

Strømmålinger ved Nusfjord

Flakstad kommune, september/oktober 2021



Sammendragsside v7. Endret 11.05.20



STIM Miljø Bergen

Tittel:	Strømmålinger ved Nusfjord		
Forfatter:	Morten Stokkan	Rapport nr.:	98/2021
Prosjektleder:	Morten Stokkan	Dato rapport:	01.11.2021
Oppdragsgiver:	Nordlaks Smolt AS	Antall sider inkl. vedlegg:	21
Konfidensiell:	NEI	Prosjektnummer:	1850

Aktiviteter utført av STIM Miljø Bergen

Aktivitet	Akkrediterings-nummer	Personell
Strømmåling	Ikke akkreditert	Vebjørn Borge og Rune Kristensen

Prosjektansvarlig	Dato	Signatur

STIM Miljø Bergen Thormøhlens gt. 55 5006 Bergen, Norway	E-post: miljo.bergen@stim.no Internett: www.stim.no/tjenester/miljotjenester Organisasjonsnr. NO 964 873 755 MVA
--	--

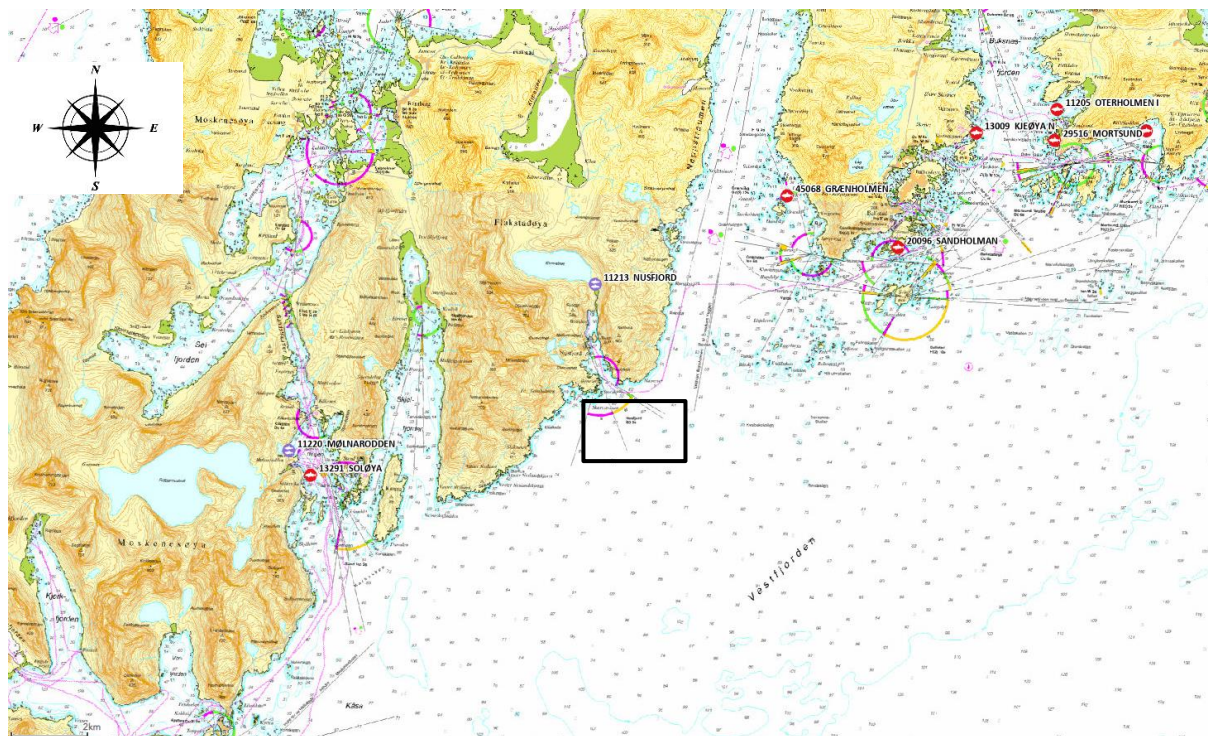
*Rapporten kan kun gjengis i sin helhet.**Gjengivelse av deler av rapporten kan kun skje etter skriftlig tillatelse fra STIM AS*

INNHold

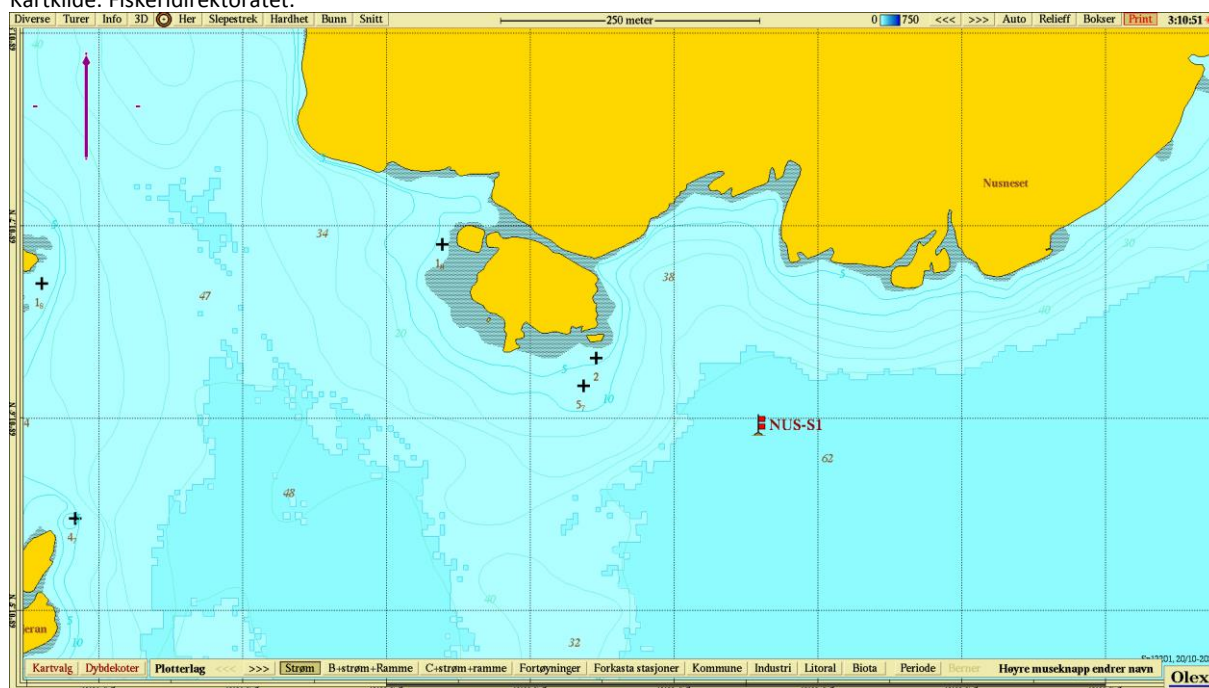
Innhold	2
1. Innledning	3
2. Material og metode	4
2.1. Aktuelle standarder	4
2.2. Oppsett og instrumenter	4
2.3. Beskrivelse av strømdata	6
3. Resultater	7
3.1. Sammendrag av resultater fra stasjon Nusfjord-S1	7
3.2. Data fra målepunkt i figurform, 5 meters dyp	9
3.3. Data fra målepunkt i figurform, 15 meters dyp	11
3.4. Data fra målepunkt i figurform, 52 meters dyp	13
3.5. Data fra målepunkt i figurform, 56 meters dyp	15
3.6. Tidevann	19
4. Litteratur	19
5. Vedleggstabeller	20

