5m og 15m dyp er vannutskiftningen preget av at vannet flyter mye fram og tilbake, da strømmen er tidevannsdominert.

5.5 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 av forskjellige grunner, for eksempel; ferskvannsavrenning, avkjøling/oppvarming av overflatevann, utveksling av vann ved bunnen med kystvann) påvirker spredning av utslipp både horisontalt og vertikalt.

Temperatur i P1 varierte mellom 4.9°C og 5.6°C. Temperatur i P2 variert mellom 7.9°C og 14.5°C på 5m dyp og mellom 4.9°C og 13.8°C på 15m dyp. Målingene i P1 viser at temperaturen på 22m dyp var nokså lik fra februar til slutten av mars 2021. Temperaturmålingene i P2 viser at overflatelaget var varmere enn på 15m dyp (Figur 4.8.1). Temperaturmålingene viser forventet sesongvariasjon, med økende temperaturer på sommerhalvåret.

CTD-målinger ved utsett og opptak viser at det var en oppvarming i vannsøylen i løpet av P2 (Figur 4.28.1). Dette stemmer med temperaturtidsserien (Figur 4.8.1), og er forventet sesongvariasjon. Ved utsett minket temperaturen fra overflaten ned til bunnen. Ved opptak minket temperaturen fra overflaten ned til ca. 40m dyp og deretter var det lite endring temperaturen ned til bunnen.

Saltinnholdet minket mellom utsett og opptak (Figur 4.28.1). Ved utsett var det lite endring i saltinnhold. Ved opptak økte saltinnholdet fra overflaten og ned til 25m. Fra 25m dyp og ned til bunnen var det lite endring i saltinnhold.

Tetthetsdata gjenspeiler saltinnholdet og viser at vannsøylen var lagdelt ved opptak og blandet ved utsett (Figur 4.28.1). I profilen ved opptak var det antydninger til et grunt overflatelag og et nytt vannlag fra 5m og ned til ca. 23m dyp og ett dypere vannlag fra 25m dyp.

Oksygenmetningen ved utsett og opptak var høy (> 90%) ved overflaten (Figur 4.28.1). Høy oksygenmetning i de øvre 20m kan forårsakes av algeoppblomstring, som forekommer om våren og sommeren. Algeoppblomstring produserer oksygen ved hjelp av fotosyntese på dybdelag i vannsøylen med sollys (10m – 100m). Oksygenmetningen ved utsett og opptak avtar ned til ca. 65m og deretter øker ned til bunnen. Oksygeninnholdet viser lignende mønster som oksygenmetningen. Forskjellen i profilene til oksygenmetning og -innhold kommer av at oksygenmetningen avhenger

av temperaturen til sjøvannet. Kaldere vann kan holde på mer oksygen, mens varmere vann kan holde på mindre.

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 9415:2021 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, viker og elveløp, møtepunkter for fjordsystemer, osv. Dette kan føre til at strømmen skifter retning e.l.
- Bunntopografien under anlegget og i området bør vurderes, da ujevnheter kan påvirke strømmens styrke og retning.
- Anleggets driftsstatus må vurderes der selve anlegget kan forstyrre målinger på overflatestrømmen. Utestående nøter og fiskebiomasse kan frembringe en skyggeeffekt og muligens redusere strømmen i noen retninger på målinger på både 5m og 15m dyp.

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

Valg av måledyp

Overflatestrømmen måles på 5m dyp. Det tas ikke på 1m på grunn av støy fra bølger.
Vannutskiftningsstrøm måles på 15m dyp.

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 måleperiode 30 dager.

Målingene på 5m og 15m dyp ble gjort i samsvar med NS 9415:2021, der kravet er at delmålinger skal gjennomføres sammenhengende i minst 30 dager.

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**
Leverandør	**P1:** Nortek AS	**P1:** Nortek AS
	P2: Aanderaa AS	**P2:** Aanderaa AS
Instrumenttype, modell	**P1:** Aquadopp Current Profiler (AquaPro) (400kHz)	**P1:** Aquadopp Current Profiler (AquaPro) (400kHz)
	P2: RCM Blue 5430 punktmåler	**P2:** RCM Blue 5430 punktmåler
ID-nr.	**P1:** 5608	**P1:** 5608
	P2: 5283	**P2:** 5336
Cellestørrelse	**P1:** 2m	**P1:** 2m
	P2: -	**P2:** -
Kalibrering	**P1:** Utført hos Nortek AS ved levering av instrumentet.	**P1:** Utført hos Nortek AS ved levering av instrumentet.
	P2: Utført hos Aanderaa Data Instruments ved levering av instrumentet.	**P2:** Utført hos Aanderaa Data Instruments ved levering av instrumentet.
Strømhastighetens nøyaktighet	**P1:** 1% av målt verdi ±0.5cm/s	**P1:** 1% av målt verdi ±0.5cm/s
	P2: ±0.15cm/s	**P2:** ±0.15cm/s
Strømhastighetens rekkevidde / terskelverdi	**P1:** 0 til ±10m/s (vektor gjennomsnitt)	**P1:** 0 til ±10m/s (vektor gjennomsnitt)
	P2: 0 til 300cm/s (vektor gjennomsnitt)	**P2:** 0 til 300cm/s (vektor gjennomsnitt)

Strømretningens nøyaktighet	**P1:** ±2º for helning < 20º	**P1:** ±2º for helning < 20º
	P2: ±5º for 0-15º helning; ±7.5º for 15-35º helning	**P2:** ±5º for 0-15º helning; ±7.5º for 15-35º helning
Kompassorientering	Magnetisk nord	Magnetisk nord
Kompass justert for misvisning	Nei	Nei
Temperaturens nøyaktighet og rekkevidde	**P1:** 0.1ºC, -4ºC til 40ºC	**P1:** 0.1ºC, -4ºC til 40ºC
	P2: 0.05ºC, -5ºC til 40ºC	**P2:** 0.05ºC, -5ºC til 40ºC

6.3 Måleprinsipp for strømmålinger

Aanderaa punktmåler

Instrumentet bruker Doppler-effekten for å måle strøm. Det sendes ut en kort lydpuls (akustisk puls) 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 Aquadopp profiler

Instrumentet bruker Doppler-effekten for å måle strøm. Instrumentet sender ut en kort lydpuls (akustisk puls) 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 Aquadopp profiler.

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; måleren pulserer i 1 minutt, etterfulgt av 9 minutters hvile i løpet av en 10-minutters samplingsperiode. Den registrerte målingen hvert 10. minutt er gjennomsnittet av strømmålinger i løpet av det første minuttet i 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 Test av riggoppsett før utsett

Før utsett ble planlagt riggoppsett testet i Matlab-programmet Mooring Design & Dynamics (Dewey, 2006) for å kontrollere om riggoppsettet teoretisk sett ville tåle forventet strømhastighet i området slik at instrumentdyp, helning og andre kvalitetssikringsparametere ville forholde seg innenfor aksepterte grenseverdier. Programmet gir en teoretisk tilnærming for å optimalisere forholdet mellom oppdriftskuler og lodd i riggen for det aktuelle området.

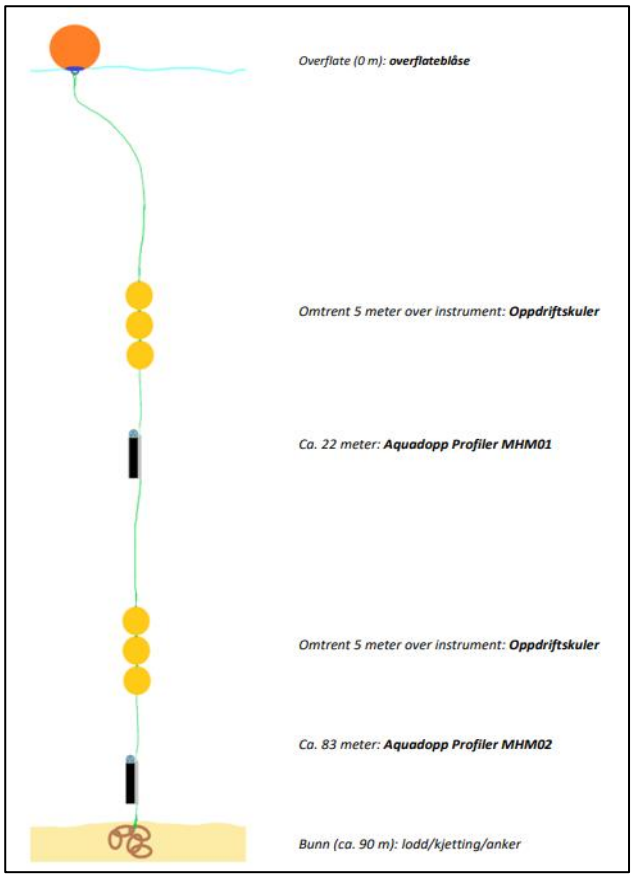
Analysen av planlagt riggoppsett for strømmålinger på 5m og 15m dyp i P2 ga nedtrekk av instrumentet i riggen og advarsel om for lite vekt i bunnen. Derfor ble oppdrift ved overflate og forankring økt i riggoppsettet før utsett.

7.2 Riggoppsett

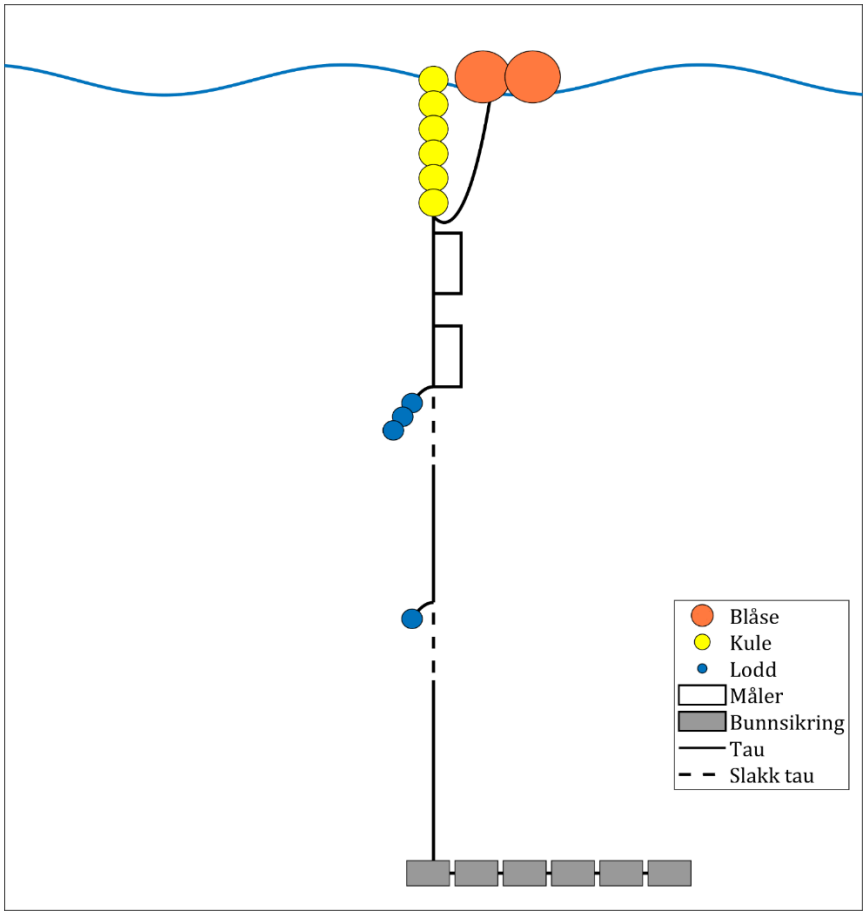
Riggoppsett for målt strøm i P1 er skissert i Figur 7.2.1. Riggoppsett for målt strøm i P2 er beskrevet i Tabell 7.2.1 og skissert i Figur 7.2.2.

Tabell 7.2.1. Beskrivelse av riggoppsett for strømmålinger på 5m og 15m under P2.

Komponent	Komponenttype	Antall/Lengde	Dyp	Vekt/oppdrift per enhet
A3-blåse	Blåse	2stk		62kg oppdrift
Trålkule 11"	Kule	6stk		7.5kg oppdrift
Danline 14mm	Tau	5.0m		
Punktmåler	Måler	1stk	5.0m	
Danline 14mm	Tau	10.0m		
Punktmåler	Måler	1stk	15.0m	
Pærelodd	Lodd	3stk		5kg
Danline 14mm	Tau	50.0m		
Pærelodd	Lodd	1stk		5kg
Danline 14mm	Tau	62.0m		
Garnanker	Bunnsikring	6stk		50kg



Figur 7.2.1. Riggoppsett for strømmålinger på 5m og 15m under P1 (Aqua Kompetanse, 2021).



Figur 7.2.2. Riggoppsett for strømmålinger på 5m og 15m under P2.

8. Vedlegg – Databearbeiding og kvalitetssikring

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

Det benyttes et internt kvalitetssystem som følger hver måler for teknisk dokumentasjon. Instrumenttilstand og eventuelt andre kommentarer angående instrumentet oppføres i kvalitetssystemet etter hvert prosjekt.

Målingene i P1 ble utført av Aqua Kompetanse (2021). Både Åkerblå og Aqua Kompetanse har kvalitetssikret strømmålingene i P1, og rådata er lagret i internt arkiv.

Ved utsett av instrumenter benyttes et internt kvalitetssystem som inkluderer (etter NS 9425-1:1999): 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 i kvalitetssystemet 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 korreksjon.

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 lite begroing og ingen skade på instrumentene i P2, og ingen data er vurdert som feil eller usikre på grunn av dette. Datakvaliteten anses å være god.

Feil på instrument

Instrumentet for måling av strøm på 5m og 15m dyp i P1 var innstilt til å måle i lokaltid. Strømdataene er korrigert til koordinert universaltid (UTC), slik at alle instrumentene brukt på lokaliteten har målt i UTC. Tidskorrigeringen har ingen konsekvens for datakvaliteten

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

Tabell 8.1.1. Opplysninger om strømmålinger og databearbeiding.

Måledyp	**5m**	**15m**
Filnavn for rådata	**P1:** Holmskallen 5m15m MN0321 NPR5608.prf	
	P2: Holmskallen 5m MN0723 AP5283.bin	**P2:** Holmskallen 15m MN0723 AP5336.bin
Rådata først vurdert i	**P1:** STORM - SeaReport	**P1:** STORM - SeaReport
	P2: Aanderaa Data Studio	**P2:** Aanderaa Data Studio
Filnavn for eksportert data	**P1:** Holmskallen 5m-P1 MN0321 NPR5608_eks_CE.xlsx	**P1:** Holmskallen 15m-P1 MN0321 NPR5608_eks_CE.xlsx
	P2: Holmskallen 5m-P2 MN0723 AP5283_eks_CE.xlsx	**P2:** Holmskallen 15m-P2 MN0723 AP5336_eks_CE.xlsx
Filnavn for kvalitetssikret data	Holmskallen-5m_QC.xlsx	Holmskallen-15m_QC.xlsx
Prosentandel data (%)	100	100
Antall målinger	10947 / 10948	10948 / 10948
Antall fjernede/manglende målinger	1	0
Ekstern påvirkning på målinger	Nei, se vedlegg 8.2	Nei, se vedlegg 8.2

Dato og tid for første og siste benyttede strømmåling	**22.02.21 16:20 - 28.07.23 09:40**	**22.02.21 16:20 - 28.07.23 09:40**
	P1: 22.02.21 16:20 - 25.03.21 09:10	**P1:** 22.02.21 16:20 - 25.03.21 09:10
	P2: 13.05.23 09:10 - 28.07.23 09:40	**P2:** 13.05.23 09:10 - 28.07.23 09:40
Dato og tid for start og slutt av instrument	**22.02.21 17:00* - 28.07.23 20:50**	**22.02.21 17:00* - 28.07.23 20:50**
	P1: 22.02.21 17:00 - 09.04.21 01:10*	**P1:** 22.02.21 17:00 - 09.04.21 01:10*
	P2: 10.05.23 12:00 - 28.07.23 20:50	**P2:** 10.05.23 11:50 - 28.07.23 20:50

** Tidspunkter for start og slutt av instrument i P1 er oppgitt som lokaltid*

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.

