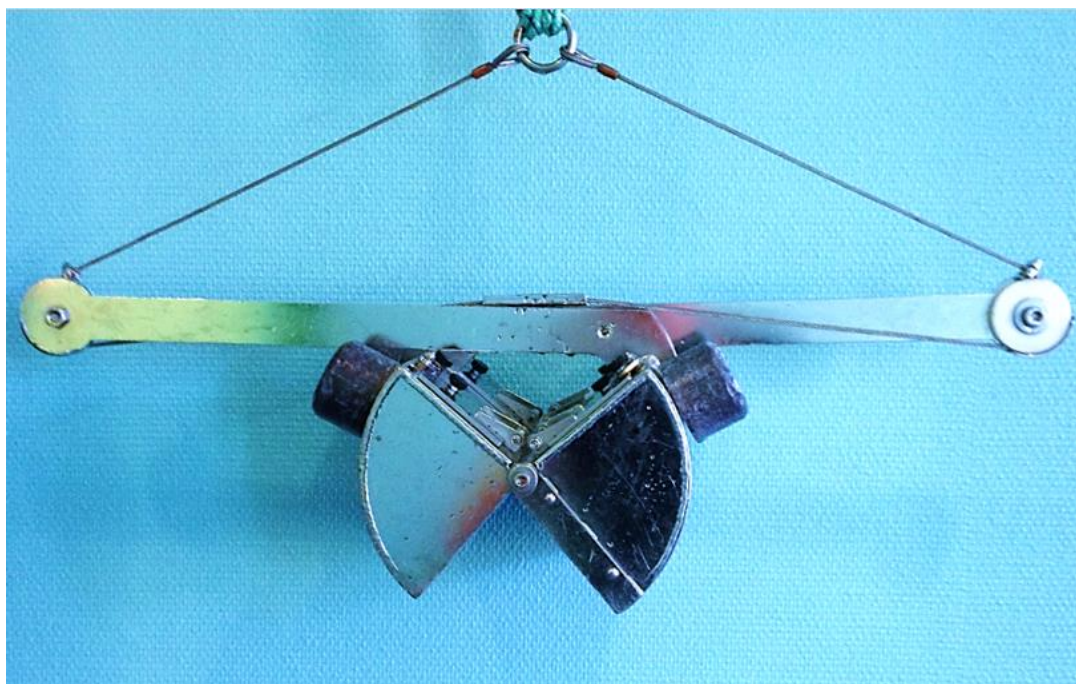


# B-undersøkelse for lokalitet Botnastranda

NS 9410:2016



<b>Tilstand</b>	<b>1</b>
<b>Feltarbeid</b>	<b>28.05.2021</b>
<b>Oppdragsgiver</b>	<b>Slakteriet AS</b>

 **ÅKERBLÅ**

**Tabell 1.** Informasjon fra oppdragsgiver og oppsummering av resultater fra B-undersøkelsen.

A. Informasjon oppdragsgiver			
Rapport tittel	B-undersøkelse for lokalitet Botnastranda		
Rapport-nummer	103138-01-001	Lokalitetens navn	Botnastranda
Lokalitetsnummer	Ny	Kartkoordinater (midtpunkt)	61°36.800'N / 005°06.900'Ø
Fylke	Vestland	Kommune	Kinn
Søkt MTB	1050	Kontaktperson	Kristin Bergstøl Hansen
Oppdragsgiver	Slakteriet AS		
B. Produksjonsstatus ved tidspunkt for B-undersøkelsen (mål er oppgitt i tonn)			
Fiskegruppe	-	Biomasse ved undersøkelse	0
Utført mengde	0		
Type undersøkelse			
Maks belastning		Oppfølgende undersøkelse	
Brakklegging		Ny lokalitet	X
C. Hovedresultater fra B-undersøkelsen			
Parametergruppe og indeks		Parametergruppe og tilstand	
Gr. II pH/E <sub>h</sub>	0,00	Gr. II pH/E <sub>h</sub>	1
Gr. III Sensorikk	0,66	Gr. III Sensorisk	1
Gr. II + III	0,33	Gr. II + III	1
Dato feltarbeid	28.05.2021	Dato rapport	07.06.2021
Lokalitetstilstand		1	
Ansvarlig feltarbeid	Hedda Østgaard	Signatur	<i>Hedda Østgaard</i>
D. Delresultater fra B-undersøkelsen			
Ant. grabbstasjoner	10	Ant. grabbhugg	11
Type sediment	Dominerende	Mindre dominerende	Minst dominerende
	Silt	Skjellsand	Sand
Antall grabbstasjoner (gruppe II og III) med følgende tilstand			
Tilstand 1	10	Tilstand 3	0
Tilstand 2	0	Tilstand 4	0
Indeks illustrert tilstand	1	2	3
	4	↑	

**Tabell 2.** Informasjon om rapporten, oppdragsgiver og oppdragsansvarlig.

Rapportinformasjon		
Rapportnummer	103138-01-001	
Rapportdato	07.06.2021	
Dato feltarbeid	28.05.2021	
Revisjonsnummer	Revisjonsbeskrivelse	Signatur
-	-	-
Lokalitet		
Lokalitet	Botnastranda	
	Kinn	Vestland
Lokalitetsnummer	Ny	
Oppdragsgiver		
Selskap	Slakteriet AS	
Kontaktperson	Kristin Bergstøl Hansen	
Oppdragsansvarlig		
Selskap	Åkerblå AS Nordfrøyveien 413                      Organisasjonsnummer 916 763 816 7260 Sistranda	
Ansvarlig prøvetaking	Hedda Østgaard	
Forfatter (-e)	Hedda Østgaard <a href="mailto:Hedda.ostgaard@akerbla.no">Hedda.ostgaard@akerbla.no</a> <i>Hedda Østgaard</i> (+47) 47867323	
Godkjent av	Oda Ravnås Waldeland	
Distribusjon	<i>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. Resultatene i denne undersøkelsen gjelder kun for beskrevne prøvestasjoner som representerer et definert og begrenset område ved et spesifikt prøvetidspunkt.</i>	

## Sammendrag

På oppdrag fra Slakteriet AS har Åkerblå utført en B-undersøkelse ved lokalitet Botnastranda. Lokaliteten ligger ved et slakteri og prøver ble tatt der ventemerder planlegges plassert. Resultatene fra undersøkelsen inngår som en «0-prøve», før produksjonsstart ved lokaliteten.

Undersøkelsen viste få tegn til organisk belastning. Sedimentet var naturlig mykt og bestod i hovedsak av silt med noe innblanding av skjellsand og sand. Det ble ikke påvist lukt, slam eller gassproduksjon. Kjemiske målinger av pH og Eh viste naturlig høye verdier tilsvarende en meget god tilstand, 1. Gravende bunndyr ble funnet ved 10 av 10 stasjoner.

Samlet får lokaliteten lokalitetstilstand 1 (meget god).

Ved lokalitetstilstand 1 før utsett skal neste B-undersøkelse gjennomføres ved maksimal produksjonsbelastning.

## Innholdsfortegnelse

<b>SAMMENDRAG</b> .....	4
1. INNLEDNING .....	5
2. MATERIALE OG METODE .....	6
2.1 OMRÅDE, PRODUKSJONSINFORMASJON OG STASJONSVALG .....	6
2.2 PRØVETAKING .....	8
3. RESULTATER .....	10
4. DISKUSJON .....	15
5. <b>LITTERATUR</b> .....	16
6 VEDLEGG .....	17
VEDLEGG 1- APPENDIX 1. A SUMMARY IN ENGLISH .....	17
VEDLEGG 2 – BILDER FRA PRØVESTASJONER .....	18

## 1. Innledning

Åkerblå AS har på oppdrag fra Slakteriet AS utført en B-undersøkelse på lokalitet Botnastranda. Undersøkelsen er utført i forbindelse med «0-prøve». Dette er første undersøkelse på lokaliteten (tabell 3.4).

Åkerblå AS utfører B-undersøkelse akkreditert (TEST 252) i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025. Dette utføres etter krav i NS 9410:2016 (Standard Norge 2016). B-undersøkelsen er en enkel trendovervåkning av bunnforholdene under et oppdrettsanlegg. Ved at undersøkelsen gjentas, med en frekvens bestemt av hvor belastet miljøet er, kan man følge utviklingen av miljøbelastningen fortløpende. Undersøkelsen omfatter en serie grabbprøver som vurderes etter fauna og biodiversitet, kjemiske forhold (pH og redokspotensiale) og sensoriske forhold (gass, farge, lukt, konsistens, volum og slamtykkelse). Alle parametere får tilstandsverdi etter hvor mye sedimentet er påvirket av organisk belastning. Skillet mellom «dårlig» og «meget dårlig» tilstand er satt til den største akkumuleringen som tillater gravende bunndyr å leve i sedimentet. Lokaliteten får en samlet tilstandsverdi fra 1 til 4, hvor 1 er best (meget god) og 4 dårligst (meget dårlig). Standarden «Miljøovervåkning av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg» oppgir også i hvilket intervall undersøkelsen skal utføres (tabell 1.1).

**Tabell 1.1.** Minimumsfrekvens for B-undersøkelse i forhold til lokalitetsstilstand ved maksimal organisk belastning (Standard Norge 2016).

Tilstand	Tidspunkt for neste undersøkelse
<b>1 – meget god</b>	Ved neste maksimale belastning. <sup>1</sup>
<b>2 - god</b>	Før utsett og igjen ved maksimal belastning.
<b>3 - dårlig</b>	Før utsett Dersom undersøkelsen før utsett gir: <ul style="list-style-type: none"> <li>- tilstand 1 - undersøkelse gjennomføres ved neste maksimale belastning;</li> <li>- tilstand 2 - undersøkelse gjennomføres ved halv maksimal belastning og ved maksimale belastning;</li> <li>- tilstand 3 - undersøkelse gjennomføres ved halv maksimal belastning, og ved maksimal belastning. I forhold til neste produksjonssyklus planlegges tiltak.</li> </ul> Dersom noen av undersøkelsene viser tilstand 4, vil det være overbelastning.
<b>4 – meget dårlig</b>	Overbelastning, Ved tilstand 4 beslutter myndighetene tiltak.

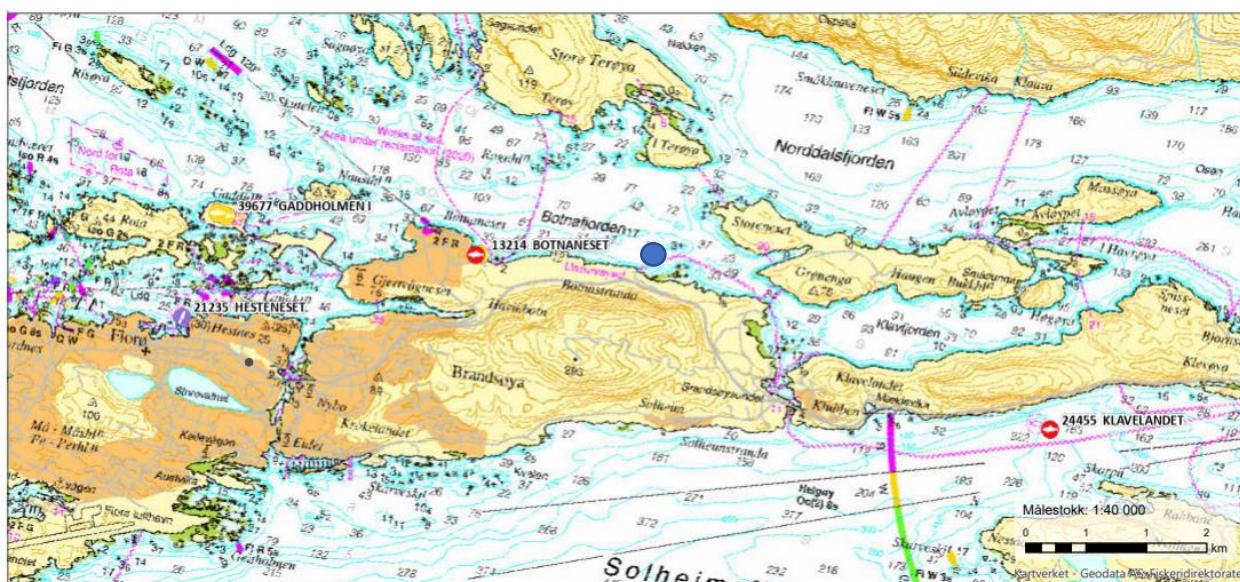
<sup>1</sup> Maksimal organisk belastning på anlegget inntreffer normalt når 75% til 90% av totalt fôr i en produksjonssyklus er utfôret (NS 9410:2016).

## 2. Materiale og metode

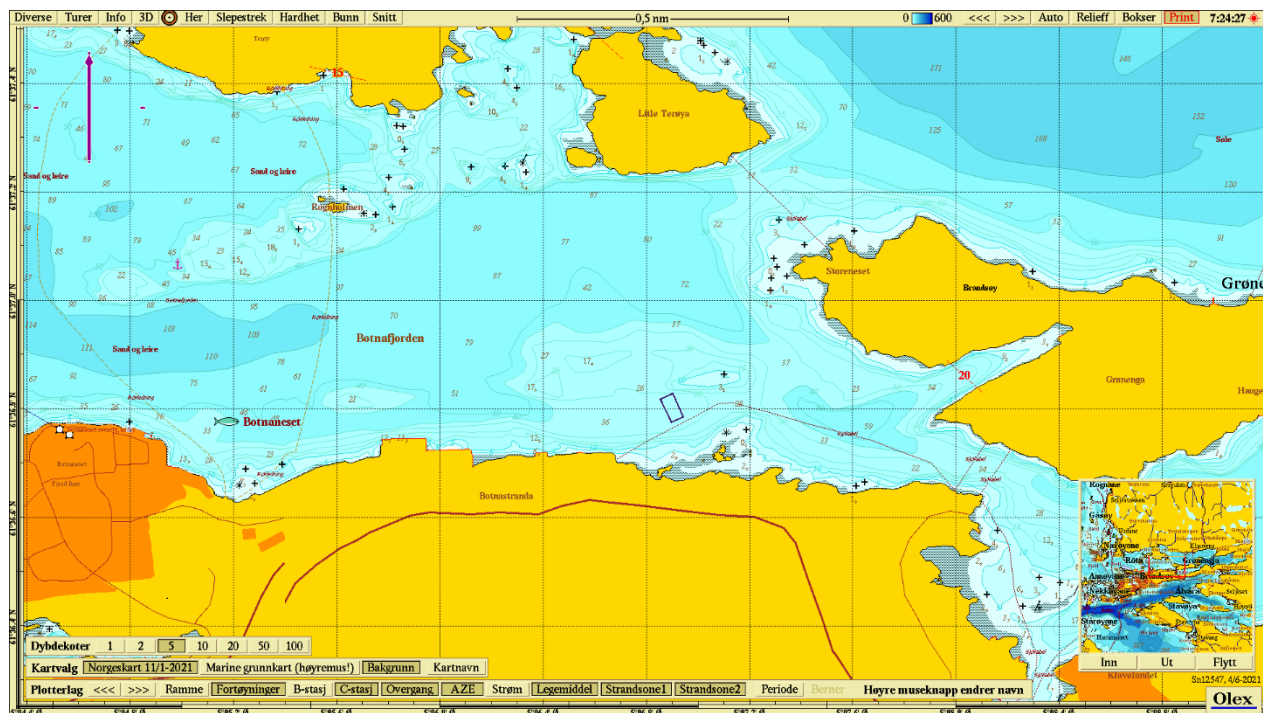
### 2.1 Område, produksjonsinformasjon og stasjonsvalg

Lokaliteten Botnastranda planlegges plassert i Botnafjorden, nordøst for Botnastranda i Kinn kommune, Vestland. Anlegget ligger skjermet der anleggsrammen vil ligge over flat bunn på ca. 38 meter. Nordøst for anlegget skrår bunnen til ca. 4 meters dyp, mot øst til 28 meter og mot sør skrår bunnen opp mot land ca. 150 meter unna anleggsplasseringen. Mot vest skrår bunnen ut i Botnafjorden (figur 2.1.1 og 2.1.2). Nærmeste anlegg er settefiskanlegget 13214 Botnaneset og matfiskanlegget 37657 Botnaneset II som ligger ca. 1600 meter sørvest for planlagt plassering for ventemerder. Det har ikke blitt målt strøm på lokaliteten, men målere ble plassert i sjø på 5 og 15 meter i mai 2021 og vil bli stående i 3 mnd.

Det planlegges at lokaliteten vil ha en ramme med 4 bur (pers. med. Kristin Bergstøl Hansen). Prøvepunktene ble tatt i området der ventemerdene planlegges plassert, til sammen 10 stasjoner (figur 3.1 og 3.2). Stasjonsplasseringen er fordelt jevnt slik at de best mulig dekker bunnområdet innenfor planlagt posisjon for anleggsrammen (tabell 2.1.1). Posisjonen til prøvestasjonene ble fastsatt med Olex tilknyttet en GPS.



**Figur 2.1.1.** Sjøkart (nordlig orientering) med avmerking av lokalitet (blå sirkel) og omkringliggende matfisklokalteter (røde sirkler) slaktemerd (lilla sirkel) og andre (gul sirkel). Kartdatum WGS84 (Fiskeridirektoratet 2021).



**Figur 2.1.2.** Sjøkart (nordlig orientering) med avmerking av planlagt anleggsramme til lokaliteten sentralt i kartet. Kartdatum WGS84.

**Tabell 2.1.1.** Koordinater prøvetakingspunkter, kartdatum WGS84.

Stasjon	1	2	3	4	5	6
Posisjon	61° 36.814' N 5° 06.872' Ø	61° 36.819' N 5° 06.892' Ø	61° 36.809' N 5° 06.906' Ø	61° 36.804' N 5° 06.883' Ø	61° 36.793' N 5° 06.892' Ø	61° 36.798' N 5° 06.914' Ø
Stasjon	7	8	9	10		
Posisjon	61° 36.788' N 5° 06.925' Ø	61° 36.782' N 5° 06.903' Ø	61° 36.790' N 5° 06.910' Ø	61° 36.811' N 5° 06.890' Ø		

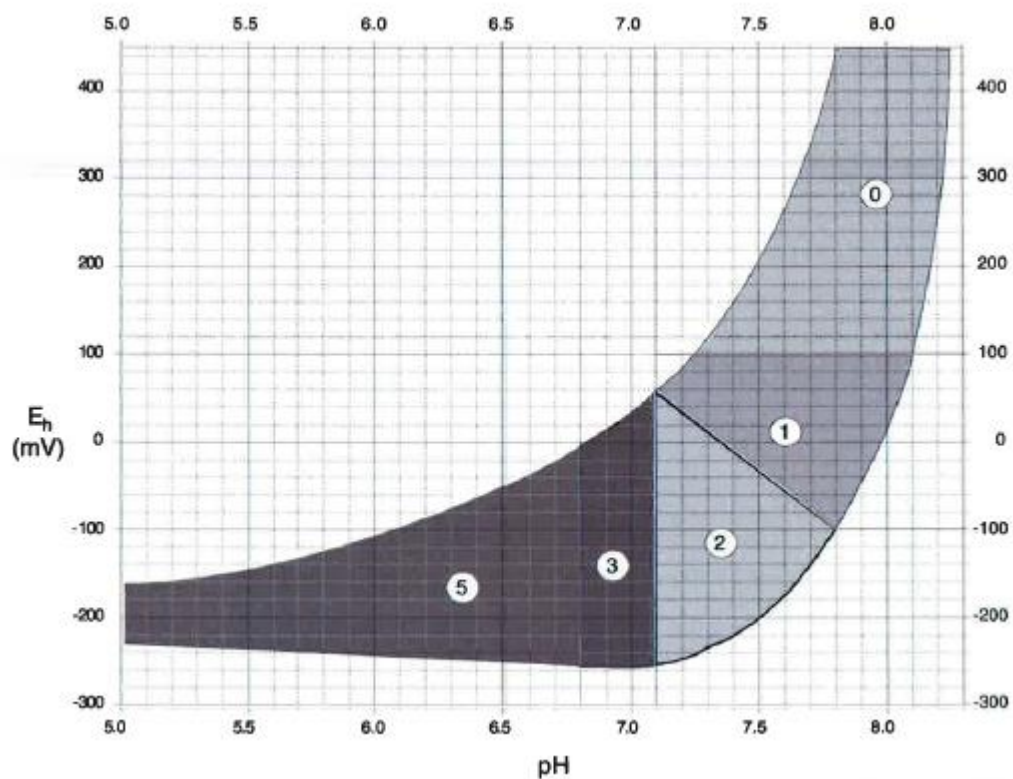
## 2.2 Prøvetaking

Prøver av sedimentet ble tatt med sedimentprøvetaker av typen Van Veen grabb. Grabben ble senket åpen til den nådde bunnen og, ble deretter hevet lukket til overflaten. Ved hardbunn eller ufullstendig lukket grabb ble det gjort et nytt forsøk på stasjonen.

Etter heving ble sedimentprøvetakeren plassert i en sikt i en plastbalje før den ble åpnet på toppen. Eventuelt overvann ble drenert bort før innføring av pH/E<sub>h</sub>-elektrode. pH og E<sub>h</sub> ble målt ved å føre elektroden forsiktig én cm ned i sedimentet. Kun oppgrabbet materiale som hadde sediment med uforstyrret overflate ble målt. pH og E<sub>h</sub> er overordnede kjemiske parametere kontrollert henholdsvis av syre-base- og reduksjons-oksidasjonslikevekter i prøven. Avlesing av redokspotensiale ble gjort ved drift < 0,2 mV/sekund. Elektrodene stod i sjøvann mellom målingene. Avlesning av pH/E<sub>h</sub> ble gitt poeng etter graf i Figur D.1 i NS 9410:2016 (Figur 2.2.1). Når pH/E<sub>h</sub>-målingen var gjennomført ble grabben forsiktig tømt ut i en sikt hvor sedimentet ble vurdert ut ifra parameterne under gruppe III, prøveskjema B.1. Det ble tatt bilde av sedimentet i en sikt som ble merket med stasjonsnummer ved siden av prøven (vedlegg 2).

Sediment ble videre vasket før gjenværende materiale i sikten ble undersøkt og eventuell fauna registrert. Det ble tatt et nytt bilde av filtrert sediment med fauna som også ble gitt stasjonsnummer ved siden av prøven. Bunndyr ble registrert i skjema B.1 (NS 9410:2016). Dyr større enn 1 mm gir 0 poeng, ingen dyr gir 1 poeng. Forekomsten av forskjellige dyregrupper og type sediment ble registrert i skjema B.2.





Figur 2.2.1 Poengavlesing på grunnlag av pH og redokspotensialet ( $E_h$ ) (figur D.1, NS 9410:2016).

Tabell 2.2.1. Oversikt over utstyr som benyttes i B-undersøkelse.

Utstyr	Beskrivelse
Sedimentprøvetaker	«Van Veen» grabb 0,025 m <sup>2</sup> (Størksen), U-0364
pH / redoksmåleutstyr	YSI Professional Plus/YSI 1003 pH/ORP Probe kit (#605103), U-0382
Sikt	Runde hull, 1 mm diameter (KC-Denmark), ÅMB0002
Annet	Plastbalje, hevert, olex/GPS, kamera

### 3. Resultater

**Type sediment:** Sedimentet bestod i hovedsak av silt med noe skjellsand og sand. Ved prøvestasjon nr. 8 ble det også registrert noe grus.

**Fauna:** Bunngravende børstemark ble registrert ved 10 av 10 prøvestasjoner der individtallene varierte fra noe over 30 til over 60. Det ble også registrert skjell ved 3 prøvestasjoner og pigghuder (slangestjerne, sjømus og sjøpølse) ved 3 prøvestasjoner.

**Kjemiske målinger:** De kjemiske målingene registrerte naturlige høye verdier tilsvarende tilstand 1, «meget god».

**Sensoriske vurderinger:** De sensoriske vurderingene dokumenterte få tegn til organisk belastning i sedimentet. Konsistensen var myk, og grabbvolumet var mellom  $\frac{1}{4}$  og  $\frac{3}{4}$  ved samtlige stasjoner. Det ble ikke registrert lukt, slam eller gassproduksjon ved noen av stasjonene. Samlet fikk de sensoriske vurderingene tilstand 1.


**Samlet lokalitetstilstand:** En sammenstilling av analyseresultatene av parametergruppene benyttet i B-undersøkelsen (gruppe II og III) gav en indeksverdi på 0,33 som indikerte et lite belastet sedimentmiljø og tilsvarte tilstandsklasse 1 (tabell 3.3). Samtlige stasjoner viste beste tilstand (figur 3.1 og 3.2).

Dette er første undersøkelse ved lokaliteten (tabell 3.4).

Tabell 3.1. Prøveskjema B1.

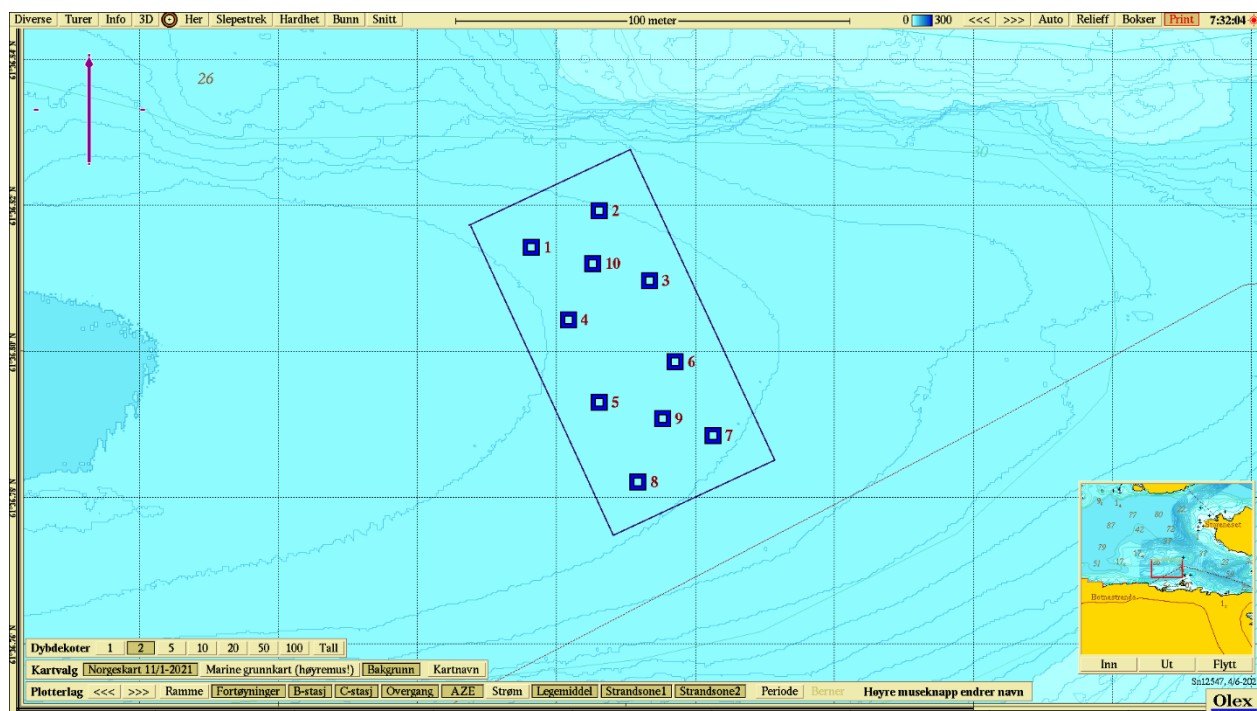
Gr.		Parameter	Poeng	Prøvenummer										Indeks
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		<b>Prøveskjema B.1</b>												
		Firma:	Slakteriet AS					Dato :	28.05.2021					
		Lokalitet:	Botnastranda					Lokalitetsnummer :	Ny					
		Bunntype: B (bløt) eller H (hard)												
I		Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II		pH	Målt verdi	7,57	7,52	7,49	7,60	7,57	7,55	7,54	7,55	7,54	7,59	
		Eh (mV)	Målt verdi	-73	53	-74	-84	-93	-87	-84	56	40	-55	
			*+ref. verdi	127	253	126	116	107	113	116	256	240	145	
		pH/Eh	Poeng (tillegg D.1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
		Tilstand (prøve)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		Tilstand (Gruppe II)		1										
		Buffertemp.:	13,7	Sjovannstemp.:				13,3	Sedimenttemp.:				-	
		pH sjø:	8,11	Eh sjø:				369	Referanselektrode:				AgCl	
III		Gassbobler	Ja = 4											
			Nei = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Farge	Lys/grå = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			Brun/sort = 2											
		Lukt	Ingen = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			Noe = 2											
			Sterk = 4											
		Konsistens	Fast = 0											
			Myk = 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
			Løs = 4											
		Grabbvolum	< ¼ = 0											
			¼ - ¾ = 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
			> ¾ = 2											
		Tykkelse på slamlag	0-2 cm = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			2 cm - 8 cm = 1											
			> 8 cm = 2											
		Sum		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		Korr. Sum (0.22)		0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
		Tilstand (prøve)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		Tilstand (Gruppe III)		1										
		Middelvdi (Gruppe II & III)		0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
		Tilstand (prøve)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		Ph/Eh/Korr. s um Indeks Middelvdi	Tilstand											
			<1,1	1										
			1,1 - <2,1	2										
			2,1 - <3,1	3										
		≥ 3,1	4											
<b>LOKALITETSTILSTAND</b>												<b>1</b>		

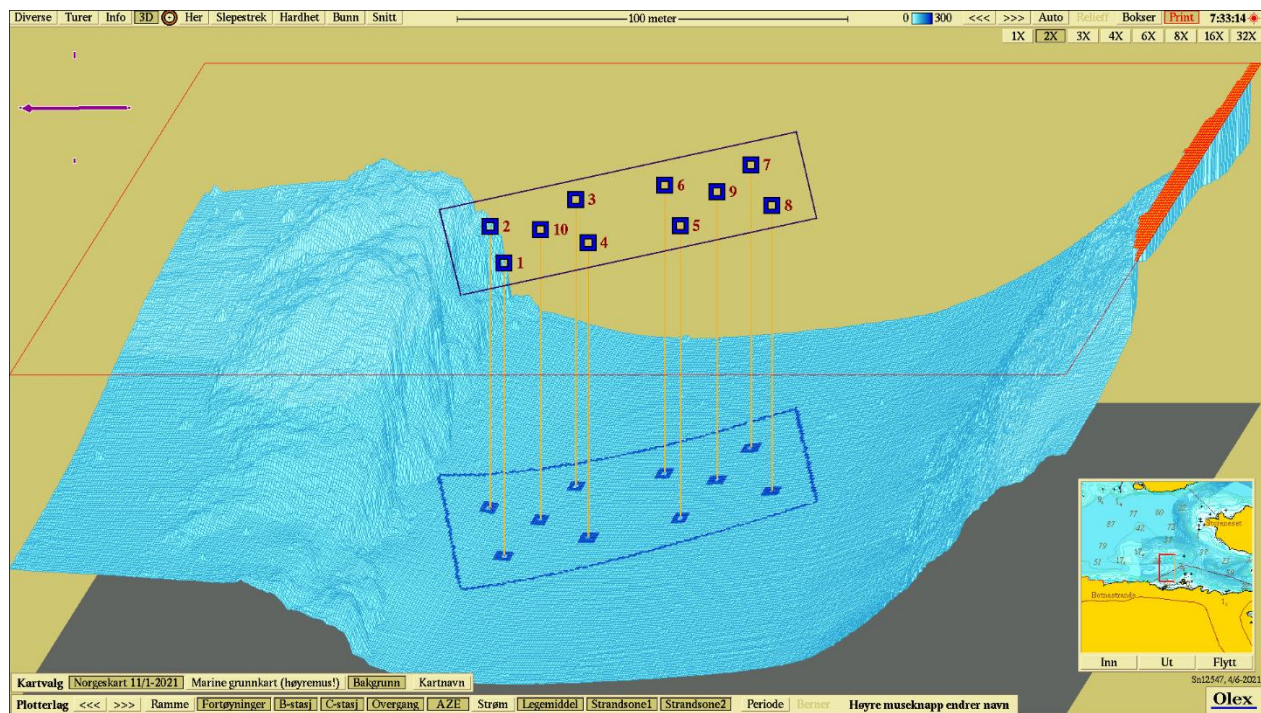
Tabell 3.2. Prøveskjema B2.