1. INNLEDNING

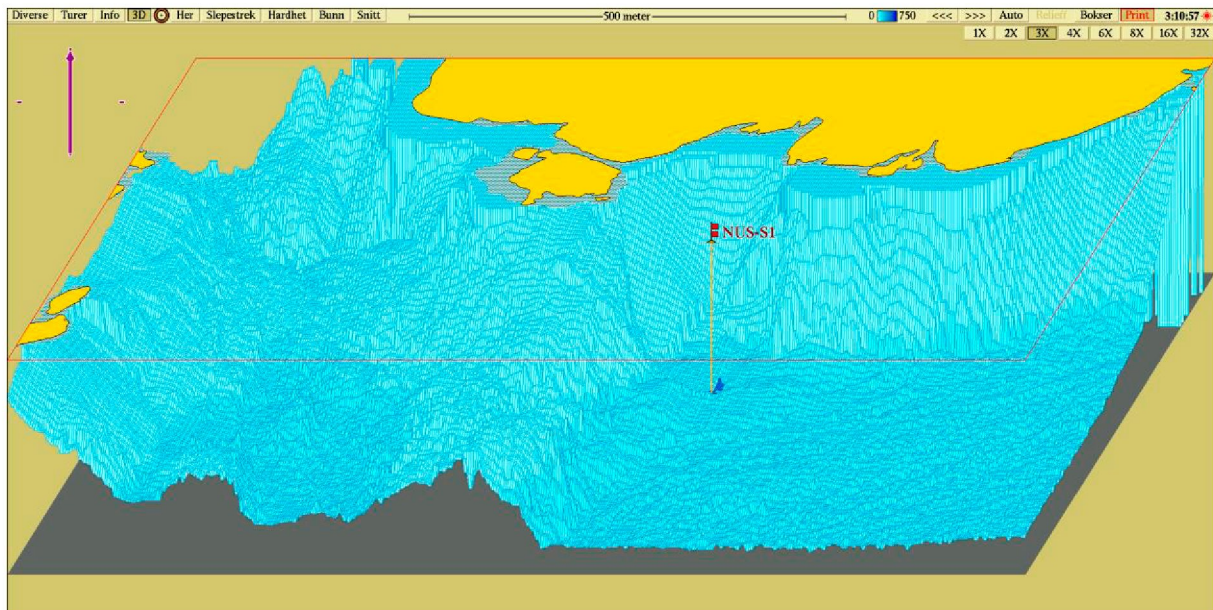
STIM Miljø har på oppdrag fra Nordlaks Smolt AS utført strømmålinger i forbindelse med en forundersøkelse for et nytt utslippspunkt for smoltanlegget Nusfjord (lokalitetsnummer 11213) i Flakstad kommune (Figur 1-3). (stasjon NUS-S1). Målinger ble foretatt på 5, 15, 53 og 57 m dybde ved hjelp av en profilerende måler og to punktmålere. Strømmålingene er foretatt i perioden 15. september til 15. oktober 2021.



Figur 1. Oversiktskart over fjordsystemet rundt lokaliteten Nusfjord. Firkant viser kartutsnitt for undersøkelsesområdet. Kartkilde: Fiskeridirektoratet.



Figur 2 Undersøkelsesområdet for planlagt nytt utslippspunkt. Plassering av strømmåler er markert med rødt flagg i kartet. Lilla pil viser retning nord. Kartkilde: Olex.



Figur 3 3D kart av bunntopografien i undersøkelsesområdet. Plassering av strømmåler er markert med rødt flagg i kartet. Lilla pil viser retning nord. Kartkilde: Olex.

2. MATERIAL OG METODE

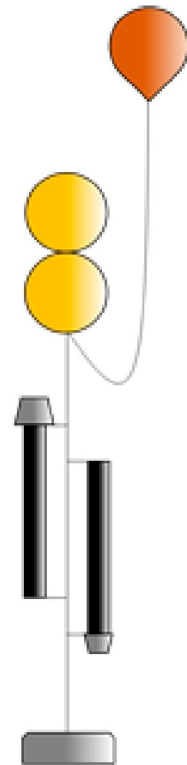
2.1. Aktuelle standarder

Strømmålingene ble gjennomført i henhold til *NS 9425-1:1999, Oseanografi – Del 1: Strømmåling i faste punkter* og *NS 9425-2:2003, Oseanografi – Del 2: Strømmåling i ved hjelp av ADCP*.

2.2. Oppsett og instrumenter

Dybden på målepunktet var 60 m. Strømmålinger ble utført i fire dyp i vannsøylen, henholdsvis 5, 15, 53 og 57 (bunnstrøm) m. Det ble benyttet en rigg med én profilerende måler på 20 m dyp (5, 15) og to punktmålere som målte strøm ved 53 m og bunnstrøm (57 m). Prinsippskisse av strømmålerigg er vist i Figur 4. Riggene ble satt ut 15. september 2021 Av Run Kristensen fra STIM AS, og hentet 15. oktober 2021 av Vebjørn Borge fra STIM miljø.

Den profilerende måleren var en ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) strømmåler av typen Aquadopp Profiler 400 MHz (Nortek AS) (STIM Miljø Bergen ID AQD15681 AQP10465). Punktmålerene var akustiske punktmålere (ACDM) av typen Aquadopp Current Meter 2 MHz (STIM Miljø ID AQD 13200/AQD 8117 og STIM Miljø ID AQD 6674/AQD 11843). Instrumentene lagrer strømhastighet, strømreretning, temperatur, trykk, dato og klokkeslett automatisk, med målefrekvens satt til hvert 10. minutt. Programvarene AquaPro (Nortek, v1.36.06), Surge (Nortek, v1.14.01) og SeaReport (Nortek, v1.1.93) ble benyttet i analyse og fremstilling av strømdata.



Figur 4 Prinsippskisse av strømmålerigg. Aquadopp Profiler måler oppover i vannsøylen, med ekstra punktmåler som peker nedover. Modifisert skisse fra NS 9424-1:1999. Merk at på rigg brukt i felt var det påmontert ekstra punktmåler og alle målere var vendt opp.

Tabell 1 Stasjonsopplysninger for strømmålinger ved stasjon Nusfjord-S1.

Parameter		Parameter	
Koordinater (lengde/bredde):	68°01.591'N 013°22.518'E	Koordinater (EUREF89/UTM33):	432164 7546713
Bunndyp (m):	60		
Måleinstrument:	Profilerende måler Aquadopp profiler (ACP) (AQD 15681)		
Antall målinger (orig./filtrert):	4609/4272	Måleretning:	Opp
Instrumentdyp (m):	20	Måledyp (m):	5 og 15
Måleperiode start:	15.09.2021	Måleperiode slutt:	15.10.2021
Cellestørrelse (m):	2	Celler benyttet i analyse	2 og 7
Måleintervall (min):	10	Midlingsperiode (min):	1
Måleinstrument:	Punktmåler Aquadopp (ACDM) (AQD 8117/13200)		
Antall målinger (orig./filtrert):	4612/4268	Måleretning:	Opp
Instrumentdyp (m):	53	Måledyp (m):	52
Måleperiode start:	15.09.2021	Måleperiode slutt:	15.10.2021
Måleintervall (min):	10	Midlingsperiode (min):	1
Måleinstrument:	Punktmåler Aquadopp (ACDM) (AQD 6674/11843)		
Antall målinger (orig./filtrert):	4612/4307	Måleretning:	Opp
Instrumentdyp (m):	57	Måledyp (m):	56
Måleperiode start:	15.09.2021	Måleperiode slutt:	15.10.2021
Måleintervall (min):	10	Midlingsperiode (min):	1

2.3. Beskrivelse av strømdata

Strømstyrke for måleperioden er presentert som gjennomsnittlig hastighet (cm/s og m/s) med varians og standardavvik. Stabiliteten til strømhastigheten i måleperioden (spredning i datasettet) beskrives med bruk av standardavvik ($= x^y$, for x = varians og $y = 0,5$). Strømhastigheter vil i de aller fleste tilfeller være gjennomsnittlig strømhastighet $\pm$ standardavviket igjennom hele måleperioden, kun med unntak av enkelte registreringer av maksimal (maks) og minimal (min) strøm.

Maksimal (maks) og minimal (min) strøm er henholdsvis høyeste og laveste registrerte hastighet. Signifikant maks-strøm og min-strøm er definert som gjennomsnittet av 1/3 av de høyest eller lavest målte hastighetene.

Strømretninger blir oppgitt i grader og er nødvendig informasjon i beskrivelse av vanntransporten omkring målepunktet. Effektiv vanntransport og vannutskifting er bestemt av både strømretning og strømhastighet. Vanntransport (relativ vannfluks) omkring målepunktet kan illustreres i sektordiagram som viser hvilke retninger vanntransporten er størst.

Forholdet mellom strømretning og strømhastighet blir også beskrevet med bruk av progressiv vektoranalyse. Progressiv vektor illustrerer hvordan en tenkt «partikkel» vil drive med strømmen over tid. En slik «partikkel» vil kunne drive i ulike retninger gjennom måleperioden avhengig av stabiliteten til strømretningen. Neumann-parameter (verdi mellom 0 og 1) er brukt som mål for stabilitet til strømretningen. Neumann-parameter er forholdet mellom avstanden i rett linje fra partikkelens posisjon ved start og slutt og den faktiske vandringsruten til partikkelen. Høy Neumann-parameter vil indikere en klar hovedstrømretning, mens tilsvarende lav verdi indikerer strømforhold med hyppige skift i strømretninger. Reststrøm (cm/s) beskriver den effektive strømhastigheten, beregnet som partikkelens vandringsavstand i rett linje fra startpunktet (posisjon til strømmåleren) til endepunktet dividert med tiden partikkelen brukte.