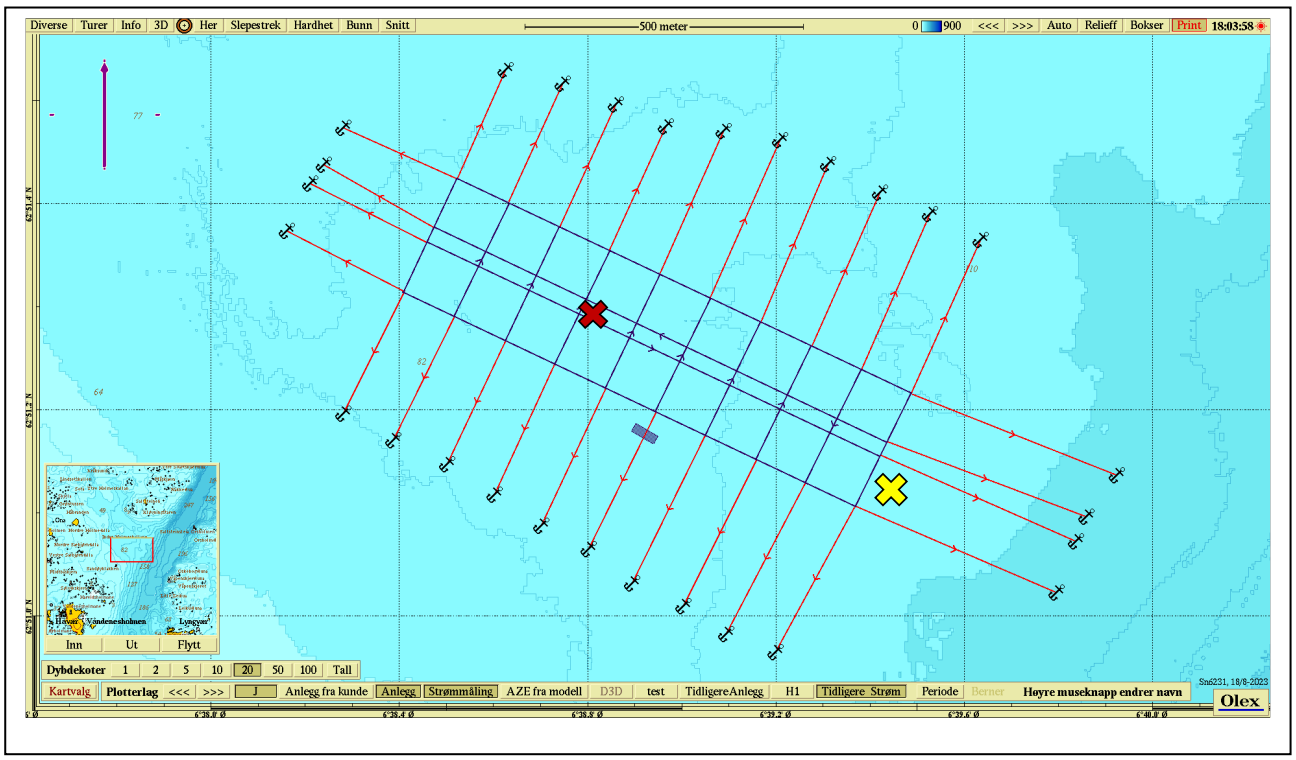
Parameter	**QC**
Temperatur	Manuell sjekk av data for stabil temp (Δ < 1℃)
Helning	< 50º (Figur 8.2.2 – Figur 8.2.3) < 20-30º (Figur 8.2.2 – Figur 8.2.3)
Ping count	150 (Figur 8.2.2 – Figur 8.2.3)
Trykk	Stabilt (Figur 8.2.2 – Figur 8.2.3)
Strømhastighet	Stabil (ingen store endringer fra en måling til 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).

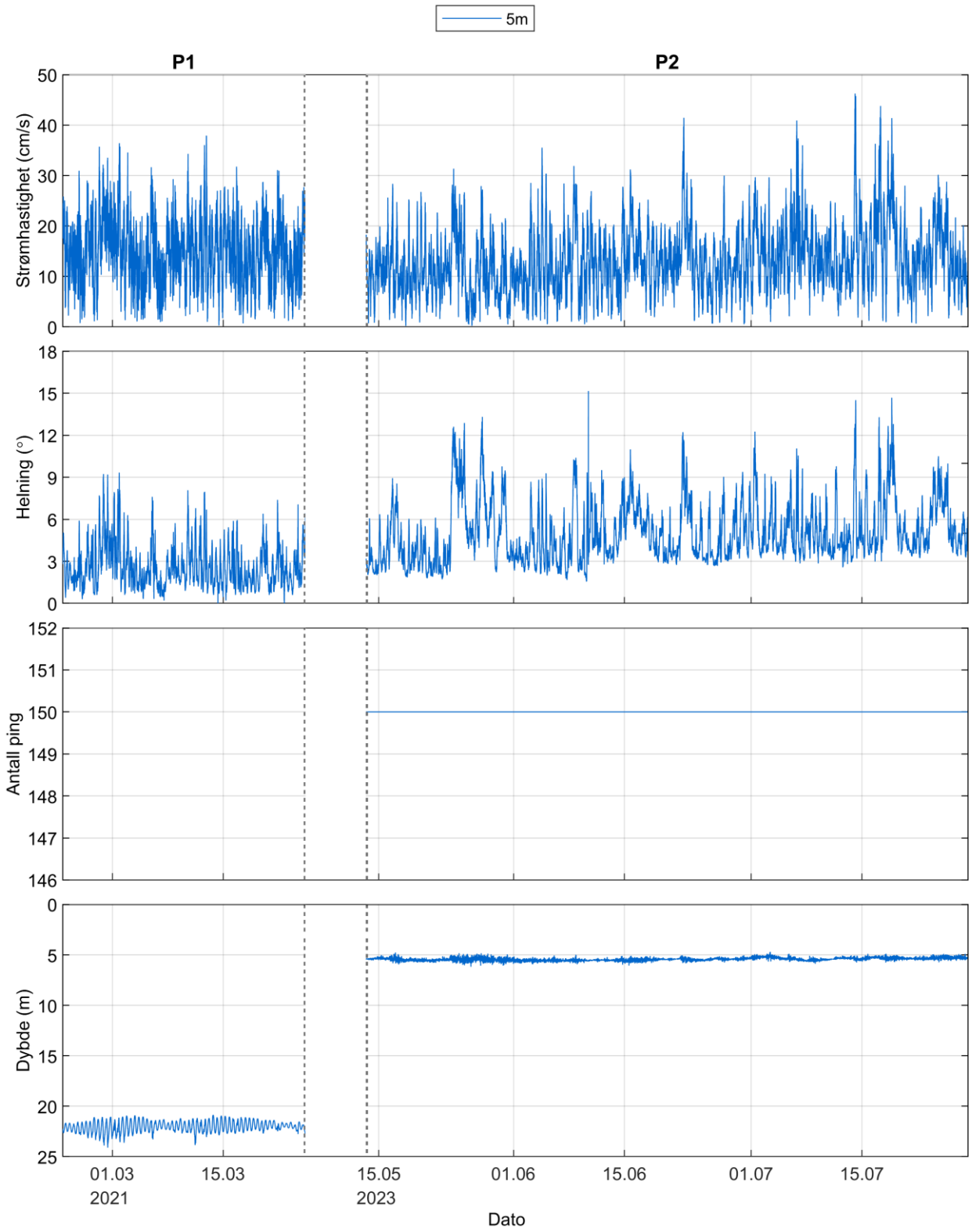
Δt (min)	**Teoretisk**	**Faktor**	**Godkjent**
	$u_1 - u_2$ (m/s)		$u_1 - u_2$ (m/s)
5	0.0422 u	2.0	0.08
10	0.0843 u	1.8	0.15
15	0.1264 u	1.6	0.20
20	0.1685 u	1.5	0.25
30	0.2523 u	1.4	0.35
60	0.5001 u	1.2	0.60

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.

Anlegget var ikke i drift under måleperiodene. Strømriggens posisjoner er anvist med gult kryss i Figur 8.2.1.Strøm på 5m og 15m dyp vurdert å ikke bli påvirket, på grunn av at anlegget ikke var i drift under måleperiodene.



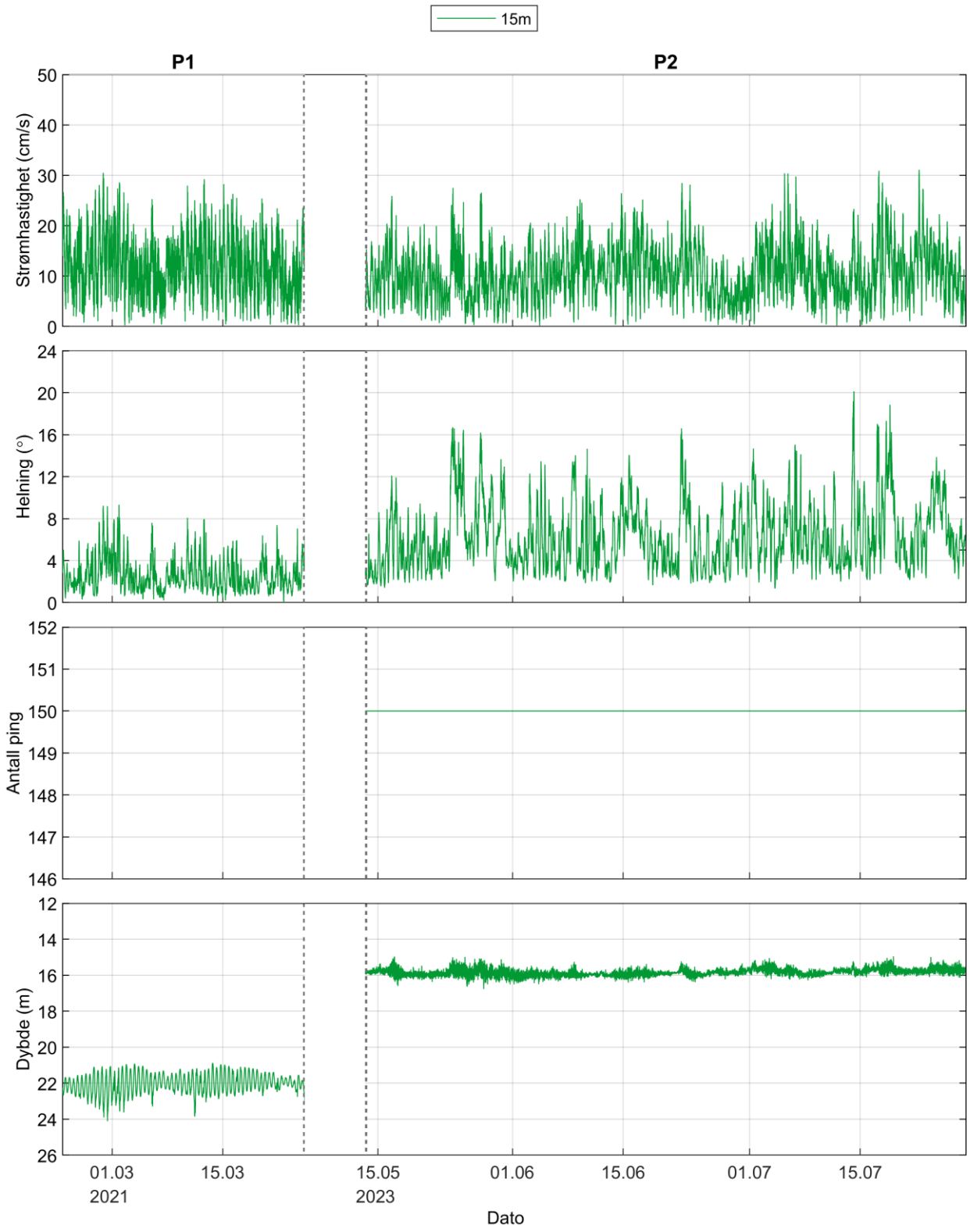
Figur 8.2.1. Plassering av strømmålere i området anvist med gult kryss P1 og rødt kryss P2. Kart er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.



Figur 8.2.2. Tidsdiagram – kriteriene brukt for å kvalitetssikre data, 5m dyp.

Instrumentdypet varierte mellom 4.7m og 24.1m dyp i løpet av måleperioden. Gjennomsnittlig instrumentdyp var på 10.2m.

I løpet av P1 varierte instrumentdypet mellom 20.9m og 24.1m dyp, med snittdyp på 22.0m.
I løpet av P2 varierte instrumentdypet mellom 4.7m og 6.2m dyp, med snittdyp på 5.4m.



Figur 8.2.3. Tidsdiagram – kriteriene brukt for å kvalitetssikre data, 15m dyp.

Instrumentdypet varierte mellom 14.9m og 24.1m dyp i løpet av måleperioden. Gjennomsnittlig instrumentdyp var på 17.6m.

I løpet av P1 varierte instrumentdypet mellom 20.9m og 24.1m dyp, med snittdyp på 22.0m.
I løpet av P2 varierte instrumentdypet mellom 14.9m og 16.8m dyp, med snittdyp på 15.8m.

8.3 Fjernede dataverdier

8.3.1 Måleperiode

Data er fjernet utenfor måleperioden for å bruke overlappende periode mellom de forskjellige dyp i så stor grad som mulig.