 ÅKERBLÅ	Prøveskjema B.2									
	Firma: Slakteriet AS					Dato: 28.05.2021				
	Lokalitet: Botnastranda					Lokalitetsnummer: Ny				
Informasjon fra prøvepunkt	Prøvepunkt									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dyp (m)	37	36	37	38	37	37	36	37	37	37
Antall forsøk	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Bobling (i prøve)										
Primærsediment										
Leire										
Silt	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sand	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Grus								4		
Skjellsand	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Steinbunn										
Fjellbunn										
Pigghuder (antall)					1		1	1		
Krepsdyr (antall)										
Skjell (antall)			1		1					1
Børstemark (antall)	30+	50+	60+	30+	50+	70+	40+	40+	60+	30+
Andre dyr (totalt antall)										
<i>Beggiatoa</i>										
Fôr										
Fekalier										
Kommentarer			Begge grabber litt åpne pga. skjell i grabbkjelt.		Pigghud = slangeskjeerne		Pigghud = sjømus	Pigghud = sjøpølse		

**Tabell 3.3.** Oppsummering av resultater fra B-undersøkelsen.

Hovedresultater fra B-undersøkelsen											
Parametergruppe og indeks		Parametergruppe og tilstand									
Gr. II pH/Eh	0,00	Gr. II pH/Eh	1								
Gr. III Sensorikk	0,66	Gr. III Sensorisk	1								
Gr. II+III	0,33	Gr. II + III	1								
Dato feltarbeid	28.05.2021	Dato rapport	07.06.2021								
Lokalitetstilstand			<b>1</b>								
Delresultater fra B-undersøkelsen											
Ant. grabbstasjoner	10	Ant. grabbhugg	11								
Type sediment	Dominerende	Mindre dominerende	Minst dominerende								
	Silt	Skjellsand	Sand								
Antall grabbstasjoner (gruppe II og III) med følgende tilstand											
Tilstand 1	10	Tilstand 3	0								
Tilstand 2	0	Tilstand 4	0								
Illustrert lokalitetstilstand	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>↑</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			1	2	3	4	↑			
	1	2	3	4							
↑											


**Figur 3.1.** Batymetriske kart (nordlig orientering) med avmerking av anleggsrammen og prøvestasjoner med tilstandsklasse: blå firkant; Tilstand 1, grønn firkant; Tilstand 2, gul firkant; Tilstand 3, rød firkant; Tilstand 4. Kartdatum WGS84.



**Figur 3.2.** 3D-visning av anlegget og prøvestasjoner med tilstandsklassifisering: blå firkant; Tilstand 1, grønn firkant; Tilstand 2, gul firkant; Tilstand 3, rød firkant; Tilstand 4. Kartdatum WGS84.

**Tabell 3.4.** Oppsummering av B-undersøkelser og produksjonsdata for lokaliteten. For hver undersøkelse angir tabell dato for undersøkelsen, generasjon fisk (Gen) på lokalitet ved tidspunkt for undersøkelsen, resultat av undersøkelsen (samlet indeksverdi parameter II og III) samt lokalitetstilstand (1/2/3/4 iht. NS9410-2016). Tabell oppgir i tillegg utføret mengde ved tidspunkt for undersøkelsen, samt budsjettert utføret mengde på generasjonen. Disse to parametrene gir % utføret i forhold til budsjettert mengde før på generasjonen som benyttes som mål på belastningen i anlegget. Eventuelle merknader til undersøkelsen er angitt.

Dato	Gen.	Indeks (Gr II og III)	Tilstand	Utføret mengde (tonn)	Budsjett før (tonn)	% utføret	Merknader
28.05.2021	-	0,33	1	0	0	0	«0-prøve»

## 4. Diskusjon

**Helhetsvurdering:** Lokalitet Botnastranda får i B-undersøkelsen **lokalitetstilstand 1**.

Resultatene fra B-undersøkelsen viser at sedimentet i området under planlagt anleggsplassering domineres av silt, skjellsand og sand med et en variert og tallrik infauna. Anlegget planlegges plassert over flat bunn og prøvene dokumenterte et homogent miljø uten store variasjoner mellom stasjonene. Konsistensen på sedimentet var myk, noe som kan indikere organisk belastning, men det kan også skyldes naturlig forekommende sedimentmateriale da lokaliteten var dominert av finkornet silt som kan ha en naturlig myk konsistens. Samtlige stasjoner var bløtbunnsstasjoner med grabbinnhold mellom  $\frac{1}{4}$  og  $\frac{3}{4}$ , og B-undersøkelsen regnes derfor som egnet for å dokumentere organisk belastning i anleggssonen fra fremtidig drift.

Både kjemiske målinger og sensoriske vurderinger viste til et lite belastet sedimentmiljø tilsvarende tilstand 1, «meget god», ved samtlige 10 prøvestasjoner.

**Neste B-undersøkelse:** I henhold til NS 9410:2016 skal det ved lokalitetstilstand 1 før utsett gjennomføres ny B-undersøkelse ved neste maksimale produksjonsbelastning.

## 5. Litteratur

Driftsdata ved Kristin Bergstøl Hansen, innhentet 31.05.2021.

Fiskeridirektoratet (2021) Bilde lastet ned fra

<https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/webappviewer/index.html?id=9aeb8c0425c3478ea021771a22d43476> (31.05.2021).

Standard Norge (2016) *Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg (NS 9410:2016)*, 1-29.



## 6 Vedlegg

### Vedlegg 1- Appendix 1. A summary in English

This B-examination was carried out before establishing a locality with waiting cages. The site was classified as condition 1 – very good.

A. Company and site information			
Report title	B-examination Botnastranda		
Report number	103138-01-001	Site name	Botnastranda
Site number	Ny	Coordinates	61°36.800'N / 005°06.900'Ø
County	Vestland	Municipality	Kinn
Biomass applied for (MTB)	1050	Site manager	Kristin Bergstøl Hansen
Company	Slakteriet AS		
B. Production information (measurements given in tonnes)			
Generation	-	Biomass at sampling	0
Feed used	0		
Type of B-examination			
Max biomass		Follow-up examination	
Fallow		New location	X
C. Main results			
Parameter and index		Parameter and condition	
Grp. II pH/E <sub>h</sub>	0,00	Grp. II pH/E <sub>h</sub>	1
Grp. III Physical evaluation	0,66	Grp. III Physical evaluation	1
Grp. II+III	0,33	Grp. II + III	1
Fieldwork date	28.05.2021	Report date	07.06.2021
Site condition	1		
Fieldwork responsible	Hedda Østgaard	Signature	<i>Hedda Østgaard</i>
D. Additional results			
No. sampling locations	10	No. sampling attempts	11
Type of sediment	Predominant	Less dominant	Least dominant
	Silt	Shell sand	Sand
Sampling locations (group II and III) and condition			
Condition 1 (very good)	10	Condition 3 (bad)	0
Condition 2 (good)	0	Condition 4 (very bad)	0
Index number illustrated / ranking	1	2	3
	↑		

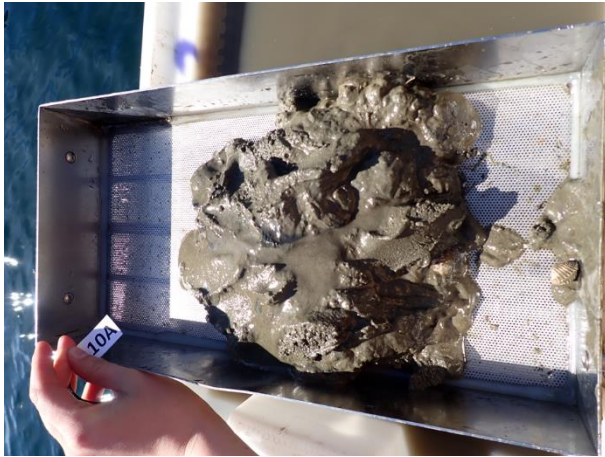
**Vedlegg 2 – Bilder fra prøvestasjoner**

Bilder nedenfor viser sediment (A) og ferdig silt prøve (B) ved stasjonene. Ved stasjon nr.4 ble det ikke tatt bilde før siling av sedimentet.









# Punktutslippsundersøkelse

NS-EN ISO 16665:2014

for

## Botnastranda

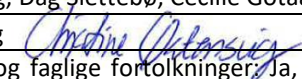


**Feltarbeid**

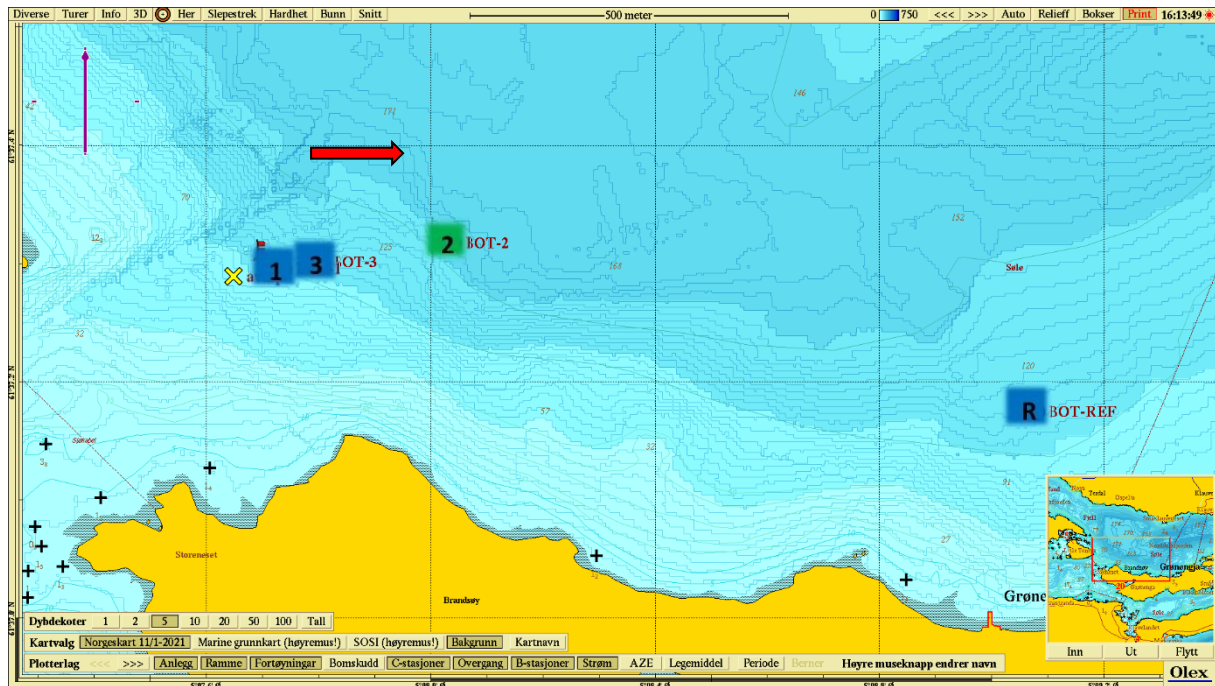
**15.07.2021**

**Oppdragsgiver**

**Slakteriet Holding AS**

Punktutslippsundersøkelse for Botnastranda		
Rapportnummer / Rapportdato	103352-01-001 / 30.09.2021	
Revisjonsnummer	Revisjonsbeskrivelse	Signatur
-	-	-
<b>Lokalitet</b>		
Lokalitet	Botnastranda	
	Tillatelse: Ny lokalitet	
	Kinn kommune, Vestland fylke	
	Økoregion Nordsjøen nord og vanntype ferskvannspåvirket beskyttet fjord	
Lokalitetsnummer	2356	
<b>Oppdragsgiver</b>		
Selskap	Slakteriet Holding AS	
Kontaktperson	Kristin Bergstøl Hansen	
<b>Oppdragsansvarlig</b>		
Selskap	Åkerblå AS, Nordfrøyveien 413, 7260 Sistranda, Org.nr.: 916 763 816	
Prosjektansvarlig	Dag Slettebø	
Forfatter (-e)	Dora Marie Alvsvåg, Dag Slettebø, Cecilie Gotaas Sørensen	
Godkjent av	Christine Østensvig 	
Akkreditering	Feltarbeid, fauna og faglige fortolkninger. Ja, Åkerblå AS, Test 252 (NS-EN ISO/IEC 17025). Kjemi: Ja, Eurofins Environment Testing Norway AS	
Vilkår og betingelser	<i>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. Resultatene i denne undersøkelsen gjelder kun for beskrevne prøvestasjoner som representerer et definert og begrenset område ved et spesifikt prøvetidspunkt.</i>	
<b>Sammendrag</b>		
<p>Denne rapporten omhandler en punktutslippsundersøkelse ved lokaliteten Botnastranda i Kinn kommune, Vestland fylke. Undersøkelsen er gjennomført for å utforske sedimentmiljøet i området rundt det planlagte avløpet, og danne en referanse for fremtiden slik at eventuell belastning fra slakteriet kan bli oppdaget. Resultatene fra denne undersøkelsen er rapportert inn til vannmiljødatabasen av Åkerblå AS.</p> <p>Samlet viser faunaresultatene gode forhold i influensområdet rundt Botnastranda, der samtlige stasjoner fikk god eller svært god tilstand (figur 1; tabell 1). Referansestasjonen viste tilsvarende faunaforhold som ved øvrige stasjoner og regnes derfor som representativ for områdets naturlige tilstand.</p> <p>Artssammensetningen ble i stor grad dominert av den forurensningstolerante børstemarken <i>Paramphinome jeffreysii</i>, som var hyppigste art ved samtlige stasjoner unntatt BOT-2. Her var den opportunistiske muslingen <i>Thyasira sarsii</i> dominerende og stasjonen viste generelt et lavere arts- og individantall. Biodiversiteten så ut til å avta med økende avstand fra det planlagte utslippspunktet, i hovedstrømsretningen mot øst. Dette skyldes trolig bunntopografien i området, med relativt bratt skrånende bunn som gir potensiale for økt akkumulering av organisk materiale. Dette gjenspeiles også i de geokjemiske resultatene som blant annet viste en forhøyet konsentrasjon av karbon i bunnen av skråningen.</p> <p>Det var utfordrende prøveforhold (hardbunn) ved planlagt plassering av BOT-1, så stasjonen måtte flyttes noe lengre mot øst. Etter flytting ble samtlige grabbhugg godkjent for både volum og overflate, med unntak av BOT-2 hvor overflaten var forstyrret som følge av full grabb. Dette antas imidlertid ikke å ha påvirket resultatene i nevneverdig grad. Det ble i tillegg observert forskjeller i indekser mellom grabber ved samme stasjon, men dette antas å skyldes naturlige forskjeller i faunaen på havbunnen og er ikke nødvendigvis unormalt. Åkerblå mener derfor at prøvene er gode nok til å kunne beskrive og overvåke den økologiske tilstanden ved Botnastranda.</p>		

Forsidefoto: Charlotte Hallerud



**Figur 1.** Plassering av utslippspunkt (gult kryss), målepunkt for strømundersøkelse (flagg) og hovedstrømsretning (rød pil). Prøvestasjoner er presentert med faunatilstand: blå = Svært/meget god tilstand, grønn = god tilstand, gul = moderat tilstand, oransje = dårlig tilstand og rød = svært/meget dårlig tilstand. Tall representerer stasjonsnummer (1 = BOT-1 osv.) og R = referansestasjonen. Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.

**Tabell 1.** Hovedresultater. Antallet arter og individer er oppgitt per prøvestasjon og Shannon-wiener indeks ( $H'$ ), Tilstandsverdi (økologisk kvalitetsratio: nEQR) og klassifisering av kobber (Cu) er vurdert etter Veileder 02:2018 (2018).

Stasjon/ Parameter	BOT-1	BOT-2	BOT-3	BOT-REF
Antall arter	93	31	74	76
Antall individ	703	218	583	534
$H'$	4,494	3,015	4,134	4,186
nEQR	0,830	0,623	0,812	0,808
Cu	9,79	46,90	10,80	13,90



## Forord

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av et planlagt punktutslipp ved slakteriet Botnastranda. Det er ikke utarbeidet egen standard for undersøkelse av punktutslipp (settefiskanlegg, kloakk, slakteri osv). Derfor ble denne undersøkelsen utført etter NS ISO 16665 (2014). Vi bruker en del av metodikken fra C-undersøkelser (NS9410 2016) da det er en del fellesnevnerne med hensikten til denne undersøkelsen. Formålet var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser.

Åkerblå AS er akkreditert for vurdering og fortolkning av resultater etter TEST 252; SFT-Veileder 97:03 og Norsk Standard NS9410 (2016), samt NIVA- rapport 4548 (Berge 2002) og Veileder 02:2018. Åkerblå AS sitt laboratorium tilfredsstillter kravene i NS-EN ISO/IEC 17025.

## Innhold

<b>FORORD</b> .....	<b>4</b>
<b>INNHOOLD</b> .....	<b>5</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>6</b>
<b>2 MATERIALE OG METODE</b> .....	<b>8</b>
2.1 OMRÅDE OG PRØVESTASJONER .....	8
2.2 PRØVETAKING OG ANALYSER .....	12
<b>3 RESULTATER</b> .....	<b>15</b>
3.1 BUNNDYRSANALYSER .....	15
3.1.1 BOT-1 .....	15
3.1.2 BOT-2 .....	17
3.1.3 BOT-3 .....	19
3.1.4 BOT-REF .....	21
3.2 HYDROGRAFI .....	23
3.3 SEDIMENTANALYSER .....	24
3.3.1 Sensoriske vurderinger .....	24
3.3.2 Kornfordeling .....	24
3.3.3 Kjemiske parametere .....	24
<b>4 DISKUSJON</b> .....	<b>26</b>
<b>5 LITTERATURLISTE</b> .....	<b>28</b>
<b>6 VEDLEGG</b> .....	<b>30</b>
VEDLEGG 1 - FELTLOGG (B-PARAMETERE)* .....	30
VEDLEGG 2 - ANALYSEBEVIS .....	32
VEDLEGG 3 - KLASSIFISERING AV FORURESNINGSGRAD .....	44
VEDLEGG 4 - INDEKSBEKRIVELSER .....	46
VEDLEGG 5 - REFERANSETILSTANDER .....	49
VEDLEGG 6 - ARTSLISTE .....	53
VEDLEGG 7 – CTD RÅDATA .....	57
VEDLEGG 8 – BILDER AV SEDIMENT .....	60

## 1 Innledning

Bløtbunnsfauna domineres i hovedsak av flerbørstemark, krepsdyr og muslinger. Artssammensetningen i sedimentet kan gi viktige opplysninger om miljøforholdene ved en lokalitet da de fleste marine bløtbunnsarter er flerårige og relativt lite mobile (ISO 16665 2014). Miljøforholdene er avgjørende for antallet arter og antallet individer innenfor hver art i et bunndyrsamfunn. Ved naturlige forhold vil et bunndyrsamfunn inneholde mange ulike arter med en relativt jevn fordeling av et moderat antall individer blant disse artene (ISO 16665 2014; Veileder 02:2018). Moderat organisk belastning kan stimulere bunndyrsamfunnet slik at artsantallet øker, mens ved en større organisk belastning i et område vil antallet arter reduseres. Opportunistiske arter, slik som de forurensningsindikerende flerbørstemarkene *Capitella capitata* og *Malacoceros fuliginosus*, vil da øke i antall individer mens mer sensitive arter vil forsvinne (Veileder 02:2018).

De fleste former for dyreliv i sjøen er avhengig av tilstrekkelig oksygeninnhold i vannmassene. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene som regel tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygenet forbrukes ved nedbrytning. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Ved utilstrekkelig tilførsel av oksygen kan det ved nedbrytning av organisk materiale dannes hydrogensulfid ( $H_2S$ ) som er giftig for mange arter. I tillegg til bunndyrsanalyser kan surhetsgraden (pH) og redokspotensial ( $E_h$ ) måles for å avgjøre om sedimentet er belastet av organisk materiale. Sure tilstander (lav pH) og høyt reduksjonspotensiale (lav  $E_h$ ) reflekterer lite oksygen i sedimentet og kan indikere en signifikant grad av organisk belastning. Mengden organisk materiale i sedimentet måles som totalt organisk karbon (TOC) og som totalt organisk materiale (TOM; glødetap). I tillegg måles tungmetaller (sink og kobber), fosfor og nitrogen i sedimentene for å vurdere i hvilken grad området er belastet (Veileder 02:2018). C:N forholdet viser i hvilken grad det organiske materialet gir grunnlag for biologisk aktivitet (NS9410 2016), hvor en lav ratio antyder en større mengde tilgjengelig nitrogen og dermed muligheten for høyere biologisk aktivitet.

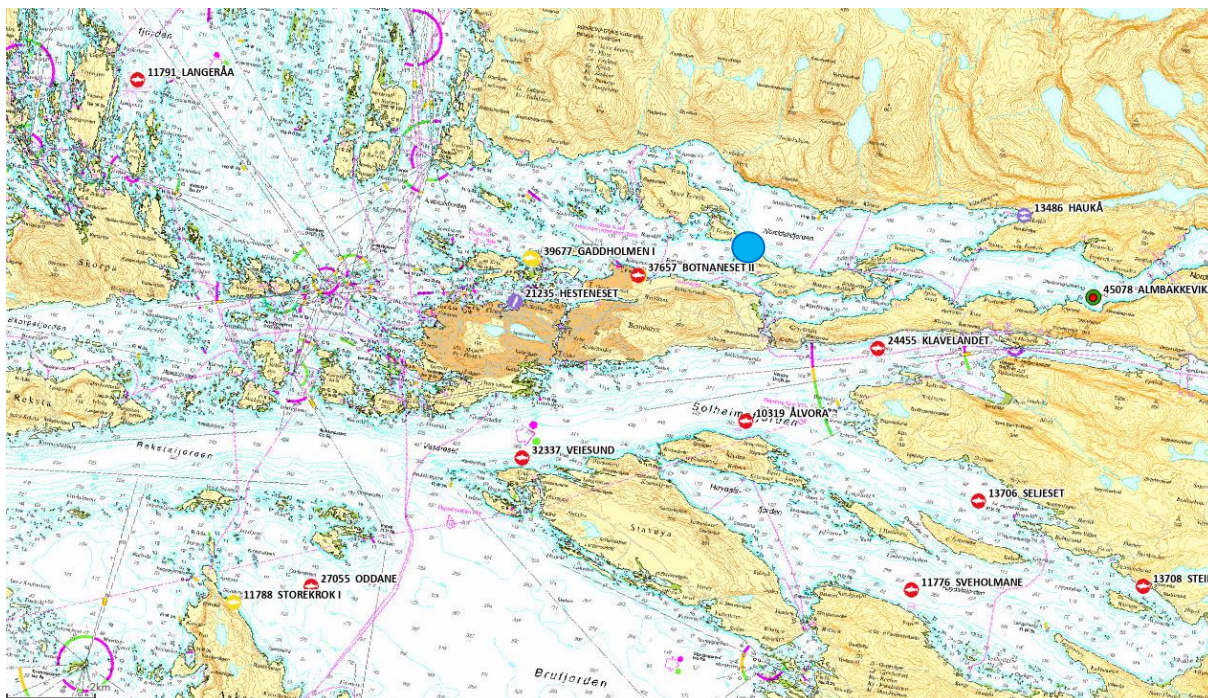
Når bløtbunnsfauna brukes i klassifisering, benyttes diversitets og sensitivitetsindeksene; Shannon-Wieners diversitetsindeks ( $H'$ ), den sammensatte indeksen NQI1 (diversitet og sensitivitet), ES100 (diversitet), International sensitivity index (ISI) og Norwegian sensitivity indeks (NSI). Hver indeks er tildelt referanseverdier som deler funnene inn i ulike tilstandsklasser. Bunnfauna vurderes etter gjennomsnittsverdier av indeksene fra de to prøvene. Tilstandsklasser vil ofte kunne gi et godt inntrykk av de reelle miljøforhold, særlig når de vurderes i sammenheng med artssammensetningen i prøvene for øvrig. Slike tilstandsklasser må like fullt brukes med forsiktighet og inngå i en helhetlig vurdering sammen med de andre resultatene. Klima og forurensningsdirektoratet legger imidlertid vekt på indekser når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bløtbunnsfauna. Veilederen

har delt norskekysten i seks økoregioner og definert åtte forskjellige vanntyper, hvorav fem av vanntypene er aktuelle for marine undersøkelser. En del kombinasjoner er slått sammen og det er definert totalt 11 sett med klassifiseringer. Hvert sett har egne grenseverdier for de ulike indeksene. Forskjellen på disse er stor fra Skagerak til Barentshavet, men gradvis varierer langs kysten ellers. Dette medfører at en gitt prøve for eksempel kan klassifiseres som god i Skagerak, men svært god etter indeksene definert for Barentshavet i nord. Grensene er dermed i større grad tilpasset naturlige variasjoner langs kysten (Veileder 02:2018).

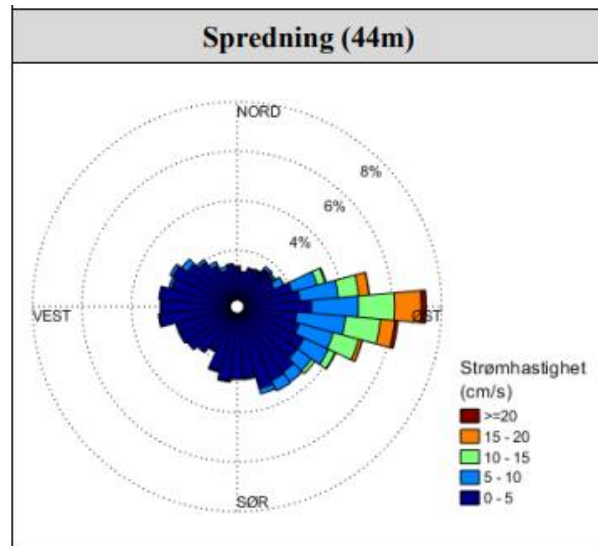
## 2 Materiale og metode

### 2.1 Område og prøvestasjoner

Slakteriet på lokaliteten Botnastranda er planlagt plassert på nordsiden av Brandsøy, mens avløpet er planlagt plassert i Norddalsfjorden, om lag 350 meter øst for Lille Terøya, i Kinn kommune, Vestland. Utslippspunktet ligger plassert i økoregion Nordsjøen nord med vanntype ferskvannspåvirket beskyttet fjord og ligger nærmere bestemt på østsiden av terskelen mellom Norddalsfjorden og Botnafjorden (figur 2.1.1). Batymetrien i området er nokså bratt og heller mot nordøst, før det flater ut på rundt 170 meters dybde i Norddalsfjorden. Dybden ved det planlagte avløpet er cirka 90 meter. Målinger viser at den relativt svake spredningsstrømmen (gjennomsnittsfart: 3,8 cm/s) går i hovedsak mot øst (figur 2.1.2).

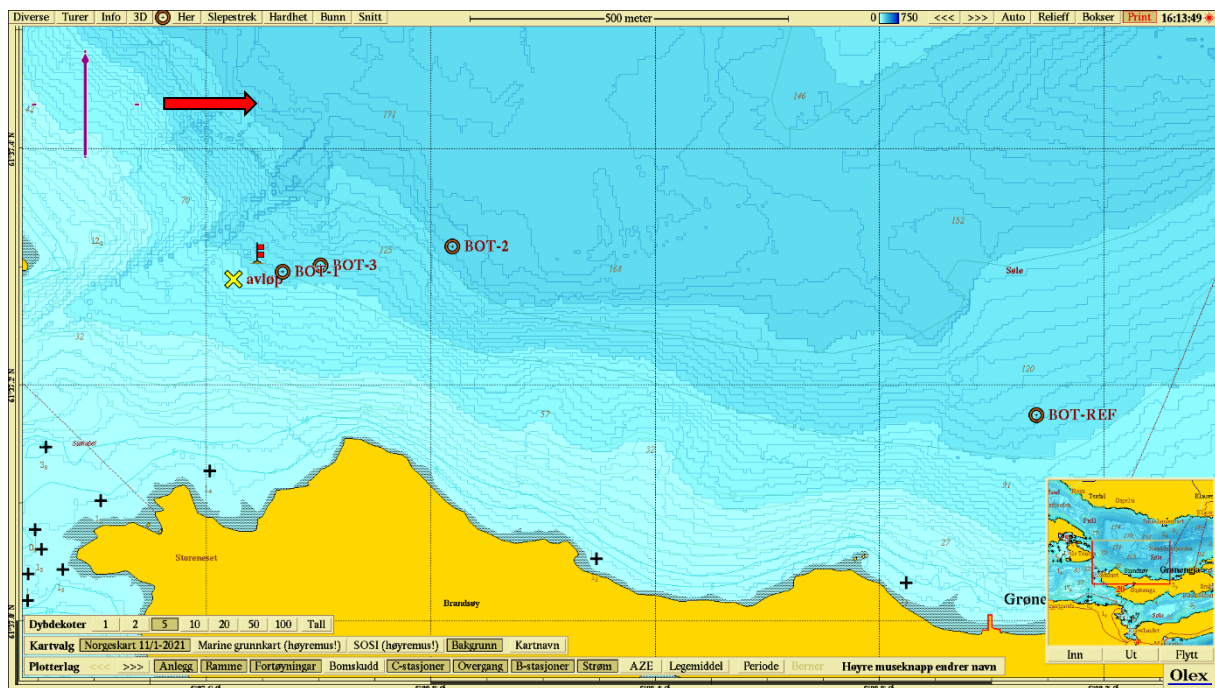


**Figur 2.1.1** Geografisk plassering av det planlagte avløpet (blå sirkel) og nærliggende akvakulturanlegg. Kartet har nordlig orientering (Fiskeridirektoratet, 2021). Kartdatum WGS84.

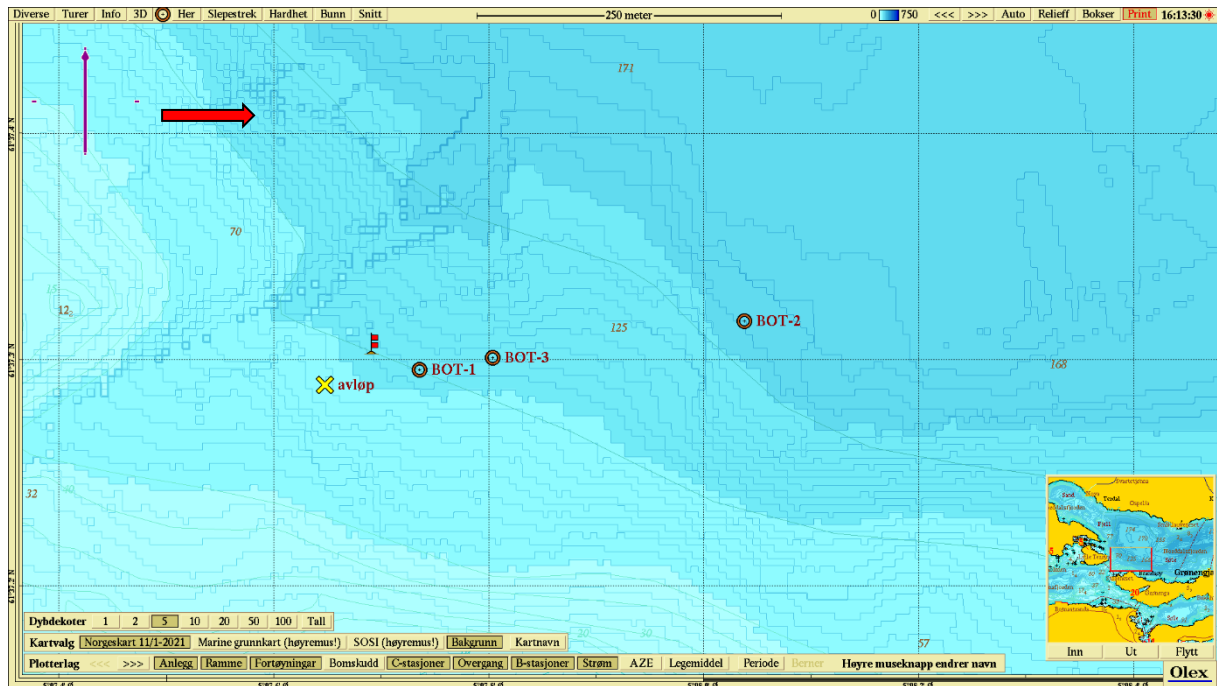


**Figur 2.1.2** Strømrose som viser strømshastighet og retning under hele måleperioden, og gir en indikasjon på at hovedretningen er mot øst. Målingene er utført på 44 meters dybde. Kartdatum: WGS84 (Åkerblå AS, 2021).