3. RESULTATER

Instrumentene ble kontrollert både før utsett og etter opptak. Ingen skader eller funksjonsfeil kunne påvises. Målerne har fungert fint i hele måleperioden.

3.1. Sammendrag av resultater fra stasjon Nusfjord-S1

Totalt 4609 verdier ble registrert fra hver celle med måleren Aquadopp profiler 400 MHz (AQP 15681). Dette inkluderer verdier registrert før og etter valgt måleperiode. Til beskrivelse av de ulike dypene (5 m og 15 m) ble det hentet ut datasett fra perioden 15. september kl. 13: 52 til 15. oktober kl. 05:54, med registreringer hvert tiende minutt. Dette tilsvarer 4272 registrerte målinger fra hvert dyp. Kvalitetskontroll av datasettet med programvaren Sea Report viste sterke signaler og gode målinger, og stabil posisjon for målerne i hele perioden. Stasjonsopplysninger og måleperiode er beskrevet i Tabell 1.

Punktmåler ved 53 m, ble utvalgt måleperiode fra 15. september kl. 14: 57 til 15. oktober kl. 06:17, som gir et datagrunnlag på 4268 datapunkter. Ingen målinger ble fjernet i denne perioden.

Punktmåler ved bunn 57 m, ble utvalgt måleperiode fra 15. september kl. 11: 30 til 15. oktober kl. 09:10 I denne perioden ble det tatt ut ett datapunkt fra 22.09 og 3 datapunkt fra 14.10 hvor måleren ble påvirket av ukjent grunn og hadde for høy helningsgrad til å oppfylle kvalitetskravet. Med disse 4 datapunktene tatt ut, ble datagrunnlaget på 4307 datapunkter for denne målingen.

Strømmålingene påviste hovedstrøm som tydelig følger topografien til fjorden i sørvestlig retning ved 5 m, 15 m og 52 m dyp (Figur 5, 7 og 9),. Langs bunn ved 56 m dyp viser måleren en vestlig retning (figur 11). Strømretning var lite stabil i samtlige dyp (Neumann-parameter 0,08, 0,08, 0,12 og 0,05). Mest stabil var strømretningene ved 53 m dyp, se også progressiv vektor.

Strømshastighet var høyest på 5 m med gjennomsnittlig strømshastighet på 7 cm/s og signifikant maks strømshastighet på 12 cm/s. 6,51 % av målingene var over 15 cm/s, og bare 16, 06 % av målingene var under 3 cm/s som indikere stabilt raske hastigheter ved øverste vandypene. Også ved 15 m er gjennomsnittsstrømmen moderat med 6 cm/s, og med 3,32 % av målingene over 15 cm/s.

Strømstyrken avtar noe ved økt dyp. Med en gjennomsnittsstrøm på 5 cm/s men med signifikante makshastighet på 9 cm/s ved både 53 og 56 meters dyp. Bare 2, 84% av målingene er lavere enn 1 cm/s ved bunn. Maksimums hastighet langs bunn er hele 28 cm/s som indikerer jevne, raske hastigheter i hele vannsøylen.

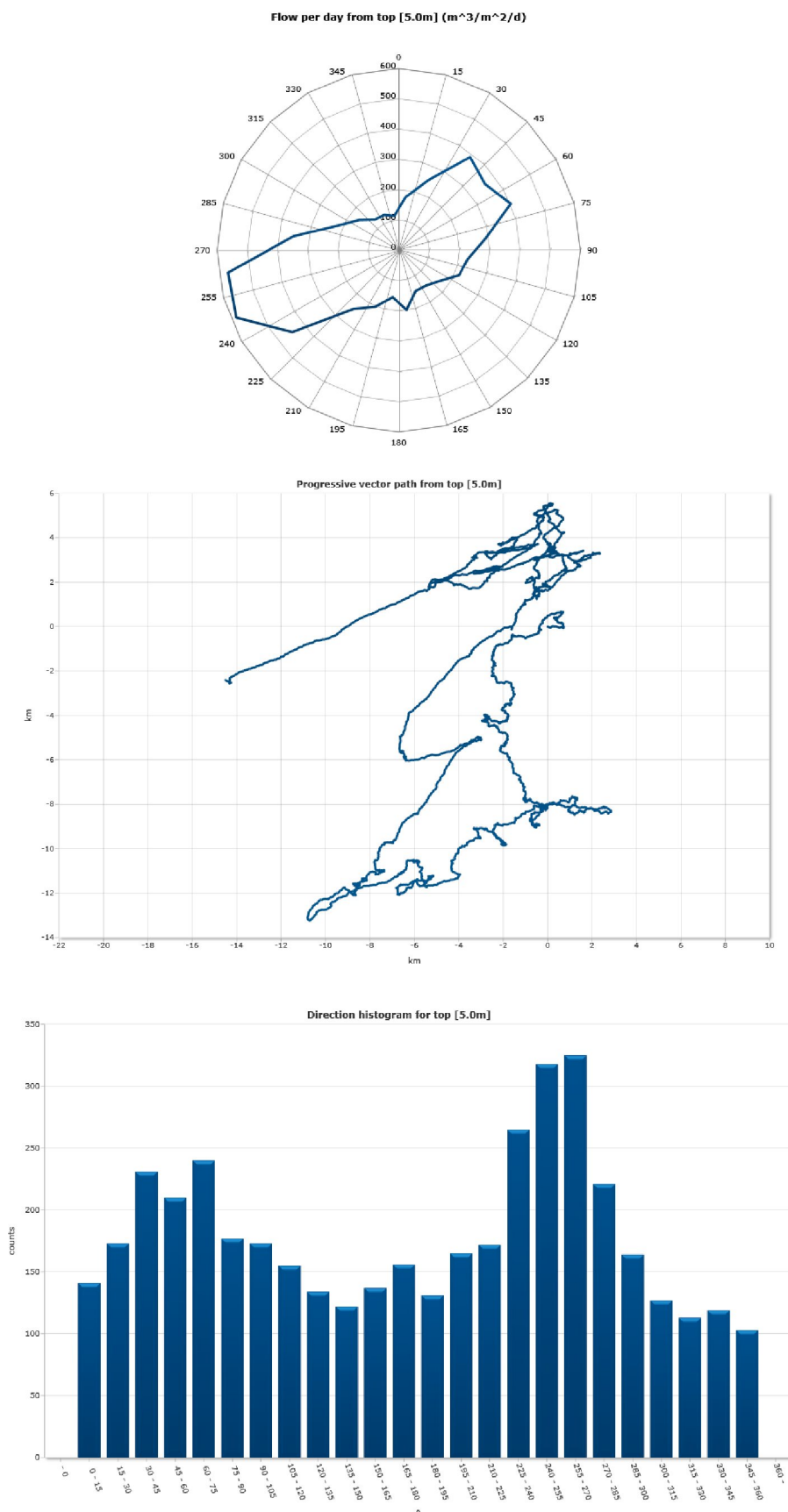
Resultater er oppsummert i Tabell 2. Data om fluks, retning, progressiv vektor, gjennomsnittlig og maksimal hastighet, tidsserie og histogram over hastighet, er gjengitt i figurform i Figur 5-12, og tidevann og temperatur er gjengitt i Figur 13-14. Tabeller over strømretning og -hastighet er gitt i vedlegg, Tabell 3-6.

Tabell 2 Oppsummering av målinger på stasjon Nusfjord-S1, i perioden 15. september til 15. oktober 2021.