8.3.2 Enkelte datapunkter

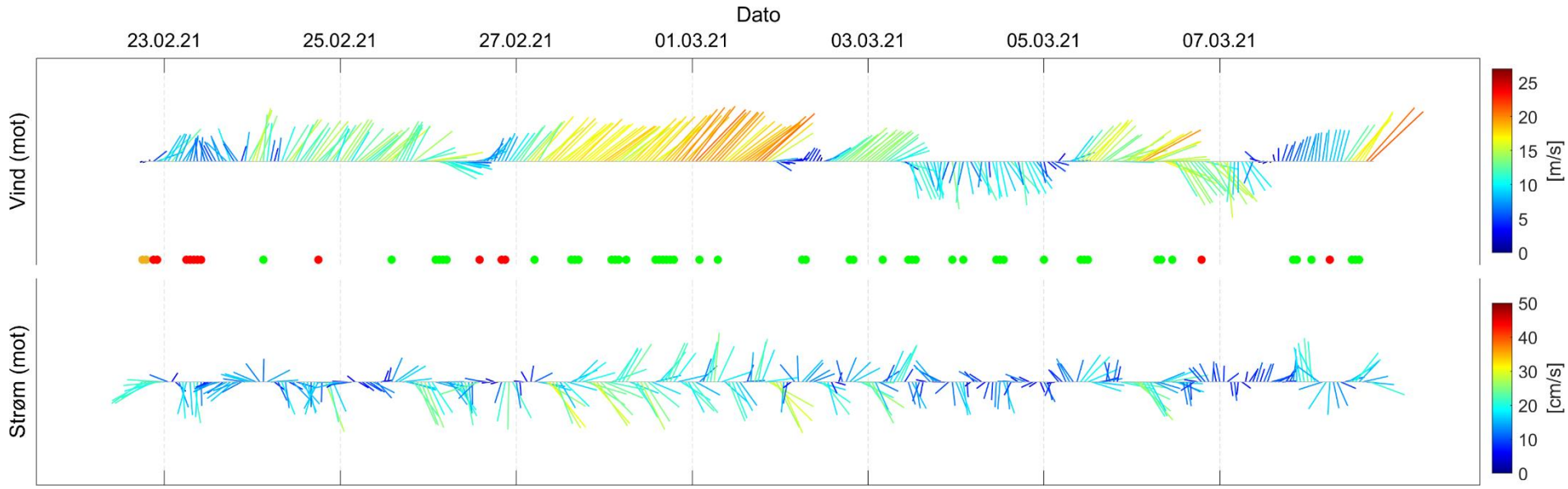
1 datapunkt på 5m dyp under P2 er vurdert som feilverdier. Det skyldes sannsynligvis forstyrrelser i refleksjon av akustiske signaler. Den er derfor tatt bort.

Ingen data fjernet fra 5m i P1 eller på 15m i P1 og P2.

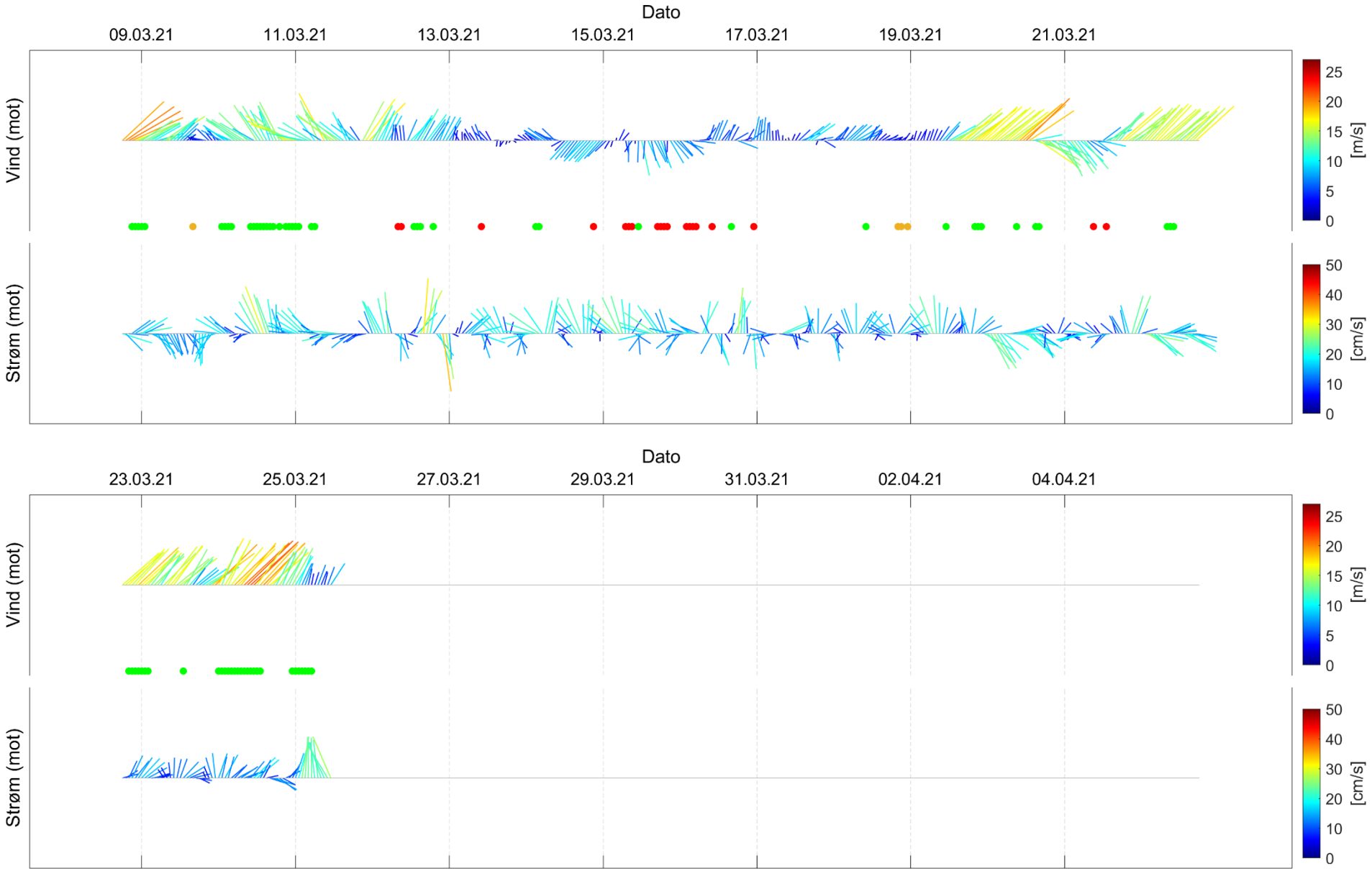
9. Vedlegg – Fyrstikkdiagram av vind og strøm

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 (< 3m/s) hvor strøm og vind hadde sammenfallende eller motsatt retning er indikert med oransje prikker. Det er tillatt en vinkel på opptil ± 22.5° ved beregning av om vind og strøm har omtrent sammenfallende eller motsatt retning.

P1 (22.02.2021 – 25.03.2021)

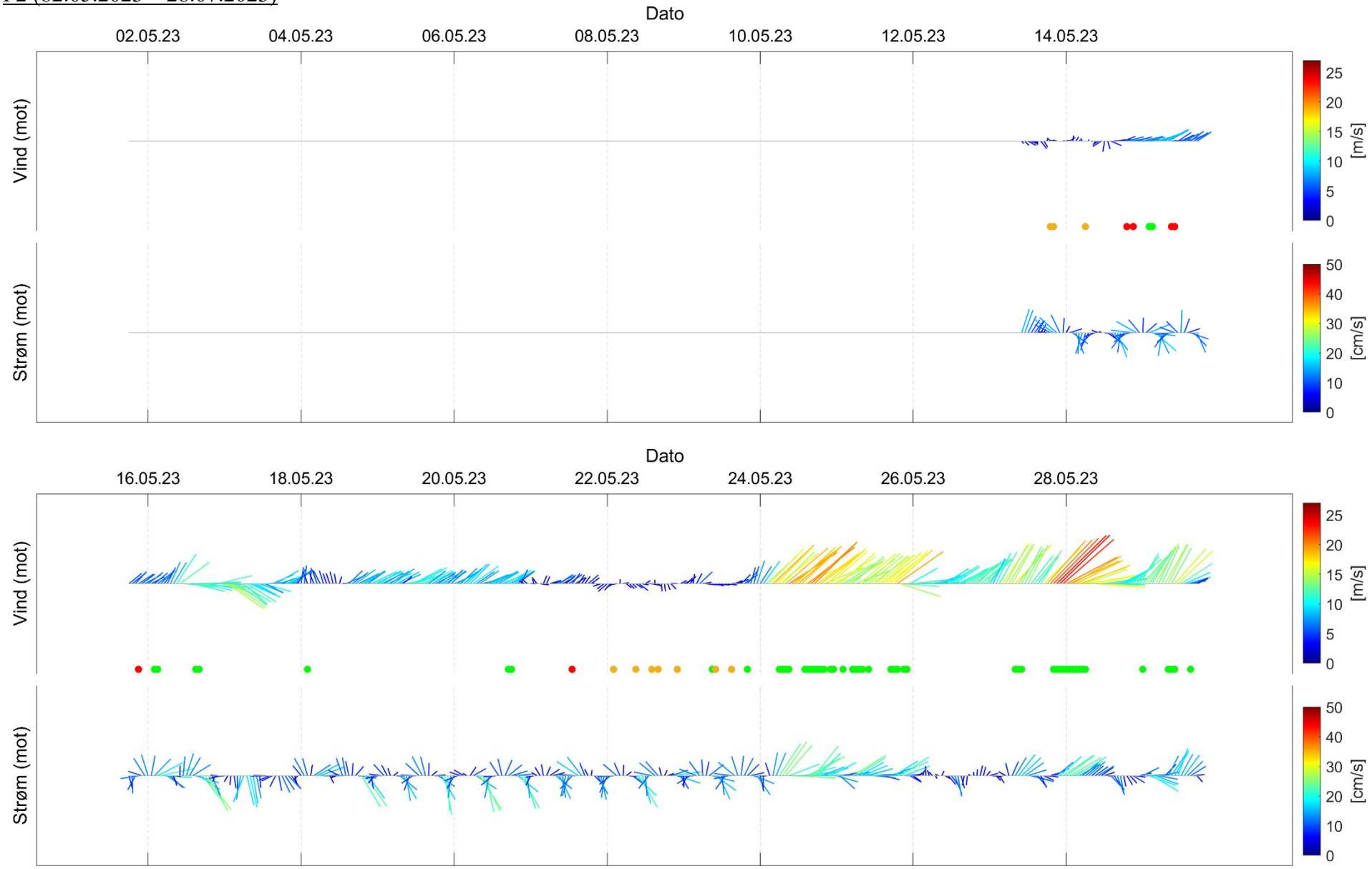


Figur 9.1. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Ona II (over) og strømhastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under måleperioden.

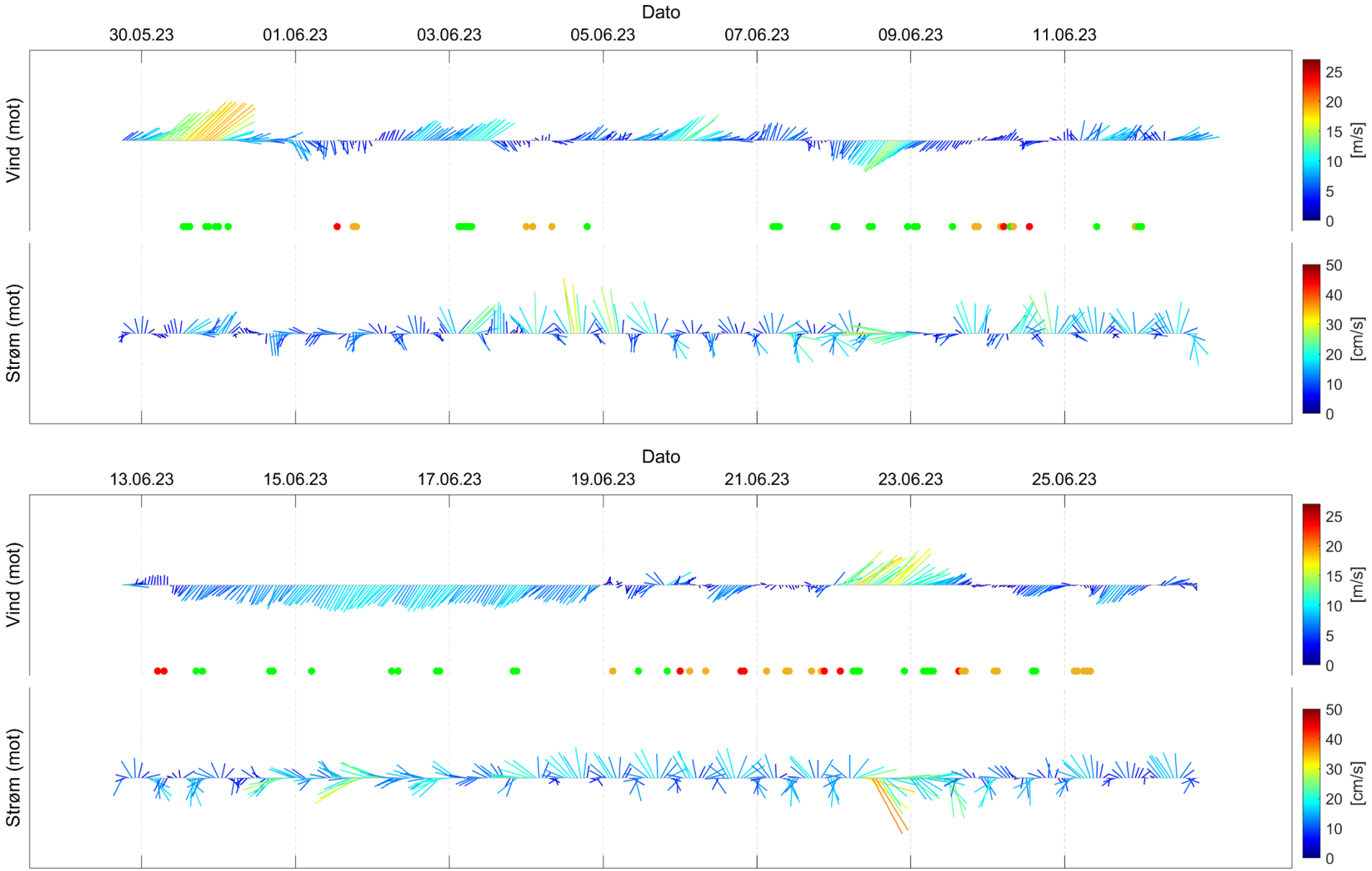


Figur 9.2. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Ona II (over) og strømhastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under måleperioden.