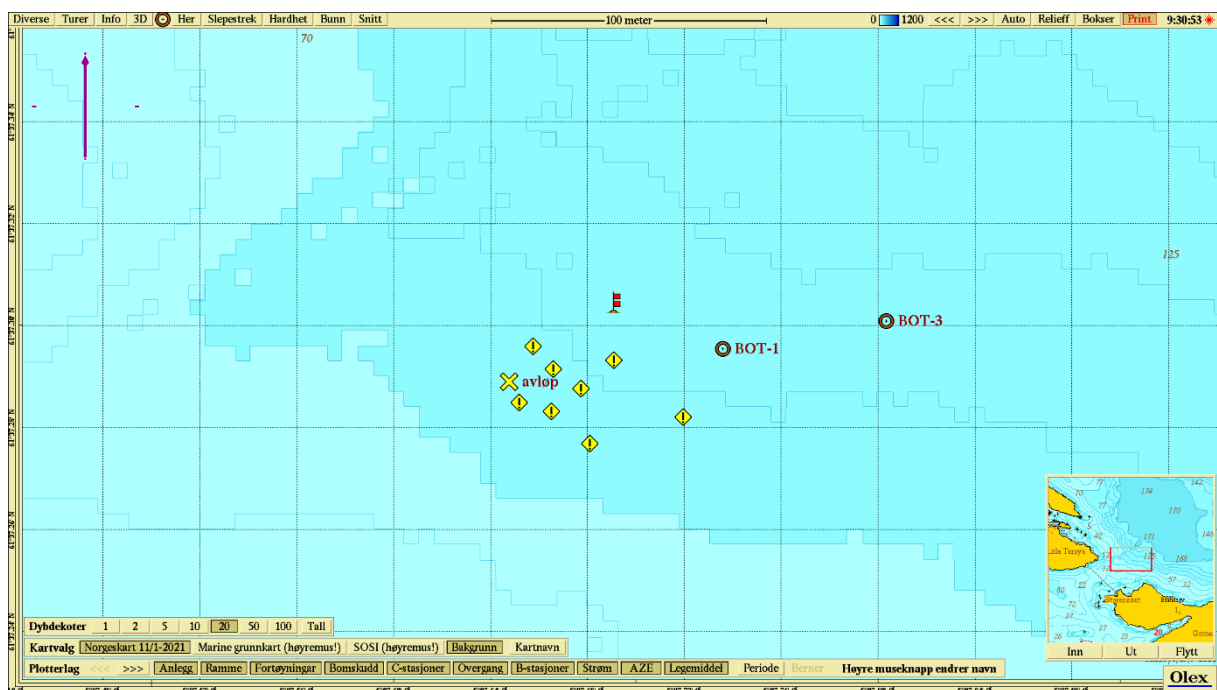
Valg av stasjoner ble gjort på bakgrunn av ISO 16665 (2014), batymetri og strømbilde. Det ble forsøkt å plassere BOT-1 så nærme avløpet som mulig, men hardbunn gjorde at stasjonen måtte flyttes til ca. 80 meter øst for avløpet. BOT-3 ble plassert cirka 140 meter øst for avløpet, og BOT-2 ble plassert om lag 350 meter øst for avløpet. Sammen danner de tre stasjonene et transekt mot øst og vil kunne avdekke eventuelle gradienter i belastningsbildet. I tillegg ble det opprettet en referansestasjon, som ikke vil inngå i den regulære overvåkingen, cirka 1300 meter øst for avløpet (figur 2.1.3-2.1.5; tabell 2.1.1).



**Figur 2.1.3** Planlagt plassering av utslippspunkt (gult kryss), prøvestasjoner inkludert referansestasjon (brune sirkler), målepunkt for strømundersøkelse (flagg) og hovedstrømsretning (rød pil). Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.



**Figur 2.1.4** Planlagt plassering av utslippspunkt (gult kryss), prøvestasjoner (brune sirkler), målepunkt for strømundersøkelse (flagg) og hovedstrømsretning (rød pil). Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.



**Figur 2.1.5** Planlagt plassering av utslippspunkt (gult kryss), prøvestasjoner (brune sirkler), forsøkte prøvepunkter for BOT-1 (gule firkanter) og målepunkt for strømundersøkelse (flagg). Kartet har nordlig orientering og mørkere blå farge representerer dypere områder. Kartdatum WGS84.

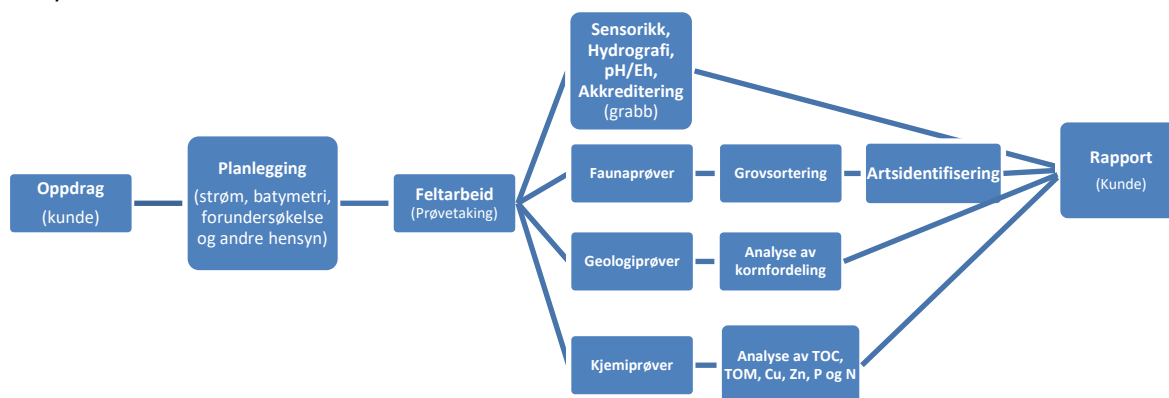
**Tabell 2.1.1** Stasjonsbeskrivelser. Undersøkelsen omfatter kvalitative faunaprøver (FAU), pH- og Eh målinger (PE), kjemiske parametere (KJE), geologiske parametere (GEO) og hydrografiske målinger (CTD). Koordinater er oppgitt med datum WGS84 og avstand fra planlagt utslippspunkt og dyp (meter) på prøvestasjonen er oppgitt.

Stasjon	Koordinater	Avstand	Dyp	Parametere
<b>BOT-1</b>	61°37.295'N / 5°07.735'Ø	80	109	FAU, KJE, GEO, PE
<b>BOT-2</b>	61°37.316'N / 5°08.038'Ø	350	157	FAU, KJE, GEO, PE, CTD
<b>BOT-3</b>	61°37.300'N / 5°07.803'Ø	140	111	FAU, KJE, GEO, PE
<b>BOT-REF</b>	61°37.174'N / 5°09.079'Ø	1300	110	FAU, KJE, GEO, PE



## 2.2 Prøvetaking og analyser

Uttak av prøver og vurdering av akkrediteringsstatus per grabbhugg ble gjennomført av feltpersonell i henhold til NS9410 (2016) og NS-EN ISO 16665 (2014). Det ble tatt fire grabbhugg på hver prøvestasjon hvor tre ble tatt ut til faunaundersøkelse og én til geologiske- og kjemiske undersøkelser. I felt vurderes prøvene for sensoriske parametere, pH og Eh og om huggene er akkrediterte eller ikke. Vurderingen av akkreditering baseres på om overflaten var tilnærmet uforstyrret og om det ble hentet opp minimum mengde av sediment som er avhengig av type (stein, sand, mudder osv.). For kjemianalyser ble det tatt prøver fra øverste 1 cm av overflaten, mens for de geologiske prøvene (kornfordeling) fra de øverste 5 cm. Kornfordelingen illustrerer mikroklimaet i en mindre prøve, mens de sensoriske dataene for sedimentsammensetningen gjelder hele grabbinnholdet. For faunaundersøkelsen ble de tre grabbprøvene i sin helhet vasket i en sikt, fiksert med formalin tilsatt farge (bengalrosa) og nøytralisert med boraks (tabell 2.2.1; vedlegg 1). For kjemiske parametere ble det tatt ut prøve til analyse av totalt organisk karbon (TOC), totalt organisk materiale (TOM; glødetap), nitrogen (N), fosfor (P), kobber (Cu) og sink (Zn) fra samme hugg som det ble tatt ut prøve for kornfordeling (tabell 2.2.2; vedlegg 2) som alle ble analysert av underleverandøren (figur 2.2.1).



Figur 2.2. 1 Arbeidsflyt.

Tabell 2.2.1 Prøvetakingsutstyr.

Utstyr	Beskrivelse
Sedimentprøvetaker	«Van Veen» grabb (KC-denmark) på 0,1 m <sup>2</sup>
pH-måler	YSI Professional Plus/YSI 1003 pH/ORP Probe kit (#605103)
Eh-måler	YSI Professional Plus/YSI 1003 pH/ORP Probe kit (#605103)
Sikt	Runde hull, 1 mm diameter (KC-Denmark)
GPS og kart	Olex, GPS og kart fra Kartverket, Datum WGS84
Konservering	Boraks og formalin (4% bufret i sjøvann)
CTD	SAIV AS
Annet	Linjal, prøveglass, skje, hevert og hvit plastbalje, kamera

**Tabell 2.2.2** Oversikt over arbeid utført av Åkerblå AS (ÅB AS) og underleverandører (LEV) som er benyttet. AK = Akkreditering, EETN-AS = Eurofins Environment Testing Norway AS, Cu = kobber, Zn = sink og P = fosfor.

	LEV	Personell	AK	Standard
Sidemanskontroll	ÅB-AS	-	-	Intern metode
Feltarbeid	ÅB AS	Dag Slettebø	TEST 252	NS-EN ISO 16665:2014
Grovsortering	ÅB AS	Jolanta Ziliukiene	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Artsidentifisering	ÅB AS	Dora Marie Alvsvåg, Christine Østensvig	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Statistiske utregninger	ÅB AS	Dora Marie Alvsvåg	TEST 252: P21	NS-EN ISO 16665:2014
Vurdering og tolkning av bunnfauna	ÅB AS	Dora Marie Alvsvåg	TEST 252: P32	V02:2018 (2018), SFT 97:03, NS 9410:2016
Cu, Zn og P*	EETN-AS	EETN-AS	TEST 003 og N° 1-1488 rév. 21	EN ISO 11885, NF EN 13346 Method B -December 2000 (repealed sta
Glødetap*	EETN-AS	EETN-AS	TEST 003 og N° 1-1488 rév. 21	EN 12879 (S3a): 2001-02
Tørrvekt steg 1*	EETN-AS	EETN-AS	TEST 003 og N° 1-1488 rév. 21	EN 12880 (S2a): 2001-02
Total organisk karbon (TOC)*	EETN-AS	EETN-AS	TEST 003 og N° 1-1488 rév. 21	NF EN 15936 – Method B
Kornfordeling*	EETN-AS	EETN-AS	TEST 003 og N° 1-1488 rév. 21	DIN 18123; Internal Method 6
Nitrogen*	EETN-AS	EETN-AS	TEST 003 og N° 1-1488 rév. 21	EN 13342, Internal Method (Soil)

\* *underleverandør av EETN-AS; Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne; Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488.*

Målinger for hydrografi ble gjennomført ved at CTD-sonden med et påmontert lodd ble firt til loddet traff bunnen og deretter hevet til overflaten. Sonden gjorde én registrering hvert 2. sekund og målte salinitet, temperatur og oksygeninnhold. Data fra senkning av sonden ble benyttet (intern prosedyre). Uthenting av data og behandling av disse ble gjort med programvaren Minisoft SD200w og Microsoft Excel.

Faunaprøver er sortert og identifisert (Horton et al. 2016) av personell i avdelingen for Marine Bunnedyr i Åkerblå AS.

Utregningen av artsmangfold (ES<sub>100</sub>) ble utført med programpakken PRIMER (versjon 6.1.6/7, Plymouth Laboratories). Sensitivitetsindeksen AMBI (komponent i NQI1) ble utregnet ved hjelp av programpakken AMBI (versjon 5.0, AZTI-Tecnalia). Alle øvrige utregninger ble utført i Microsoft Excel. Shannon-Wiener diversitetsindeks og Jevnhetsindeksen (J) ble regnet ut i henhold til Shannon & Weaver (1949) og Veileder 02:2018. ISI- og NSI-indeksene ble beregnet i henhold til Rygg & Norling (2013). AMBI-indeks og NQI1-indeks ble beregnet etter Veileder

02:2018 (Anon 2013). Vurderinger og fortolkninger ble foretatt ut fra Veileder 02:2018 (vedlegg 6).

Artenes toleranse til forurensning er angitt av de fem økologiske gruppene som NSI-indeksen faller under (vedlegg 3 og 6). På grunn av lokal påvirkning helt opp til utslippskilden kan man ofte finne få arter med jevn individfordeling som gjør det uegnet å bruke diversitetsindekser for å angi miljøtilstand. Alle stasjoner bedømmes på bakgrunn av gjennomsnittlig nEQR-verdi av indeksene: NQI1, Shannon Wiener diversitetsindeks ( $H'$ ),  $ES_{100}$ , ISI og NSI (tabell 2.2.3; vedlegg 4). Det er i tillegg beregnet indekser for nærstasjonen (vedlegg 5).

**Tabell 2.2.3** Indekser og forkortelser.

Indeks	Beskrivelse
S	Antall arter i prøven
N	Antall individer i prøven
NQI1	Sammensatt indeks av artsmangfold og ømfintlighet
$H'$	Shannon-Wiener artsmangfoldindeks
$H'_{max}$	Maksimal diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter ( $= \log_2 S$ )
$ES_{100}$	Hurlberts diversitetsindeks (Kun oppgitt dersom $N \geq 100$ )
J	Jevnhetsindeks
ISI	Sensitivitetsindeks (Indicator Species Index)
NSI	Norsk sensitivitetsindeks som angir artenes forurensningsgrad
$\bar{G}$	Grabbverdi: Gjennomsnitt for grabb 1 og 2
$\bar{S}$	Stasjonsverdi: kombinert verdi for grabb 1 og 2
nEQR	Normalisert ratio ("Normalised Ecological Quality Ratio")
Tilstand	Generalisert uttrykk som omfatter tilstandsklasse og miljøtilstand
Tilstandsverdi	Verdigrunnlaget for tilstandsvurdering

### 3 Resultater

#### 3.1 Bunndyrsanalyser

Bunndyrsdata er klassifisert etter økoregion Nordsjøen Nord og vanntype ferskvannspåvirket beskyttet fjord.

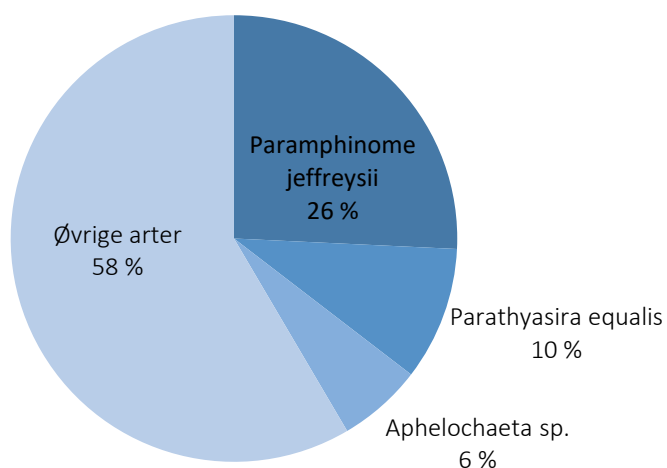
##### 3.1.1 BOT-1

Ved BOT-1 ble det registrert 703 individer fordelt på 93 arter (tabell 3.1.1.1, tabell 3.1.1.2 og figur 3.1.1.1). Stasjonen ble klassifisert i nedre del av intervallet for **svært god tilstand** ut fra veileder 02:2018.

**Tabell 3.1.1.1** De ti hyppigst forekommende artene ved BOT-1 oppgitt i antall og prosent, samt fargekoding for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3	181	25,7
<i>Parathyasira equalis</i>	3	68	9,7
<i>Aphelochaeta sp.</i>	2	43	6,1
<i>Kelliella miliaris</i>	3	24	3,4
<i>Prionospio fallax</i>	2	24	3,4
<i>Mendicula ferruginosa</i>	1	20	2,8
<i>Abyssoninoe sp.</i>		19	2,7
<i>Levinsenia gracilis</i>	2	16	2,3
<i>Pholoe baltica</i>	3	16	2,3
<i>Ampharete octocirrata</i>	1	14	2,0
Øvrige arter	-	278	39,5

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensningsindikerende (NSI-5)
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---	----------------------------------



**Figur 3.1.1.1** Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved BOT-1.

**Tabell 3.1.1.2** Faunaresultater fra grabb 1, grabb 2 og grabb 3 med arts- og individtall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut verdier for gjennomsnitt av de tre grabbene ( $\bar{G}$ ), og bestemmende indekser (NQI1,  $H'$ , ES100, ISI og NSI) er normalisert til en økologisk verdi (nEQR  $\bar{G}$ ). Gjennomsnittet av nEQR  $\bar{G}$ -verdiene er grabbverdien for stasjonen. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til (iht tabell V5.2).

Indeks	BOT-1-1	BOT-1-2	BOT-1-3	$\bar{G}$	nEQR $\bar{G}$
S	47	59	52	53	
N	199	305	199	234	
NQI1	0,748	0,758	0,742	0,750	0,833
$H'$	4,277	4,753	4,453	4,494	0,859
J	0,770	0,808	0,781	0,786	
$H'$ max	5,555	5,883	5,700	5,713	
ES100	34,300	35,950	35,950	35,400	0,872
ISI	8,238	9,200	8,960	8,799	0,813
NSI	23,304	23,414	23,168	23,295	0,772
Grabbverdi					0,830

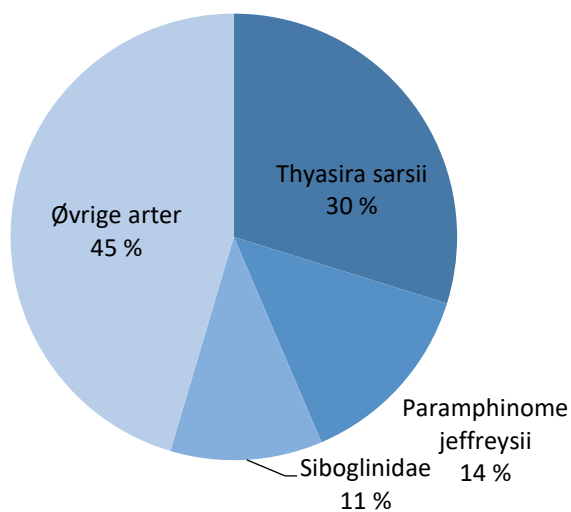
### 3.1.2 BOT-2

Ved BOT-2 ble det registrert 218 individer fordelt på 31 arter (tabell 3.1.2.1, tabell 3.1.2.2 og figur 3.1.2.1). Stasjonen ble klassifisert i nedre del av intervallet for **god tilstand** ut fra veileder 02:2018.

**Tabell 3.1.2.1** De ti hyppigst forekommende artene ved BOT-2 oppgitt i antall og prosent, samt fargekoding for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Thyasira sarsii</i>	4	65	29,8
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3	30	13,8
<i>Siboglinidae</i>	1	24	11,0
<i>Parathyasira equalis</i>	3	19	8,7
<i>Aphelochaeta sp.</i>	2	17	7,8
<i>Amaeana trilobata</i>	1	11	5,0
<i>Nemertea</i>	3	8	3,7
<i>Heteromastus filiformis</i>	4	6	2,8
<i>Galathowenia oculata</i>	3	5	2,3
<i>Polycirrus plumosus</i>	2	4	1,8
Øvrige arter	-	29	13,3

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensningsindikerende (NSI-5)
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---	----------------------------------



**Figur 3.1.2.1** Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved BOT-2.

**Tabell 3.1.2.2** Faunaresultater fra grabb 1, grabb 2 og grabb 3 med arts- og individtall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut verdier for gjennomsnitt av de tre grabbene ( $\bar{G}$ ), og bestemmende indekser (NQI1,  $H'$ , ES100, ISI og NSI) er normalisert til en økologisk verdi (nEQR  $\bar{G}$ ). Gjennomsnittet av nEQR  $\bar{G}$ -verdiene er grabbverdien for stasjonen. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til (iht tabell V5.2).

Indeks	BOT-2-1	BOT-2-2	BOT-2-3	$\bar{G}$	nEQR $\bar{G}$
S	19	14	17	17	
N	89	55	74	73	
NQI1	0,633	0,625	0,704	0,654	0,653
$H'$	2,951	2,919	3,176	3,015	0,585
J	0,695	0,767	0,777	0,746	
$H'$ max	4,248	3,807	4,087	4,048	
ES100*					
ISI	7,960	6,590	7,949	7,500	0,585
NSI	19,246	18,945	24,072	20,754	0,670
Grabbverdi					0,623

\*ES100 ikke beregnet for  $N < 100$  individer

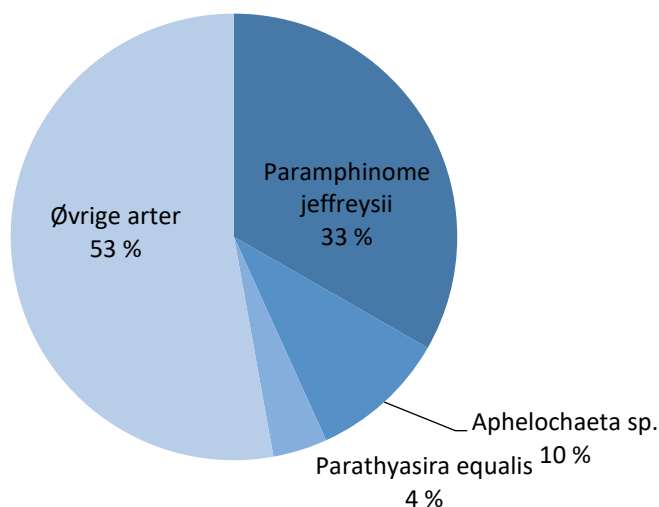
### 3.1.3 BOT-3

Ved BOT-3 ble det registrert 583 individer fordelt på 74 arter (tabell 3.1.3.1, tabell 3.1.3.2 og figur 3.1.3.1). Stasjonen ble klassifisert i nedre del av intervallet for **svært god tilstand** ut fra veileder 02:2018.583

**Tabell 3.1.3.1** De ti hyppigst forekommende artene ved BOT-3 oppgitt i antall og prosent, samt fargekoding for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3	194	33,3
<i>Aphelochaeta sp.</i>	2	58	9,9
<i>Parathyasira equalis</i>	3	23	3,9
<i>Prionospio cirrifera</i>	3	19	3,3
<i>Ampharete octocirrata</i>	1	17	2,9
<i>Levinsenia gracilis</i>	2	16	2,7
<i>Thyasira sarsii</i>	4	14	2,4
<i>Abyssoninoe sp.</i>		13	2,2
<i>Amphiura chiajei</i>	2	13	2,2
<i>Notomastus latericeus</i>	1	12	2,1
Øvrige arter	-	204	35,0

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensningsindikerende (NSI-5)
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---	----------------------------------



**Figur 3.1.3.1** Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved BOT-3.



**Tabell 3.1.3.2** Faunaresultater fra grabb 1, grabb 2 og grabb 3 med arts- og individtall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut verdier for gjennomsnitt av de tre grabbene ( $\bar{G}$ ), og bestemmende indekser (NQI1,  $H'$ , ES100, ISI og NSI) er normalisert til en økologisk verdi (nEQR  $\bar{G}$ ). Gjennomsnittet av nEQR  $\bar{G}$ -verdiene er grabbverdien for stasjonen. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til (iht tabell V5.2).

Indeks	BOT-3-1	BOT-3-2	BOT-3-3	$\bar{G}$	nEQR $\bar{G}$
S	49	43	44	45	
N	188	169	226	194	
NQI1	0,738	0,716	0,725	0,726	0,807
$H'$	4,521	4,089	3,793	4,134	0,823
J	0,805	0,753	0,695	0,751	
$H'$ max	5,615	5,426	5,459	5,500	
ES100	35,510	32,880	29,020	32,470	0,850
ISI	9,111	8,645	8,503	8,753	0,811
NSI	23,994	22,510	23,220	23,241	0,770
Grabbverdi					0,812

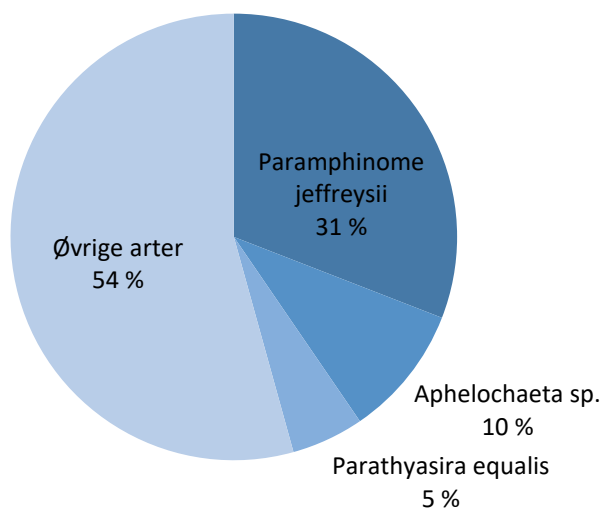
### 3.1.4 BOT-REF

Ved BOT-REF ble det registrert 534 individer fordelt på 76 arter (tabell 3.1.4.1, tabell 3.1.4.2 og figur 3.1.4.1). Stasjonen ble klassifisert i nedre del av intervallet **svært god tilstand** ut fra veileder 02:2018.

**Tabell 3.1.4.1** De ti hyppigst forekommende artene ved BOT-REF oppgitt i antall og prosent, samt fargekoding for NSI-gruppe for de respektive artene. Celler uten bakgrunnsfarge betyr at arten ikke er tildelt NSI-gruppe.

Art	NSI-gruppe	Antall individer	Prosent (%)
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	3	165	30,9
<i>Aphelochaeta sp.</i>	2	51	9,6
<i>Parathyasira equalis</i>	3	28	5,2
<i>Abra nitida</i>	3	28	5,2
<i>Siboglinidae</i>	1	20	3,7
<i>Spiophanes kroyeri</i>	3	17	3,2
<i>Thyasira sarsii</i>	4	16	3,0
<i>Heteromastus filiformis</i>	4	15	2,8
<i>Prionospio fallax</i>	2	14	2,6
<i>Levinsenia gracilis</i>	2	13	2,4
Øvrige arter	-	167	31,3

Forurensningssensitiv (NSI-1)	Forurensningsnøytral (NSI-2)	Forurensningstolerant (NSI-3)	Forurensningstolerant og opportunistisk (NSI-4)	Forurensningsindikerende (NSI-5)
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---	----------------------------------



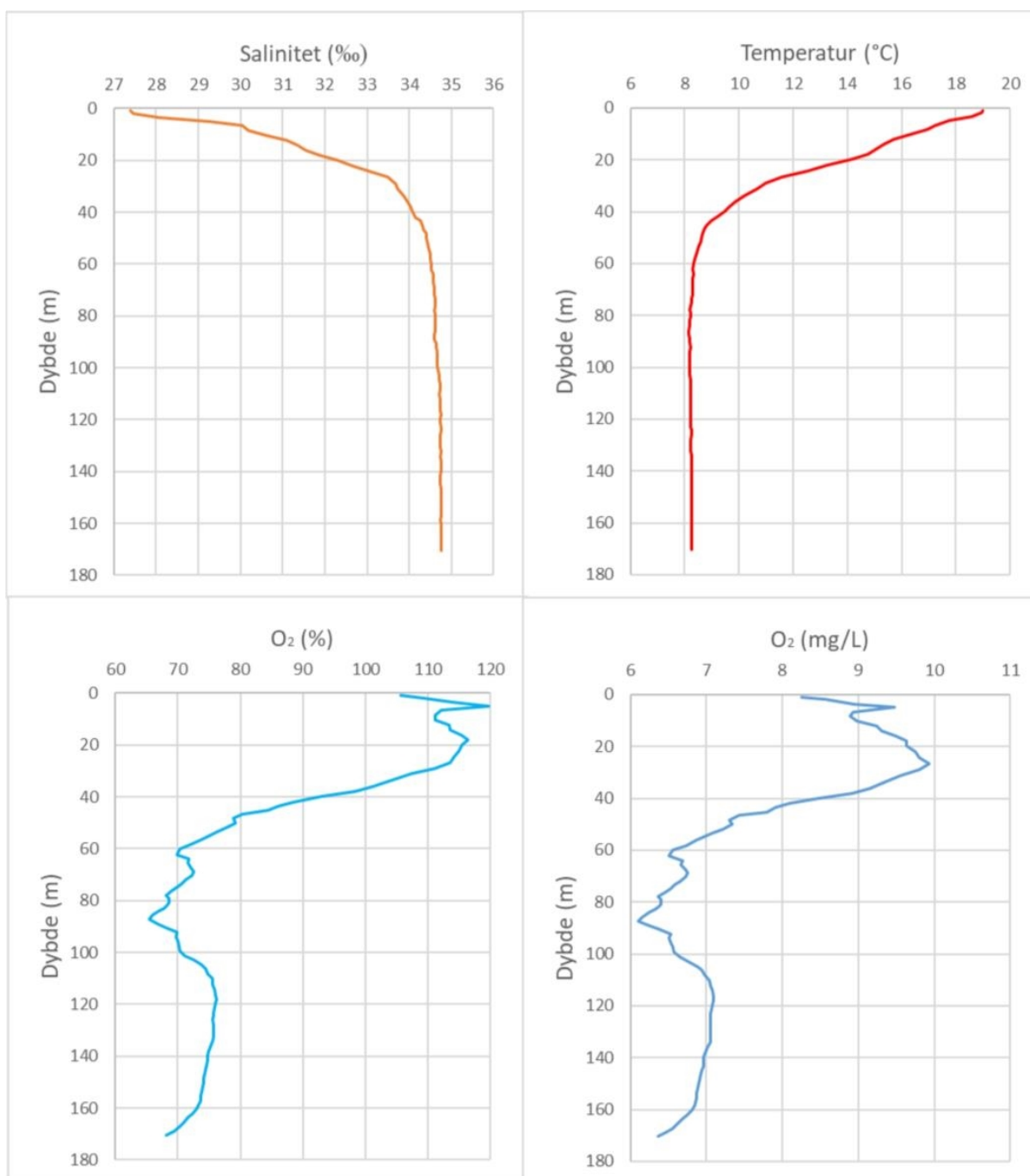
**Figur 3.1.4.1** Fordeling av antall individer for de tre hyppigste artene ved BOT-REF.

**Tabell 3.1.4.2** Faunaresultater fra grabb 1, grabb 2 og grabb 3 med arts- og individtall i tillegg til indekser for hver grabb. Det er regnet ut verdier for gjennomsnitt av de tre grabbene ( $\bar{G}$ ), og bestemmende indekser (NQI1,  $H'$ , ES100, ISI og NSI) er normalisert til en økologisk verdi (nEQR  $\bar{G}$ ). Gjennomsnittet av nEQR  $\bar{G}$ -verdiene er grabbverdien for stasjonen. Fargene viser hvilken tilstand de ulike indeksverdiene hører til (iht tabell V5.2).

Indeks	BOT-REF-1	BOT-REF-2	BOT-REF-3	$\bar{G}$	nEQR $\bar{G}$
S	37	47	47	44	
N	130	194	210	178	
NQI1	0,699	0,730	0,711	0,713	0,785
$H'$	4,500	4,179	3,880	4,186	0,829
J	0,864	0,752	0,699	0,772	
$H'$ max	5,209	5,555	5,555	5,440	
ES100	32,680	32,770	31,240	32,230	0,848
ISI	8,773	9,061	9,145	8,993	0,821
NSI	23,288	22,943	22,390	22,874	0,755
Grabbverdi					0,808

### 3.2 Hydrografi

Salinitet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen ved BOT-2 (figur 3.2.1). Saliniteten økte, mens temperaturen minket fra overflaten og ned til cirka 40 meter, hvor verdiene stabiliserte seg. Oksygeninnholdet varierte i øvre del av vannsøylen (0-30 meter), før det gikk tilbake i intervallet 30-60 meter. Fra 60 meter og ned mot bunnen var oksygenverdiene relativt stabile. Oksygeninnhold og oksygenmetning i bunnvannet ble klassifisert med henholdsvis tilstandsklasse *I – Svært god* og *II – God* i henhold til tabell V.5.3.



**Figur 3.2.1** Temperatur (°C), salinitet (‰), oksygeninnhold (mg/l) og oksygenmetning (%) fra overflaten og ned til bunnen ved BOT-2.