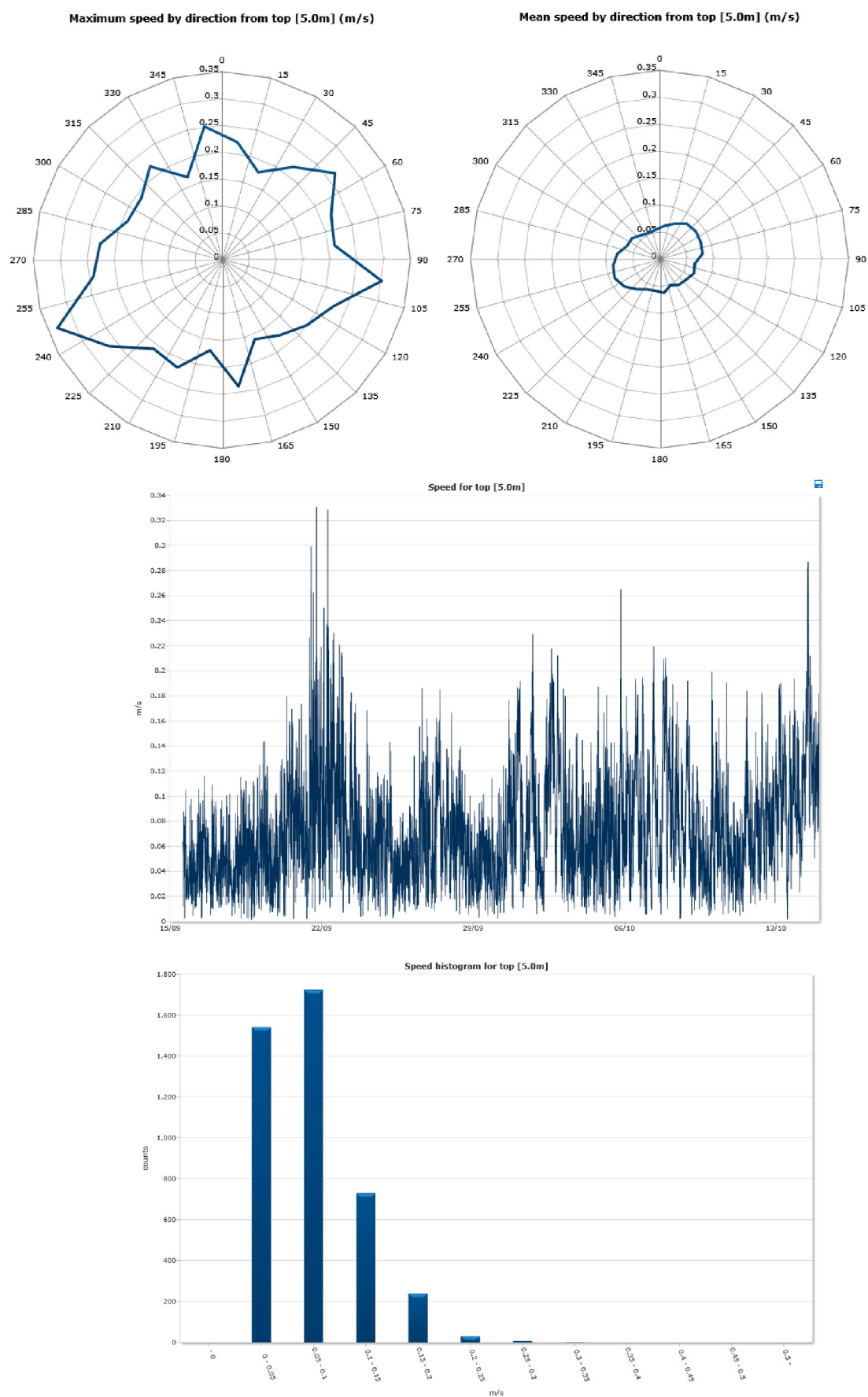
Parameter	5 m	15 m	52 m	56 m
Måleintervall (min)	10	10	10	10
Midlingsperiode (min)	1	1	1	1
Strømregistreringer (%) > 30 (høye strømhastigheter)	0,05	0	0	0
Strømregistreringer (%) < 1 cm/s (nullmålinger)	2,36	1,99	3,09	2,84
Lengste varighet på nullmålinger	30 minutt	20 minutt	20 minutt	20 minutt
Antall nullmålingsperioder > 12 timer	0	0	0	0
Gjennomsnittsstrøm (cm/s)	7	6	5	5
Minimum strømhastighet (cm/s)	0	0	0	0
Signifikant minimums strøm* (cm/s)	3	3	2	2
Maksimum strømhastighet (cm/s)	33	30	20	28
Signifikant maksimum strøm* (cm/s)	12	11	9	9
Standardavvik (cm/s)	3	4	3	3
Strømregistreringer, 0-3 cm/s (%)	16,06	18,98	23,31	23,29
Strømregistreringer > 15 cm/s (%)	6, 51	3,32	0,68	0,59
Relativ vannfluks (retning)	Sørvest	Sørvest	Sørvest	Vest
Neumann-parameter	0,08	0,08	0,12	0,05
Temperaturvariasjon (°C)	9,5-10,8			

*Gjennomsnittet av 1/3 målingene som viser lavest /høyest verdi.

3.2. Data fra målepunkt i figurform, 5 meters dyp

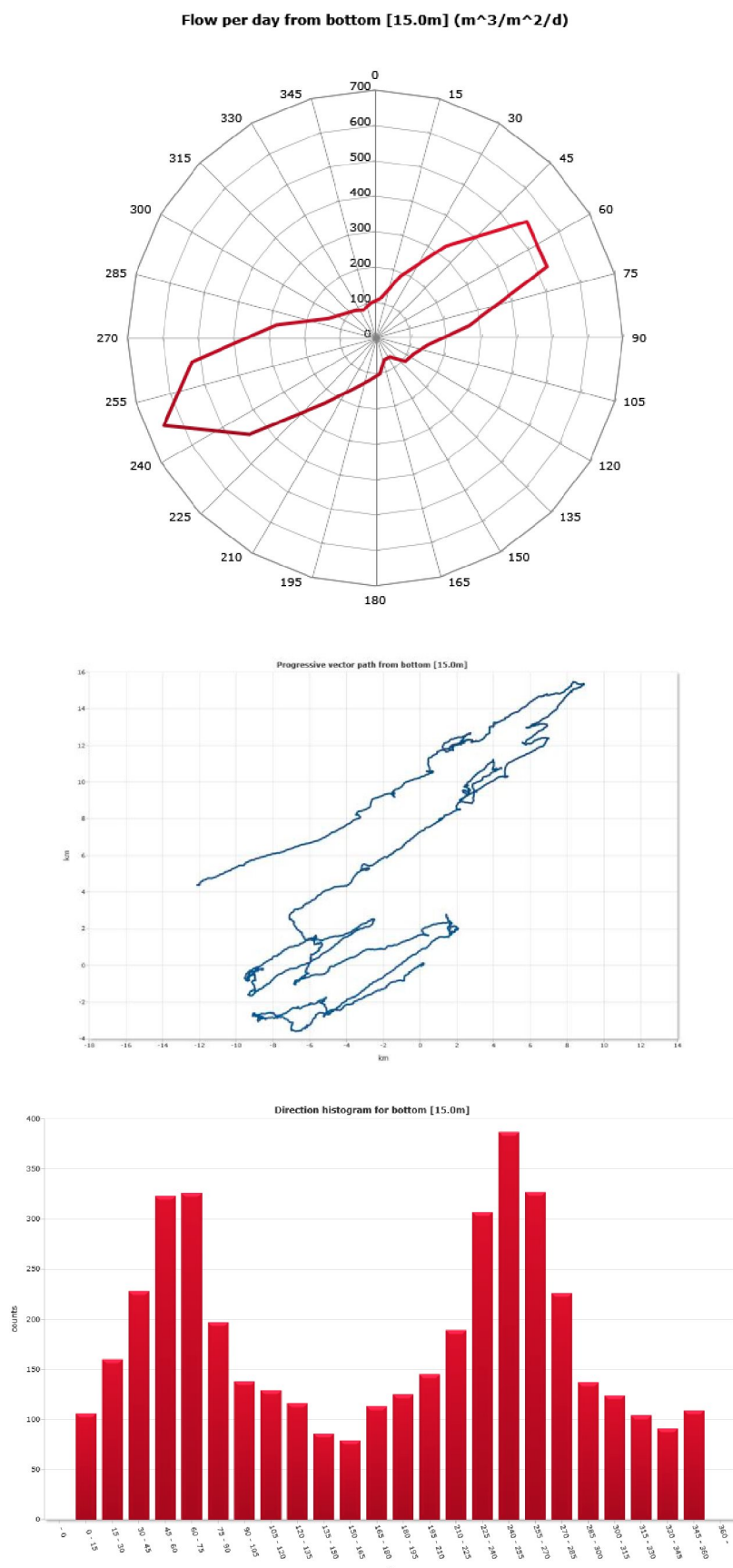


Figur 5 Fluks, progressiv vektor og målinger per retning, 5 m.