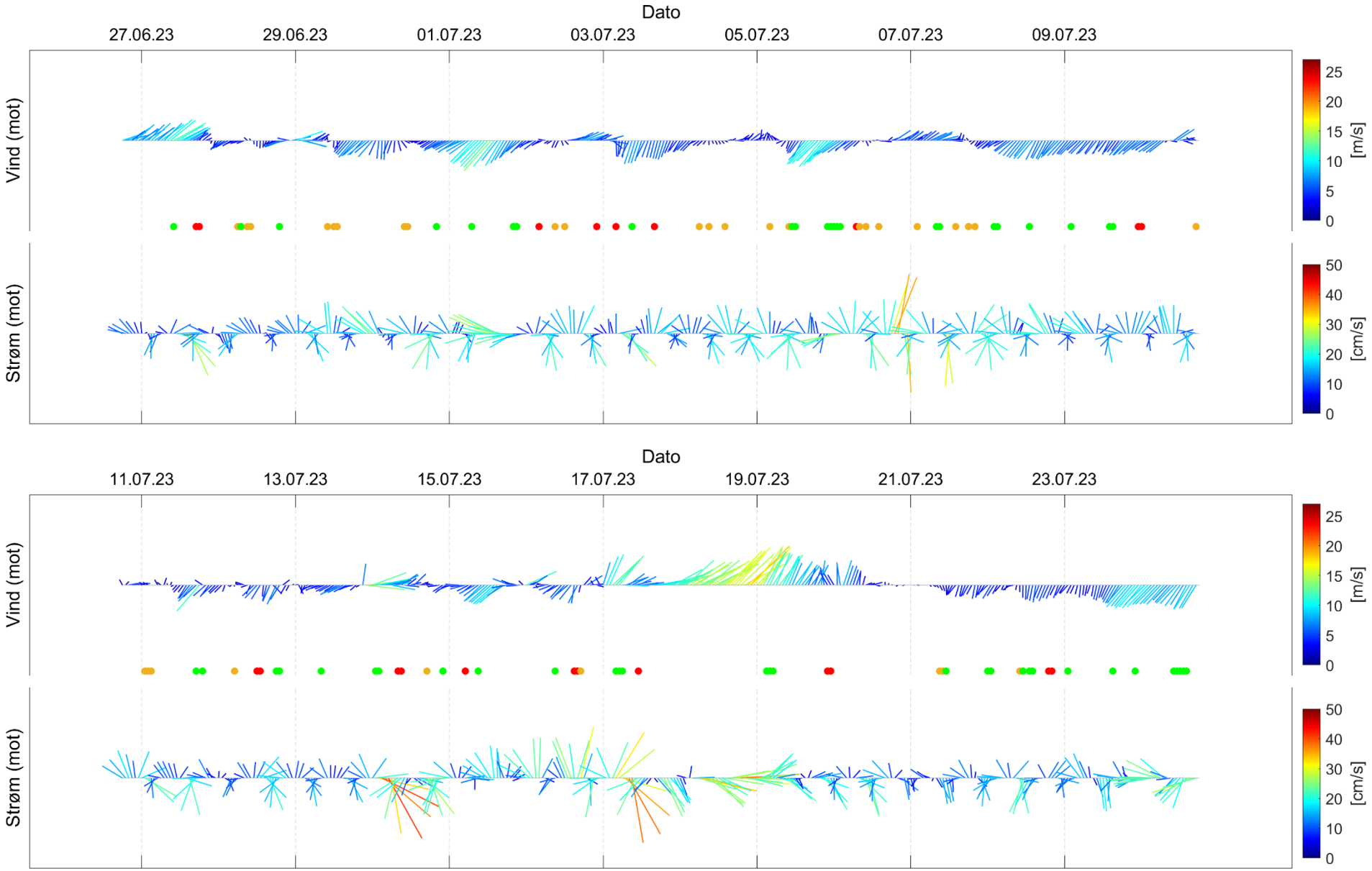
P2 (82.05.2023 – 28.07.2023)



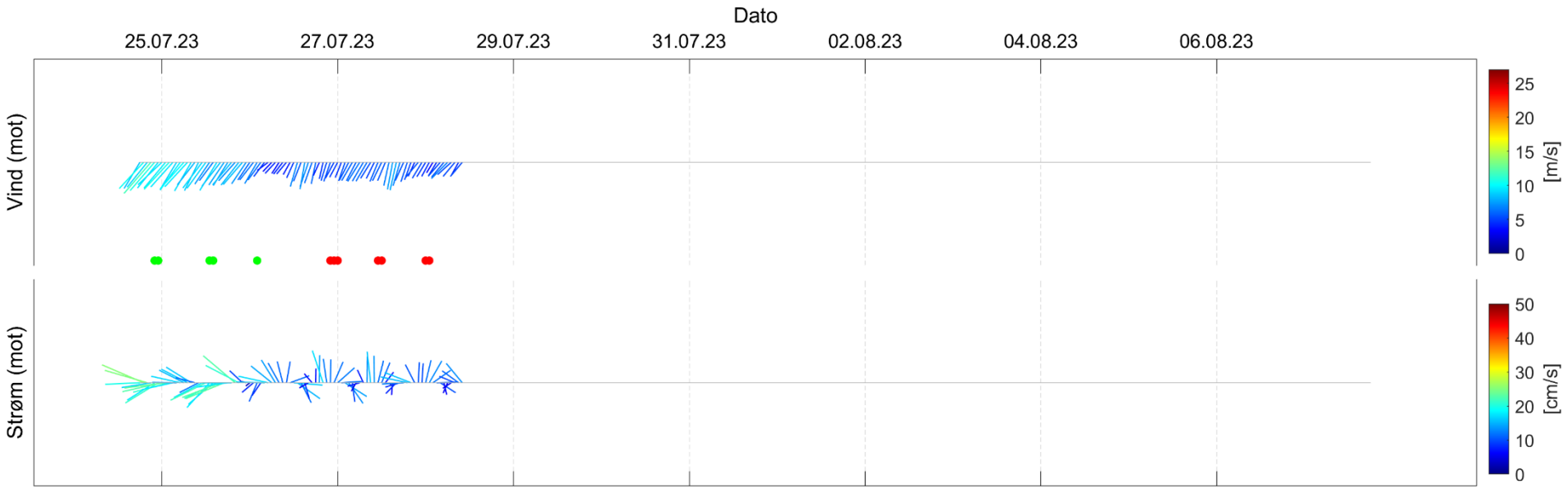
Figur 9.3. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Ona II (over) og strømhastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under måleperioden.



Figur 9.4. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Ona II (over) og strømhastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under måleperioden.



Figur 9.5. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Ona II (over) og strømhastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under måleperioden.



Figur 9.6. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Ona II (over) og strømhastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under måleperioden.

10. Vedlegg - Varighetsanalyse

Lave (≤ 1, 3, 5 og 10cm/s) og høye (≥ 50, 60, 70 og 80cm/s) strømhastigheter kan ha betydning for fiskens helse. I Figur 10.1 – Figur 10.4 vises varighet av lave (≤ 1, 3, 5 og 10cm/s) strømhastigheter på hvert av de målte dypene i måleperioden. Én hendelse er anvist som én prikk og den tilhørende heltrukne linjen fra prikken indikerer hendelsens varighet. For de korteste varighetsklassene vises ikke den heltrukne linjen på grunn av den korte varigheten i forhold til lengden av måleperioden. Det var ingen tilfeller av strøm ≥ 50cm/s på begge dyp.

I Figur 10.1 – Figur 10.4 er varighetsklassene vist på venstre stående akse og tid langs liggende akse. Høyre stående akse viser den korteste og lengste varigheten per hendelse, og den korteste og lengste perioden mellom to hendelser. Enhetene på høyre stående akse er gitt som minutter (m), timer (t) og døgn (d). For de lave strømhastighetene (≤ 1, 3, 5 og 10cm/s) er den lengste perioden hvor strøm er høyere enn hastighetsklassene vist med stiplet linje.

I Tabell 10.1 – Tabell 10.4 gjenspeiler antall hendelser antall prikker per varighets- og hastighetsklasse i Figur 10.1 – Figur 10.4.

Tabell 10.1. Antall hendelser per varighetsklasse for hver hastighetsklasse (≤ 1, 3, 5 og 10cm/s) på 5m dyp i P1.

Hastighetsklasser	> 10 - ≤ 30min	> 30min - ≤ 1t	> 1 - ≤ 2t	> 2 - ≤ 3t	> 3 - ≤ 4t	> 4 - ≤ 5t	> 5 - ≤ 6t	>6t
≤ 1cm/s	0	0	0	0	0	0	0	0
≤ 3cm/s	10	0	0	0	0	0	0	0
≤ 5cm/s	37	8	3	0	0	0	0	0
≤ 10cm/s	98	31	22	15	5	0	0	0

Tabell 10.2. Antall hendelser per varighetsklasse for hver hastighetsklasse (≤ 1, 3, 5 og 10cm/s) på 5m dyp i P2.

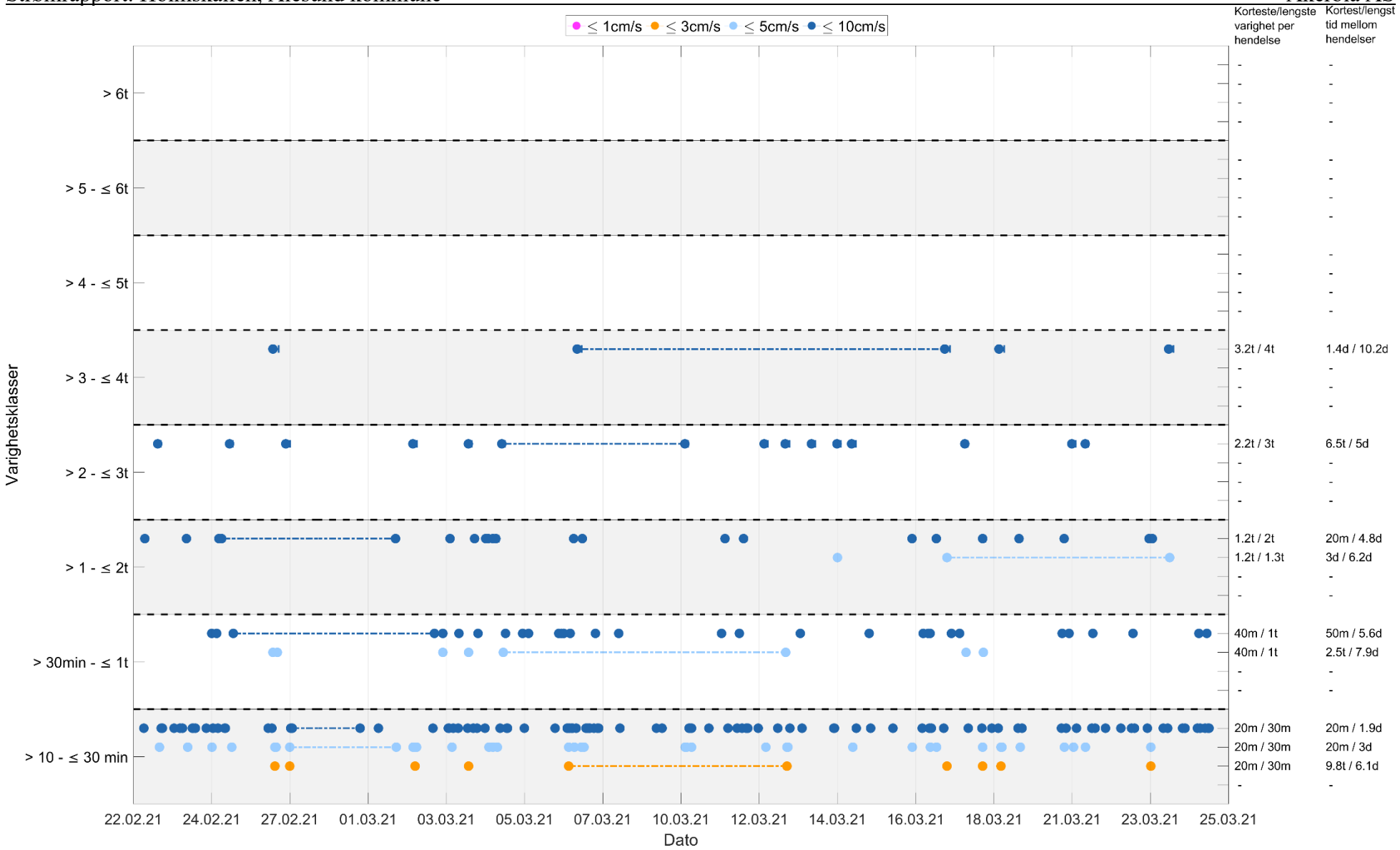
Hastighetsklasser	> 10 - ≤ 30min	> 30min - ≤ 1t	> 1 - ≤ 2t	> 2 - ≤ 3t	> 3 - ≤ 4t	> 4 - ≤ 5t	> 5 - ≤ 6t	>6t
≤ 1cm/s	3	0	0	0	0	0	0	0
≤ 3cm/s	45	18	5	0	0	0	0	0
≤ 5cm/s	47	35	39	7	2	0	0	0
≤ 10cm/s	112	55	46	40	32	13	12	8

Tabell 10.3. Antall hendelser per varighetsklasse for hver hastighetsklasse (≤ 1, 3, 5 og 10cm/s) på 15m dyp i P1.

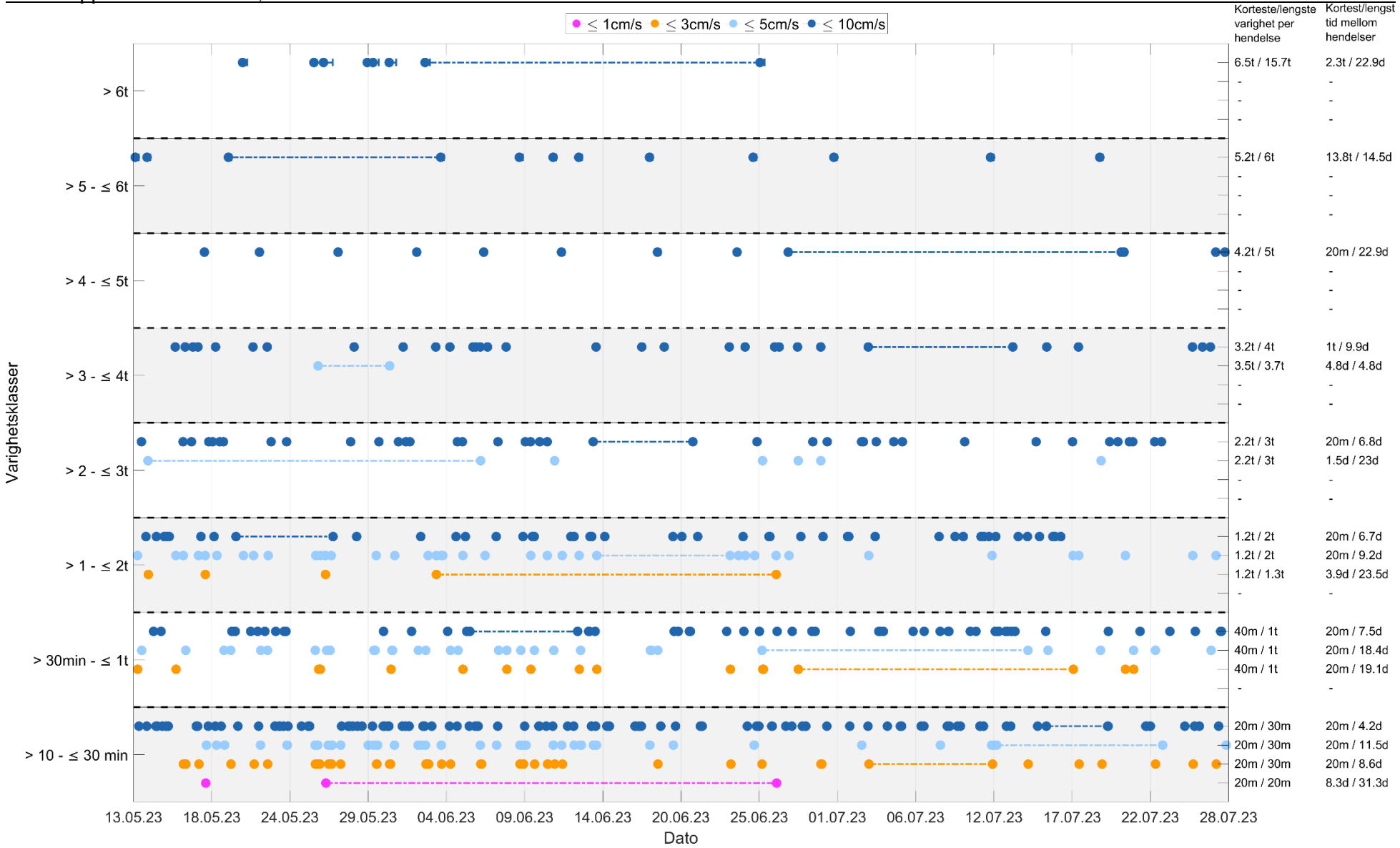
Hastighetsklasser	> 10 - ≤ 30min	> 30min - ≤ 1t	> 1 - ≤ 2t	> 2 - ≤ 3t	> 3 - ≤ 4t	> 4 - ≤ 5t	> 5 - ≤ 6t	>6t
≤ 1cm/s	1	0	0	0	0	0	0	0
≤ 3cm/s	26	2	0	0	0	0	0	0
≤ 5cm/s	61	14	4	1	0	0	0	0
≤ 10cm/s	115	54	26	14	10	7	0	2

Tabell 10.4. Antall hendelser per varighetsklasse for hver hastighetsklasse (≤ 1, 3, 5 og 10cm/s) på 15m dyp i P2.