### 3.3 Sedimentanalyser

#### 3.3.1 Sensoriske vurderinger

Sedimentet bestod av sand, silt og grus. Det ble ikke registrert sensoriske indikasjoner på organisk belastning eller forekomster av naturlig organisk materiale. Samtlige prøvehugg var godkjent med tanke på volum og overflate, med unntak av huggene ved BOT-2 som hadde forstyrret overflate som følge av full grabb (Vedlegg 1).

#### 3.3.2 Kornfordeling

Kornfordelingen viser at prøvene i hovedsak bestod av leire og silt, men også en del sand. BOT-1 skiller seg noe fra øvrige stasjoner da denne stasjonen inneholder en større mengde sand enn leire og silt (Tabell 3.3.2.1).

**Tabell 3.3.2.1** Kornfordeling. Leire og silt er definert med kornstørrelser < 0,063 mm, sand er definert med kornstørrelser fra 0,063 – 2 mm, og grus er definert med kornstørrelser > 2 mm. Manglende data er merket med i.a.

Stasjon	Leire og Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
BOT-1	37,50	58,38	4,07
BOT-2	62,90	34,43	2,64
BOT-3	60,30	34,62	5,06
BOT-REF	68,10	24,47	7,40

#### 3.3.3 Kjemiske parametere

Verdiene for pH og  $E_h$  ble klassifisert med tilstand 1 (meget god) ved alle stasjonene (Tabell 3.3.3.1).

**Tabell 3.3.3.1** pH- og  $E_h$ -verdier fra sedimentoverflaten. Beregnet poengverdi går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er meget god, og 4 er meget dårlig (NS 9410 2016). Manglende data er merket med i.a.

Stasjon	pH	$E_h$	pH/ $E_h$ poeng	Tilstand
BOT-1	7,56	384	0	1 / Meget god
BOT-2	7,70	386	0	1 / Meget god
BOT-3	7,53	370	0	1 / Meget god
BOT-REF	7,53	360	0	1 / Meget god

De kjemiske resultatene viste hovedsakelig lave og relativt jevne konsentrasjoner mellom de ulike stasjonene, med unntak av BOT-2. Høyeste konsentrasjoner for samtlige parametere ble funnet ved denne stasjonen, hvor særlig innholdet av karbon og nitrogen var svært høyt (Tabell 3.3.3.2).

**Tabell 3.3.3.2** Innhold av undersøkte kjemiske parametere i sedimentet og etter innholdet av tørrstoff (TS). Tilstand (TS) er oppgitt etter FT Veileder 97:03 for normalisert TOC (nTOC; mg/g) og totalt organisk materiale (TOM; glødetap i % av TS). Sink (Zn; mg/kg TS) og kobber (Cu; mg/kg TS) klassifiseres etter Veileder 02:2018. Fosfor (P; mg/kg TS) og nitrogen (N; mg/kg TS) har ikke tildelt tilstand og karbon-nitrogenforholdet (C:N) er oppgitt som ratio mellom de to enhetene. Måleusikkerhet er oppgitt med sine respektive måleenheter for kobber, sink, fosfor og nitrogen. Manglende data er merket med i.a.

Stasjon	TOM	nTOC	TS	N	±	C:N	P	±	Zn	±	TS	Cu	±	TS
BOT-1	4,65	24,44	II	2000	390	6,60	779	101	29,0	6,13	I	9,79	2,80	I
BOT-2	21,0	75,17	V	11200	2020	6,12	1320	172	113,0	24,0	II	46,90	7,43	II
BOT-3	68,0	20,64	II	2100	410	6,43	840	109	32,60	6,88	I	10,80	2,88	I
BOT-REF	6,93	26,54	II	2800	530	7,43	879	114	57,20	12,03	I	13,90	3,17	I

## 4 Diskusjon

Samlet viser faunaresultatene gode forhold i influensområdet rundt Botnastranda. Samtlige stasjoner ble klassifisert med enten god eller svært god faunatilstand, og de geokjemiske resultatene viste i hovedsak lave konsentrasjoner som bidrar til å underbygge de gode faunaforholdene.

Den forurensningstolerante børstemarken *Paramphinome jeffreysii* var særlig dominerende i området og utgjorde rundt 30 % av det totale individantallet ved de fleste stasjoner. Utover dette var det flere forurensningssensitive og -nøytrale arter til stede i høyt antall, som tilsier gode faunaforhold. Stasjon BOT-2 skilte seg noe fra øvrige stasjoner med den opportunistiske muslingen *Thyasira sarsii* (30 %) som hyppigste art. Her ble det også registrert et noe lavere arts- og individantall, og dermed også biodiversitet. Sammen bidro dette til en lavere tilstandsverdi her, hvor stasjonen ble klassifisert som god fremfor svært god som ved øvrige stasjoner. Biodiversiteten så generelt ut til å avta med økende avstand fra det planlagte utslippspunktet, i hovedstrømsretningen mot øst. Ettersom bunnen skrånner mot nordøst ned mot dypere områder, kan dette sammen med strømforholdene bidra til å forklare noe reduserte faunaforhold her. Bunntopografien gir potensiale for økt akkumulering av organisk materiale i bunnen av skrånningen, noe som også gjenspeiles i kjemiresultatene som blant annet viser et betydelig høyere innhold av karbon ved BOT-2.

Referansestasjonen (BOT-REF) viste tilsvarende faunaforhold som ved øvrige stasjoner, med høy biodiversitet og mange av de samme artene i høyt antall. Den ansees derfor som representativ som områdets naturlige tilstand og vil kunne benyttes som referanse ved eventuelle fremtidige sammenligninger.

Det ble gjort flere forsøk på å plassere BOT-1, men grunnet utfordrende prøveforhold tettere opp mot det planlagte utslippspunktet (hardbunn), måtte stasjonen flyttes noe lengre mot øst. Ved endelig stasjonsoppsett ble samtlige prøvehugg godkjent for volum og overflate, med unntak av huggene ved BOT-2 hvor overflaten var forstyrret som følge av full grabb. Dette kan i utgangspunktet påvirke kjemi- og geologiresultatene, da disse prøvene tas fra de øverste centimeterne av sedimentet. En full grabb kan føre til at det øverste laget av sedimentet presses ut av grabben, og dermed reduserer konsentrasjonene før de blir målt. Ettersom øvrige stasjoner viste lave og relativt jevne konsentrasjoner, hvor BOT-2 skilte seg tydelig fra disse, er det imidlertid rimelig å anta at resultatene likevel gir et representativt bilde av de geokjemiske forholdene i området. Det er heller ikke grunn til å tro at faunaresultatene har blitt påvirket, da nettingen på toppen av grabben generelt holder dyrene igjen.

Det ble i tillegg observert forskjeller i indekser mellom grabber ved BOT-2. Dette tyder på lokale forskjeller i faunaen på havbunnen, og er ikke nødvendigvis unormalt. Grunnet et lavere arts- og individantall ved denne stasjonen, vil eventuelle forskjeller i fauna ved ulike hugg gi større utslag på klassifiseringene enn ved øvrige stasjoner. De observerte forskjellene anses imidlertid ikke som store nok til å kunne endre stasjonens tilstandsklassifisering, og det antas derfor å ikke ha påvirket resultatene i nevneverdig grad. Åkerblå mener derfor at prøvene er gode nok til å kunne beskrive og overvåke den økologiske tilstanden ved Botnastranda.



## 5 Litteraturliste


- Bakke et al. (2007). Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *Klif publikasjon ta 2229:2007*.
- Berge G. (2002). Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548-2002*.
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin 40 (12), 1100–1114*
- Bray JR, Curtis JT. (1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs 27:325-349*.
- Carpenter EJ and Capone DJ. 1983. *Nitrogen in the marine environment*. Stony Brook, Marine Science Research Center. 900p
- Faganelli J, Malej A, Pezdic J and Malacic V. 1988. *C:N:P ratios and stable C isotopic ratios as indicator of sources of organic matter in the Gulf of Trieste (northern Adriatic)*. *Oceanologia Acta 11: 377-382*.
- Gray JS, Mirza FB. (1979). A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin 10:142-146*.
- Horton et al. (2016) World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2016-10-20. doi:10.14284/170 //www.marinespecies.org at VLIZ. Accessed 2016-10-20. doi:10.14284/170.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. (1997). *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- NS 4764 (1980). Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. Norges standardiseringsforbund.
- NS 9410 (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg. Standard Norge.
- NS-EN ISO 16665 (2014). Vannundersøkelse, Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014). Standard Norge
- Pearson TH, Rosenberg R. (1978). Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review 16:229-311*.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. (1983). Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series 12:237-255*.
- Pielou EC. (1966). The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology 13:131-144*.
- Rygg B. & Nordling K. (2013). Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVA-rapport 6475-2013.

- Rygg B, Thélin, I. (1993). Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - SFT-veiledning nr. 93:02 20 pp.
- Shannon CE, Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.
- Torrissen O, Hansen P. K., Aure J., Husa V., Andersen S., Strohmeier T., Olsen R.E. (2016) *Næringsutslipp fra havbruk – nasjonale og regionale perspektiv*. Rapport fra Havforskningen, Nr.21-2016. Havforskningsinstituttet, Bergen. ISSN 1893-4536
- Veileder 02:2018 (2018) Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen for gjennomføring av vanddirektivet/Miljøstandardprosjekt.
- Åkerblå AS (2021). *Vurdering av strømforhold ved Botnastranda*. Rapportnummer: 103007-01-001. 68 sider.

## 6 Vedlegg

### Vedlegg 1 - Feltlogg (B-parametere)\*

\*Se Tabell V.5.5 for volum.

Kunde	Slakteriet Holding AS				Lokalitet/P.nr	Botnastranda/ny lokalitet							
Dato	15.07.2021				Toktleder	DS							
Prøvetaking	START: 1300		SLUTT: 1730		Alt. Personell	EB							
Vær	OK				Sjøtemperatur	18,9°C							
Utsyr ID / Kalibrering	Grab: U-0366; Sil: U-0362; Eh: U-0382; pH: U-0382. pH- kalibrering: 7,00 Sjø: Eh: 191 pH: 7,99												
Stasjon nr/navn	BOT-1				BOT-2				BOT-3				
Planlagt posisjon N / Ø	61°37.287/5°07.652				61°37.316/5°08.038				61°37.300/5°07.803				
Reell posisjon N / Ø	61°37.295/5°07.735				61°37.316/5°08.038				61°37.300/5°07.803				
Dybde (meter)	109				157				111				
Hugg nr	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Antall forsøk	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Godkjent hugg overflate (ja/nei)	ja	ja	ja	ja	nei	nei	nei	nei	ja	ja	ja	ja	
Godkjent hugg volum (ja/nei)	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	
Volum (cm)	3	5	4	4	0	0	0	0	5	4	2	4	
Antall flasker	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	
pH	7,56				7,70				7,53				
Eh (mV)	184				186				170				
Sediment	Skjellsand												
	Sand	1	1	1					2	2	2		
	Grus	3	3	3					3	3	3		
	Mudder												
	Silt	2	2	2		1	1	1		1	1	1	
	Leire												
Farge	Steinbunn												
	Lys/Grå (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lukt	Brun/Sort (2)												
	Ingen (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Noe (2)												
Kons	Sterk (4)												
	Fast (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Myk (2)												
Merknader / avvik:	Løs (4)												
	G2: Slimål				CTD								
Spesielle hensyn / ekstraordinære prøveuttak (kan også noteres pr stasjon under merknader)													
Desinfeksjon av prøvetakingsutstyr	Des. middel	Viroid		Konsentrasjon/virketid	1%/1t		Dato/sign.	15.07.21					
*K/G/F = Kjemi/Geologi/Fauna				Signatur: 									

Kunde	Slakteriet Holding AS				Lokalitet/P.nr	Botnastranda/ny lokalitet							
Dato	15.07.2021				Toktleder	DS							
Prøvetaking	START: 1300		SLUTT: 1730		Alt. Personell	EB							
Vær	OK				Sjøtemperatur	18,9°C							
Utsyr ID / Kalibrering	Grab: U-0366; Sil: U-0362; Eh: U-0382; pH: U-0382. pH- kalibrering: 7,00 Sjø: Eh: 191 pH: 7,99												
Stasjon nr/navn	BOT-REF												
Planlagt posisjon N / Ø	61°37.174/5°09.079												
Reell posisjon N / Ø	61°37.174/5°09.079												
Dybde (meter)	110												
Hugg nr	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Antall forsøk	1	2	1	1									
Godkjent hugg overflate (ja/nei)	ja	ja	ja	ja									
Godkjent hugg volum (ja/nei)	ja	ja	ja	ja									
Volum (cm)	1	3	9	2									
Antall flasker	1	1	1	2									
pH				7,53									
Eh (mV)				160									
Sediment	Skjellsand												
	Sand	2	2	2									
	Grus	3	3	3									
	Mudder												
	Silt	1	1	1									
	Leire												
Farge	Steinbunn												
	Lys/Grå __ (0)	0	0	0	0								
Lukt	Brun/Sort (2)												
	Ingen __ (0)	0	0	0	0								
	Noe __ (2)												
Kons	Sterk __ (4)												
	Fast __ (0)	0	0	0	0								
	Myk __ (2)												
	Løs __ (4)												
Merknader / avvik:													
Spesielle hensyn / ekstraordinære prøveuttak (kan også noteres pr stasjon under merknader)													
Desinfeksjon av prøvetakingsutstyr	Des. middel	Viroid			Konsentrasjon/virketid	1%/1t		Dato/sign.	15.07.21				
*K/G/F = Kjemi/Geologi/Fauna					Signatur:								

## Vedlegg 2 - Analysebevis


**EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT  
FRANCE SAS**

**EUROFINS ENVIRONMENT TESTING  
NORWAY AS**  
**Results**  
 Mollebakken 50  
 PB 3055  
 NO-1538 MOSS  
 NORVEGE

---

**ANALYTICAL REPORT**


---

**Batch N° 21E148366**

Analytical report number: AR-21-LK-172951-01

Version of : 30/07/2021

Date of Technical Reception 20/07/2021

First date of physical receipt : 20/07/2021

Batch Reference :

Order Reference : EUNOMO00063589

Analytical service manager : Justine Bailly / JustineBailly@eurofins.com / +336 7538 2562

Sample	Matrix		Sample reference
001	Sediments	(SED)	439-2021-07190039 - Dag Slettebø - BOT-1 KJE
002	Sediments	(SED)	439-2021-07190040 - BOT-1 GEO
003	Sediments	(SED)	439-2021-07190041 - BOT-2 KJE
004	Sediments	(SED)	439-2021-07190042 - BOT-2 GEO
005	Sediments	(SED)	439-2021-07190043 - BOT-3 KJE
006	Sediments	(SED)	439-2021-07190044 - BOT-3 GEO
007	Sediments	(SED)	439-2021-07190045 - BOT-REF KJE
008	Sediments	(SED)	439-2021-07190046 - BOT-REF GEO



## EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

### ANALYTICAL REPORT

**Batch N° 21E148366**

Version of : 30/07/2021

Analytical report number: AR-21-LK-172951-01

Date of Technical Reception 20/07/2021

First date of physical receipt : 20/07/2021

Batch Reference :

Order Reference : EUNOMO00063589

Sample N°	001	002	003	004	005	006
Customer reference	439-2021-07 190039	439-2021-07 190040	439-2021-07 190041	439-2021-07 190042	439-2021-07 190043	439-2021-07 190044
Matrix	SED	SED	SED	SED	SED	SED
Sampling date						
Start of analysis	22/07/2021	22/07/2021	22/07/2021	22/07/2021	22/07/2021	22/07/2021
Temperature of the air in the container	19.5°C	19.5°C	19.5°C	19.5°C	19.5°C	19.5°C

#### Administrative

LSKEY : Norway granulometry  
specific report

#### Physico-Chemical preparation

XXS06 : Pretreatment and drying  
at 40°C

LSA07 : Dry weight

% rw

\* 49.2

\* 22.8

\* 49.1

XXS07 : Prepa - Sieving and  
refusal at 2 mm

% rw

\* 11.3

\* 4.07

\* 2.60

\* 2.64

\* 12.3

\* 5.06

#### Physical measurements

LS995 : Loss on ignition with  
550°C

% DM

4.65

21.0

68.0

LS4WH : Cumulative percentage  
0.02 to 2 µm

%

\* 1.31

\* 3.32

\* 2.52

LS4P2 : Cumulative percentage  
0.02 to 20 µm

%

\* 12.57

\* 32.63

\* 23.65

LSQK3 : Cumulative percentage  
0.02 to 63 µm

%

\* 39.14

\* 64.63

\* 63.53

LS3PB : Cumulative percentage  
0.02 to 200 µm

%

\* 91.35

\* 80.29

\* 99.56

LS9AT : Cumulative percentage  
0.02 to 2000 µm

%

\* 100.00

\* 100.00

\* 100.00

LS9AS : Fraction 2 - 20 µm

%

\* 11.26

\* 29.50

\* 21.13

LSSKU : Fraction 20 - 63 µm

%

\* 26.57

\* 31.81

\* 39.88

LS9AV : Fraction 63 - 200 µm

%

\* 52.21

\* 15.65

\* 36.03

LS3PC : Fraction 200 - 2000 µm

%

\* 8.65

\* 19.71

\* 0.44

#### Pollution index

LS916 : Nitrogen Kjeldahl (NTK)

g/kg dry  
matter

\* 2.0

\* 11.2

\* 2.1

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Saverny Laboratory  
5 rue d'Otterswiller - 67700 Saverny  
Phone +33(0)3 88 911 911 - Fax +33(0)3 88 916 531 - Website : www.eurofins.fr/evn  
SAS with a capital of 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION N° 1-  
1488 Scope available on  
www.cofrac.fr



**ANALYTICAL REPORT**
**Batch N° 21E148366**

Version of : 30/07/2021

Analytical report number: AR-21-LK-172951-01

Date of Technical Reception 20/07/2021

First date of physical receipt : 20/07/2021

Batch Reference :

Order Reference : EUNOMO00063589

Sample N°	001	002	003	004	005	006
Customer reference	439-2021-07 190039	439-2021-07 190040	439-2021-07 190041	439-2021-07 190042	439-2021-07 190043	439-2021-07 190044
Matrix	SED	SED	SED	SED	SED	SED
Sampling date						
Start of analysis	22/07/2021	22/07/2021	22/07/2021	22/07/2021	22/07/2021	22/07/2021
Temperature of the air in the container	19.5°C	19.5°C	19.5°C	19.5°C	19.5°C	19.5°C

**Pollution index**

LSSKM : Total Organic Carbon (TOC)	mg/kg dm	*	13200		*	68500		*	13500
------------------------------------	----------	---	-------	--	---	-------	--	---	-------

**Metals**

XXS01 : Mineralisation Water Regale on solides		*	-		*	-		*	-
LS874 : Copper (Cu)	mg/kg dm	*	9.79		*	46.9		*	10.8
LS882 : Phosphorus (P)	mg/kg dry matter	*	779		*	1320		*	840
LS894 : Zinc (Zn)	mg/kg dm	*	29.0		*	113		*	32.6

**ANALYTICAL REPORT**
**Batch N° 21E148366**

Version of : 30/07/2021

Analytical report number: AR-21-LK-172951-01

Date of Technical Reception 20/07/2021

First date of physical receipt : 20/07/2021

Batch Reference :

Order Reference : EUNOMO00063589

Sample N°	007	008
Customer reference	439-2021-07 190045	439-2021-07 190046
Matrix	SED	SED
Sampling date		
Start of analysis	22/07/2021	22/07/2021
Temperature of the air in the container	19.5°C	19.5°C

**Administrative**
LSKEY : Norway granulometry  
specific report
**Physico-Chemical preparation**
XXS06 : Pretreatment and drying  
at 40°C

LSA07 : Dry weight % rw

XXS07 : Prepa - Sieving and  
refusal at 2 mm % rw
**Physical measurements**
LS995 : Loss on ignition with  
550°C % DMLS4WH : Cumulative percentage  
0.02 to 2 µm %LS4P2 : Cumulative percentage  
0.02 to 20 µm %LSQK3 : Cumulative percentage  
0.02 to 63 µm %LS3PB : Cumulative percentage  
0.02 to 200 µm %LS9AT : Cumulative percentage  
0.02 to 2000 µm %

LS9AS : Fraction 2 - 20 µm %

LSSKU : Fraction 20 - 63 µm %

LS9AV : Fraction 63 - 200 µm %

LS3PC : Fraction 200 - 2000 µm %

**Pollution index**
LS916 : Nitrogen Kjeldahl (NTK)  
g/kg dry matter



**ANALYTICAL REPORT**
**Batch N° 21E148366**

Analytical report number: AR-21-LK-172951-01

Version of : 30/07/2021

Date of Technical Reception 20/07/2021

First date of physical receipt : 20/07/2021

Batch Reference :

Order Reference : EUNOMO00063589

Sample N°	007	008		
Customer reference	439-2021-07 190045 SED	439-2021-07 190046 SED		
Matrix				
Sampling date				
Start of analysis	22/07/2021	22/07/2021		
Temperature of the air in the container	19.5°C	19.5°C		

**Pollution index**

LSSKM : **Total Organic Carbon (TOC)** mg/kg dm \* 20800

**Metals**
XXS01 : **Mineralisation Water**

Regale on solides

LS874 : **Copper (Cu)** mg/kg dm \* 13.9LS882 : **Phosphorus (P)** mg/kg dry matter \* 879LS894 : **Zinc (Zn)** mg/kg dm \* 57.2

D : detected / ND : undetected

z2 or (2): control zone



Anne Biancalana

Coordinatrice de Projets Clients

**EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT  
FRANCE SAS**

---

**ANALYTICAL REPORT**

---

**Batch N° 21E148366**

Version of : 30/07/2021

Analytical report number: AR-21-LK-172951-01

Date of Technical Reception 20/07/2021

First date of physical receipt : 20/07/2021

Batch Reference :

Order Reference : EUNOMO00063589

Reproduction of this document is only permitted in its entirety. It contains 8 page(s). This report concerns only the test objects. Any results and conclusions apply to the sample as received. The data transmitted by the client that may affect the validity of the results (date of sampling, matrix, sample reference and other information identified as coming from the client) shall not engage the responsibility of the laboratory.

Only certain parameters reported in this report are covered by accreditation. They are identified by the symbol \*.

All changes are identified by bold, italics and underlining when a new version of the report is issued.

Information relating to the detection limit for a parameter is not covered by the Cofrac accreditation.

The results preceded by the sign < correspond to the limits of quantification, they are the responsibility of the laboratory and depend on the matrix.

All elements of traceability and uncertainty (determined with  $k = 2$ ) are available on request.

For subcontracted results, reports from accredited laboratories are available on request.

Laboratory approved by the Minister in charge of the Environment - see the list of laboratories on the Ministry in charge of the Environme ~~approved by the Minister in charge of the~~  
<http://www.labeau.ecologie.gouv.fr>

Approved laboratory for carrying out analyses of water health control parameters - detailed scope of approval available on request.

**Technical appendix**

Batch N°21E148366

Analytical report number: AR-21-LK-172951-01

Order type :

EOL order

Project name :

Order Reference EUNOMO00063589

**Sediments**

Code	Analysis	Principle and reference of the method	LQI	Unit	Service carried out on the site of :
LS3PB	Cumulative percentage 0.02 to 200 µm	Spectroscopy (laser diffraction) - Internal Method	0	%	Test done on Eurofins Analyses pour l'Environnement France
LS3PC	Fraction 200 - 2000 µm		0	%	
LS4P2	Cumulative percentage 0.02 to 20 µm		0	%	
LS4WH	Cumulative percentage 0.02 to 2 µm		0	%	
LS874	Copper (Cu)	ICP-OES [Mineralization with aqua regia] - NF EN ISO 11885 - NF EN ISO 54321(sol.boue) Méthode interne(autres)	5	mg/kg dm	
LS882	Phosphorus (P)		1	mg/kg dry matter	
LS894	Zinc (Zn)		5	mg/kg dm	
LS916	Nitrogen Kjeldahl (NTK)	Volumetry [Mineralization] - Internal Method (Sol) - NF EN 13342	0.5	g/kg dry matter	
LS995	Loss on ignition with 550°C	Gravimetry - NF EN 12879 (cancelled)	0.1	% DM	
LS9AS	Fraction 2 - 20 µm	Spectroscopy (laser diffraction) - Internal Method	0	%	
LS9AT	Cumulative percentage 0.02 to 2000 µm		0	%	
LS9AV	Fraction 63 - 200 µm		0	%	
LSA07	Dry weight	Gravimetry - NF EN 12880	0.1	% ne	
LSKEY	Norway granulometry specific report	Interpretation/Comment -			
LSQK3	Cumulative percentage 0.02 to 63 µm	Spectroscopy (laser diffraction) - Internal Method	0	%	
LSSKM	Total Organic Carbon (TOC)	Combustion [Dry] - NF EN 15936 - Méthode B	1000	mg/kg dm	
LSSKU	Fraction 20 - 63 µm	Spectroscopy (laser diffraction) - Internal Method	0	%	
XXS01	Mineralisation Water Regale on solides	Digestion (acid) -			
XXS06	Pretreatment and drying at 40°C	Drying [the Laboratory works on a fraction <2mm except clair demand for customer] - NF ISO 11484 (sludge and sediments)			
XXS07	Prepa - Sieving and refusal at 2 mm	Sieving [the Laboratory works on a fraction <2mm except clair demand for customer] -	1	% ne	

### Sample traceability appendix

*This traceability records the bottles of samples scanned in EOL on site before being sent to the laboratory.*

**Batch N° 21E148366**

Analytical report number: AR-21-LK-172951-01

Order type :

EOL order

Project name :

Order Reference EUNOMO00063589

**Sediments**

Sampl	Customer reference	Sampling date and hour	Date of Physical Reception (1)	Date of Technical Reception (2)	Barcode	Bottle name
001	439-2021-07190039		20/07/2021	20/07/2021		
002	439-2021-07190040		20/07/2021	20/07/2021		
003	439-2021-07190041		20/07/2021	20/07/2021		
004	439-2021-07190042		20/07/2021	20/07/2021		
005	439-2021-07190043		20/07/2021	20/07/2021		
006	439-2021-07190044		20/07/2021	20/07/2021		
007	439-2021-07190045		20/07/2021	20/07/2021		
008	439-2021-07190046		20/07/2021	20/07/2021		

(1) : Date on which the sample was received at the laboratory. Where the information could not be retrieved, this is indicated by N/A (not applicable).

(2) : Date on which the laboratory had all the information necessary to finalise the registration of the sample.



Åkerblå AS  
Sjukenesstranda 54  
6037 EIDSNES  
Attn: Kundeinfo miljø | Åkerblå

Eurofins Environment Testing Norway  
AS (Moss)  
F. reg. NO9 651 416 18  
Mellebakken 50  
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00  
Environment\_sales@eurofins.no

AR-21-MM-068762-01

EUNOMO-00302174

Prøvemottak: 19.07.2021  
Temperatur:  
Analyseperiode: 19.07.2021-02.08.2021  
Referanse: 103352 - Botnastranda

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2021-07190039	Prøvetakingsdato:	15.07.2021		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Dag Slettebø		
Prøvemerking:	BOT-1 KJE Dag Slettebø	Analysestartdato:	19.07.2021		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kobber (Cu)	9.79	mg/kg TS	5	2.801	NF EN ISO 54321 (sol, boue) Méthode interne (autre, NF EN ISO 11885
a) Sink (Zn)	29.0	mg/kg TS	5	6.13	NF EN ISO 54321 (sol, boue) Méthode interne (autre, NF EN ISO 11885
a)* Glødetap ved 550°C					
a)* Glødetap (550°C)	4.65	% TS	0.1		NF EN 12879 (cancelled)
a) Torrstoff					
a) Torrvekt steg 1	49.2	% rv	0.1	2.46	NF EN 12880
a) Total Fosfor					
a) Phosphorus (P)	779	mg/kg TS	1	101	NF EN ISO 54321 (sol, boue) Méthode interne (autre, NF EN ISO 11885
a) Total nitrogen - Kjeldahl					
a) Nitrogen Kjeldahl (BOOM)	2.0	g/kg TS	0.5	0.39	Internal Method (Soil), NF EN 13342
a) Totalt organisk karbon (TOC)	13200	mg/kg TS	1000	2614	NF EN 15936 - Méthode B

### Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a)\* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne  
a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne COFRAC TESTING (scope on [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr))  
1-1488,

### Toppforklaring:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet  
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Målesikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 2



Åkerblå AS  
Sjukenesstranda 54  
6037 EIDSNES  
Attn: Kundeinfo miljø | Åkerblå

Eurofins Environment Testing Norway  
AS (Moss)  
F. reg. NO9 651 416 18  
Mellebakken 50  
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00  
Environment\_sales@eurofins.no

**AR-21-MM-068765-01**

**EUNOMO-00302174**

Prøvemottak: 19.07.2021  
Temperatur:  
Analyseperiode: 19.07.2021-02.08.2021  
Referanse: 103352 - Botnastranda

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2021-07190041	Prøvetaksdato:	15.07.2021		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Dag Slettebø		
Prøvemerkning:	BOT-2 KJE	Analysestartdato:	19.07.2021		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kopper (Cu)	46.9	mg/kg TS	5	7.43	NF EN ISO 54321 (sol, boue) Méthode interne (autre, NF EN ISO 11885
a) Sink (Zn)	113	mg/kg TS	5	24	NF EN ISO 54321 (sol, boue) Méthode interne (autre, NF EN ISO 11885
<b>a)* Glødetap ved 550°C</b>					
a)* Glødetap (550°C)	21.0	% TS	0.1		NF EN 12879 (cancelled)
<b>a) Tørrestoff</b>					
a) Tørrevkt steg 1	22.8	% rv	0.1	1.14	NF EN 12880
<b>a) Total Fosfor</b>					
a) Phosphorus (P)	1320	mg/kg TS	1	172	NF EN ISO 54321 (sol, boue) Méthode interne (autre, NF EN ISO 11885
<b>a) Total nitrogen - Kjeldahl</b>					
a) Nitrogen Kjeldahl (BOOM)	11.2	g/kg TS	0.5	2.02	Internal Method (Soil), NF EN 13342
a) Totalt organisk karbon (TOC)	68500	mg/kg TS	1000	13444	NF EN 15936 - Méthode B

### Utførende laboratorium/ Underleverander:

- a)\* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne  
a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne COFRAC TESTING (scope on [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr))  
1-1488,

Moss 02.08.2021

*Kjetil Sjaastad*

Kjetil Sjaastad

Analytical Service Manager

### Tegnforklaring:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet  
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l betyr "ikke påvist".

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultat er utenfor grenseverd/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 1



Akerblå AS  
Sjukenesstranda 54  
6037 EIDSNES  
Attn: Kundeinfo miljø | Åkerblå

Eurofins Environment Testing Norway  
AS (Moss)  
F. reg. NO9 651 416 18  
Mellebakken 50  
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00  
Environment\_sales@eurofins.no

**AR-21-MM-068771-01**

**EUNOMO-00302174**

Prøvemottak: 19.07.2021  
Temperatur:  
Analyseperiode: 19.07.2021-02.08.2021  
Referanse: 103352 - Botnastranda

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2021-07190043	Prøvetakingsdato:	15.07.2021		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Dag Slettebø		
Prøvemerkning:	BOT-3 KJE	Analysestartdato:	19.07.2021		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kobber (Cu)	10.8	mg/kg TS	5	2.88	NF EN ISO 54321 (sol, boue) Méthode interne (autre, NF EN ISO 11885)
a) Sink (Zn)	32.6	mg/kg TS	5	6.88	NF EN ISO 54321 (sol, boue) Méthode interne (autre, NF EN ISO 11885)
<b>a)* Glødetap ved 550°C</b>					
a)* Glødetap (550°C)	68.0	% TS	0.1		NF EN 12879 (cancelled)
<b>a) Tørrestoff</b>					
a) Tørvekt steg 1	49.1	% rv	0.1	2.46	NF EN 12880
<b>a) Total Fosfor</b>					
a) Phosphorus (P)	840	mg/kg TS	1	109	NF EN ISO 54321 (sol, boue) Méthode interne (autre, NF EN ISO 11885)
<b>a) Total nitrogen - Kjeldahl</b>					
a) Nitrogen Kjeldahl (BOOM)	2.1	g/kg TS	0.5	0.41	Internal Method (Soil), NF EN 13342
a) Totalt organisk karbon (TOC)	13500	mg/kg TS	1000	2672	NF EN 15936 - Méthode B

### Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a)\* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne  
a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne COFRAC TESTING (scope on [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)) 1-1488.