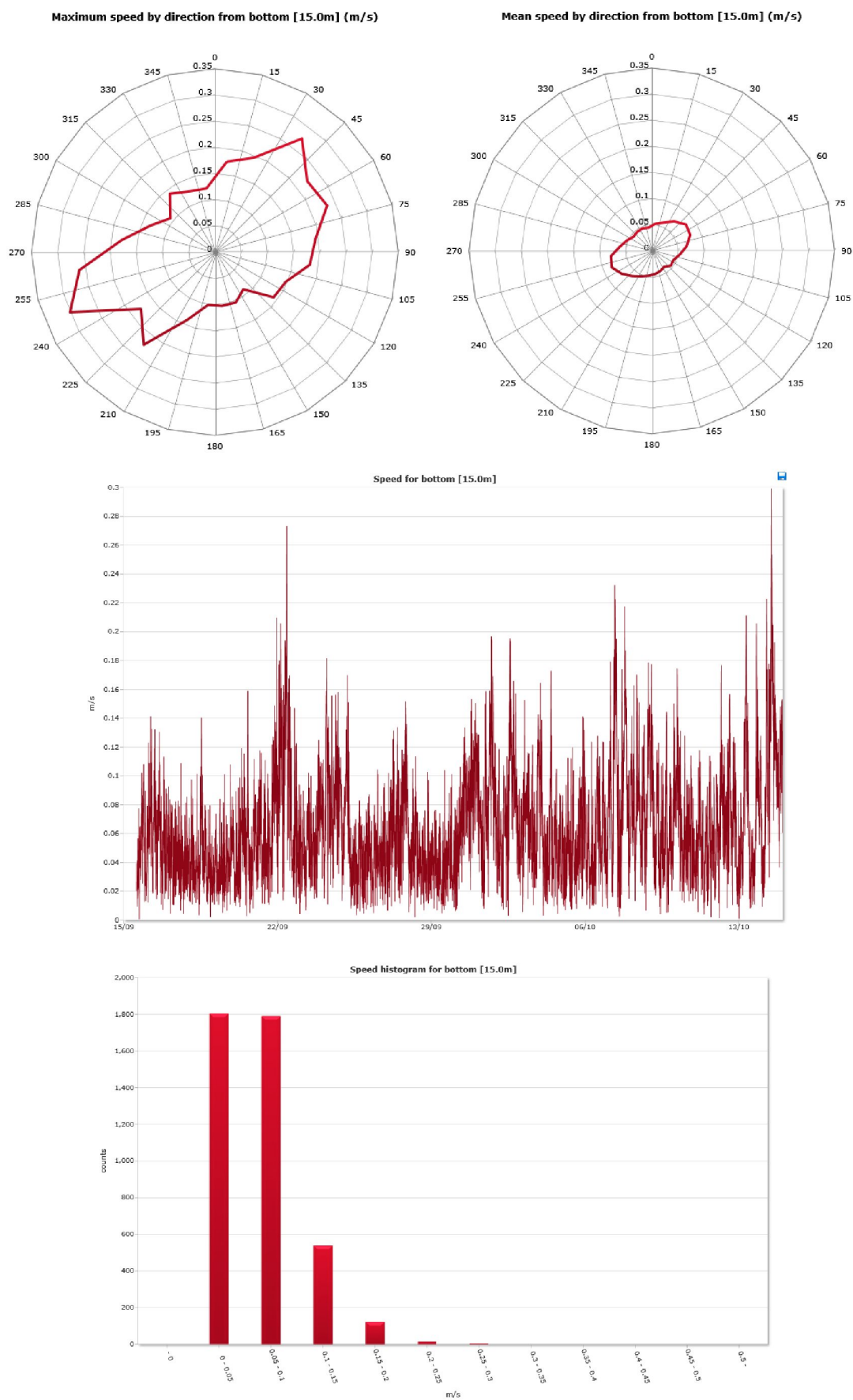


Figur 6 Maks og gjennomsnitt, tidsserie og histogram for strømhastighet, 5 m (m/sek).

3.3. Data fra målepunkt i figurform, 15 meters dyp

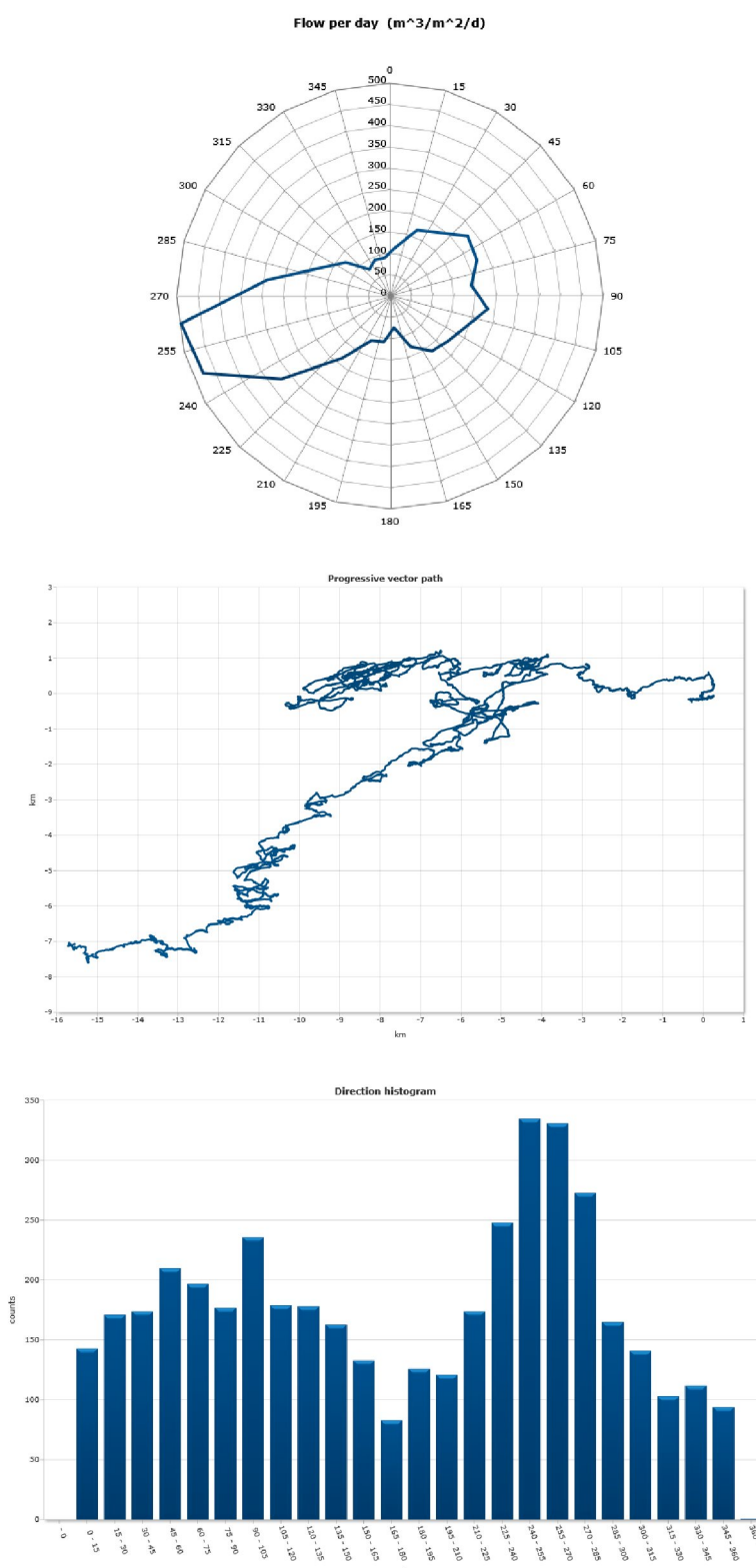


Figur 7 Fluks, progressiv vektor og målinger per retning, 15 m.