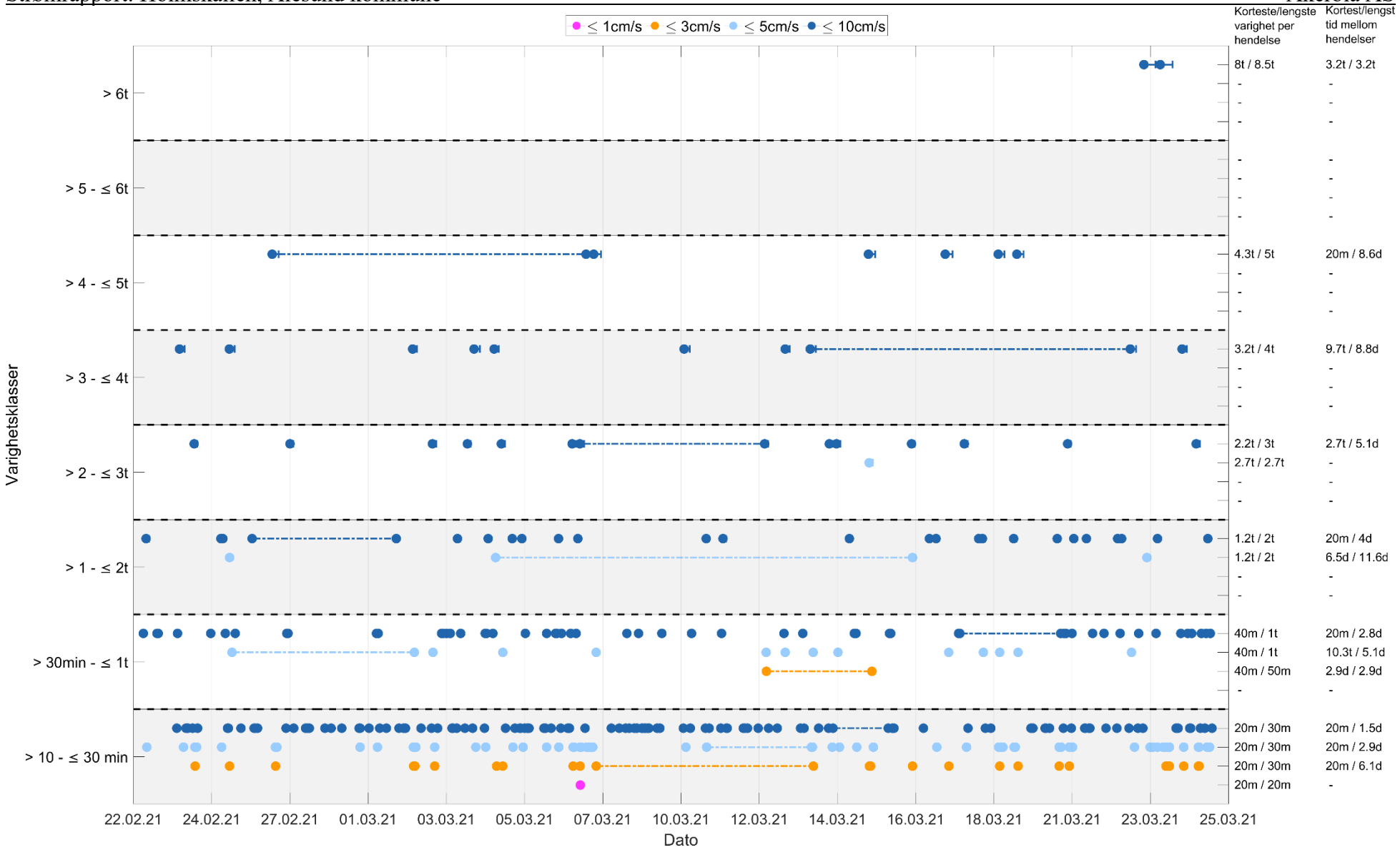
Hastighetsklasser	> 10 - ≤ 30min	> 30min - ≤ 1t	> 1 - ≤ 2t	> 2 - ≤ 3t	> 3 - ≤ 4t	> 4 - ≤ 5t	> 5 - ≤ 6t	>6t
≤ 1cm/s	10	0	0	0	0	0	0	0
≤ 3cm/s	41	32	14	3	0	0	0	0
≤ 5cm/s	80	55	63	13	6	2	0	0
≤ 10cm/s	122	55	37	33	43	20	9	34



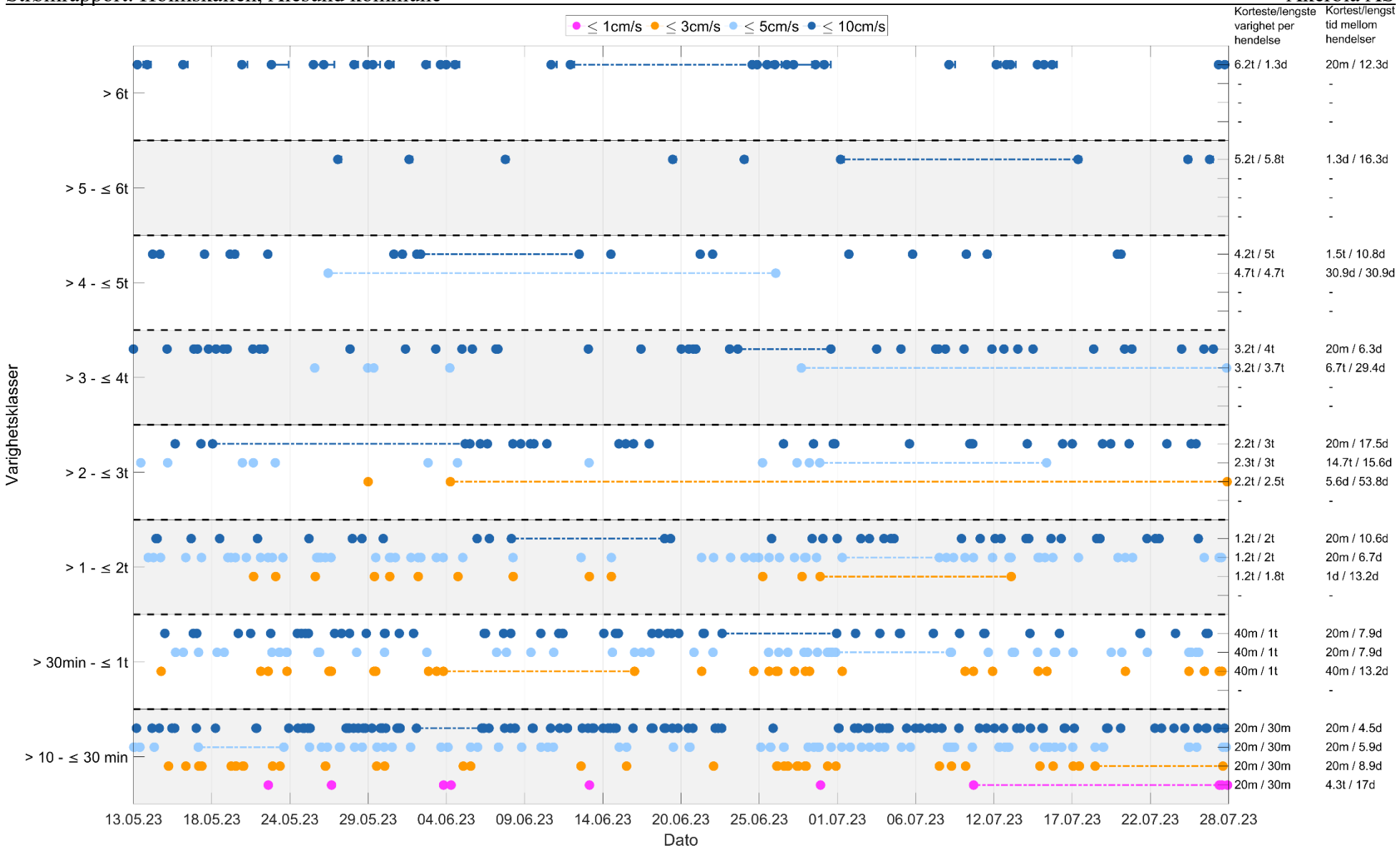
Figur 10.1. Varigheter med strømhastigheter ≤ 1, 3, 5 og 10cm/s (strømhastighetsklasser) på 5m i P1.



Figur 10.2. Varigheter med strømhastigheter ≤ 1, 3, 5 og 10cm/s (strømhastighetsklasser) på 5m i P2.



Figur 10.3. Varigheter med strømhastigheter ≤ 1, 3, 5 og 10cm/s (strømhastighetsklasser) på 15m i P1.



Figur 10.4. Varigheter med strømhastigheter ≤ 1, 3, 5 og 10cm/s (strømhastighetsklasser) på 15m i P2.

11. Vedlegg – Strømmens tilstandsklasser

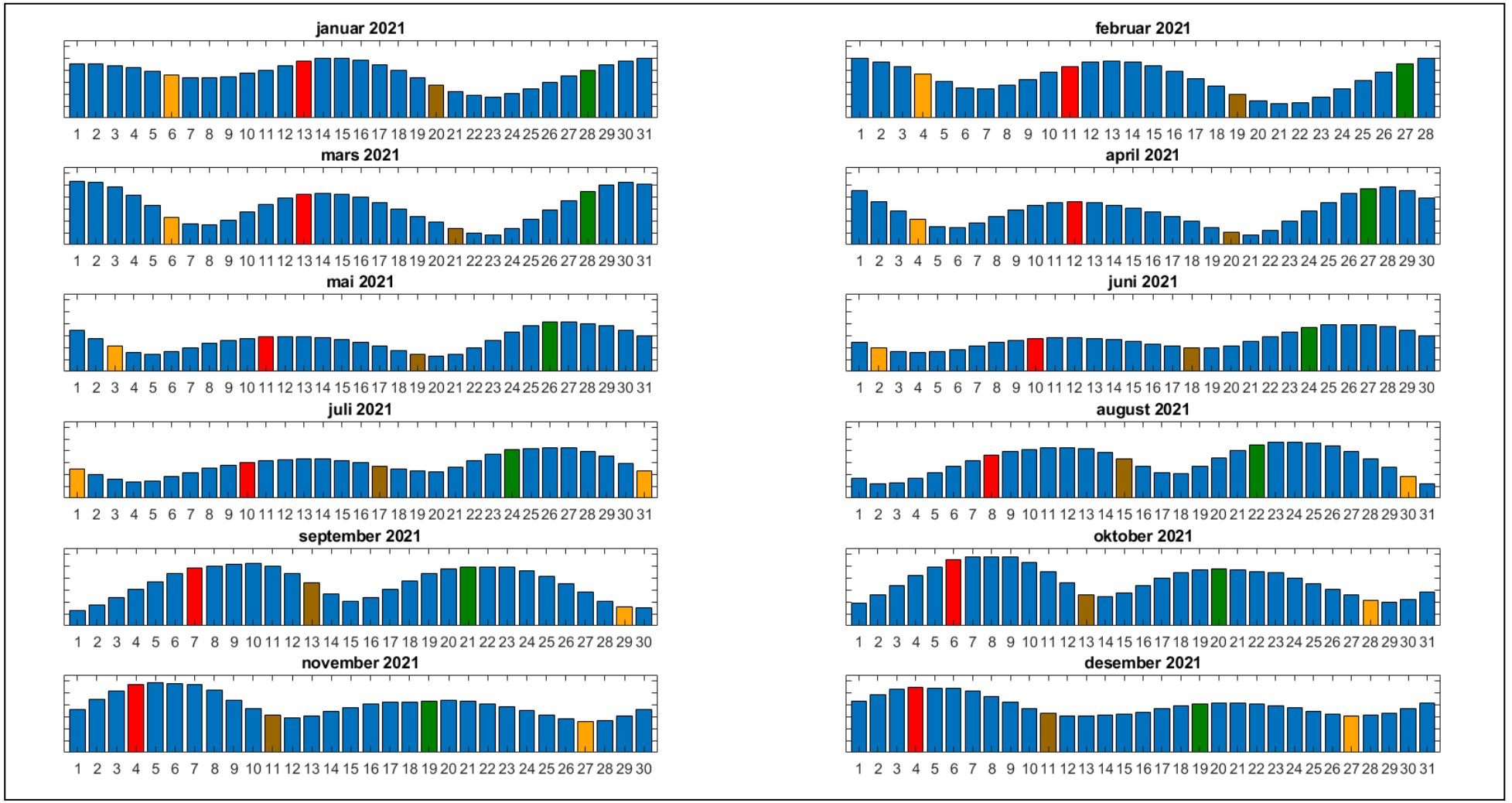
Tilstandsklasser for strømparametere er oppgitt i tabellen under. Verdiene er hentet fra strømdata målt av Åkerblå ved bruk av Aanderaa punkmålere (Åkerblå, 2015).

Tabell 11.1. Tilstandsklasser for vurdering av strømdata.