Moss 02.08.2021

*Kjetil Sjaastad*

Kjetil Sjaastad

Analytical Service Manager

### Torforklaring:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet  
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr "ikke påvist".  
Målesikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.  
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.  
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).  
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 1

AR-001 v 108



Åkerblå AS  
Sjukenesstranda 54  
6037 EIDSNES  
Attn: Kundeinfo miljø | Åkerblå

Eurofins Environment Testing Norway  
AS (Moss)  
F. reg. NO9 651 416 18  
Møllebakken 50  
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00  
Environment\_sales@eurofins.no

**AR-21-MM-068767-01**

**EUNOMO-00302174**

Prøvemottak: 19.07.2021  
Temperatur:  
Analyseperiode: 19.07.2021-02.08.2021  
Referanse: 103362 - Botnastranda

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2021-07190045	Prøvetaksdato:	15.07.2021		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Dag Slettebo		
Prøvemerkning:	BOT-REF KJE	Analysestartdato:	19.07.2021		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) Kopper (Cu)	13.9	mg/kg TS	5	3.17	NF EN ISO 54321 (sol, boue) Méthode interne (autre, NF EN ISO 11885)
a) Sink (Zn)	57.2	mg/kg TS	5	12.03	NF EN ISO 54321 (sol, boue) Méthode interne (autre, NF EN ISO 11885)
<b>a)* Glødetap ved 550°C</b>					
a)* Glødetap (550°C)	6.93	% TS	0.1		NF EN 12879 (cancelled)
<b>a) Tørstoff</b>					
a) Tørvekt steg 1	43.1	% rv	0.1	2.15	NF EN 12880
<b>a) Total Fosfor</b>					
a) Phosphorus (P)	879	mg/kg TS	1	114	NF EN ISO 54321 (sol, boue) Méthode interne (autre, NF EN ISO 11885)
<b>a) Total nitrogen - Kjeldahl</b>					
a) Nitrogen Kjeldahl (BOOM)	2.8	g/kg TS	0.5	0.53	Internal Method (Soil), NF EN 13342
a) Totalt organisk karbon (TOC)	20800	mg/kg TS	1000	4096	NF EN 15936 - Méthode B

### Utførende laboratorium/ Underleverander:

- a)\* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne  
a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne COFRAC TESTING (scope on [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)) 1-1488,

Moss 02.08.2021

*Kjetil Sjaastad*

Kjetil Sjaastad

Analytical Service Manager

### Teorforklaring:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet  
<-: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 1



### Vedlegg 3 - Klassifisering av forurensningsgrad

Endringer i klassifisering av artenes forurensningsgrad; system (V3.1) og språkbruk (V3.2).

#### V3.1 System: Overgang fra AMBI til NSI

Med bakgrunn i rapporten «*Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI)*» (Rygg & Norling, 2013) har Åkerblå AS avd. Marine Bunndyr konkludert med å bruke artenes NSI-verdi istedet for AMBI-verdi for å angi forurensningsgrad (forurensingssensitiv, -tolerant osv). Ettersom Rygg & Norling konkluderte med at NSI viste bedre korrelasjon med norske resipienter enn hva AMBI gjorde velger vi å ta utgangspunkt i de økologiske gruppene som artenes NSI verdi faller under.

Ettersom NSI er laget med bakgrunn i å dekke samme bruksområde som AMBI i norske resipienter, er den økologiske gruppeinndelingen basert på utgangspunktet for AMBI-indeksen (Borja et al., 2000). Artene som har blitt klassifisert i AMBI-systemet er delt inn i fem økologiske grupper basert på toleransen ovenfor organisk tilførsel i sedimentene. Utgangstilstanden er beskrevet som ikke tilført organisk materiale (lett ubalanse er noe organisk tilførsel osv):

**Gruppe 1** – Arter som er veldig sensitive til organisk tilførsel og arter som er tilstede ved ikke forurensede forhold (utgangstilstand). Denne gruppen inkluderer karnivore spesialister og noen rørbyggende flerbørstemarkere (Benevnelse - forurensingssensitive).

**Gruppe 2** – Arter som er helt, eller til en viss grad, likegyldig til organisk tilførsel. Alltid tilstede i lave tettheter med ikke-betydelige variasjoner over tid (fra utgangstilstand til lett ubalanse). I denne gruppe inkluderes «suspension feeders», mindre selektive karnivorer og åtseletere (Benevnelse - forurensingsnøytrale).

**Gruppe 3** – Arter som er tolerante ovenfor organisk tilførsel. Disse artene kan også forekomme under normale tilstander, men blir stimulert av organisk tilførsel. Denne gruppen inkluderer overflate «deposit feeders» som noen rørbyggende flerbørstemarkere (Benevnelse - forurensingstolerante).

**Gruppe 4** – Andre orden opportunister (lett til markert ubalanserte situasjoner). I hovedsak små flerbørstemarkere; «subsurface deposit-feeders» som f.eks cirratulider (Benevnelse - Opportunistisk, forurensingstolerant)

**Gruppe 5** – Første orden opportunister (markert ubalanserte situasjoner) (Benevnelse - Forurensingsindikerende art).

#### V3.2 Språkbruk: Endringer

Etter en re-tolkning av Borja et al. (2000) velger vi å endre noe på språkbruken ang. benevnelsen til de forskjellige økologiske gruppene. Nedenfor har vi satt opp en oversiktstabell fra tidligere benevnelse til den nye benevnelsen:

**Tabell V3.1** Oversikt over reviderte benevnelser for inndeling av AMBI/NSI i økologiske grupper.

Økologisk gruppe	Gammel benevnelse	Ny benevnelse
1	Svært forurensingssensitiv	Forurensingssensitiv
2	Forurensingssensitiv	Forurensingsnøytral
3	Forurensingstolerant	Forurensingstolerant
4	Svært forurensingstolerant (opportunistisk)	Forurensingstolerant (opportunistisk)
5	Kraftig forurensingstolerant (opportunist)	Forurensingsindikerende art

### V3.3 Endringer i NSI-grupper

Etter som ny informasjon blir tilgjengelig og arter splittes og bytter slekter har vi i noen tilfeller ansett det som nødvendig å endre arters tilhørende NSI-gruppe (tabell V3.2)

**Tabell V3.2** Oversikt over endringer i NSI- og ISI-verdier gjort, hvor verdiene er hentet fra og kilder som viser til informasjonen avgjørelsen er basert på.

Art	Ny NSI/ISI hentet fra	Kilde
Tubificoides benedii	Oligochaeta (NSI 5)	Giere et. al. 1988; Giere et. al. 1999
Pista mediterranea	Pista cristata (NSI 2)	Jirkov & Leontovich 2017; Hutchings pers. med.
Pista cristata	Pista lornensis (NSI 2)	Jirkov & Leontovich 2017; Hutchings pers. med.
Owenia borealis	Oweina fusiformis	Koh et.al 2003
Terebellides sp.	Terebellides stroemii	Nygren et.al. 2018
Hermania sp.	Philine scabra (NSI 2)	Chaban et. al. 2015
Philinidae	Philine sp. (NSI 2)	Chaban & Lubin 2015

Bray JR, Curtis JT. (1957). An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.

Chaban EM, Nekhaev IO, Lubin PA. (2015). *Hermania indistincta* comb. nov. (Gastropoda: Opisthobranchia: Cephalaspidae) from the Barents Sea – new species and genus for the fauna of the Russian Seas. *Zoosystematica Rossica* 24(2): 148-154.

Giere O, Rhode B, Dubilier N. (1987). Structural peculiarities of the body wall of *Tubificoides benedii* (Oligochaeta) and possible relations to its life in sulphidic sediments. *Zoomorphology* 108:29-39.

Giere O, Preusse J-H, Dubilier N. (1999). *Tubificoides benedii* (Tubificidae, Oligochaeta) — a pioneer in hypoxic and sulfidic environments. An overview of adaptive pathways. *Hydrobiologia* 406: 235-241.

Jirkov IA, Leontovich MK. (2017). Review of genera within the *Axionice/Pista* complex (Polychaeta, Terebellidae), with discussion of the taxonomic definition of other Terebellidae with large lateral lobes. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 97(5): 911-934

Koh BS, Bhaud MR, Jirkov IA. (2003). Two new species of *Owenia* (Annelida: Polychaeta) in the northern part of the North Atlantic Ocean and remarks on previously erected species from the same area. *Sarsia* 88:175-188.

Nygren A, Parapar J, Pons J, Meißner K, Bakken T, et al. (2018). A mega-cryptic species complex hidden among one of the most common annelids in the North East Atlantic. *PLOS ONE* 13(6): e0198356.

## Vedlegg 4 - Indeksbeskrivelser

### V4.1 Diversitet og jevnhet

Shannon-Wieners diversitetsindeks ( $H'$ ) beskrives ved artsmangfoldet ( $S$ , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet ( $J$ , fordelingen av antall individer relatert til fordeling av individer mellom artene) (Shannon og Weaver 1949). Diversitetsindeksen er beskrevet av formelen

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

hvor  $p_i = N_i/N$ ,  $N_i$  = antall individer av art  $i$ ,  $N$  = totalt antall individer i prøven eller på stasjonen og  $S$  = totalt antall arter i prøven eller på stasjonen.

Diversiteten er vanligvis over tre i prøver fra uforurensede stasjoner. Ved å beregne den maksimale diversitet som kan oppnås ved et gitt antall arter,  $H'_{\max} (= \log_2 S)$ , er det mulig å uttrykke jevnheten ( $J$ ) i prøven på følgende måte (Pielou 1966)

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

hvor  $H'$  = Shannon Wiener indeks og  $H'_{\max}$  = diversitet dersom alle arter er representert med ett individ. Dersom  $H' = H'_{\max}$  er  $J$  maksimal og får verdien 1.  $J$  har en verdi nær null dersom de fleste individene tilhører en eller få arter.

Hurlbert diversitetsindeks  $ES_{100}$  er beskrevet som

$$ES_{100} = \sum_i^S \left[ 1 - \frac{\binom{N - N_i}{100}}{\binom{N}{100}} \right]$$

hvor  $ES_{100}$  = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med  $N$  individer,  $S$  arter, og  $N_i$  individer av  $i$ -ende art.

#### V4.2 Sensitivitet og tetthet

Sensitivitet beskrives av indeksene ISI (Indicator Species Index), NSI og AMBI (Azti Marin Biotic Index).

Beregning av ISI er beskrevet av Rygg, 2002 og NIVA-rapport 4548-2002. Formelen for utregning av en prøves ISI-verdi er gitt ved

$$ISI = \sum_i^S \left[ \frac{ISI_i}{S_{ISI}} \right]$$

hvor  $ISI_i$  er verdien for arten  $i$  og  $S_{ISI}$  er antall arter tilordnet sensitivetsverdier. Hver art er tilordnet en sensitivetsverdi (ISI-verdi), og en prøves ISI-verdi beregnes ved gjennomsnittet av artene i prøven.

NSI er utviklet med basis i norske faunadata. Her er også hver art tilordnet en sensitivetsverdi (NSI-verdi) og individantall for hver art inngår i beregningen. Formelen for utregning av en prøves NSI-verdi er gitt ved

$$NSI = \sum_i^S \left[ \frac{N_i \cdot NSI_i}{N_{NSI}} \right]$$

hvor  $N_i$  er antall individer og  $NSI_i$  er verdien for arten  $i$ ,  $N_{NSI}$  er antall individer tilordnet sensitivetsverdier.

Sensitivetsindeksen AMBI tilordner hver art en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-1: sensitive arter, EG-2: indifferente arter, EG-3: tolerante, EG-4: opportunistiske, EG-5: forurensingsindikerende arter, og hvor hver enkelt økologiske gruppe har en toleranseverdi (AMBI-verdi) (Borja et al., 2000). Formelen for beregning av en prøves AMBI-verdi er gitt ved

$$AMBI = \sum_i^S \left[ \frac{N_i \cdot AMBI_i}{N_{AMBI}} \right]$$

hvor  $N_i$  er antall individer med innenfor økologisk gruppe  $i$ ,  $AMBI_i$  er toleranseverdien for de ulike økologiske gruppene (henholdsvis 0, 1.5, 3, 3.5 og 6, for gruppe 1- 5, respektivt) og  $N_{AMBI}$  er antall arter tilordnet en AMBI-verdi.

AMBI viser stigende verdi ved synkende (dårligere) tilstand, mens alle de andre indeksene viser synkende verdi ved synkende (dårligere) tilstand.

#### V4.3 Sammensatt indeks (NQI1)

Den sammensatte indeksen NQI1 (Norwegian quality status, version 1) bestemmes ut fra både artsmangfold og sensitivitet (AMBI).

NQI-indeksen er gitt ved formelen

$$NQI1 = \left[ 0,5 \cdot \left( \frac{1 - AMBI}{7} \right) + 0,5 \cdot \left( \frac{\left[ \frac{\ln(S)}{\ln(\ln(N))} \right]}{2,7} \right) \cdot \left( \frac{N}{N + 5} \right) \right]$$

hvor *AMBI* er en sensitivitetsindeks, *S* er antall arter og *N* er antall individer i prøven.

#### V4.4 Normalisering

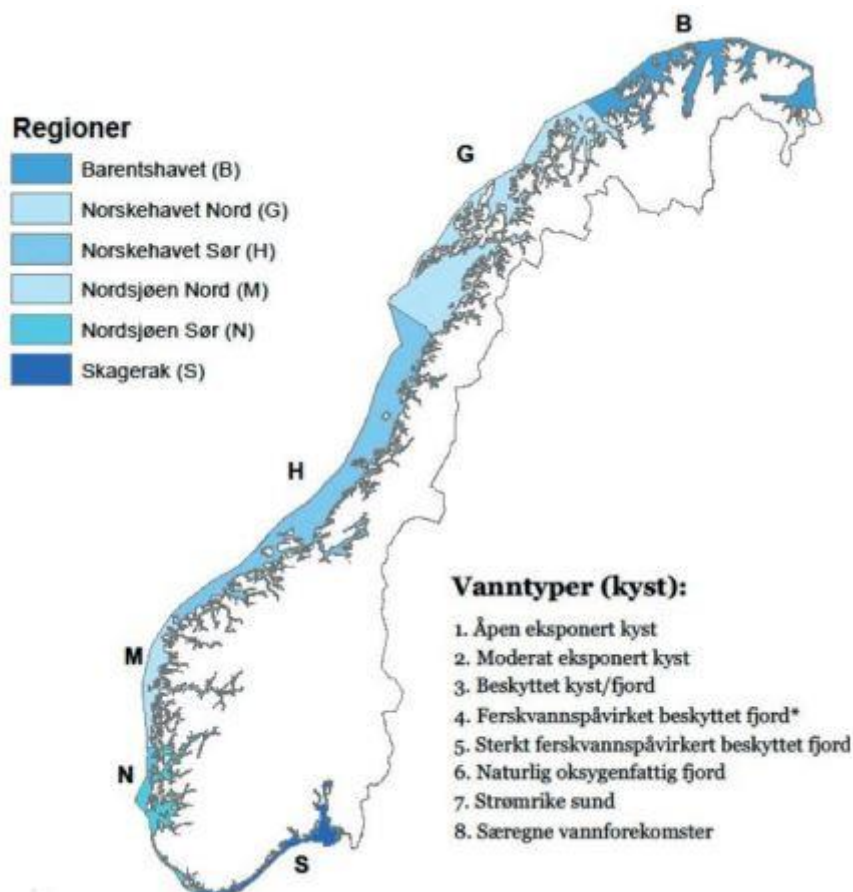
Ved å regne om alle indekser til nEQR (normalised Ecological Quality Ratio) får man normaliserte verdier som gjør det lettere å sammenligne dem. nEQR gir en tallverdi på en skala mellom 0 og 1, og hver tilstandsklasse spenner over nøyaktig 0,2 (tilstandsklasse «svært dårlig» tilsvarer verdier mellom 0 – 0,2, tilstandsklasse «dårlig» tilsvarer verdier mellom 0,2 – 0,4 osv.). I tillegg til å vise statusklassen viser nEQR-verdien også hvor høyt eller lavt verdien ligger innenfor sin tilstandsklasse. For eksempel viser en nEQR-verdi på 0,75 at indeksen ligger tre firedeler i tilstandsklassen «God» (Tabell V.2).

Alle indeksverdier omregnes til nEQR etter følgende formel

$$nEQR = \frac{abs|Indeksverdi - Klassens nedre verdi|}{Klassens øvre indeksverdi - Klassens nedre grenseverdi + Klassens nEQR Basisverdi} \cdot 0,2$$

## Vedlegg 5 - Referansetilstander

De forskjellige økoregionene er illustrert i Figur V6.1 og det er også gitt en forklaring på de forskjellige vanntypene i figuren. Fargene som er brukt i tabellene nedenfor (V5.1-V5.3) angir hvilken tilstand de ulike parameterne tilhører; blå tilsvare tilstand «svært god», grønn → «god», gul → «moderat», oransje → «dårlig» og rød → «svært dårlig». Bunnfauna klassifiseres ut ifra NS 9410 (2016; tabell V5.4) ved stasjoner i anleggssonen, og i henhold til Veileder 02:2018 ved stasjoner utenfor anleggssonen.



**Figur V5.1** Inndeling av økoregioner og forskjellige kystvanntyper langs norskekysten.

Tabell V5.1 Oversikt over klassegrenser og tilstand for de ulike indeksene i henhold til Veileder 02:2018.

Økoregion og vanntype	Indeks	Tilstand				
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Skagerak 1-3 (S1-3)	NQI	0.9 - 0.82	0.82 - 0.63	0.63 - 0.51	0.51 - 0.32	0.32 - 0
	H	6.3 - 4.2	4.2 - 3.3	3.3 - 2.1	2.1 - 1	1 - 0
	ES100	58 - 29	29 - 20	20 - 12	12 - 6	6 - 0
	ISI2012	13.2 - 8.5	8.5 - 7.6	7.6 - 6.3	6.3 - 4.6	4.6 - 0
	NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
Skagerak 5 (S5)	NQI	0.86 - 0.69	0.69 - 0.6	0.6 - 0.47	0.47 - 0.3	0.3 - 0
	H	6 - 4	4 - 3.1	3.1 - 2	2 - 0.9	0.9 - 0
	ES100	56 - 28	28 - 19	19 - 11	11 - 6	6 - 0
	ISI2012	11.8 - 7.6	7.6 - 6.8	6.8 - 5.6	5.6 - 4.1	4.1 - 0
	NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
Nordsjøen S 1-2 (N1-2)	NQI	0.94 - 0.75	0.75 - 0.66	0.66 - 0.51	0.51 - 0.32	0.32 - 0
	H	6.3 - 4.2	4.2 - 3.3	3.3 - 2.1	2.1 - 1	1 - 0
	ES100	58 - 29	29 - 20	20 - 12	12 - 6	6 - 0
	ISI2012	13.2 - 8.5	8.5 - 7.6	7.6 - 6.3	6.3 - 4.6	4.6 - 0
	NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
Nordsjøen S 3-5 (N3-5)	NQI	0.9 - 0.72	0.72 - 0.63	0.63 - 0.49	0.49 - 0.31	0.31 - 0
	H	5.9 - 3.9	3.9 - 3.1	3.1 - 2	2 - 0.9	0.9 - 0
	ES100	52 - 26	26 - 18	18 - 10	10 - 5	5 - 0
	ISI2012	13.1 - 8.5	8.5 - 7.6	7.6 - 6.3	6.3 - 4.5	4.5 - 0
	NSI	29 - 24	24 - 19	19 - 14	14 - 10	10 - 0
Nordsjøen N 1-2 (M1-2)	NQI	0.9 - 0.72	0.72 - 0.63	0.63 - 0.51	0.51 - 0.32	0.32 - 0
	H	6.3 - 4.2	4.2 - 3.3	3.3 - 2.1	2.1 - 1	1 - 0
	ES100	58 - 29	29 - 20	20 - 12	12 - 6	6 - 0
	ISI2012	13.2 - 8.5	8.5 - 7.6	7.6 - 6.3	6.3 - 4.6	4.6 - 0
	NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
Nordsjøen N 3-5 (M3-5)	NQI	0.9 - 0.72	0.72 - 0.63	0.63 - 0.49	0.49 - 0.31	0.31 - 0
	H	5.9 - 3.9	3.9 - 3.1	3.1 - 2	2 - 0.9	0.9 - 0
	ES100	52 - 26	26 - 18	18 - 10	10 - 5	5 - 0
	ISI2012	13.1 - 8.5	8.5 - 7.6	7.6 - 6.3	6.3 - 4.5	4.5 - 0
	NSI	29 - 24	24 - 19	19 - 14	14 - 10	10 - 0
Norskehavet S 1-3 (H1-3)	NQI	0.9 - 0.72	0.72 - 0.63	0.63 - 0.49	0.49 - 0.31	0.31 - 0
	H	5.5 - 3.7	3.7 - 2.9	2.9 - 1.8	1.8 - 0.9	0.9 - 0
	ES100	46 - 23	23 - 16	16 - 9	9 - 5	5 - 0
	ISI2012	13.4 - 8.7	8.7 - 7.8	7.8 - 6.4	6.4 - 4.7	4.7 - 0
	NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
Norskehavet S 4-5 (H4-5)	NQI	0.91 - 0.73	0.73 - 0.64	0.64 - 0.49	0.49 - 0.31	0.31 - 0
	H	5.5 - 3.7	3.7 - 2.9	2.9 - 1.8	1.8 - 0.9	0.9 - 0
	ES100	46 - 23	23 - 16	16 - 9	9 - 5	5 - 0
	ISI2012	13.4 - 8.7	8.7 - 7.8	7.8 - 6.4	6.4 - 4.7	4.7 - 0
	NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0

Økoregion og vanntype	Indeks	Tilstand				
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Norskehavet N 1-3 (G1-3)	NQI	0.9 - 0.72	0.72 - 0.63	0.63 - 0.49	0.49 - 0.31	0.31 - 0
	H	5.5 - 3.7	3.7 - 2.9	2.9 - 1.8	1.8 - 0.9	0.9 - 0
	ES100	46 - 23	23 - 16	16 - 9	9 - 5	5 - 0
	ISI2012	13.4 - 8.7	8.7 - 7.8	7.8 - 6.4	6.4 - 4.7	4.7 - 0
	NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
Norskehavet N 4-5 (G4-5)	NQI	0.91 - 0.73	0.73 - 0.64	0.64 - 0.49	0.49 - 0.31	0.31 - 0
	H	5.5 - 3.7	3.7 - 2.9	2.9 - 1.8	1.8 - 0.9	0.9 - 0
	ES100	46 - 23	23 - 16	16 - 9	9 - 5	5 - 0
	ISI2012	13.4 - 8.7	8.7 - 7.8	7.8 - 6.4	6.4 - 4.7	4.7 - 0
	NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0
Barentshavet 1-5 (B1-5)	NQI	0.9 - 0.72	0.72 - 0.63	0.63 - 0.49	0.49 - 0.31	0.31 - 0
	H	4.8 - 3.2	3.2 - 2.5	2.5 - 1.6	1.6 - 0.8	0.8 - 0
	ES100	39 - 19	19 - 13	13 - 8	8 - 4	4 - 0
	ISI2012	13.5 - 8.7	8.7 - 7.8	7.8 - 6.5	6.5 - 4.7	4.7 - 0
	NSI	30 - 25	25 - 20	20 - 15	15 - 10	10 - 0

Tabell V5.2 nEQR-basisverdi for hver tilstand\*.

nEQR basisverdi		Tilstand
Klasse I	0,8	Svært god
Klasse II	0,6	God
Klasse III	0,4	Moderat
Klasse IV	0,2	Dårlig
Klasse V	0	Svært dårlig

\*Tilstandsklasse

Tabell V5.3 Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i Molvær et. al, 1997, Bakke et. al, 2007, Veileder 02:2018. Organisk karbon er total organisk karbon (TOC) korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Måleenhet	Tilstand*					
		I	II	III	IV	V	
		Svært god/ Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig	
Dypvann	O <sub>2</sub> innhold**	mg O <sub>2</sub> / l	>6,39	6,39- 4,97	4,97-3,55	3,55-2,13	<2,13
	O <sub>2</sub> metning***	%	>65	65-50	50-35	35-20	<20
	TOC	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
Sediment	Kobber	mg Cu/kg	<20	20-84		84-147	>147
	Sink	mg Zn/ kg	0-90	91-139	140-750	751-6690	>6690

\* Tilstandsklasse

\*\* Regnet fra ml O<sub>2</sub>/L til mg O<sub>2</sub>/L hvor omregningsfaktoren til mg O<sub>2</sub>/L er 1,42

\*\*\* Oksygenmetningen er beregnet for salinitet 33 og temperatur 6°C



**Tabell V5.4** Vurdering av faunaprøver for prøvestasjon C1 (NS 9410:2016).

Tilstand*	Krav
1 - Meget god	Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> . Ingen av artene må utgjøre mer enn 65 % av det totale individantallet.
2 - God	5-19 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> . Mer enn 20 individer utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> . Ingen av artene utgjør mer enn 90 % av det totale individantallet.
3 - Dårlig	1 til 4 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> .
4 - Meget dårlig	Ingen makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m <sup>2</sup> .

\*Miljøtilstand

**Tabell V.5.5.** Volum fra verdier oppgitt i feltskjema som cm (X) og korresponderende volum i liter basert på grabbens utforming. Avstand i cm er fra grabbens øvre kant (lokket) og ned til sedimentets overflate.

Sedimentdybde	X-verdi (cm)	cosY	Teta	0,5 x r x r	Volum	vol i ltr.
18,1	0	0,0	3,1	163,8	16467,5	16,47
17,1	1	0,1	3,0	163,8	15309,7	15,31
16,1	2	0,1	2,9	163,8	14155,4	14,16
15,1	3	0,2	2,8	163,8	13008,3	13,01
14,1	4	0,2	2,7	163,8	11871,9	11,87
13,1	5	0,3	2,6	163,8	10750,0	10,75
12,1	6	0,3	2,5	163,8	9646,6	9,65
11,1	7	0,4	2,3	163,8	8565,6	8,57
10,1	8	0,4	2,2	163,8	7511,5	7,51
9,1	9	0,5	2,1	163,8	6489,0	6,49
8,1	10	0,6	2,0	163,8	5503,2	5,50
7,1	11	0,6	1,8	163,8	4560,0	4,56
6,1	12	0,7	1,7	163,8	3665,7	3,67
5,1	13	0,7	1,5	163,8	2828,3	2,83
4,1	14	0,8	1,4	163,8	2057,2	2,06
3,1	15	0,8	1,2	163,8	1364,6	1,36
2,1	16	0,9	1,0	163,8	767,5	0,77
1,1	17	0,9	0,7	163,8	293,4	0,29
0,1	18	1,0	0,2	163,8	8,1	0,01

## Vedlegg 6 - Artsliste

Artsliste med NSI-verdier, sortert alfabetisk innen hovedgrupper, for all fauna funnet ved Botnastranda (Tabell V6.1).

**Tabell V6.1** Artsliste for bunnfauna. Arter markert i rødt er arter som er identifisert (og i enkelte tilfeller kvantifisert), men som ikke er statistisk gjeldende (i.e Foraminifera, phylum Bryozoa, kolonielle Porifera, infraklasse Cirripedia, kolonielle Cnidaria, phylum Nematoda og pelagiske arter, jf. NS-EN ISO 16665:2013. Symbolet «X» indikerer at arten eller taxaen er observert, men ikke kvantifisert.

TAXA	NSI (E G)	BOT -1-1	BOT -1-2	BOT -1-3	BOT -2-1	BOT -2-2	BOT -2-3	BOT -3-1	BOT -3-2	BOT -3-3	BOT- REF-1	BOT- REF-2	BOT- REF-3
Abyssoninoe sp.		7	7	5	1			2	3	8	2	3	1
Aglaophamus pulcher	2				1								
Amaeana trilobata	1		2		2	6	3	1	2	4		3	1
Ampharete octocirrata	1	5	5	4				5	2	10			1
Ampharetidae	1												1
Amphictene auricoma	2									1		1	
Amythasides macroglossus	1		7	1				1	1	1	1	1	1
Aphelochaeta sp.	2	10	13	20	11	3	3	26	10	22	13	19	19
Aphroditidae	2	1											
Apistobranchus tullbergi	2		1						3				
Aricidea catherinae	1		1					1				1	2
Aricidea sp.	1										1		1
Asclerocheilus sp.										1			
Augeneria tentaculata kompleks	1							1			1		1
Bradabyssa villosa	2											1	
Capitella capitata kompleks	5												1
Ceratocephale loveni	3	3	5	3			1	1	1	4		1	1
Chaetoparia nilssoni	2												1
Chaetopterus norvegicus	1							1					
Chaetozone pseudosetosa	4	2	3	3						2	3	4	3
Chaetozone sp.	3				1			2	1				
Cirratulidae	4								1				
Diplocirrus glaucus	2	1											
Drilonereis filum	2	2						1		1		1	
Eclysippe cf. eliasoni	1											1	
Euchone sp.	2		3										
Euclymene droebachiensis								1	1		2	2	
Euclymeninae	1												1
Eumida bahusiensis	1	1		3									
Eumida sp.	1									1		1	1
Galathowenia oculata	3	2	11	1		2	3	3		1			1
Glycera alba	2			1			1			1			1

Glycera lapidum kompleks	1			1							1		
Glyphohesione klatti	2			1									
Goniada maculata	2		1	1									
Hesionidae	2					1							
Heteroclymene robusta	1												1
Heteromastus filiformis	4	1			2	3	1	1	5	3	6	5	4
Jasmineira caudata	2							1					
Lagis koreni	4	1											
Laonice cirrata	1			1									
Levinsenia gracilis	2	1	10	5				6	4	6	1	8	4
Lumbriclymene minor			1										
Lumbrineris sp.	2							1	2				
Lysippe fragilis			1										
Maldanidae	2											1	
Mediomastus fragilis	4	1						1					
Nephtys hystericis	2	1									2	1	
Nephtys sp.	2								1				1
Nereimyra woodsholea					1	2		1					1
Notomastus latericeus	1	10		2				1	4	7	6	4	2
Owenia borealis	2							1					
Oxydromus vittatus	3					1							
Paradoneis lyra	2		1										
Paramphinome jeffreysii	3	68	63	50	22	3	5	41	61	92	16	64	85
Parexogone hebes	1			1									
Pectinaria belgica	2			1	2	1							
Pectinariidae											2	3	
Pholoe baltica	3	8	2	6	1			4	1	5	1	3	3
Pholoe pallida	1	1	2					3				1	
Pholoe sp.	2									1			
Pista cristata	2			1			1						
Polycirrus plumosus	2	5	3	2		1	3	4	1		4	4	3
Polynoidae	2		1						1	2			
Polyphysia crassa	3	1		1	1			1		1		1	4
Praxillella affinis	1								1				
Praxillella praetermissa	2	2	6	1							1		
Prionospio cirrifera	3	3	8	3				8	9	2	6	1	1
Prionospio dubia	1		2	1				4	5		2		2
Prionospio fallax	2	2	18	4					3	2	5	3	6
Pseudopolydora nordica	4			1									
Rhodine loveni	2		2		1		1	1	2	1	1		1
Sabellidae	2		2								1		1
Scalibregma inflatum kompleks	3	1	1					1	1	1	1	3	
Schistomeringos sp.	1		1					2		2			
Scolecipis sp.	1			1									1
Siboglinidae	1	6	6				24			7	5	10	5
Sige fusigera	3		1										
Sosane wahrbergi	2		7					1				1	
Sosane wireni	1			1									
Spiophanes kroyeri	3	3	3	3					8		4	4	9

Spiophanes wigleyi	1	2		2				5	1	1			
Streblosoma intestinale	1	1	1	2				2					2
Syllis cornuta	3						1						
Terebellides sp.	2	1	3										1
Tubificoides sp.			2										
Abra nitida	3	3	2	1		1		1	2		14	8	6
Adontorhina similis	2	2	5	3				3	1	3	3	1	2
Astarte sulcata	1		1										
Axinulus croulinensis	1	1	3	1						1			
Cuspidaria obesa	2											1	
Dacrydium ockelmanni											1		
Hiatella arctica	1		1										
Kelliella miliaris	3	6	15	3				5	3	1	1	2	3
Kurtiella tumidula	1		1									1	
Lucinoma borealis	1											1	
Macoma calcarea	4		1										
Mendicula ferruginosa	1	6	8	6			1	4	4	2	1		2
Nucula tumidula	2								1	1			
Parathyasira equalis	3	6	36	26	3	2	14	17	2	4	14	8	6
Parathyasira granulosa	4				2								
Parvicardium minimum	1			1						1			
Pseudamussium pe Slutrae	1			1									
Thyasira flexuosa	3					1	1						
Thyasira sarsii	4	1	1	4	32	24	9		8	6		6	10
Tropidomya abbreviata	1		1	1				4		1			1
Yoldiella nana	3								1				
Yoldiella philippiana	1	3	5										
Euspira montagui	2								1			1	
Hermania sp.	2	2			1								
Retusa umbilicata	4	3	1							1	1		
Antalis sp.				1									
Entalina tetragona	1											1	
Caudofoveata	2	4	4	3				1	1	5	1		
Falcidens crossotus			1										
Scutopus ventrolineatus	2							2		1			
zoëa-larve						1							
Amphipoda	2							1					
Ampelisca sp.	1							1					
Eriopisa elongata	2							1					
Oedicerotidae												1	
Diastylidae	1											1	
Diastylis cornuta	1	1											
Diastylodes serratus	2		1		1								
Eudorella emarginata	3								1			1	
Decapoda	3		1										
Decapoda (larver)				2	1	1	1	2					
Brachyura				1									
Hyas sp.													1
Munida sp.				1					1	1			
Paguridae	1			1									

Gnathiidae (larver)												1
Cylindroleberididae										1		
Calanoida		2	4	2						1		
Ophiuroidea	2							1	1	2		
Amphiura chiajei	2	3	4	5			5	2	6	1	2	3
Amphiura filiformis	3		1	2								
Ophiura sp.	2			1								
Echinoidea	1		1			2				1	1	
Anthozoa	1						2					
Cerianthus lloydii	3	1										
Edwardsiidae	2	1										
Nematoda			4	2			2	1		1	2	
Nemertea	3		2		3	5	3	4	1			1
Nemertea 2	3	2	3	3			2			2	1	
Phascolion (Phascolion) strombus strombus	2	1										
Foraminifera		40	20					70	40	20	20	20
Nemertea 3				1								
Paradiopatra sp.												1

### Vedlegg 7 – CTD rådata

Rådata fra CTD-undersøkelsen ved Botnastranda (BOT-2) er presentert fra overflaten til like over bunnen (Tabell V7.1).