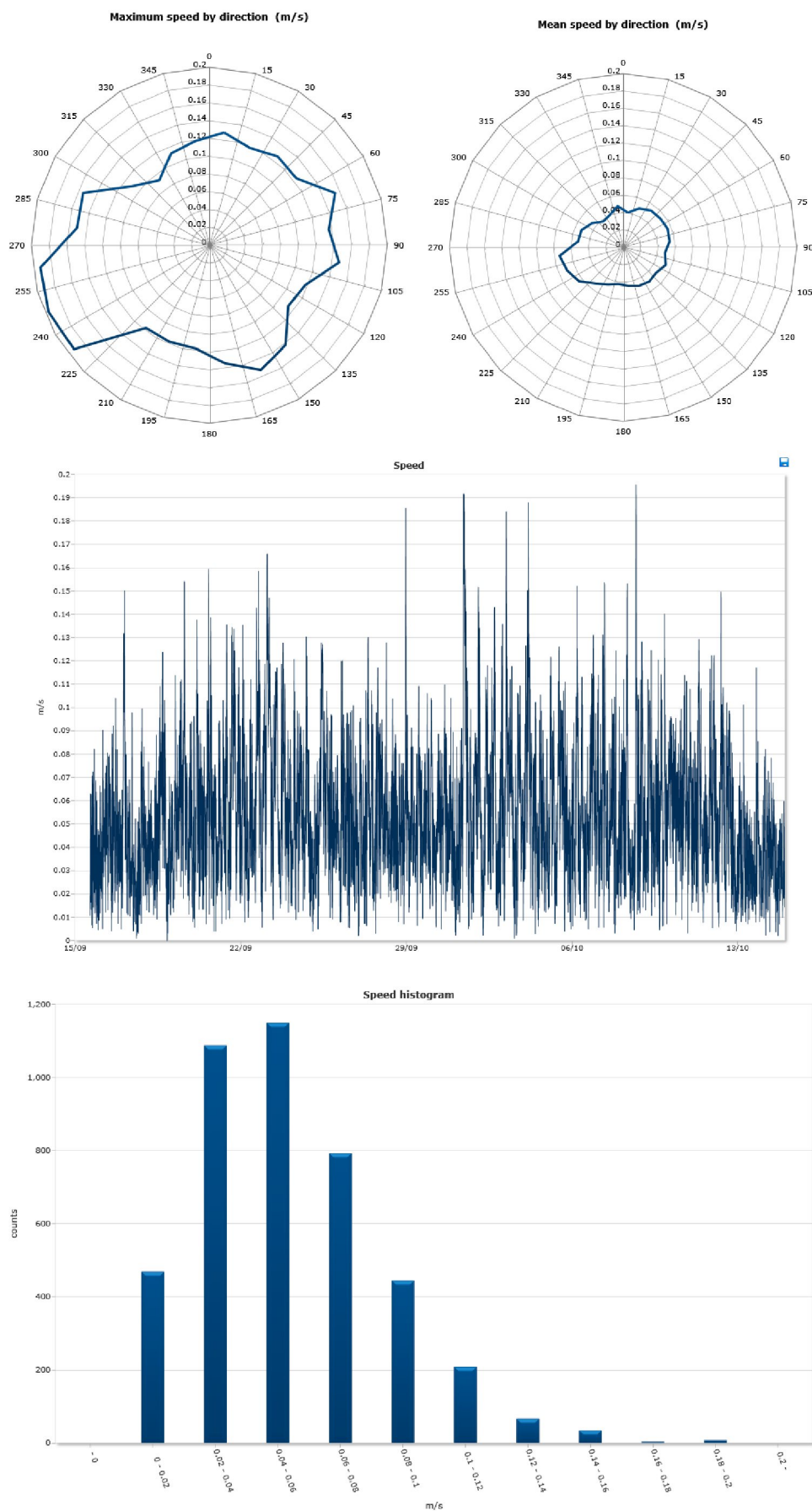


Figur 8 Maks og gjennomsnitt, tidsserie og histogram for strømhastighet, 15 m (m/sek).

3.4. Data fra målepunkt i figurform, 52 meters dyp

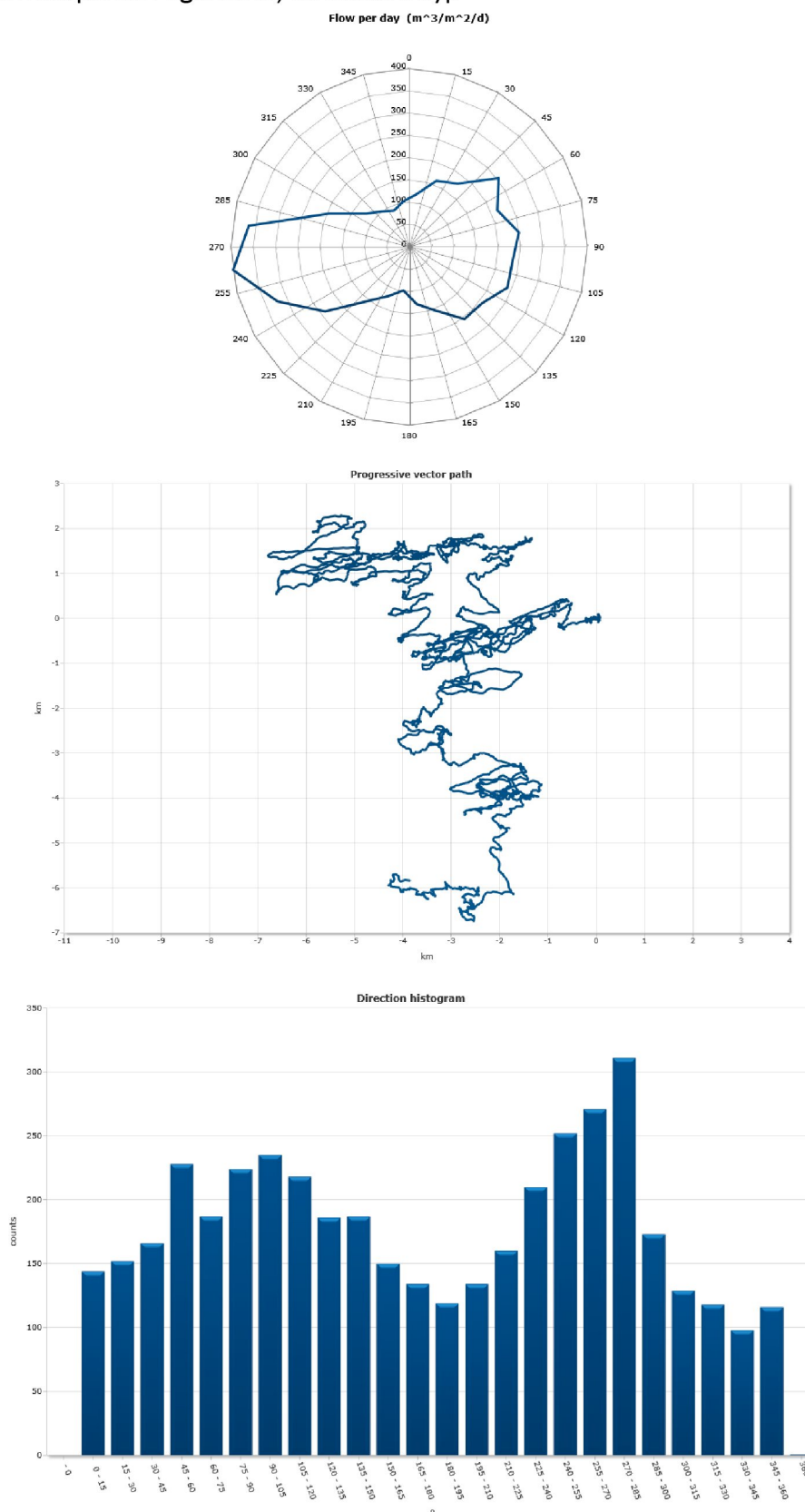


Figur 9 Fluks, progressiv vektor og målinger per retning, 52 m.