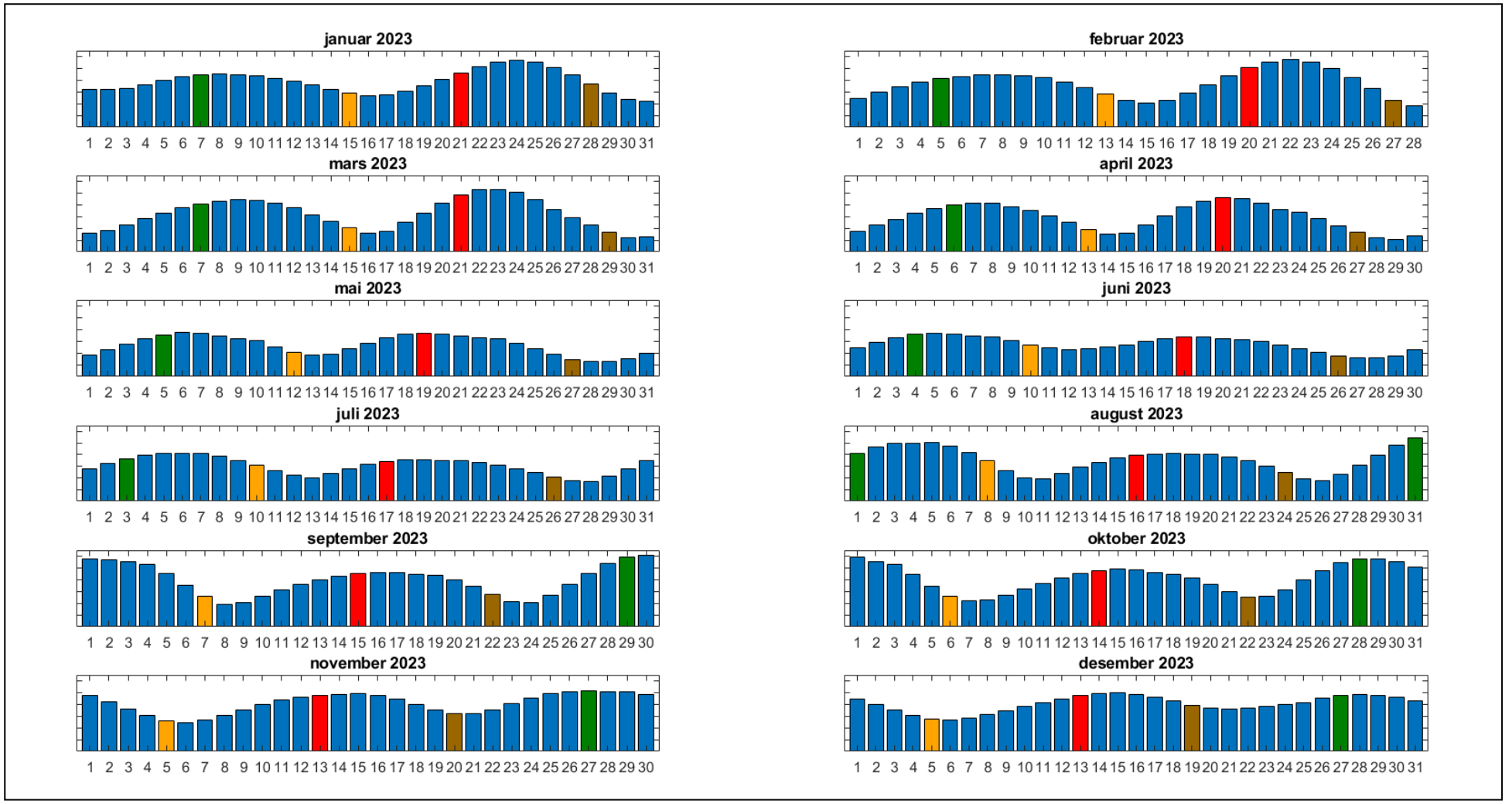
	Dyp (m)	1	2	3	4	5
Maksimal strømhastighet (cm/s)						
		svært sterk	**sterk**	**middels sterk**	**svak**	**svært svak**
Overflate	**5**	≥ 55	≥ 40 - < 55	≥ 26 - < 40	≥ 15 - < 26	< 15
Utskifting	**15**	≥ 45	≥ 30 - < 45	≥ 20 - < 30	≥ 10 - < 20	< 10
Spredning		≥ 35	≥ 25 - < 35	≥ 15 - < 25	≥ 10 - < 15	<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

12. Vedlegg – Månedlige tidevannsvariasjoner

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



Figur 12.1. Månedlige tidevannsvariasjoner hvor stolpehøyde angir relativ tidevannsstrøm og stolpefarge indikerer månefaser (oransje – siste kvarter; rød – nymåne; brun – første kvarter; grønn - fullmåne).



Figur 12.2. Månedlige tidevannsvariasjoner hvor stolpehøyde angir relativ tidevannsstrøm og stolpefarge indikerer månefaser (oransje – siste kvarter; rød – nymåne; brun – første kvarter; grønn – fullmåne).

.

13. Vedlegg – Måleenheter

Alle måleenheter brukt i rapporten er beskrevet i tabellen under.

Tabell 13.1. 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 (º) MM.MM (')
Strømretning (mot)	Grader (º)
Strømhastighet	Centimeter per sekund (cm/s)
Vindhastighet	Meter per sekund (m/s)
Vindretning (fra)	Grader (º)
Tidevannsnivå	Centimeter (cm)
Temperatur	Grader celsius (℃)
Helning	Grader (º)
Ping Count	Antall

14. Vedlegg – Parametere og beskrivelse

Tabell 14.1. 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 = kvadratrot (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.

15. Vedlegg – Referanser

1. Aqua Kompetanse (2021). Vannstrømmåling ved Holmskallen, Ålesund kommune, februar - mars 2021. Rapport: Holmskallen - AKP - Strømmålinger feb-mars 2021.pdf, 34 sider.

2. Brukerveiledning. Aanderaa RCM Blue punktmåler

3. Brukerveiledning. Nortek Aquadopp profiler.

4. Codiga, D. L. (2021). Unified Tidal Analysis and Prediction Using the UTide Matlab Functions. Technical Report 2011-01. Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island, Narragansett, RI. 59pp.

5. Dewey, K. R. (2006). Users Guide to Mooring Design & Dynamics. A Matlab Package for Designing and Analyzing Oceanographic Moorings and Towed Bodies. Centre for Earth and Ocean Research, University of Victoria, BC, Canada.

6. Emery, R., & Thomson, W. J. (2001). Data Analysis Methods in Physical Oceanography. Elsevier Science.

7. 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

8. 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

9. Kartverket (2023). www.kartverket.no/sehavniva

10. 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.

11. Meteorologisk institutt (2023). www.seklima.met.no

12. NS 9415:2021. Flytende akvakulturanlegg. Lokalitetsundersøkelse, prosjektering, utførelse og bruk. Norsk Standard 2021: 127s.

13. NS 9425-1:1999. Oseanografi – Del 1: Strømmålinger i faste punkter. Norsk Standard 1999. 6s.

14. Åkerblå (2015). Strømklassifisering. Åkerblå AS-rapport: Strøm- Klassifisering-AanderaaPunktMåler-Okt2015, 2 sider.

16. Vedlegg – Resultater per måned på 5m dyp

16.1 Sammendrag av strømdata

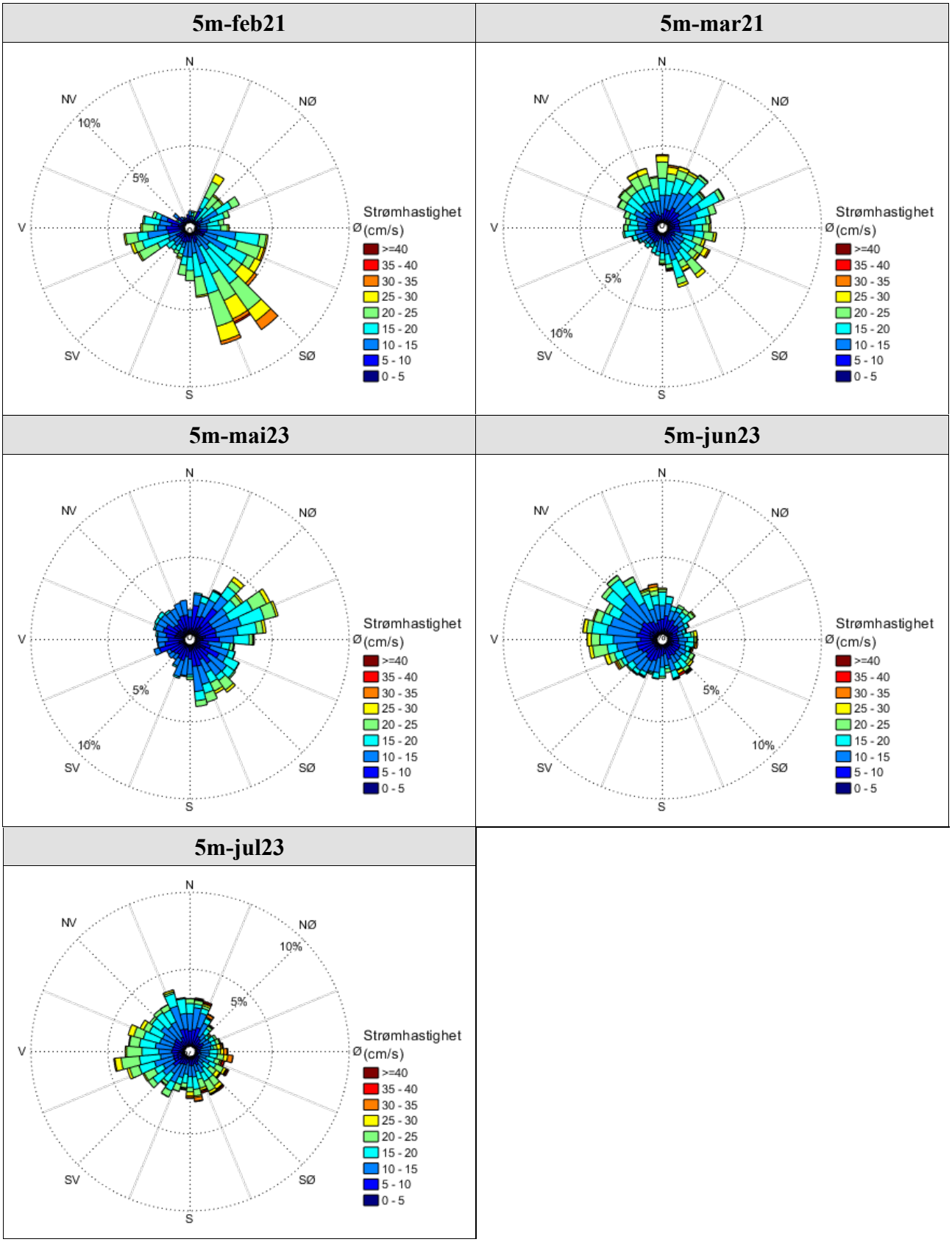
Resultater per måledyp over hele måleperioden er sammenfattet i Tabell 4.1.1. Resultater per måned for 5m dyp er sammenfattet i Tabell 16.1.1. Verdiene er klassifisert (fargelagt) etter: «Vedlegg – Strømmens tilstandsklasser». De ulike parameterne som er oppgitt er forklart i «Vedlegg – Parametere og beskrivelse».

Tabell 16.1.1. Sammendrag av strømdata fra 5m dyp per måned.

Måledyp	**5m-feb21**	**5m-mar21**	**5m-mai23**	**5m-jun23**	**5m-jul23**
Maksimum (cm/s)	35.7	37.9	31.3	41.4	46.2
Gjennomsnitt (cm/s)	16.2	14.5	11.1	12.7	15.1
Minimum (cm/s)	0.7	0.2	0.2	0.5	0.6
Signifikant maks (cm/s)	23.4	21.4	17.4	19.5	22.8
Signifikant min (cm/s)	8.9	7.7	5.4	6.5	8.2
Varians (cm/s)²	43.0	38.6	31.1	37.3	47.0
Standardavvik (cm/s)	6.6	6.2	5.6	6.1	6.9
% < 1cm/s (dvs. 0 - < 1cm/s)	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1
Lengste periode < 1cm/s (min)	10	10	20	20	10
% < 3cm/s (dvs. 0 - < 3cm/s)	1.7	1.4	3.0	3.1	1.2
Lengste periode < 3cm/s (min)	20	30	80	80	60
% < 10cm/s (dvs. 0 - < 10cm/s)	18.9	20.5	27.4	35.2	24.3
Lengste periode < 10cm/s (min)	240	220	940	490	330
% ≥ 30cm/s	1.5	0.9	0.07	1.0	3.1
Lengste periode ≥ 30cm/s (min)	50	60	20	140	270
% ≥ 50cm/s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lengste periode ≥ 50cm/s (min)	0	0	0	0	0
Effektiv transport					
Hastighet (cm/s)	7.2	3.3	3.8	3.1	1.8
Retning (grader)	143	40	90	292	252
Neumann-parameter	0.4	0.2	0.3	0.2	0.1
Gjennomsnittlig vannforflytning (m³/m²/d)	14004	12486	9621	10953	13052

16.2 Strømroser

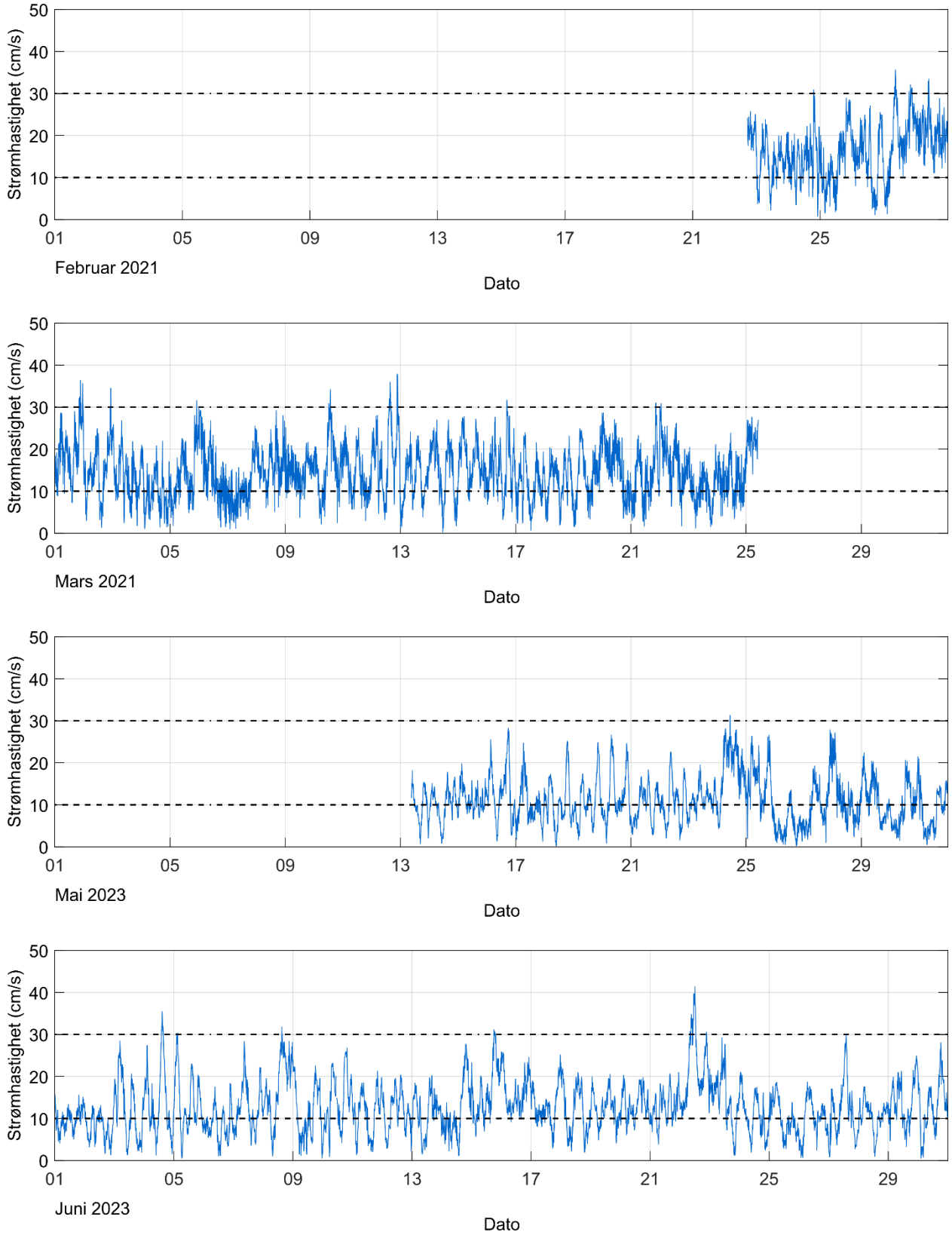
Strømrosene viser strømhastighet og strømretning for hver måned. Strømroser gir en indikasjon på hovedstrømretning og om tidevannsellipsen er rettlinjet eller sirkulær.