**Tabell V7.1** CTD data fra Botnastranda.

Salinitet (ppt)	Temperatur (°C)	O2 (%)	O2 (mg/l)	Dybde (m)	Tid
27	19,0	105,6	8,26	0,9	15:41:56
27	18,9	109,5	8,57	1,8	15:41:58
28	18,6	113,9	8,94	3,5	15:42:00
29	17,8	119,8	9,48	5,0	15:42:02
30	17,2	112,1	8,93	6,6	15:42:04
30	17,0	111,1	8,89	8,3	15:42:06
31	16,3	111,2	8,98	10,2	15:42:08
31	15,7	113,4	9,25	12,2	15:42:10
31	15,3	113,6	9,31	14,0	15:42:12
32	15,1	115,3	9,49	16,1	15:42:14
32	14,8	116,4	9,63	17,8	15:42:16
32	14,2	115,5	9,64	19,8	15:42:18
33	13,3	115,0	9,75	22,0	15:42:20
33	12,5	114,2	9,81	24,4	15:42:22
33	11,6	113,6	9,93	26,6	15:42:24
34	11,0	111,1	9,81	28,9	15:42:26
34	10,7	107,4	9,56	31,1	15:42:28
34	10,2	104,1	9,34	33,7	15:42:30
34	9,9	101,2	9,15	36,0	15:42:32
34	9,7	98,3	8,92	38,0	15:42:34
34	9,5	93,0	8,47	39,9	15:42:36
34	9,2	88,4	8,10	41,9	15:42:38
34	9,0	86,1	7,91	43,4	15:42:40
34	8,8	84,4	7,80	45,2	15:42:42
34	8,7	80,3	7,43	46,6	15:42:44
34	8,7	78,9	7,30	48,3	15:42:46
34	8,6	79,2	7,34	50,1	15:42:48
34	8,6	77,9	7,22	51,8	15:42:50
34	8,5	76,2	7,08	53,5	15:42:52
34	8,4	73,9	6,87	56,0	15:42:54
35	8,4	72,3	6,73	58,2	15:42:56
35	8,3	70,4	6,56	60,0	15:42:58
35	8,3	69,8	6,51	62,2	15:43:00
35	8,3	71,8	6,69	63,9	15:43:02
35	8,3	71,5	6,66	65,5	15:43:04
35	8,3	72,0	6,71	67,1	15:43:06
35	8,3	72,5	6,75	68,7	15:43:08
35	8,3	72,2	6,73	70,3	15:43:10
35	8,3	71,3	6,65	72,0	15:43:12

35	8,3	70,6	6,59	73,4	15:43:14
35	8,2	69,9	6,53	74,7	15:43:16
35	8,2	69,1	6,45	76,1	15:43:18
35	8,2	68,1	6,36	77,8	15:43:20
35	8,2	68,5	6,40	79,2	15:43:22
35	8,2	68,6	6,41	80,7	15:43:24
35	8,2	68,3	6,38	81,7	15:43:26
35	8,2	67,7	6,33	82,8	15:43:28
35	8,2	66,8	6,25	84,0	15:43:30
35	8,2	65,8	6,16	85,7	15:43:32
35	8,1	65,4	6,11	87,3	15:43:34
35	8,2	66,8	6,24	89,0	15:43:36
35	8,2	68,3	6,38	90,6	15:43:38
35	8,2	69,9	6,53	92,3	15:43:40
35	8,2	69,7	6,51	93,9	15:43:42
35	8,2	70,1	6,54	95,6	15:43:44
35	8,2	70,2	6,56	97,3	15:43:46
35	8,2	70,3	6,57	99,2	15:43:48
35	8,2	71,2	6,65	101,2	15:43:50
35	8,2	72,5	6,77	103,0	15:43:52
35	8,2	73,9	6,89	104,8	15:43:54
35	8,2	74,4	6,94	106,1	15:43:56
35	8,2	74,8	6,98	108,1	15:43:58
35	8,2	75,5	7,04	110,2	15:44:00
35	8,2	75,6	7,05	112,3	15:44:02
35	8,2	75,9	7,08	114,2	15:44:04
35	8,2	76,0	7,09	116,4	15:44:06
35	8,2	76,2	7,10	118,1	15:44:08
35	8,2	76,0	7,08	119,4	15:44:10
35	8,2	75,8	7,07	121,3	15:44:12
35	8,2	75,8	7,06	122,9	15:44:14
35	8,2	75,7	7,06	123,5	15:44:16
35	8,2	75,6	7,05	124,2	15:44:18
35	8,2	75,6	7,05	125,7	15:44:20
35	8,2	75,7	7,06	127,9	15:44:22
35	8,2	75,7	7,06	130,6	15:44:24
35	8,2	75,7	7,06	132,3	15:44:26
35	8,2	75,6	7,05	134,0	15:44:28
35	8,2	75,2	7,01	136,0	15:44:30
35	8,2	74,9	6,99	137,8	15:44:32
35	8,2	74,8	6,97	139,6	15:44:34
35	8,2	74,7	6,96	141,4	15:44:36
35	8,2	74,6	6,96	143,2	15:44:38
35	8,2	74,5	6,94	145,0	15:44:40
35	8,2	74,3	6,93	146,7	15:44:42
35	8,2	74,1	6,91	148,4	15:44:44

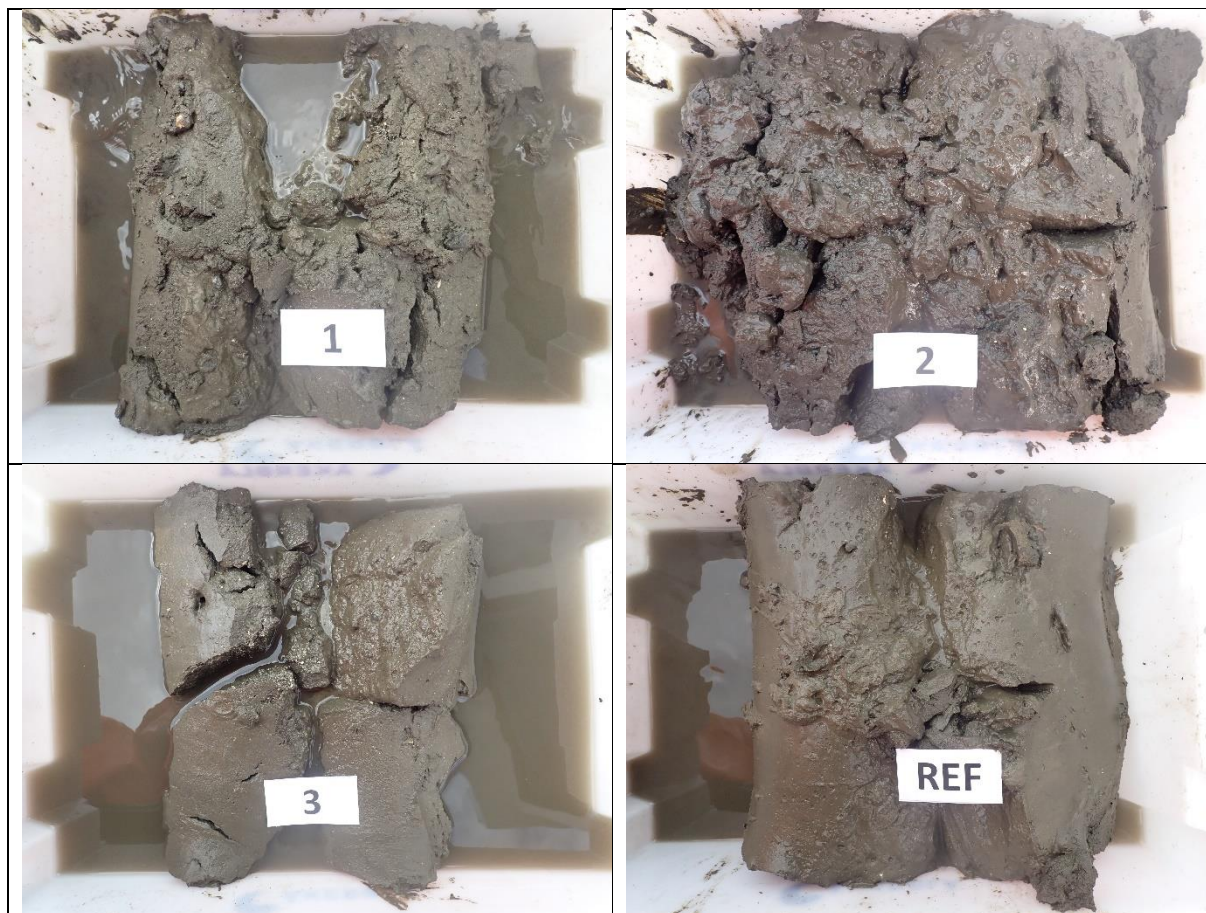
35	8,2	74,0	6,90	150,2	15:44:46
35	8,2	73,9	6,89	151,9	15:44:48
35	8,2	73,7	6,87	153,6	15:44:50
35	8,2	73,7	6,87	155,3	15:44:52
35	8,2	73,6	6,86	157,0	15:44:54
35	8,2	73,4	6,84	158,6	15:44:56
35	8,2	73,0	6,81	160,3	15:44:58
35	8,2	72,4	6,75	162,0	15:45:00
35	8,2	71,6	6,68	163,7	15:45:02
35	8,2	71,0	6,62	165,4	15:45:04
35	8,2	70,3	6,56	167,1	15:45:06
35	8,2	69,4	6,47	168,8	15:45:08
35	8,2	68,2	6,36	170,3	15:45:10

---



**Vedlegg 8 – Bilder av sediment**

Det ble tatt bilder av sedimentet fra ett hugg per stasjon etter at grabben ble tømt i plastbaljen, men før vask (Figur V8.1).



**Figur V8.1** Sediment før vask. Lapp indikerer stasjonsnummer (REF = referansestasjon).

# **Strømrapport**

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

**Botnastranda i**

**mai - august 2021**

Rapport			
<b>Rapportbeskrivelse og -navn</b>	Vurdering av strømforhold ved Botnastranda. SR-0921-SL-Botnastranda-103007-01-001.pdf		
<b>Rapportversjon</b>	<b>Dato</b>	<b>Beskrivelse</b>	
001	24.09.21	Første utgivelse	
<b>Rapportdistribusjon</b>	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			
<b>Lokalitetsnavn</b>	Botnastranda	<b>Lokalitetsnummer</b>	ny
<b>Kommune</b>	Kinn	<b>Fylke</b>	Vestland
Oppdragsgiver			
<b>Selskap</b>	Slakteriet AS; Postboks 393, 6901 FLORØ, NORGE		
<b>Kontaktperson</b>	Kristin Hansen Bergstøl	kristin@slakteriet-as.no	
Oppdragsansvarlig			
<b>Selskap</b>	Åkerblå AS; Nordfrøyveien 413, 7260 SISTRANDA, NORGE Organisasjonsnummer: 916 763 816		
<b>Feltarbeidsansvarlig</b>	Dag Slettebø Hedda Østgaard	dag.slettebo@akerbla.no hedda.ostgaard@akerbla.no	
<b>Rapportansvarlig</b>	Astri Horge Glindø	astri.glindo@akerbla.no	
<b>Kontrollert av</b>	Øystein Breiteig	oystein.breiteig@akerbla.no	
<b>Akkreditering</b>	Feltarbeid og rapport er utført av Åkerblå og er akkreditert.		

Resultat nøkkeltall				
Måledyp	5m	15m	Spredning (44m)	Bunn (87m)
<b>Maksimal strøm (cm/s) (retning)</b>	24.1 (Ø)	19.0 (SV)	27.4 (Ø)	23.2 (Ø)
<b>Gjennomsnittlig strøm (cm/s)</b>	4.9	3.6	3.8	1.3
<b>Strømstyrke &lt; 1cm/s (%)</b>	5.1	8.7	11.7	44.4
<b>Strømstyrke &lt; 3cm/s (%)</b>	33.2	49.0	58.3	96.0
<b>Strømstyrke &lt; 10cm/s (%)</b>	92.0	97.9	91.7	99.6
<b>Strømstyrke ≥ 30cm/s (%)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Strømstyrke ≥ 50cm/s (%)</b>	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Neumann-parameter</b>	0.6	0.1	0.5	0.0
<b>10-års strøm (maksimal)</b>	40	31	-	-
<b>50-års strøm (maksimal)</b>	45	35	-	-

## Innholdsfortegnelse

---

<b>1. Forord .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Områdebeskrivelse .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Metodikk.....</b>	<b>7</b>
<b>4. Resultater.....</b>	<b>11</b>
4.1 Sammen drag av strømdata .....	11
4.2 Strømroser .....	12
4.3 Matrise med strøm hastighet og -retning .....	13
4.4 Strømmens hastighetsfordeling.....	17
4.5 Strømmens retningsfordeling .....	18
4.6 Tidsdiagram – Strøm hastighet .....	19
4.7 Tidsdiagram – Strømretning .....	20
4.8 Tidsdiagram – Temperatur .....	21
4.9 Progressivt vektordiagram .....	22
4.10 Fordelingsdiagram – Maksimal strøm hastighet.....	23
4.11 Fordelingsdiagram – Gjennomsnittshastighet.....	24
4.12 Fordelingsdiagram – Relativ vannfluks .....	25
4.13 Fordelingsdiagram – Antall observasjoner .....	26
4.14 Strøm hastighetsprofil .....	27
4.15 Maksimal strøm hastighet i 8 retningssektorer .....	28
4.16 Gjennomsnittlig strøm hastighet i 8 retningssektorer .....	28
4.17 Antall målinger i 8 retningssektorer.....	28
4.18 Relativ vannutskiftning i 8 retningssektorer .....	28
4.19 10-års og 50-års strøm hastighet i 8 retningssektorer .....	29
4.20 Persentilfordeling av strøm hastighet.....	30
4.21 Prosentfordeling av strøm hastighet.....	30
4.22 Strømfordeling .....	31
4.23 Strømvarighet.....	33
4.24 Tidevannsanalyse .....	35
4.25 Todagersperiode.....	38
4.26 Vind under måleperioden.....	39
4.27 Utslippskontur .....	42
4.28 CTD-profil.....	43
<b>5. Diskusjon .....</b>	<b>44</b>
5.1 Høye strømmålinger.....	44

5.2	Tidevannspåvirkning.....	44
5.3	Vindpåvirkning .....	44
5.4	Vannutskiftning.....	45
5.5	Mulig spredning av utslipp.....	45
5.6	Vannsøylens vertikale struktur.....	46
<b>6.</b>	<b>Vedlegg – Bakgrunnsinformasjon .....</b>	<b>47</b>
6.1	Valg av sted, dyp og periode for strømmålinger.....	47
6.2	Spesifikasjoner for strøminstrumenter .....	48
6.3	Måleprinsipp for strømmålinger .....	49
6.4	CTD-målinger .....	49
<b>7.</b>	<b>Vedlegg – Riggoppsett .....</b>	<b>50</b>
7.1	Test av riggoppsett før utsett.....	50
7.2	Riggoppsett .....	50
<b>8.</b>	<b>Vedlegg – Databearbeiding og kvalitetssikring.....</b>	<b>52</b>
8.1	Databearbeiding .....	52
8.2	Kvalitetssikring av data.....	54
8.3	Fjernede dataverdier.....	59
8.3.1	Måleperiode .....	59
8.3.2	Enkelte datapunkter.....	59
<b>9.</b>	<b>Vedlegg – Fyrstikkdiagram av vind og strøm.....</b>	<b>60</b>
<b>10.</b>	<b>Vedlegg – Strømmens tilstandsklasser.....</b>	<b>64</b>
<b>11.</b>	<b>Vedlegg – Månedlige tidevannsvariasjoner.....</b>	<b>65</b>
<b>12.</b>	<b>Vedlegg – Måleenheter .....</b>	<b>66</b>
<b>13.</b>	<b>Vedlegg – Parametere og beskrivelse.....</b>	<b>67</b>
<b>14.</b>	<b>Vedlegg – Referanser.....</b>	<b>68</b>

## 1. Forord

---

Åkerblå AS har på oppdrag fra Slakteriet AS utført strømmålinger ved tenkt posisjon til ventemerde og ved tenkt utslippspunkt til Botnastranda som er vurdert etter beliggenhet, strømforhold, temperatur, vannutskiftning, tidevann og vind.

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

NYTEK-forskriften har som mål å begrense rømming av fisk fra oppdrettsanlegg. NS 9415:2009 krever at alle lokaliteter undersøkes og beskrives ut fra topografi og eksponeringsgrad i form av parametere som danner grunnlag for beregning av 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 er vurdert etter blant annet strømforhold og vannutskiftning – og temperatur.

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

## 2. Områdebeskrivelse

Målepunktene for Botnastranda ligger i Kinn kommune, Vestland (Figur 2.1). Tenkt posisjon for ventemerid ligger i Botnafjorden, mellom Botnastranda og øya Grønenga, mens tenkt utslippspunkt ligger nord for Grønenga og sørøst for Litle Terøya i Nordalsfjorden. Nordalsfjorden er åpen mot Botnafjorden i vest/nordvest og Botnafjorden er åpen videre mot Årebrottsfjorden.

På grunn av omkringliggende topografi er området ved tenkt posisjon for ventemerid relativt eksponert for vind fra vest, nordvest, nordøst og sørøst.

Bunntopografi er ca. 37m dyp og orientert Ø – V i området for tenkt ventemerid, mens bunntopografi er ca. 95m dyp og orientert NV – SØ i området for tenkt utslippspunkt. Botnafjorden er orientert NV – SØ i området ved tenkt ventemerid, mens Norddalsfjorden er orientert NV/N – SØ/S ved tenkt utslippspunkt. Målepunktet for tenkt utslippspunkt ligger eksponert til, midt i åpningen mellom Botnafjorden og Norddalsfjorden som er orientert NØ – SV.



Figur 2.1. Oversiktskart over området rundt måleposisjonene, anvist med gul pinne for tenkt ventemerid og rød pinne for tenkt utslippspunkt. Kartet er hentet fra Fiskeridirktoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

### 3. Metodikk

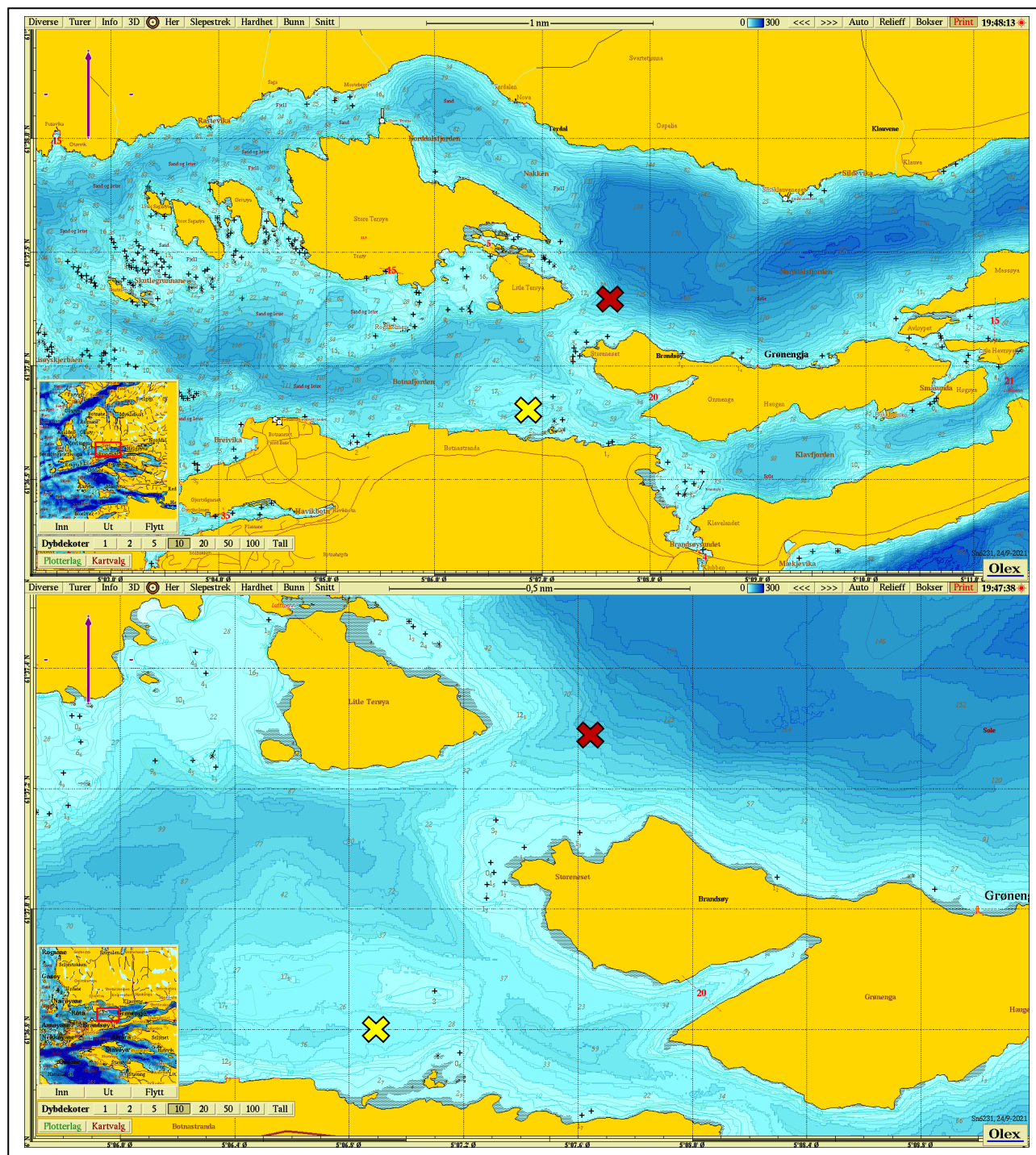
Strømmålinger er kvalitetssikret av Åkerblå AS og informasjon om måleperiode og instrumenter som ble benyttet er oppgitt i Tabell 3.1. Strømmen ble målt i to rigger, en i tenkt posisjon for ventemerd og en ved tenkt utslippspunkt. Avstanden mellom disse posisjonene var ca. 1120m.

Ut fra topografi og bunntopografi er plasseringene vurdert som gode for å dokumentere strømforholdene i området (Figur 3.1 – Figur 3.3). Målerne på 5m og 15m dyp er plassert i posisjonen som sannsynligvis oppgir høyeste strømhastighet i området rundt måleposisjonen.

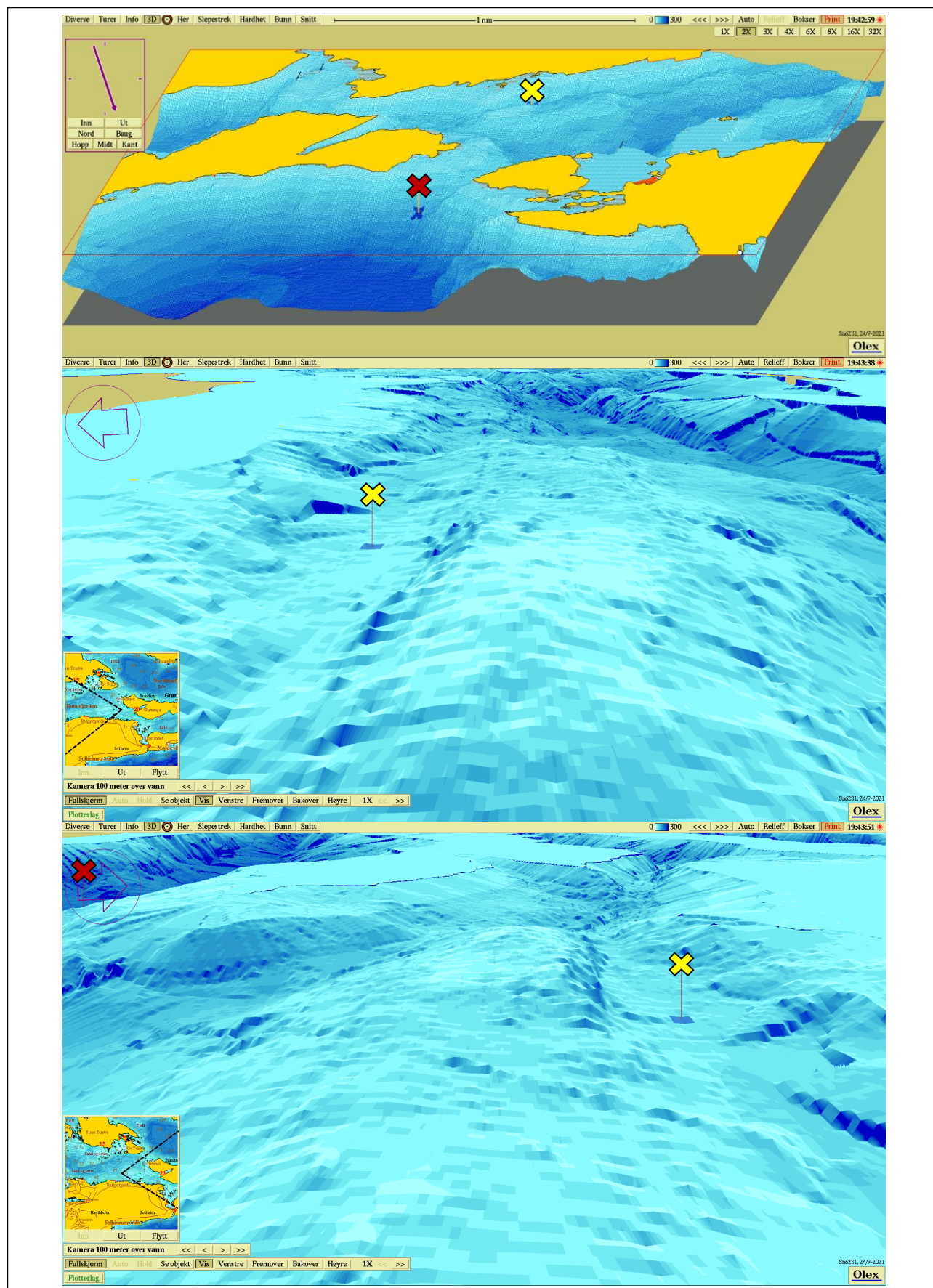
Tabell 3.1. Bakgrunnsinformasjon om strømmåling.

Måledyp	5m	15m	Spredning (44m)	Bunn (87m)
Posisjonsanvisning	✘	✘	✘	✘
Posisjon	61° 36.801' N; 005° 06.897' Ø	61° 36.801' N; 005° 06.897' Ø	61° 37.288' N; 005° 07.647' Ø	61° 37.288' N; 005° 07.647' Ø
Dyp på målested	37m	37m	95m	95m
Instrumenttype	Nortek AWAC	Nortek AWAC	Aanderaa punktmåler	Aanderaa punktmåler
Måleperiode	27.05.21 - 26.08.21	27.05.21 - 26.08.21	15.07.21 - 26.08.21	15.07.21 - 26.08.21
Måleintervall	10 minutter	10 minutter	10 minutter	10 minutter
Antall døgn	90.6 / 90.6	90.6 / 90.6	41.8 / 41.8	41.8 / 41.8
Manglende/fjernede datapunkt	0	0	0	0

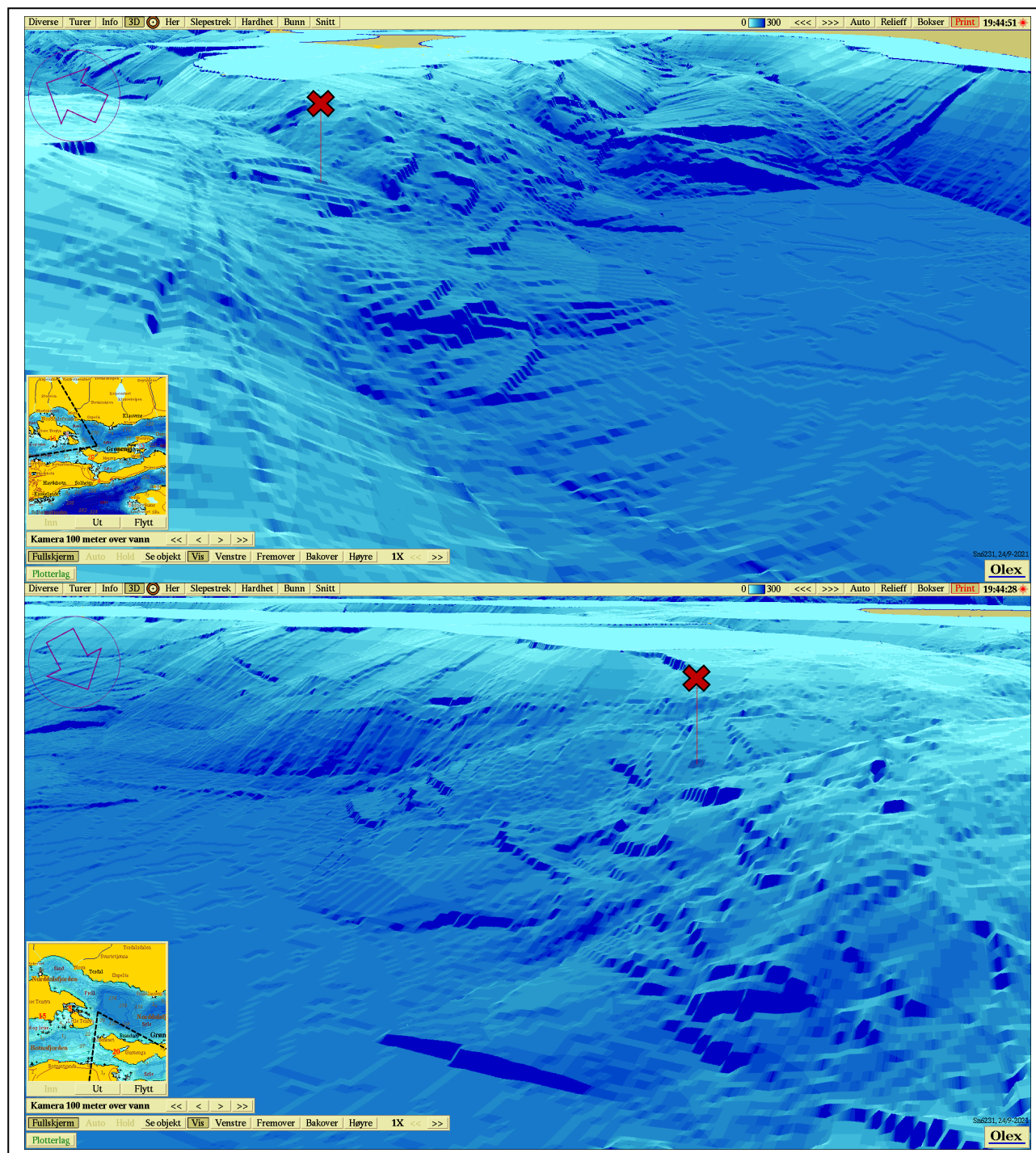




Figur 3.1. Plassering av strømmålere i området anvist med gult kryss for 5m og 15m dyp, og rødt kryss for sprednings- (44m) og bunndyp (87m). Kompasspila øverst i venstre hjørne indikerer kartets orientering. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.