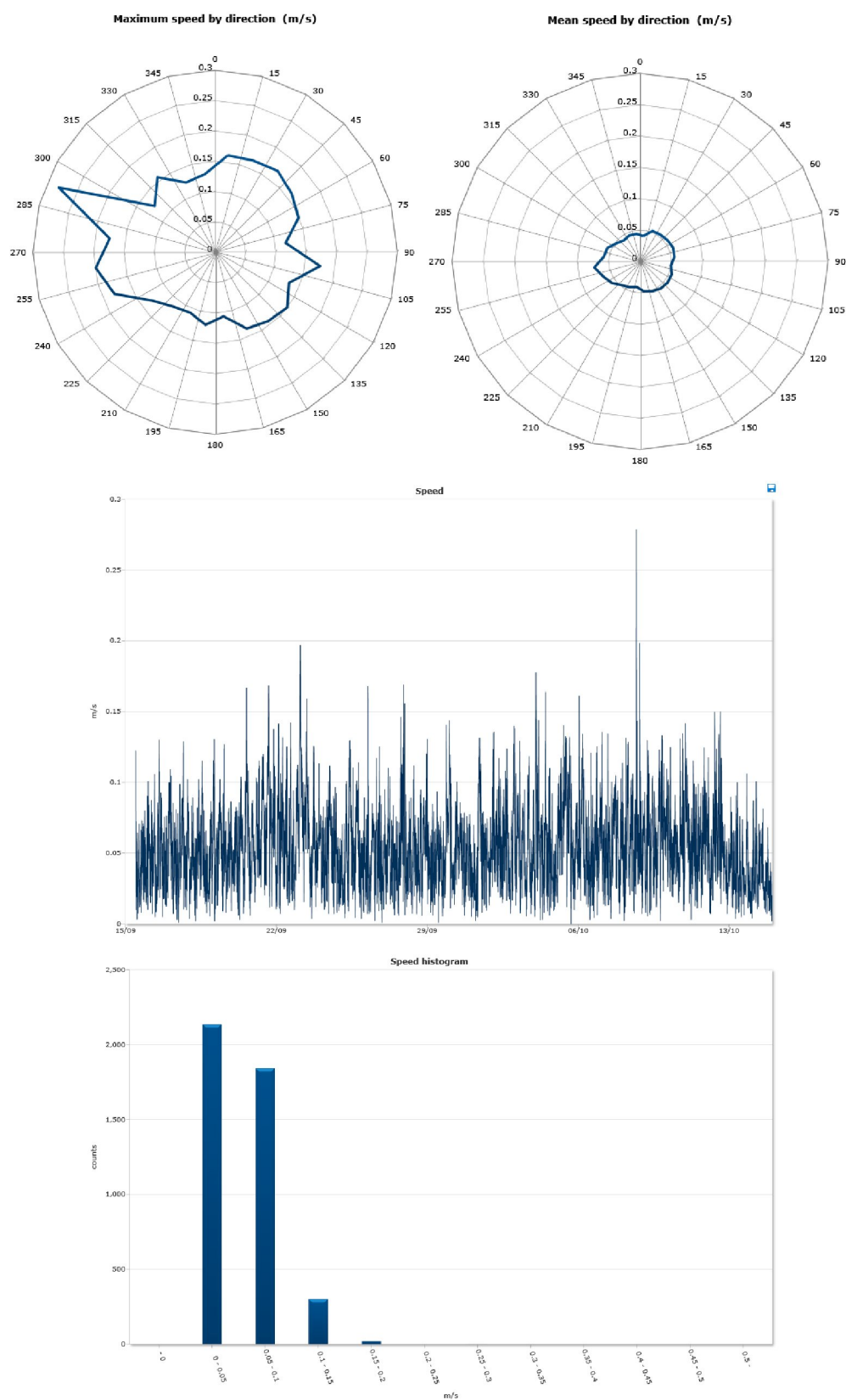


Figur 10 Maks og gjennomsnitt, tidsserie og histogram for strømhastighet, 52 m (m/s).

3.5. Data fra målepunkt i figurform, 56 meters dyp

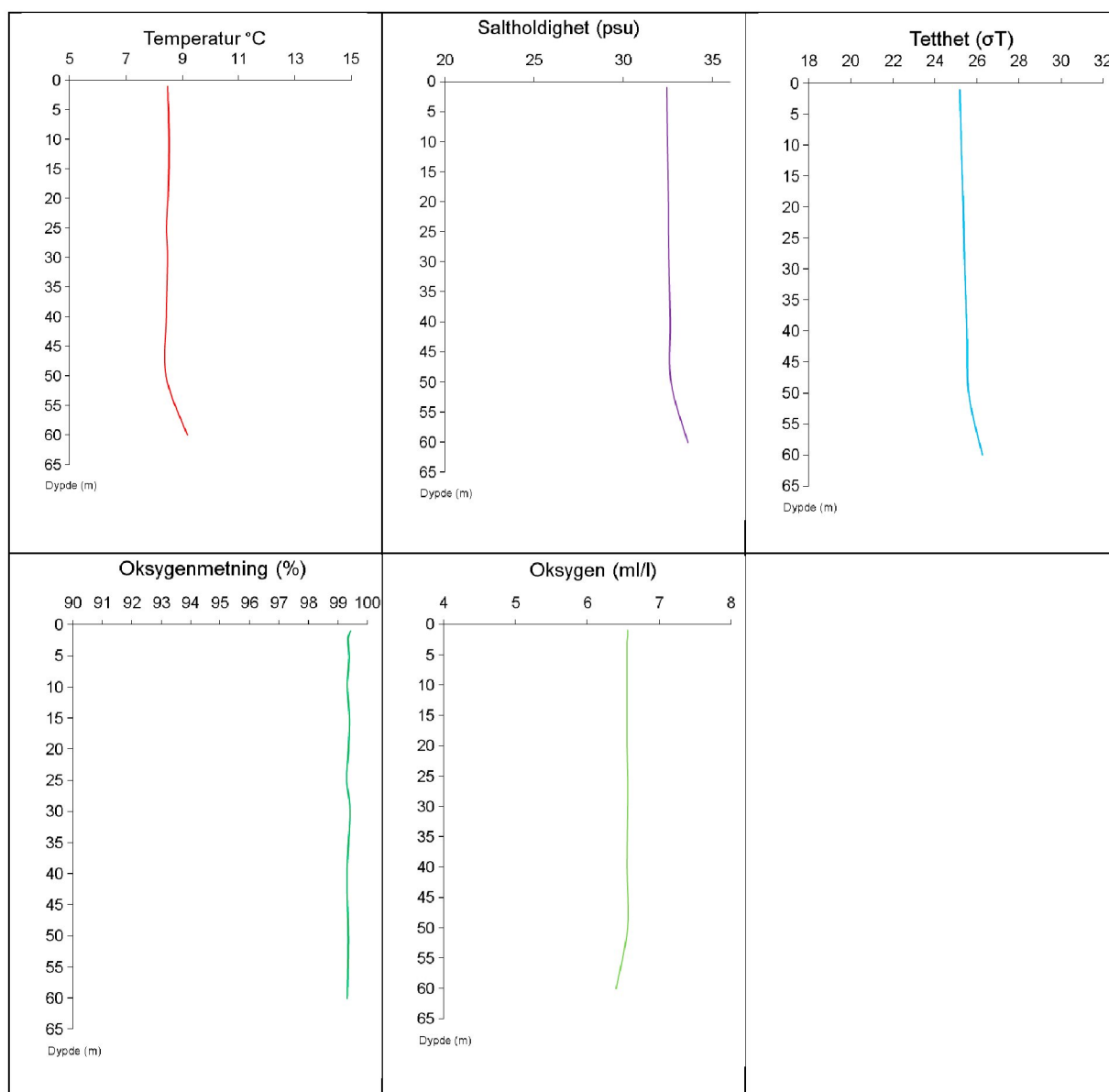


Figur 11 Fluks, progressiv vektor og målinger per retning, 56 m.



Figur 12 Maks og gjennomsnitt, tidsserie og histogram for strømhastighet, 56 m (m/s).