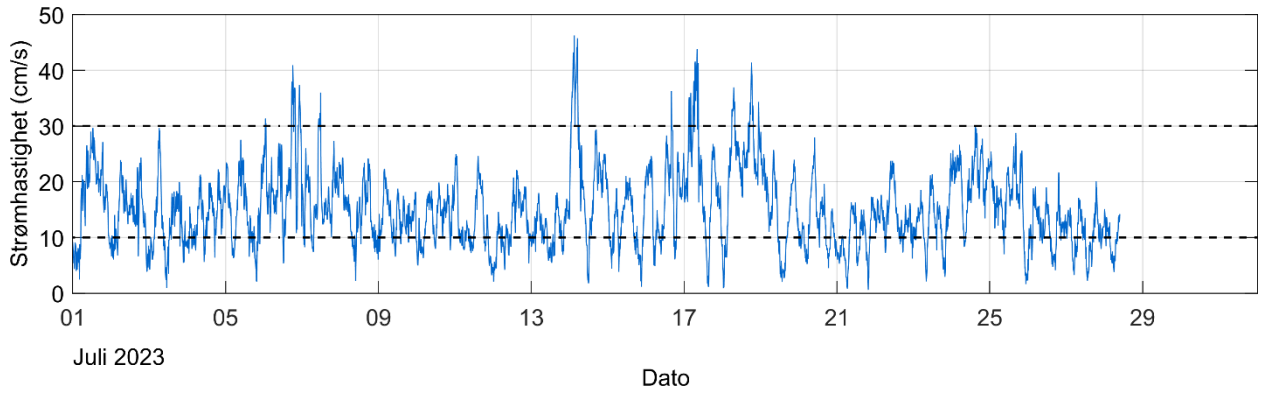
Figur 16.2.1. Strømroser på 5m dyp i februar og mars 2021 og mai, juni og juli 2023. Måleperioden i februar er kort, og strømrosen er derfor ikke representativ for hele måneden.

16.3 Tidsdiagram – strømhastighet

Strømhastighet på stående akse og tid på liggende akse.



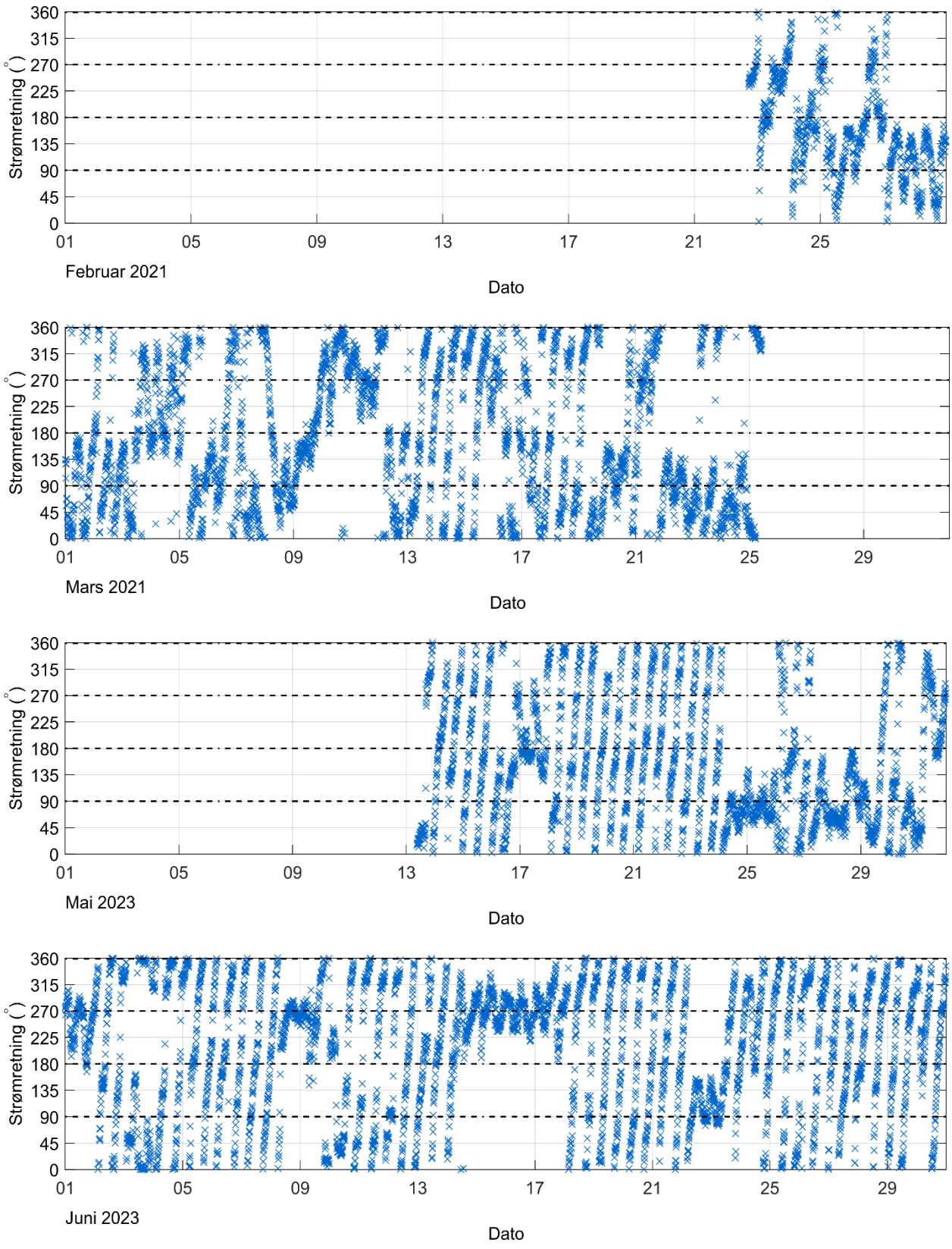
Figur 16.3.1. Tidsdiagram av strømhastighet på 5m dyp i februar og mars 2021, og i mai og juni 2023. Strømhastighet er indikert på stående akse og tid på liggende akse.



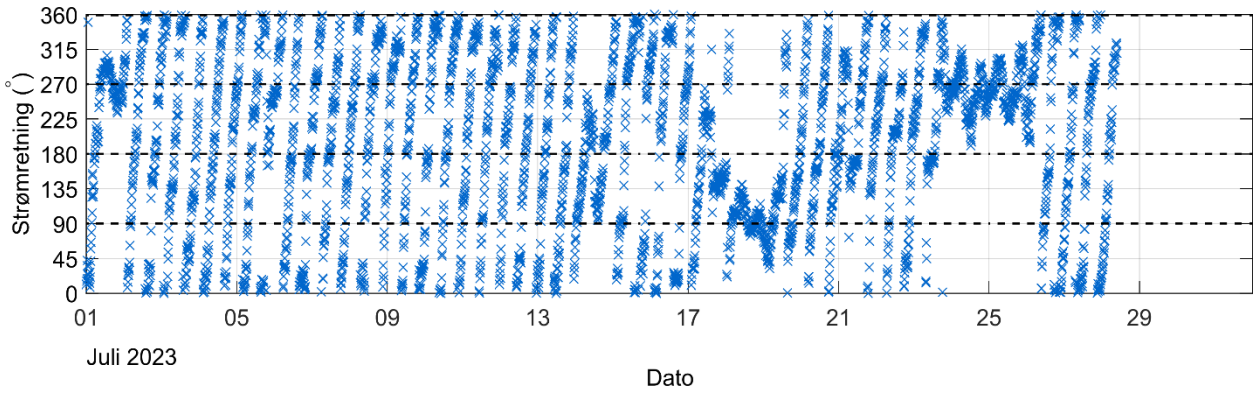
Figur 16.3.2. Tidsdiagram av strømhastighet på 5m dyp i juli 2023. Strømhastighet er indikert på stående akse og tid på liggende akse.

16.4 Tidsdiagram – strømretning

Strømretning på stående akse og tid på liggende akse.



Figur 16.4.1. Tidsdiagram av strømretning på 5m dyp i februar og mars 2021, og i mai og juni 2023. Strømretning er indikert på stående akse og tid på liggende akse.



Figur 16.4.2. Tidsdiagram av strømretning på 5m dyp i juli 2023. Strømretning er indikert på stående akse og tid på liggende akse.

16.5 Persentilfordeling av strømhastighet

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

Tabell 16.5.1. Persentilfordeling av strømhastighet (cm/s) for 5m dyp per måned.

Persentil	5m-feb21	5m-mar21	5m-mai23	5m-jun23	5m-jul23
1	2.4	2.3	1.5	1.7	2.8
10	7.1	6.5	4.3	5.3	7.2
20	10.3	8.8	6.2	7.6	9.3
30	12.9	10.8	7.9	9.2	11.0
40	14.8	12.6	9.4	10.7	12.6
50	16.2	14.2	10.5	12.0	14.3
60	18.0	15.9	11.9	13.4	16.0
70	19.9	17.7	13.4	15.2	17.9
80	21.9	19.7	15.4	17.5	20.5
90	24.4	22.5	18.9	20.7	23.8
95	26.9	25.0	22.4	24.3	26.5
99	31.0	29.5	26.0	30.0	36.8

16.6 Prosentfordeling av strømhastighet

Verdiene i tabellen indikerer prosent av data som er lik eller høyere enn strømhastighet (cm/s) oppgitt i kolonnen til venstre.

Tabell 16.6.1. Prosent (%) av data for 5m dyp som er lik eller høyere enn oppgitt hastighet.

Strømhastighet (cm/s)	5m-feb21	5m-mar21	5m-mai23	5m-jun23	5m-jul23
1	99.9	99.9	99.5	99.7	99.9
3	98.3	98.2	95.0	96.9	98.8
5	95.7	94.3	86.7	90.8	96.1
10	81.1	74.0	54.4	64.8	75.7
20	29.1	19.0	7.9	11.6	21.8
30	1.5	0.9	0.07	1.0	3.1
40				0.02	0.5

17. Vedlegg – Resultater per måned på 15m dyp

17.1 Sammendrag av strømdata

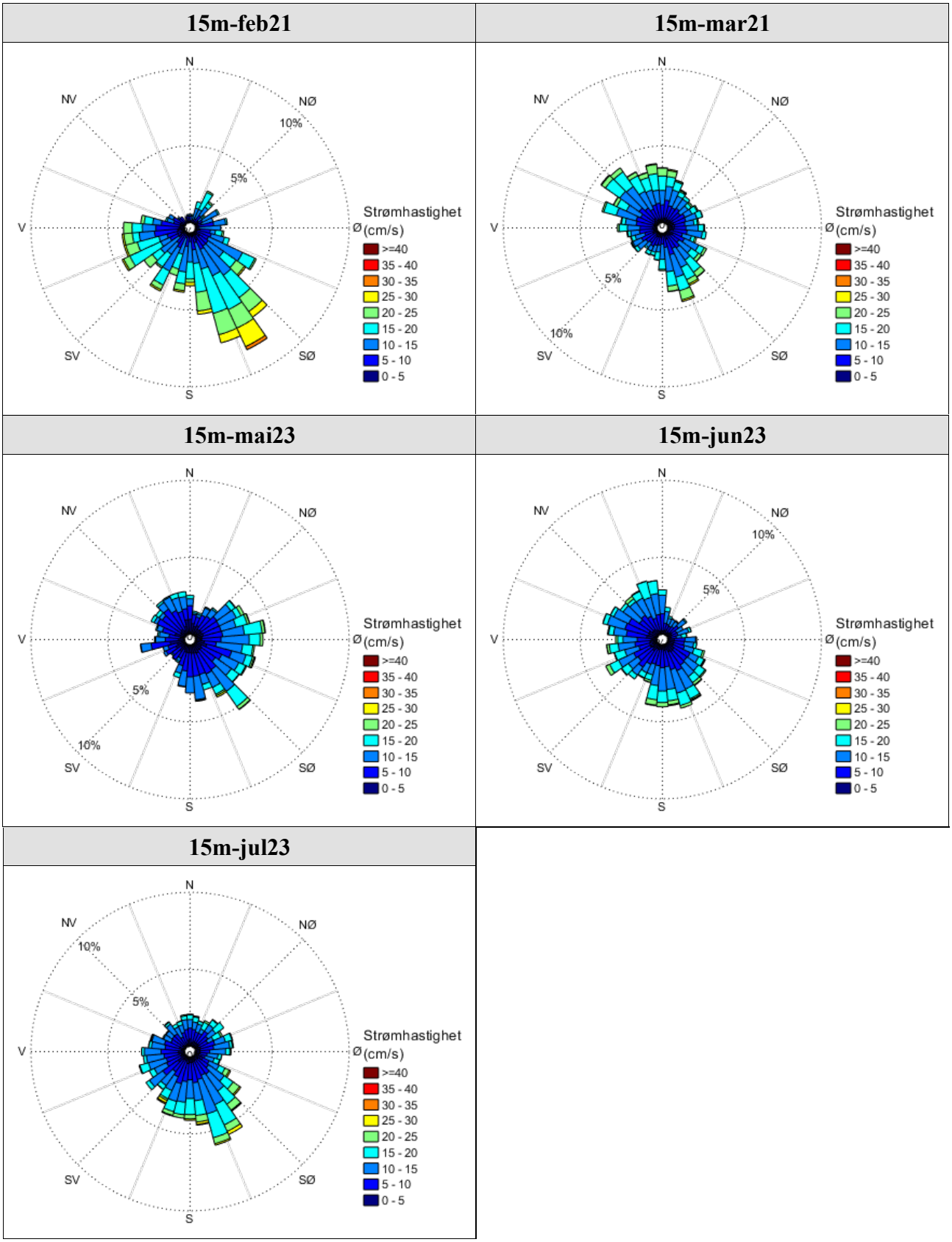
Resultater per måledyp over hele måleperioden er sammenfattet i Tabell 4.1.1. Resultater per måned for 15m dyp er sammenfattet i Tabell 17.1.1. Verdiene er klassifisert (fargelagt) etter: «Vedlegg – Strømmens tilstandsklasser». De ulike parameterne som er oppgitt er forklart i «Vedlegg – Parametere og beskrivelse».

Tabell 17.1.1. Sammendrag av strømdata fra 15m dyp per måned.