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



Figur 3.3. 3D-bilde av bunntopografi i området. Den tynne kompasspila øverst i venstre hjørne indikerer kartets orientering (øverste bilde) og den tykke kompasspila indikerer kameraets orientering (midterste og nederste bilde). De små bildene viser kameraets utsiktspunkt for den tilhørende bunntopografien. Kartene er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

## 4. Resultater

### 4.1 Sammendrag av strømdata

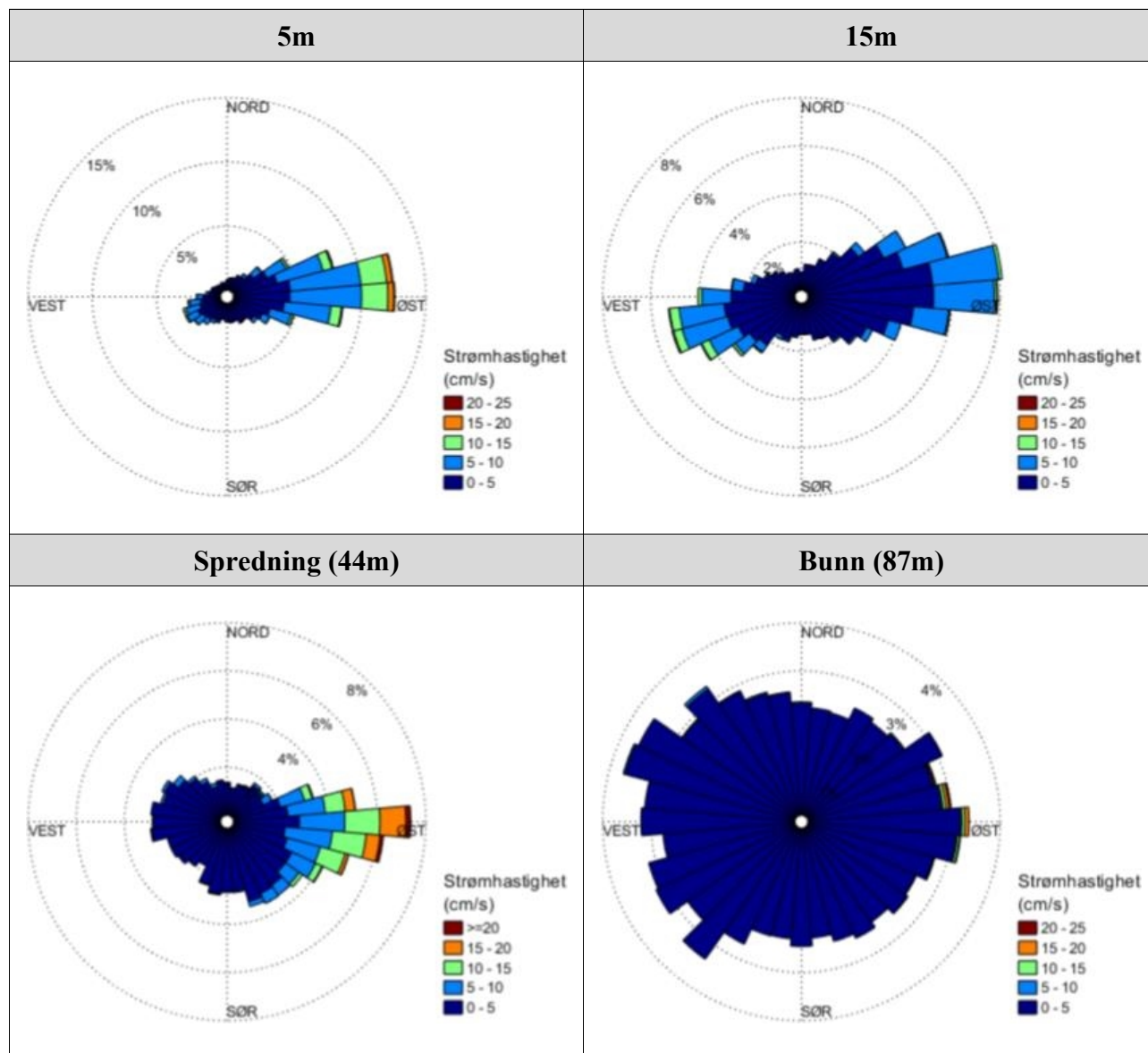
Resultater per måledyp for hele måleperioden er sammenfattet i Tabell 4.1.1. Verdiene er klassifisert (fargelagt) etter: «Vedlegg – Strømmens tilstandsklasser». De ulike parameterne som er oppgitt er forklart i «Vedlegg – Parametere og beskrivelse».

Tabell 4.1.1. Sammendrag av strømdata fra 5m, 15m, spredningsdyp (44m) og bunndyp (87m).

Måledyp	Instrument (25m)		Spredning (44m)	Bunn (87m)
Sjøtemperatur (°C)	8.4 - 14.6		8.3 - 9.6	8.1 - 8.3
<b>Strømhastighet</b>				
Maksimum (cm/s)	24.1	19.0	27.4	23.2
Gjennomsnitt (cm/s)	4.9	3.6	3.8	1.3
Minimum (cm/s)	0.0	0.0	0.0	0.0
Signifikant maks (cm/s)	8.6	6.3	7.7	2.3
Signifikant min (cm/s)	1.8	1.4	1.2	0.5
Varians (cm/s) <sup>2</sup>	10.7	5.8	13.9	1.5
Standardavvik (cm/s)	3.3	2.4	3.7	1.2
% < 1cm/s (dvs. 0 - < 1cm/s)	5.1	8.7	11.7	44.4
Lengste periode < 1cm/s (min)	60	60	80	280
% < 3cm/s (dvs. 0 - < 3cm/s)	33.2	49.0	58.3	96.0
Lengste periode < 3cm/s (min)	250	310	1580	7350
% < 10cm/s (dvs. 0 - < 10cm/s)	92.0	97.9	91.7	99.6
Lengste periode < 10cm/s (min)	7970	17510	11160	29670
% ≥ 30cm/s	0.0	0.0	0.0	0.0
Lengste periode ≥ 30cm/s (min)	0	0	0	0
% ≥ 50cm/s	0.0	0.0	0.0	0.0
Lengste periode ≥ 50cm/s (min)	0	0	0	0
<b>Effektiv transport</b>				
Hastighet (cm/s)	2.7	0.5	1.9	0.1
Retning (grader)	93	125	103	327
Neumann-parameter	0.6	0.1	0.5	0.0
Gjennomsnittlig vannforflytning (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d)	4196	3100	3325	1131

## 4.2 Strømroser

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



Figur 4.2.1. Strømroser på 5m, 15m, spredningsdyp (44m) og bunndyp (87m).

### 4.3 Matrise med strømhastighet og -retning

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

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

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

Retning (grader)		Strømhastighetsgruppe (cm/s)													Antall obs.	%	Relativ vannfluks		Maks- strøm cm/s
		0-1	1-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100			m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%	
N	0	32	85	27	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	158	1.2	2226	0.6	10.2
N	15	19	107	51	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	195	1.5	3227	0.8	9.3
NØ	30	28	125	82	34	2	0	0	0	0	0	0	0	0	271	2.1	4986	1.3	10.7
NØ	45	22	154	158	96	3	0	0	0	0	0	0	0	0	433	3.3	9460	2.5	11.8
NØ	60	26	222	320	343	48	4	0	0	0	0	0	0	0	963	7.4	28092	7.4	18.1
Ø	75	33	296	468	913	263	49	6	0	0	0	0	0	0	2028	15.5	79226	20.8	22.5
Ø	90	32	280	530	1056	395	87	14	0	0	0	0	0	0	2394	18.4	100770	26.5	24.1
Ø	105	34	250	392	528	84	8	0	0	0	0	0	0	0	1296	9.9	41254	10.9	18.8
SØ	120	33	224	235	140	4	0	0	0	0	0	0	0	0	636	4.9	14153	3.7	12.3
SØ	135	36	206	125	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	407	3.1	7088	1.9	8.9
SØ	150	38	163	108	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	329	2.5	5268	1.4	7.6
S	165	28	175	91	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	301	2.3	4587	1.2	8.4
S	180	27	143	90	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	285	2.2	4724	1.2	7.3
S	195	33	140	90	24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	288	2.2	4785	1.3	10.7
SV	210	22	143	126	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	349	2.7	6789	1.8	9.1
SV	225	29	147	163	120	2	0	0	0	0	0	0	0	0	461	3.5	10605	2.8	11.5
SV	240	32	160	194	189	23	0	0	0	0	0	0	0	0	598	4.6	15915	4.2	13.3
V	255	29	144	156	204	38	3	0	0	0	0	0	0	0	574	4.4	16911	4.4	15.9
V	270	18	115	108	101	7	0	0	0	0	0	0	0	0	349	2.7	8667	2.3	12.5
V	285	21	95	51	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196	1.5	3526	0.9	8.3
NV	300	30	84	30	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157	1.2	2305	0.6	9.6
NV	315	21	74	26	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	1.0	1968	0.5	7.9
NV	330	17	74	20	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0.9	1789	0.5	9.7
N	345	21	62	33	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122	0.9	1748	0.5	6.9
Antall obs.		661	3668	3674	3999	871	151	20	0	0	0	0	0	0	13044	100	0	0	0
%		5.1	28.1	28.2	30.7	6.7	1.2	0.2	0.0	0.0	0.0	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 cm/s
		0-1	1-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100			m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%	
N	0	37	99	27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	1.3	1875	0.7	5.6
N	15	42	128	22	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196	1.5	2172	0.8	6.2
NØ	30	51	169	65	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	294	2.3	3994	1.4	6.4
NØ	45	60	235	155	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	488	3.7	8016	2.9	7.5
NØ	60	54	322	294	181	3	0	0	0	0	0	0	0	0	854	6.5	18209	6.5	13.3
Ø	75	61	386	486	474	17	0	0	0	0	0	0	0	0	1424	10.9	36982	13.2	13.9
Ø	90	53	393	553	492	22	4	0	0	0	0	0	0	0	1517	11.6	39802	14.2	17.0
Ø	105	58	376	347	194	6	0	0	0	0	0	0	0	0	981	7.5	20878	7.4	14.1
SØ	120	47	269	208	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	573	4.4	9922	3.5	9.2
SØ	135	61	265	118	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	463	3.5	6726	2.4	7.9
SØ	150	46	211	63	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	330	2.5	4538	1.6	6.4
S	165	43	157	73	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	281	2.2	3985	1.4	6.0
S	180	51	151	57	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	266	2.0	3455	1.2	8.7
S	195	41	181	64	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	305	2.3	4385	1.6	8.4
SV	210	53	191	82	36	2	0	0	0	0	0	0	0	0	364	2.8	5874	2.1	11.0
SV	225	56	232	149	101	20	2	0	0	0	0	0	0	0	560	4.3	12038	4.3	15.7
SV	240	38	255	220	277	60	10	0	0	0	0	0	0	0	860	6.6	25542	9.1	19.0
V	255	41	243	287	373	80	9	0	0	0	0	0	0	0	1033	7.9	32444	11.6	18.2
V	270	44	253	230	231	29	2	0	0	0	0	0	0	0	789	6.0	20727	7.4	17.3
V	285	43	202	142	62	4	0	0	0	0	0	0	0	0	453	3.5	8625	3.1	14.4
NV	300	36	184	55	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	292	2.2	4205	1.5	6.8
NV	315	37	128	43	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	213	1.6	2722	1.0	6.5
NV	330	37	105	22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	165	1.3	1873	0.7	7.7
N	345	45	119	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	179	1.4	1850	0.7	4.1
Antall obs.		1135	5254	3777	2608	243	27	0	0	0	0	0	0	0	13044	100	0	0	0
%		8.7	40.3	29.0	20.0	1.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100	0	0	0	0

Tabell 4.3.3. Hastighets- og retningsmatrise av strømdata fra spredningsdyp (44m).

Retning (grader)		Strømhastighetsgruppe (cm/s)													Antall obs.	%	Relativ vannfluks		Maks- strøm cm/s
		0-1	1-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100			m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%	
N	0	30	62	18	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114	1.9	1410	1.0	6.7
N	15	23	68	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	1.8	1270	0.9	6.0
NØ	30	30	79	27	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142	2.4	1877	1.3	6.7
NØ	45	17	63	52	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144	2.4	2395	1.7	8.0
NØ	60	18	63	54	33	1	0	0	0	0	0	0	0	0	169	2.8	3537	2.5	11.0
Ø	75	32	93	61	117	56	18	0	0	0	0	0	0	0	377	6.3	13660	9.8	18.9
Ø	90	36	125	84	172	130	85	17	0	0	0	0	0	0	649	10.8	32026	23.0	24.6
Ø	105	38	99	74	170	104	34	4	1	0	0	0	0	0	524	8.7	22510	16.2	27.4
SØ	120	29	133	67	92	39	2	0	0	0	0	0	0	0	362	6.0	10105	7.3	15.6
SØ	135	33	140	77	56	6	0	0	0	0	0	0	0	0	312	5.2	6178	4.4	11.6
SØ	150	27	157	93	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	312	5.2	5429	3.9	9.7
S	165	31	144	89	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	275	4.6	4206	3.0	8.2
S	180	34	153	53	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	243	4.0	3217	2.3	10.2
S	195	29	162	39	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235	3.9	3144	2.3	8.3
SV	210	28	118	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	172	2.9	2068	1.5	4.7
SV	225	34	131	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196	3.3	2284	1.6	4.8
SV	240	46	147	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	210	3.5	2248	1.6	5.2
V	255	34	139	53	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	229	3.8	3057	2.2	7.0
V	270	25	178	52	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	258	4.3	3566	2.6	6.7
V	285	27	156	66	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	253	4.2	3645	2.6	6.4
NV	300	32	147	56	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	252	4.2	3647	2.6	6.5
NV	315	29	93	54	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	192	3.2	3069	2.2	9.0
NV	330	19	77	39	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149	2.5	2381	1.7	8.0
N	345	24	83	30	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	147	2.4	2155	1.5	8.0
Antall obs.		705	2810	1226	785	337	139	21	1	0	0	0	0	0	6024	100	0	0	0
%		11.7	46.6	20.4	13.0	5.6	2.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100	0	0	0	0

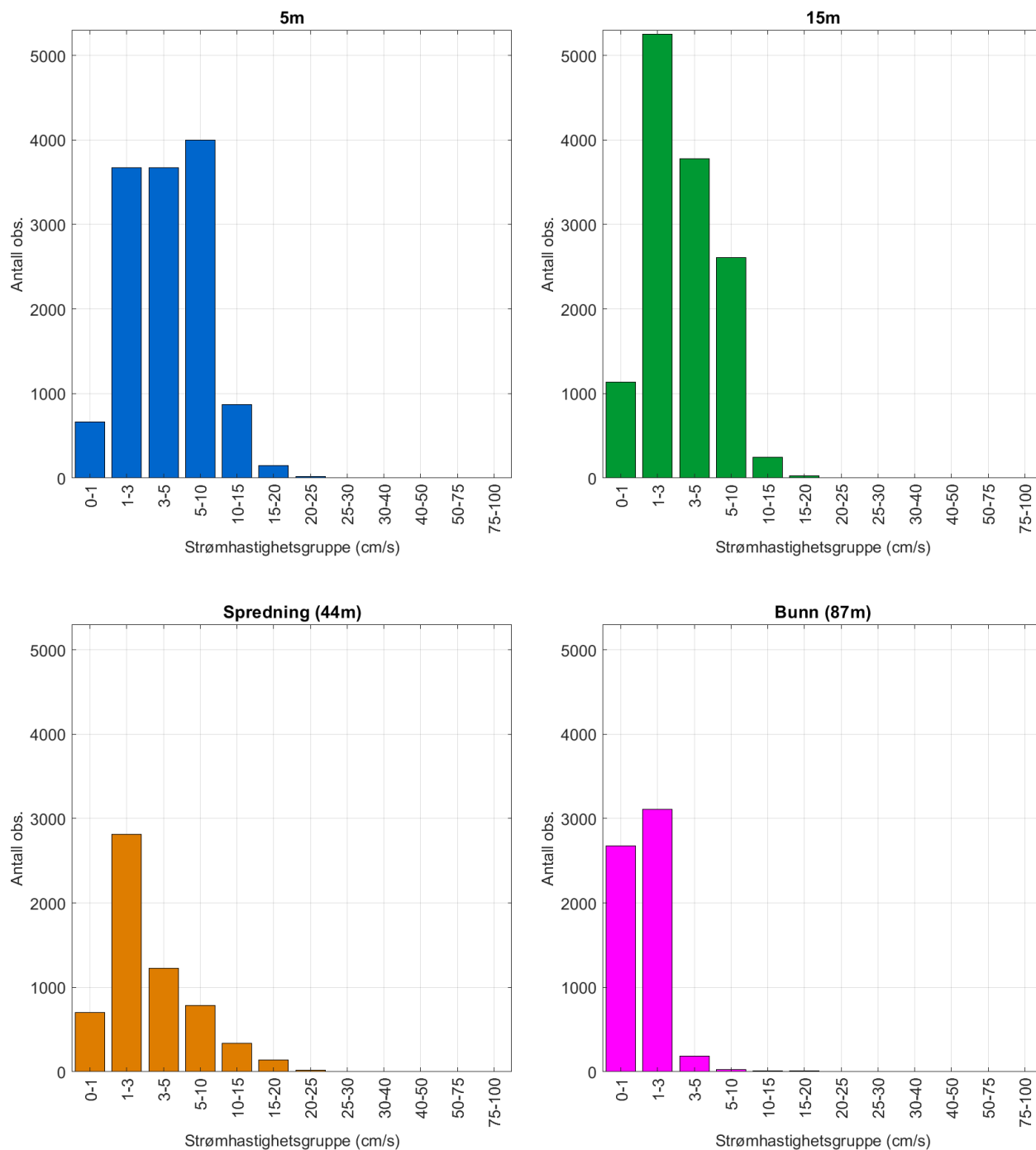


Tabell 4.3.4. Hastighets- og retningsmatrise av strømdata fra bunndyp (87m).

Retning (grader)		Strømhastighetsgruppe (cm/s)													Antall obs.	%	Relativ vannfluks		Maks- strøm cm/s
		0-1	1-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100			m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%	
N	0	102	95	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	210	3.5	1607	3.4	5.9
N	15	103	90	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196	3.3	1198	2.5	3.5
NØ	30	115	108	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226	3.8	1554	3.3	4.6
NØ	45	113	107	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	224	3.7	1489	3.1	5.6
NØ	60	96	155	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	257	4.3	2006	4.2	6.2
Ø	75	118	131	5	2	5	6	2	0	0	0	0	0	0	269	4.5	3053	6.5	23.2
Ø	90	132	133	7	4	5	5	0	0	0	0	0	0	0	286	4.7	2959	6.3	18.3
Ø	105	121	135	6	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	268	4.4	2368	5.0	17.6
SØ	120	106	127	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	238	4.0	1700	3.6	7.2
SØ	135	103	103	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	209	3.5	1487	3.1	5.4
SØ	150	126	109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235	3.9	1440	3.0	2.9
S	165	99	112	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	216	3.6	1531	3.2	3.3
S	180	101	108	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	213	3.5	1401	3.0	4.1
S	195	94	107	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	206	3.4	1453	3.1	4.0
SV	210	111	136	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	253	4.2	1824	3.9	4.0
SV	225	117	152	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	276	4.6	1980	4.2	3.8
SV	240	136	146	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	286	4.7	2023	4.3	3.3
V	255	113	142	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	4.4	1980	4.2	4.0
V	270	102	169	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	283	4.7	2319	4.9	4.1
V	285	117	169	21	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	309	5.1	2760	5.8	5.8
NV	300	128	160	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	310	5.1	2668	5.6	4.6
NV	315	118	147	16	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	284	4.7	2397	5.1	6.3
NV	330	106	140	19	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	269	4.5	2327	4.9	6.4
N	345	97	130	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	237	3.9	1788	3.8	5.5
Antall obs.		2674	3111	185	27	13	12	2	0	0	0	0	0	0	6024	100	0	0	0
%		44.4	51.6	3.1	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100	0	0	0	0

#### 4.4 Strømmens hastighetsfordeling

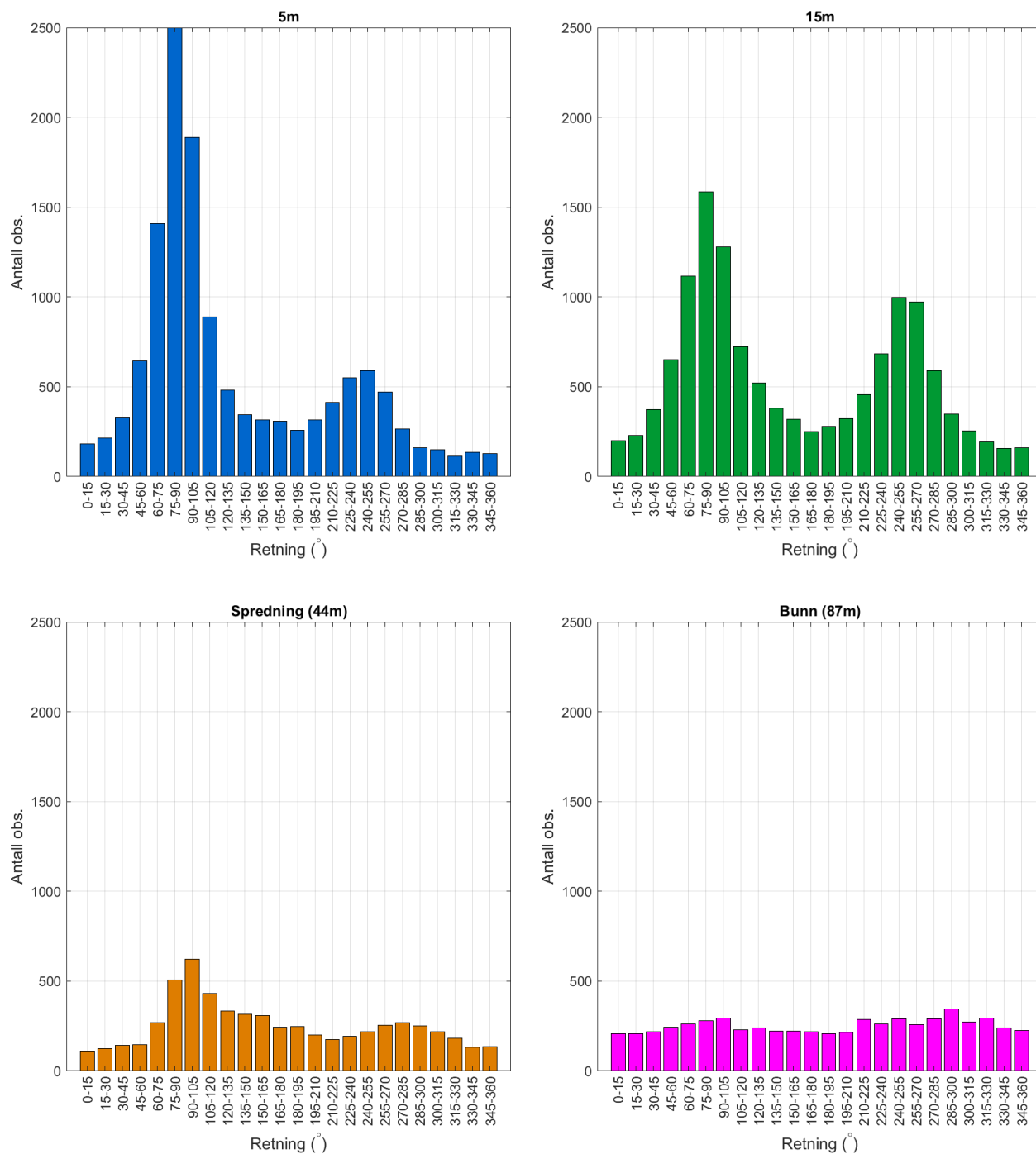
Strømmens hastighetsfordeling uten hensyn til retning er oppgitt under.



Figur 4.4.1. Strømmens hastighetsfordeling på 5m, 15m, spredningsdyp (44m) og bunndyp (87m). Antall observasjoner er indikert på stående akse og hastighetsgruppe på liggende akse.

## 4.5 Strømmens retningsfordeling

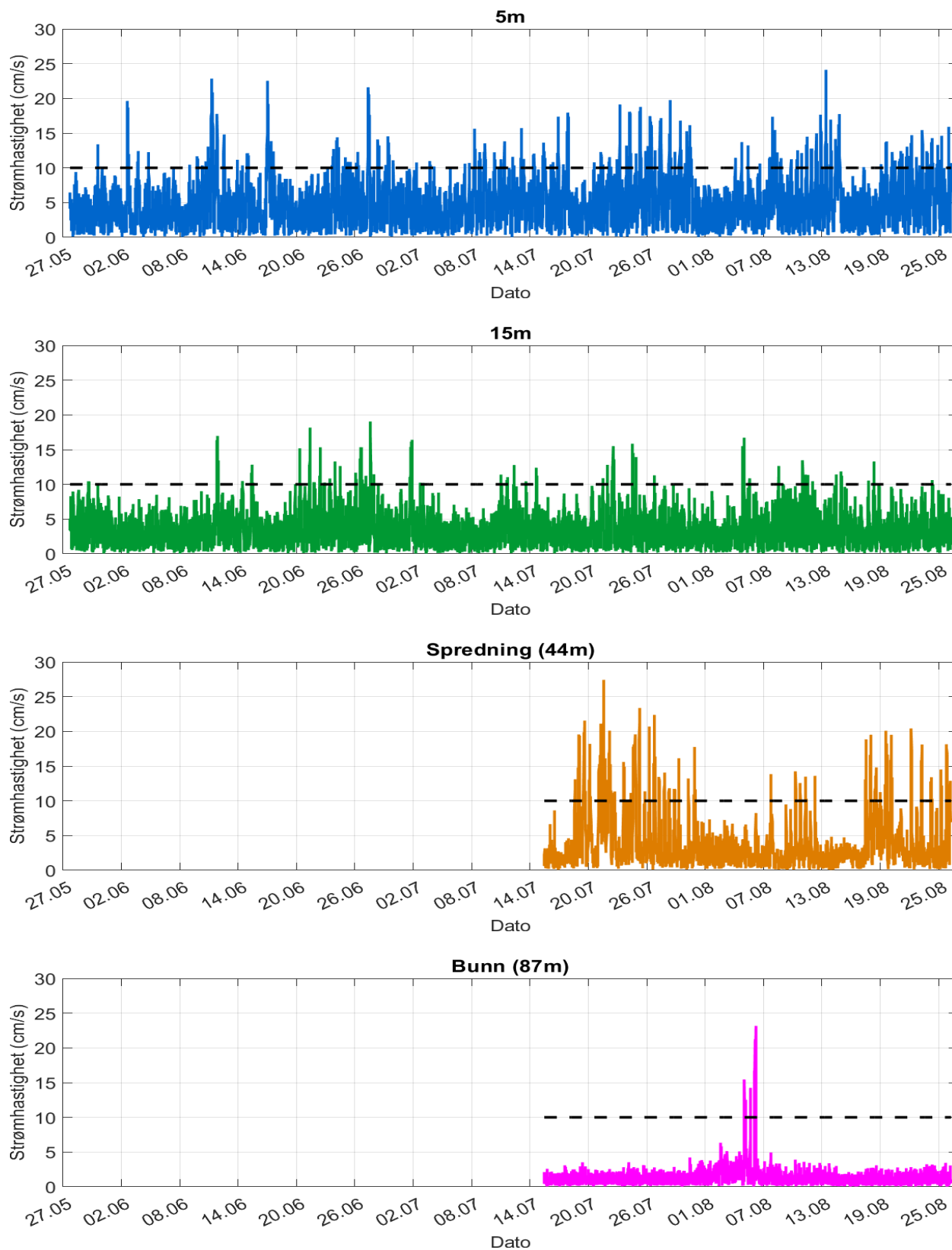
Strømmens retning fordelt i 15°-sektorer er oppgitt under.



Figur 4.5.1. Strømmens retningsfordeling på 5m, 15m, spredningsdyp (44m) og bunndyp (87m). Antall observasjoner er indikert på stående akse og 15°-sektorer på liggende akse.

## 4.6 Tidsdiagram – Strømhastighet

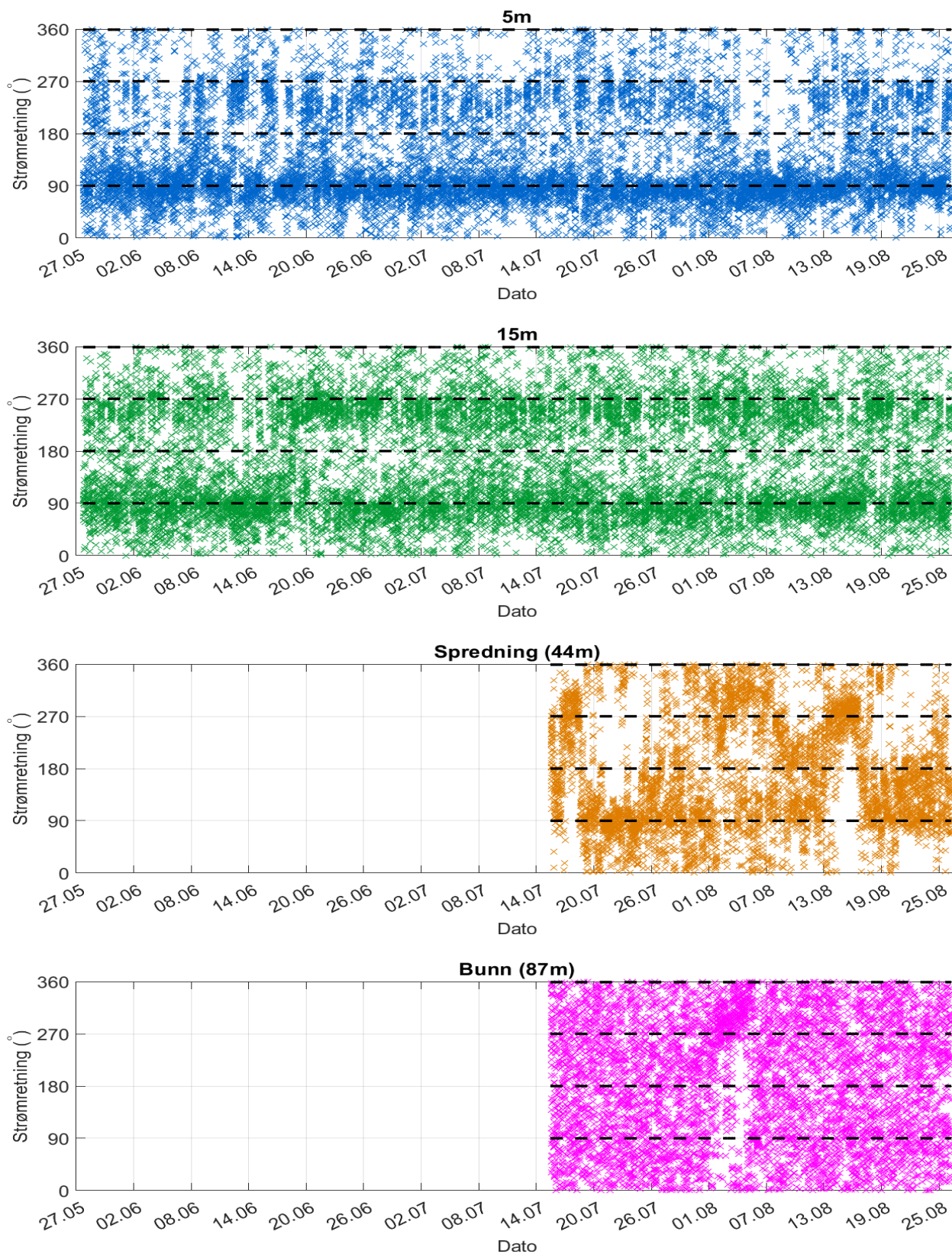
Strømmens hastighet under måleperioden er oppgitt under.



Figur 4.6.1. Tidsdiagram av strømhastighet på 5m, 15m, spredningsdyp (44m) og bunndyp (87m). Strømhastighet er indikert på stående akse og tid på liggende akse.