Hydrografiske målinger

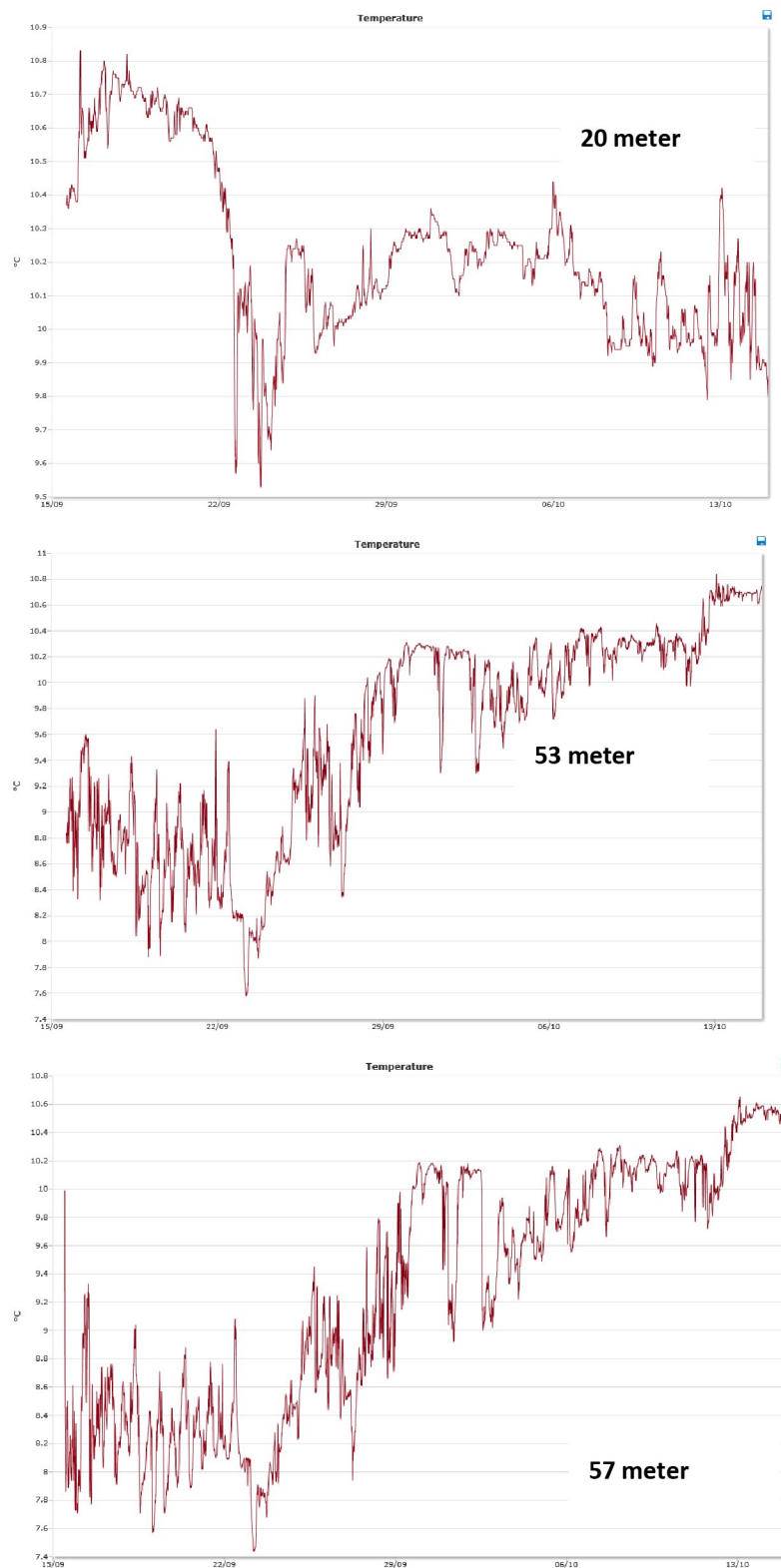


Figur 13 Hydrografiske målinger utført med CTD 26. oktober 2021

CTD måling ved strømmålepunktet ble utført 26.oktober 2021 av Rune Kristensen fra STIM. Målingene viser svært liten grad av sprangsjikt gjennom hele vannsøylen Dette indikerer god vannutskifting gjennom hele vannsøylen (se figur 13).

Temperatur

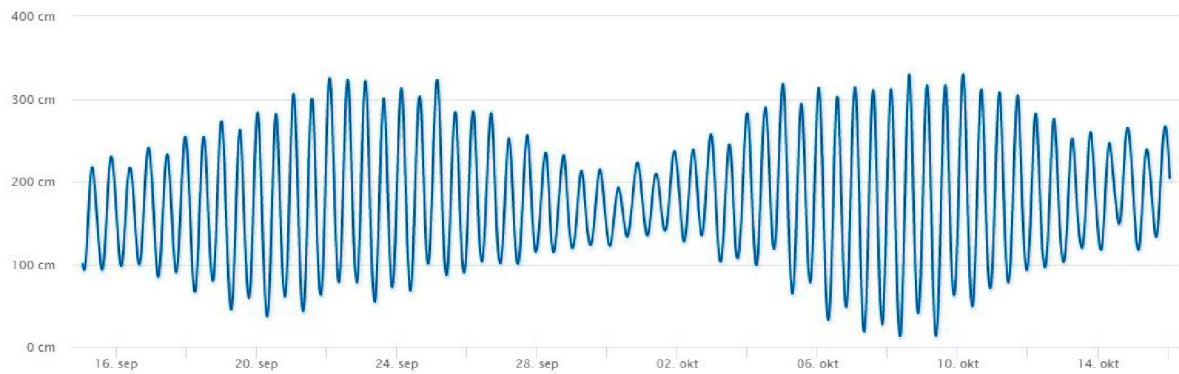
Temperaturmålingene registrert av strømmålerne gjennom måleperioden (Figur 14) viser temperaturen på 20, 53 og 57 meters dyp.



Figur 14 Temperatur registrert av de tre målerne fra 15. september til 15. oktober 2021.

3.6. Tidevann

Figur 14 viser tidevann i perioden strømmålerne stod ute.



Figur 15 Tidevann i perioden 15. september til 15. oktober 2021. Observert vannstand for Nappstraumen er vist. Kilde: www.sehavniva.no

4. LITTERATUR

NS 9425-1, 1999. Oseanografi Del 1: Strømmålinger i faste punkter

NS 9425-2, 2003. Oseanografi Del 2: Strømmålinger ved hjelp av ADCP

Tabell 5 Strømretning og -hastighet. Stasjon Nusfjord -S1, 52 m.

•	Direction/speed matrix																									
m/s																									%	Sum
0.0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360		
0.02	32	24	12	23	20	11	32	12	12	24	24	10	19	15	19	20	26	17	34	13	19	15	20	15	11.0	468
0.04	47	50	48	40	44	46	56	45	58	46	43	34	43	39	42	46	59	40	66	41	44	46	42	23	25.5	1088
0.06	38	43	45	69	55	61	69	52	57	39	27	19	36	32	52	59	66	77	64	56	42	31	32	29	27.0	1150
0.08	11	30	44	40	40	28	53	47	38	29	18	15	21	25	38	41	57	63	63	31	26	9	10	16	18.6	793
0.10	11	19	17	26	24	21	21	18	12	17	10	3	2	5	14	44	46	59	33	17	9	2	5	10	10.4	445
0.12	3	5	6	10	10	6	4	5	1	6	7	1	5	5	9	22	46	38	9	6	1	0	3	1	4.9	209
0.14	1	0	2	2	3	4	0	0	0	1	2	1	0	0	0	10	18	21	2	0	0	0	0	0	1.6	67
0.16	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	5	11	11	2	1	0	0	0	0	0.8	35
0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0.1	4
0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0.2	8
%	3.4	4.0	4.1	4.9	4.6	4.1	5.5	4.2	4.2	3.8	3.1	1.9	3.0	2.8	4.1	5.8	7.9	7.8	6.4	3.9	3.3	2.4	2.6	2.2	100.0	100.0
Sum	143	171	174	210	197	177	236	179	178	163	133	83	126	121	174	248	335	331	273	165	141	103	112	94	100.0	4267

Tabell 6 Strømretning og -hastighet. Stasjon Nusfjord -S1, 56 m.

•	Direction/speed matrix																									
m/s																										
0.0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	%	Sum
0.05	97	80	80	103	83	100	119	97	81	90	79	76	78	86	97	97	109	71	143	83	76	76	62	73	49.7	2136
0.10	45	63	76	108	88	119	104	109	89	80	61	54	39	46	60	97	101	138	131	76	45	40	33	41	42.8	1843
0.15	1	8	9	16	16	5	11	12	16	17	10	4	2	2	3	16	39	55	32	13	8	1	3	2	7.0	301
0.20	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	5	0	0	1	0	0	0.5	21
0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.0	1
0.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0
%	3.3	3.5	3.9	5.3	4.3	5.2	5.5	5.1	4.3	4.3	3.5	3.1	2.8	3.1	3.7	4.9	5.9	6.3	7.2	4.0	3.0	2.7	2.3	2.7	100.0	100.0
Sum	144	152	166	228	187	224	235	218	186	187	150	134	119	134	160	210	252	271	311	173	129	118	98	116	100.0	4302



STIM Miljø utfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra fylker, kommuner, oljeselskap, industri og havbruksnæring. STIM Miljø er akkreditert for prøvetaking av sediment til analyse av biologi, kjemi og sedimentkarakteristikk, samt fjæreundersøkelser, taksonomisk analyse og faglig vurdering og fortolkning under akkrediteringsnummer Test 157.

Vi utfører også naturtypekartlegging, vannsøyleundersøkelser, risikovurdering av forurenset sediment, strømmålinger og modellering av strømforhold, samt andre miljøundersøkelser og rådgivingstjenester.

www.STIM.no