Måledyp	**15m-feb21**	**15m-mar21**	**15m-mai23**	**15m-jun23**	**15m-jul23**
Maksimum (cm/s)	30.5	29.2	27.5	28.5	31.1
Gjennomsnitt (cm/s)	13.6	11.6	9.3	10.5	11.2
Minimum (cm/s)	0.7	0.2	0.2	0.1	0.2
Signifikant maks (cm/s)	20.1	17.7	14.6	16.0	17.1
Signifikant min (cm/s)	7.3	6.0	4.4	5.2	5.6
Varians $(cm/s)^2$	33.7	27.9	21.7	23.9	27.8
Standardavvik (cm/s)	5.8	5.3	4.7	4.9	5.3
% < 1cm/s (dvs. 0 - < 1cm/s)	0.2	0.4	0.3	0.4	0.5
Lengste periode < 1cm/s (min)	10	20	20	30	20
% < 3cm/s (dvs. 0 - < 3cm/s)	1.7	3.0	3.9	4.6	3.4
Lengste periode < 3cm/s (min)	20	50	130	130	160
% < 10cm/s (dvs. 0 - < 10cm/s)	28.7	32.5	36.0	48.3	44.5
Lengste periode < 10cm/s (min)	270	510	1730	1840	620
% ≥ 30cm/s	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2
Lengste periode ≥ 30cm/s (min)	20	0	0	0	20
% ≥ 50cm/s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lengste periode ≥ 50cm/s (min)	0	0	0	0	0
Effektiv transport					
Hastighet (cm/s)	6.7	1.0	2.6	1.9	3.3
Retning (grader)	174	350	103	221	167
Neumann-parameter	0.5	0.1	0.3	0.2	0.3
Gjennomsnittlig vannforflytning $(m^3/m^2/d)$	11762	10062	8006	9049	9645

17.2 Strømroser

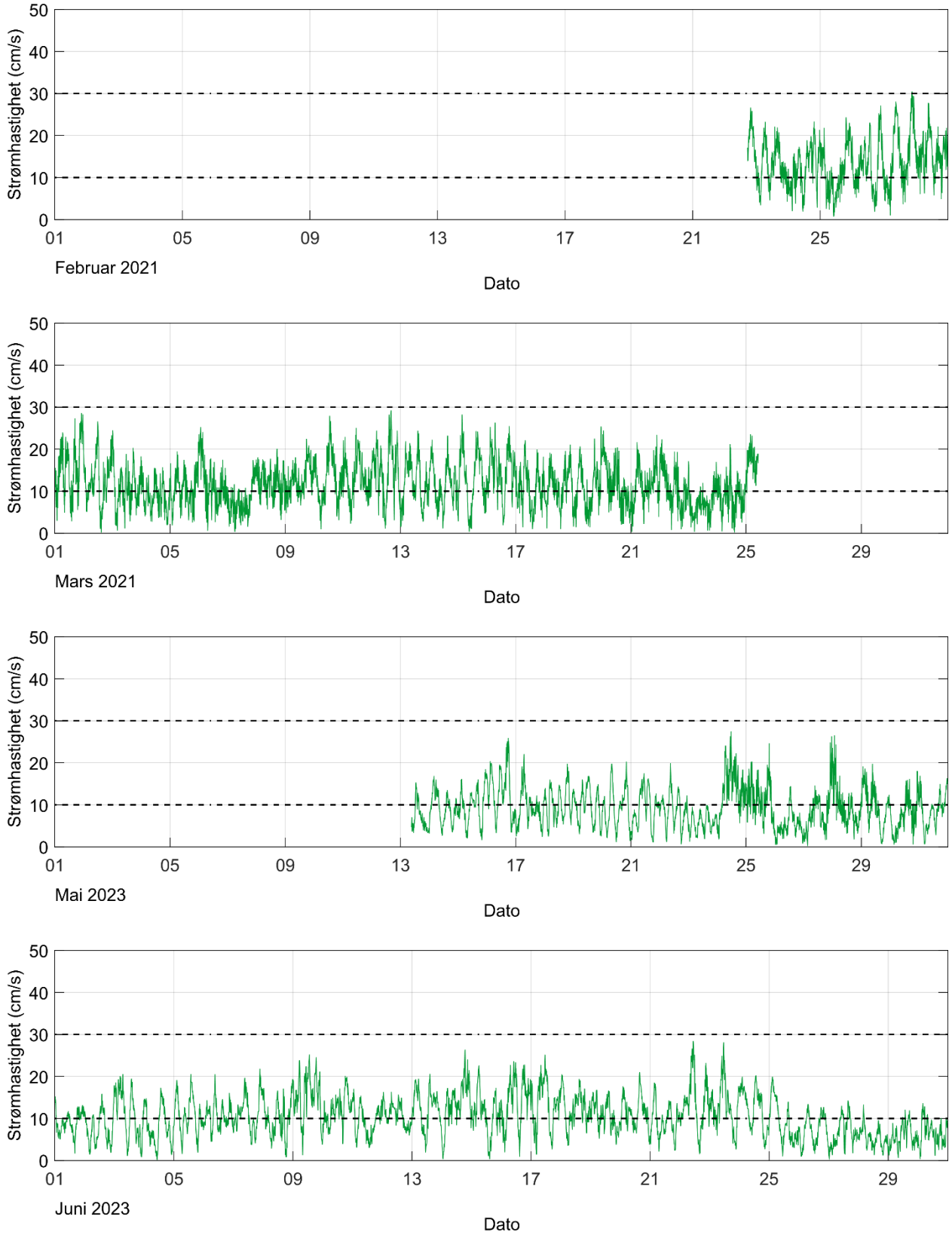
Strømrosene viser strømhastighet og strømretning for hver måned. Strømroser gir en indikasjon på hovedstrømretning og om tidevannsellipsen er rettlinjet eller sirkulær.



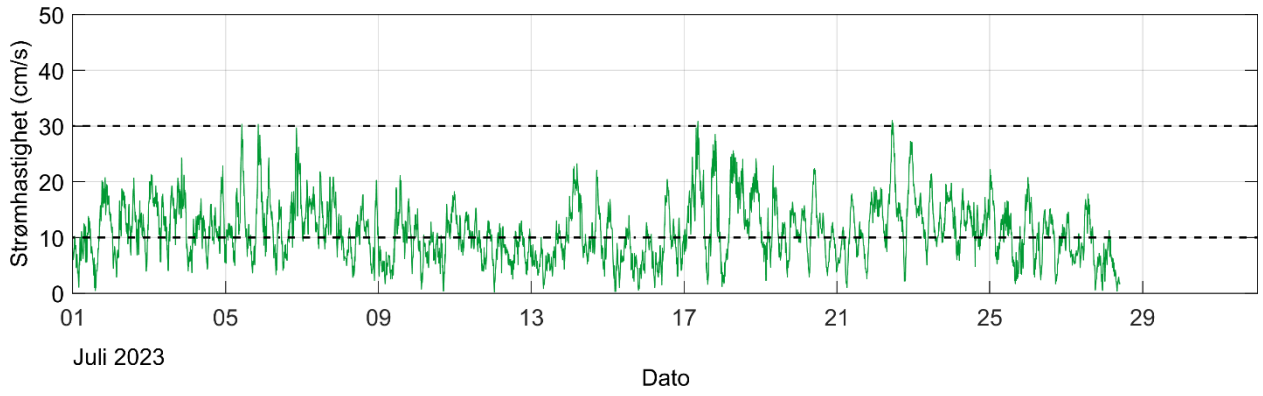
Figur 17.2.1. Strømroser på 15m dyp februar og mars 2021 og mai, juni og juli 2023. Måleperioden i februar er kort, og strømrosen er derfor ikke representativ for hele måneden.

17.3 Tidsdiagram – strømhastighet

Strømhastighet på stående akse og tid på liggende akse.



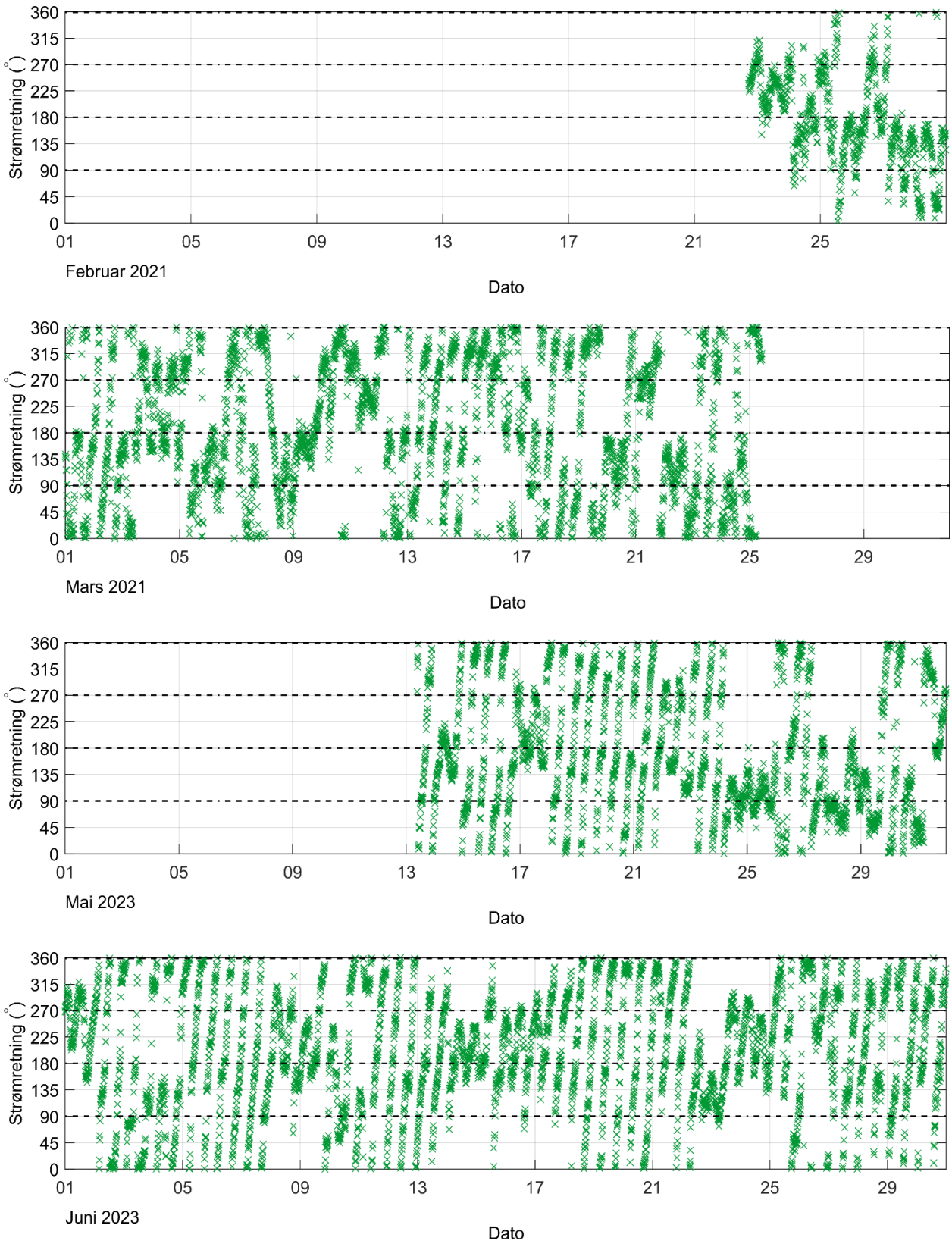
Figur 17.3.1. Tidsdiagram av strømhastighet på 15m dyp i februar og mars 2021, og i mai og juni 2023. Strømhastighet er indikert på stående akse og tid på liggende akse.



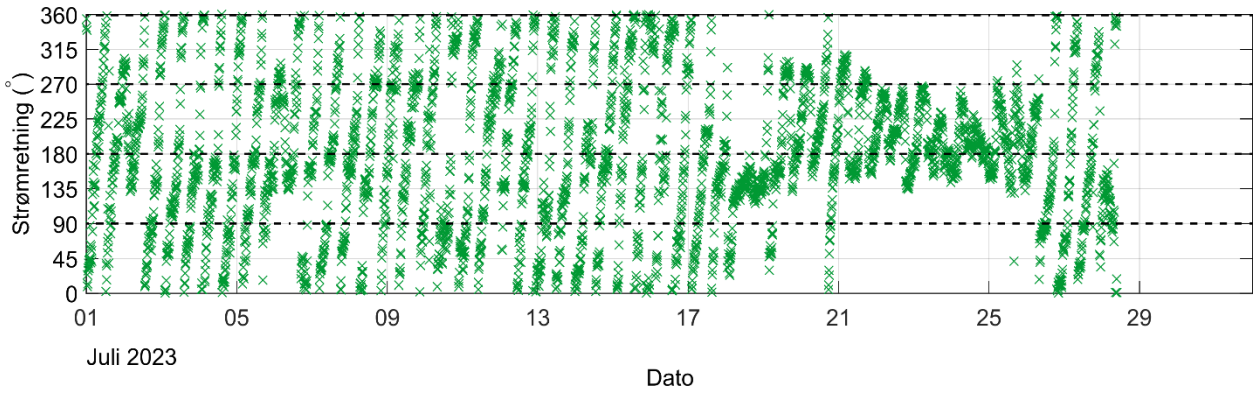
Figur 17.3.2. Tidsdiagram av strømhastighet på 15m dyp i juli 2023. Strømhastighet er indikert på stående akse og tid på liggende akse.

17.4 Tidsdiagram – strømretning

Strømretning på stående akse og tid på liggende akse.



Figur 17.4.1. Tidsdiagram av strømretning på 15m dyp i februar og mars 2021, og i mai og juni 2023. Strømretning er indikert på stående akse og tid på liggende akse.



Figur 17.4.2. Tidsdiagram av strømretning på 15m dyp i juli 2023. Strømretning er indikert på stående akse og tid på liggende akse.

17.5 Persentilfordeling av strømhastighet

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

Tabell 17.5.1. Persentilfordeling av strømhastighet (cm/s) for 15m dyp per måned.

Persentil	15m-feb21	15m-mar21	15m-mai23	15m-jun23	15m-jul23
1	2.5	1.5	1.2	1.4	1.6
10	6.1	5.0	3.6	4.2	4.8
20	8.3	7.0	5.0	6.0	6.4
30	10.3	8.5	6.3	7.4	8.0
40	11.8	9.8	7.7	8.8	9.4
50	13.4	11.2	8.8	10.2	10.6
60	15.0	12.7	10.0	11.5	12.0
70	16.7	14.4	11.4	12.9	13.6
80	18.5	16.2	13.2	14.7	15.5
90	21.5	18.9	15.5	17.1	18.1
95	23.8	20.9	17.6	19.0	20.4
99	27.6	24.4	22.1	22.8	26.1

17.6 Prosentfordeling av strømhastighet

Verdiene i tabellen indikerer prosent av data som er lik eller høyere enn strømhastighet (cm/s) oppgitt i kolonnen til venstre.

Tabell 17.6.1. Prosent (%) av data for 15m dyp som er lik eller høyere enn oppgitt hastighet.

Strømhastighet (cm/s)	15m-feb21	15m-mar21	15m-mai23	15m-jun23	15m-jul23
1	99.8	99.5	99.4	99.6	99.5
3	98.3	96.2	93.6	95.4	96.6
5	93.4	89.9	79.9	86.1	88.8
10	71.3	58.8	40.1	51.7	55.5
20	14.7	7.0	1.8	3.3	5.7
30	0.2				0.2