## 4.7 Tidsdiagram – Strømretning

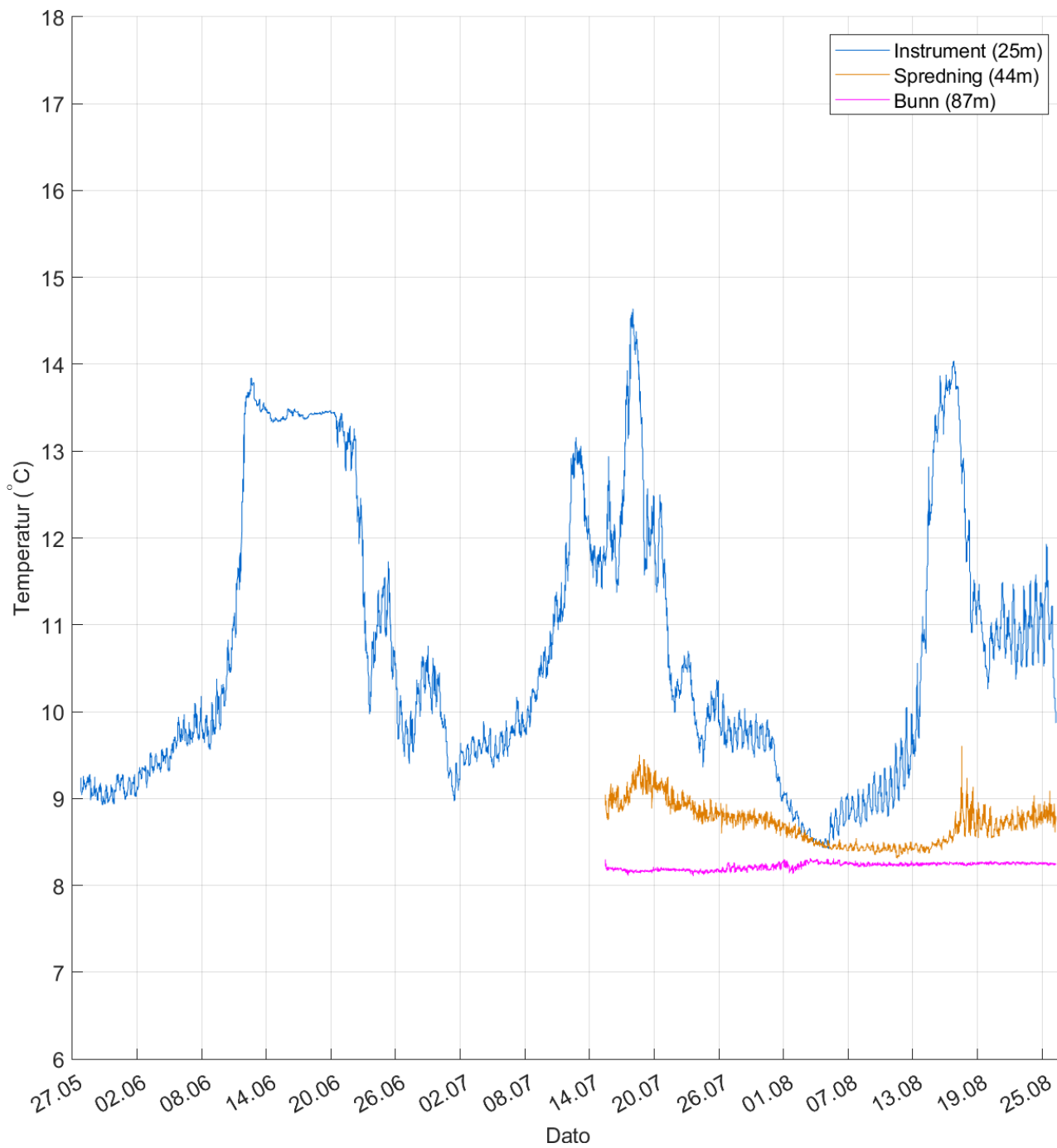
Strømmens retning under måleperiode er oppgitt under.



Figur 4.7.1. Tidsdiagram av strømretning på 5m, 15m, spredningsdyp (44m) og bunndyp (87m). Strømretning på stående akse og tid på liggende akse.

## 4.8 Tidsdiagram – Temperatur

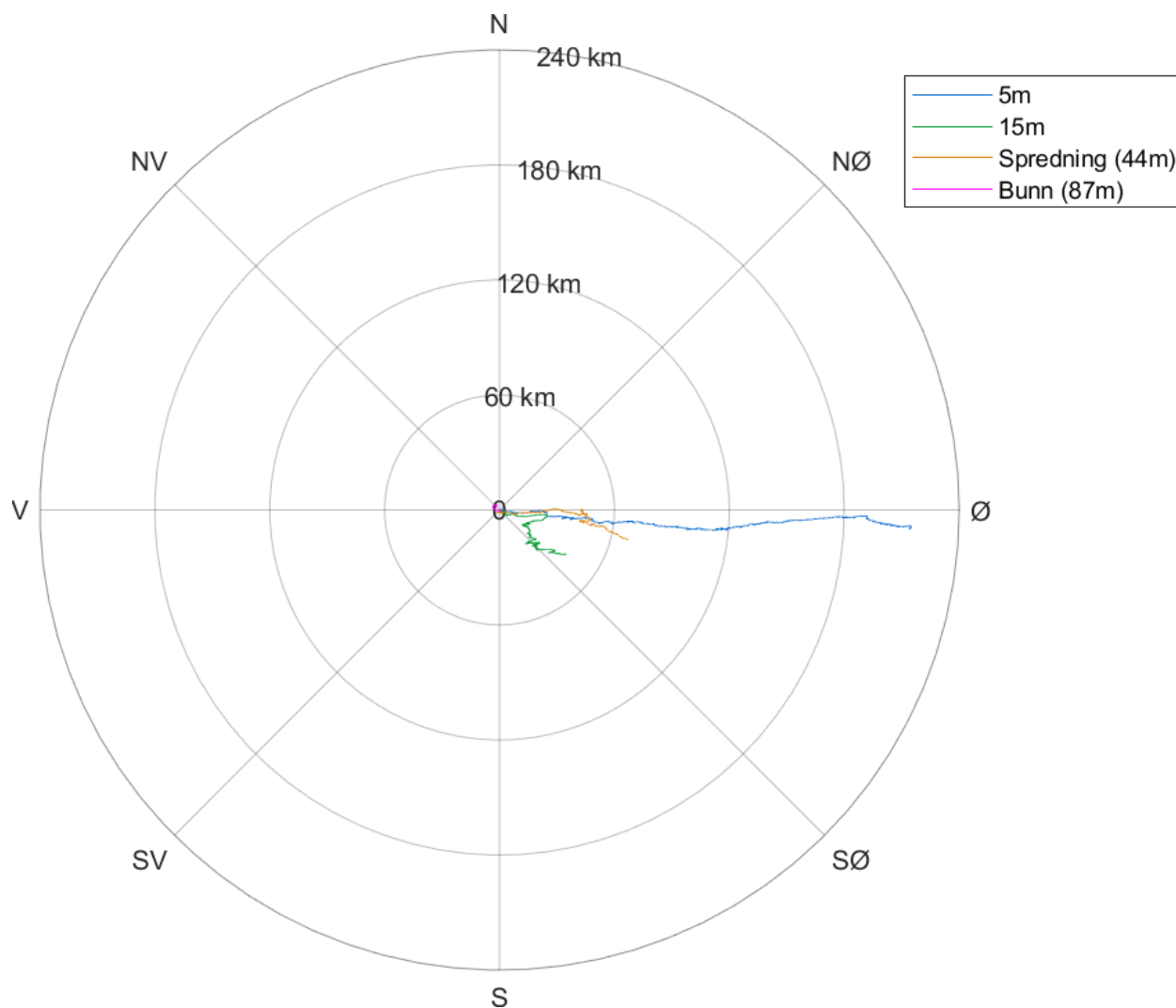
Temperatur under måleperioden er oppgitt under.



Figur 4.8.1. Tidsdiagram av temperatur på instrument (25m), spredningsdyp (44m) og bunndyp (87m). Temperatur er indikert på stående akse og tid på liggende akse.

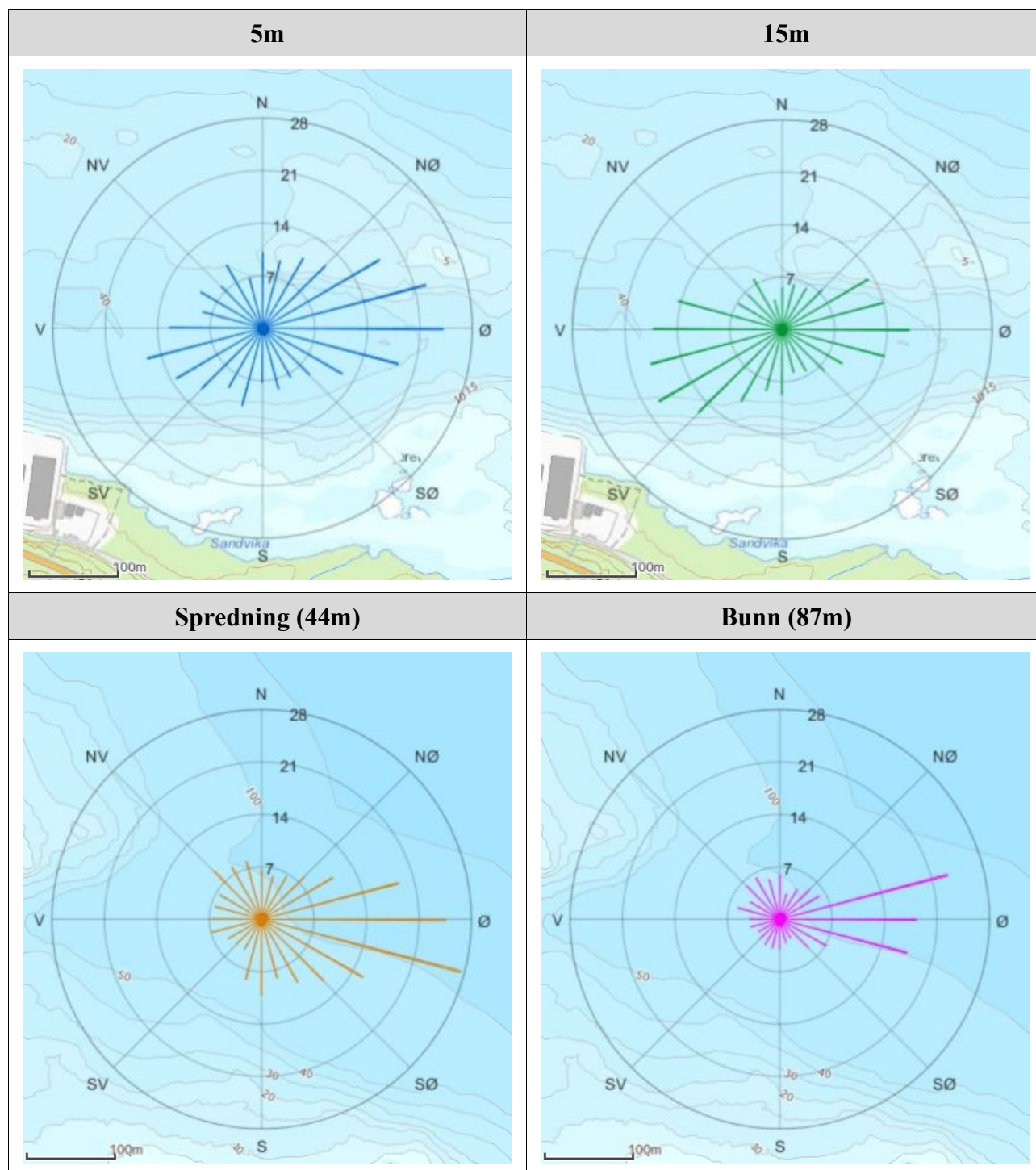
#### 4.9 Progressivt vektordiagram

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). Dette gir en indikasjon på vannutskiftning under måleperioden.



Figur 4.9.1 Progressivt vektordiagram for strøm på 5m, 15m, spredningsdyp (44m) og bunndyp (87m).

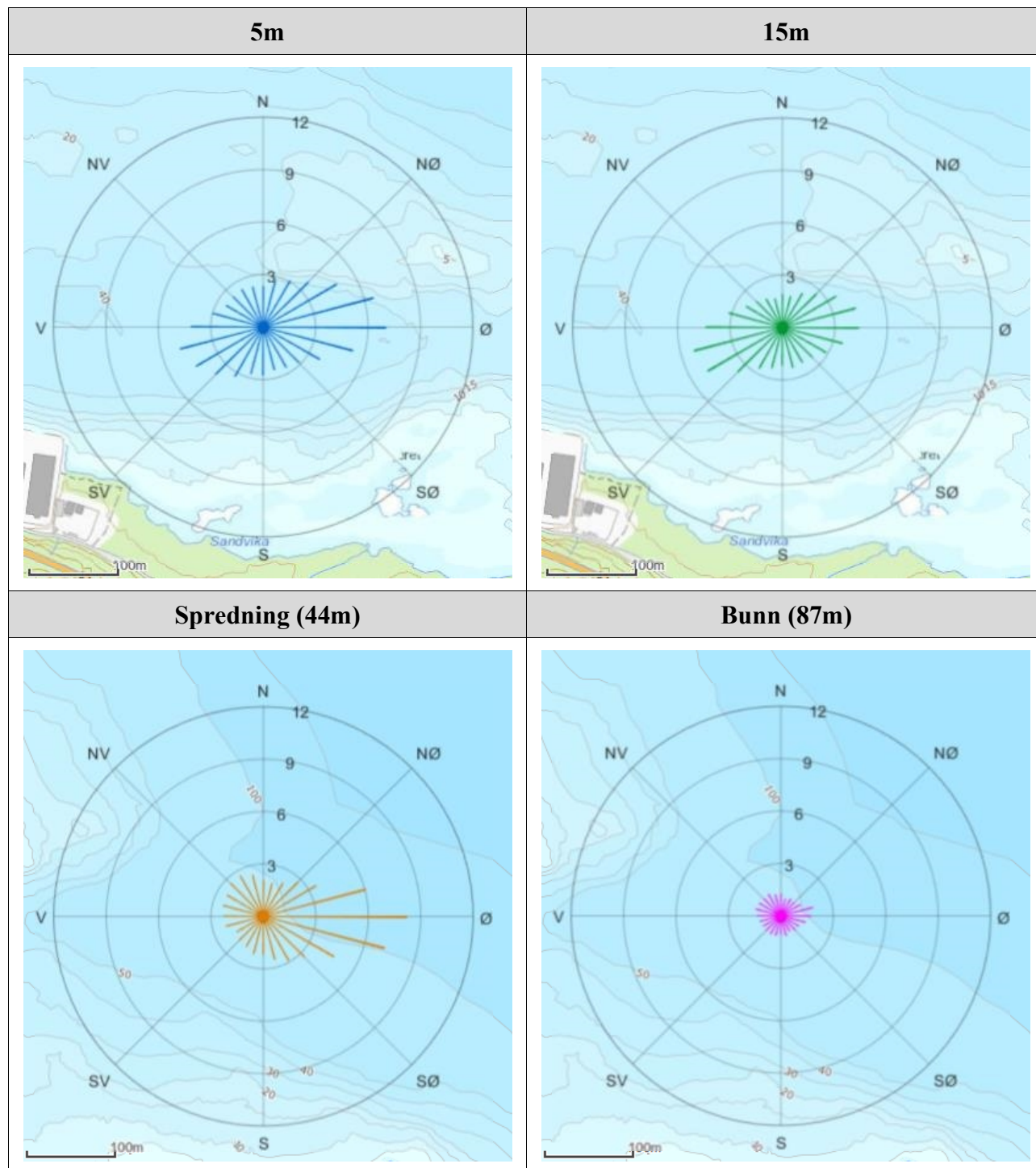
## 4.10 Fordelingsdiagram – Maksimal strømshastighet



Figur 4.10.1. Fordelingsdiagram av maksimal strømshastighet (cm/s) for hver 15°-sektor på 5m, 15m, spredningsdyp (44m) og bunndyp (87m) i løpet av måleperioden.



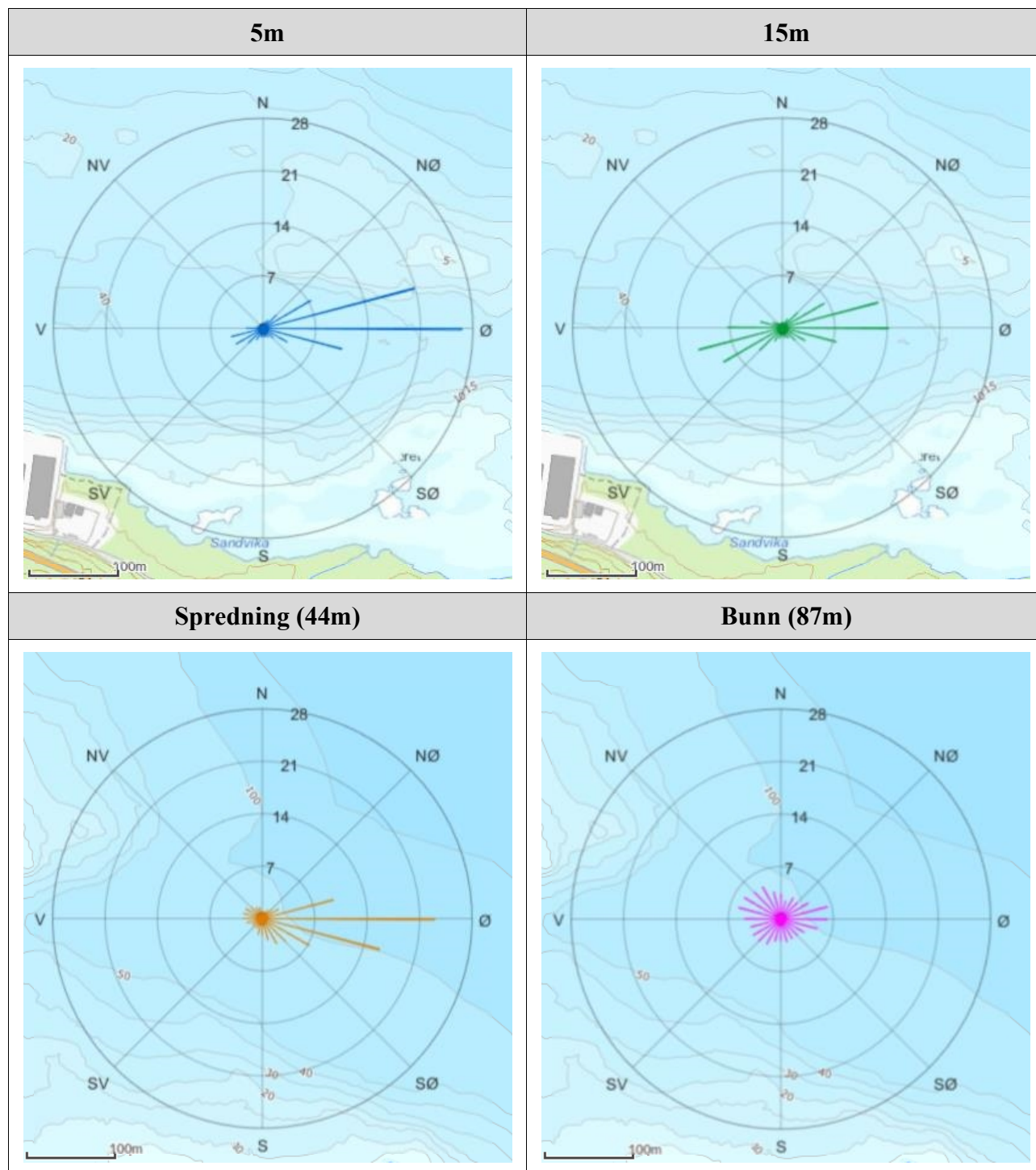
## 4.11 Fordelingsdiagram – Gjennomsnittshastighet



Figur 4.11.1. Fordelingsdiagram av gjennomsnittlig strømshastighet (cm/s) for hver 15°-sektor på 5m, 15m, spredningsdyp (44m) og bunndyp (87m) i løpet av måleperioden.

#### 4.12 Fordelingsdiagram – Relativ vannfluks

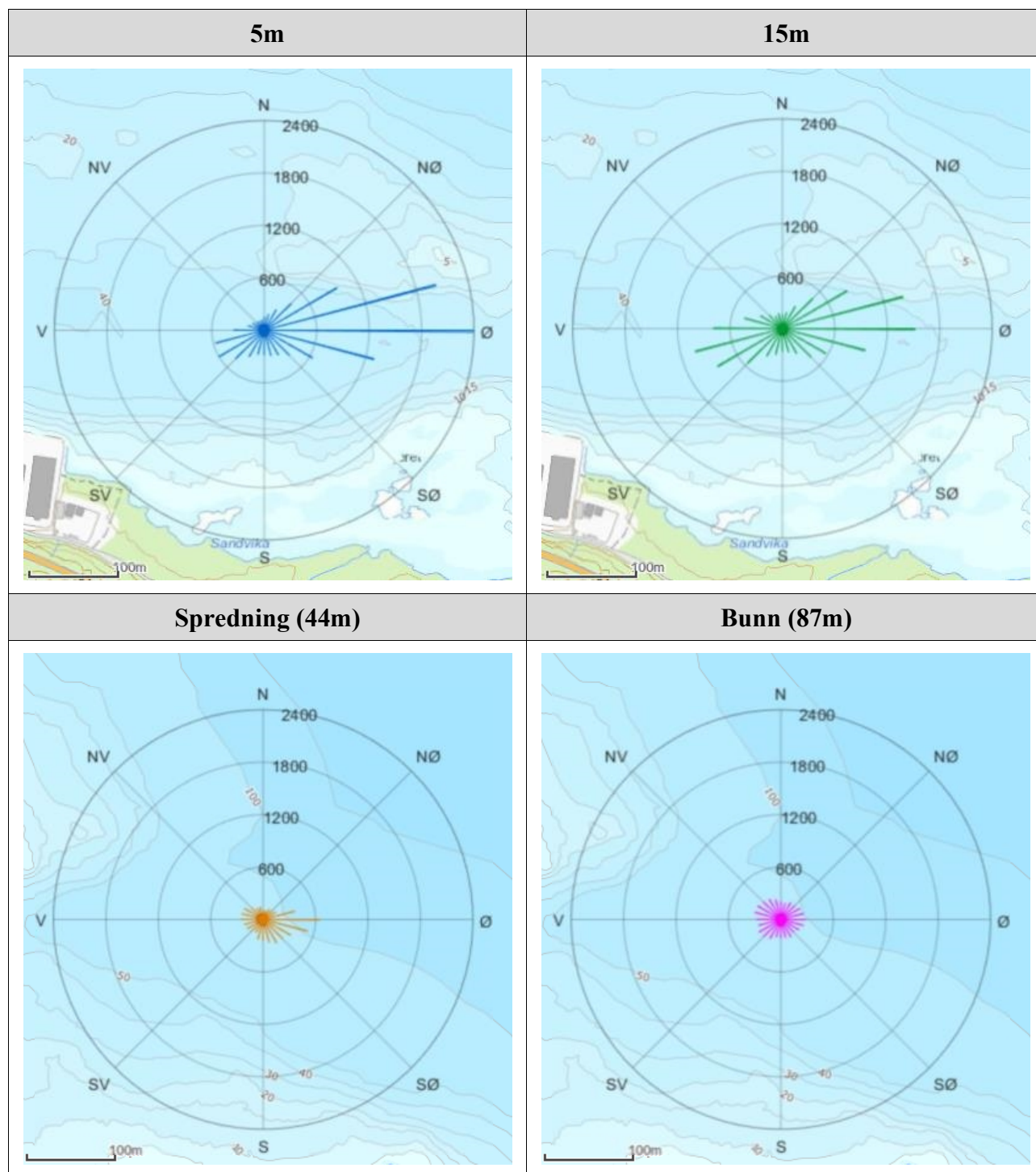
Figuren viser relativ vannfluks (%) i hver 15°-sektor. Relativ vannfluks angir mengden vann som strømmer gjennom en retningssektor. Total vannfluks er totalt volum vann som strømmer gjennom alle sektorer i løpet av måleperioden.



Figur 4.12.1. Fordelingsdiagram av relativ vannfluks (%) for hver 15°-sektor på 5m, 15m, spredningsdyp (44m) og bunndyp (87m) i løpet av måleperioden.

### 4.13 Fordelingsdiagram – Antall observasjoner

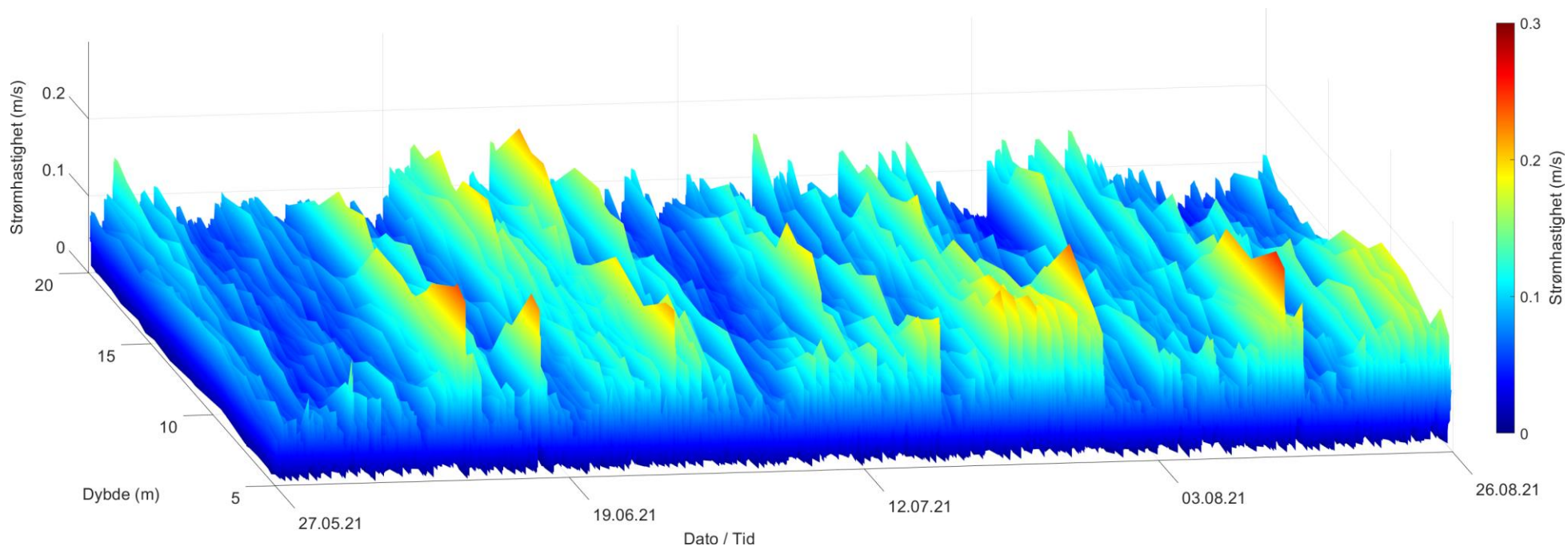
Figuren viser hvor mange ganger strømretningen er observert i de ulike 15°-sektorene i løpet av måleperioden.



Figur 4.13.1. Fordelingsdiagram av antall observasjoner for hver 15°-sektor på 5m, 15m, spredningsdyb (44m) og bunndyb (87m) i løpet av måleperioden.

#### 4.14 Strømhastighetsprofil

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



Figur 4.14.1. Strømhastighetsprofil målt av instrument på 25m dyp, pekende oppover. Dato er indikert på x-aksen, dyp på y-aksen og strømhastighet på z-aksen.

#### 4.15 Maksimal strømshastighet i 8 retningssektorer

Tabell 4.15.1. Maksimal strømshastighet (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°
<b>5m</b>	10.2	18.1	24.1	12.3	10.7	13.3	15.9	9.7
<b>15m</b>	6.2	13.3	17.0	9.2	8.7	19.0	18.2	7.7
<b>Spredning (44m)</b>	8.0	11.0	27.4	15.6	10.2	5.2	7.0	9.0
<b>Bunn (87m)</b>	5.9	6.2	23.2	7.2	4.1	4.0	5.8	6.4

#### 4.16 Gjennomsnittlig strømshastighet i 8 retningssektorer

Tabell 4.16.1. Gjennomsnittlig strømshastighet (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°
<b>5m</b>	2.5	4.3	6.4	3.2	2.7	3.9	4.3	2.5
<b>15m</b>	1.8	3.1	4.2	2.6	2.3	4.1	4.5	2.2
<b>Spredning (44m)</b>	2.2	2.9	7.3	3.7	2.3	1.9	2.3	2.6
<b>Bunn (87m)</b>	1.2	1.2	1.7	1.1	1.2	1.2	1.4	1.4

#### 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°
<b>5m</b>	475	1667	5718	1372	874	1408	1119	411
<b>15m</b>	539	1636	3922	1366	852	1784	2275	670
<b>Spredning (44m)</b>	369	455	1550	986	753	578	740	593
<b>Bunn (87m)</b>	643	707	823	682	635	815	856	863

#### 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°
<b>5m</b>	1.9	11.2	58.2	7.0	3.7	8.8	7.7	1.6
<b>15m</b>	2.1	10.8	34.8	7.5	4.2	15.5	22.0	3.1
<b>Spredning (44m)</b>	3.4	5.6	49.0	15.6	7.6	4.7	7.4	6.5
<b>Bunn (87m)</b>	9.7	10.7	17.7	9.8	9.3	12.3	14.9	15.6

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

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

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

Strøm	Retning							
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
	337.5° – 22.5°	22.5° – 67.5°	67.5° – 112.5°	112.5° – 157.5°	157.5° – 202.5°	202.5° – 247.5°	247.5° – 292.5°	292.5° – 337.5°
<b>Maks (cm/s)</b>	10.2	18.1	24.1	12.3	10.7	13.3	15.9	9.7
<b>Retning (°)</b>	357	64	86	118	199	246	251	334
<b>10-år (cm/s)</b>	17	30	40	20	18	22	26	16
<b>50-år (cm/s)</b>	19	33	45	23	20	25	29	18

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°
<b>Maks (cm/s)</b>	6.2	13.3	17.0	9.2	8.7	19.0	18.2	7.7
<b>Retning (°)</b>	22	67	95	120	183	243	256	332
<b>10-år (cm/s)</b>	10	22	28	15	14	31	30	13
<b>50-år (cm/s)</b>	12	25	31	17	16	35	34	14

#### 4.20 Persentilfordeling av strømhastighet

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

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

Persentil	5m	15m	Spredning (44m)	Bunn (87m)
1	0.4	0.3	0.3	0.1
10	1.4	1.1	0.9	0.4
20	2.1	1.6	1.4	0.6
30	2.8	2.1	1.8	0.8
40	3.5	2.6	2.2	0.9
50	4.1	3.1	2.6	1.1
60	4.9	3.6	3.1	1.3
70	5.9	4.3	3.8	1.5
80	7.2	5.2	5.3	1.8
90	9.3	6.7	9.0	2.3
95	11.3	8.2	12.5	2.8
99	15.8	11.9	18.0	4.5

#### 4.21 Prosentfordeling av strømhastighet

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

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

Strømhastighet (cm/s)	5m	15m	Spredning (44m)	Bunn (87m)
1	94.9	91.3	88.3	55.6
3	66.8	51.0	41.7	4.0
5	38.6	22.1	21.3	0.9
10	8.0	2.1	8.3	0.4
20	0.2		0.4	0.03

## 4.22 Strømfordeling

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

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

Strømhastighet (cm/s)	Retning								Sum
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
	337.5°- 22.5°	22.5°- 67.5°	67.5°- 112.5°	112.5°- 157.5°	157.5°- 202.5°	202.5°- 247.5°	247.5°- 292.5°	292.5°- 337.5°	
<b>0-1</b>	0.6	0.6	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	5.1
<b>1-5</b>	2.8	8.1	17.0	8.1	5.6	7.2	5.1	2.4	56.3
<b>5-10</b>	0.3	3.6	19.1	1.5	0.4	2.8	2.6	0.3	30.6
<b>10-20</b>	0.0	0.4	6.8	0.03	0.0	0.2	0.4		7.8
<b>20-30</b>			0.2						0.2
<b>Sum</b>	3.7	12.7	43.9	10.4	6.7	10.8	8.6	3.2	100.0

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

Strømhastighet (cm/s)	Retning								Sum
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
	337.5°- 22.5°	22.5°- 67.5°	67.5°- 112.5°	112.5°- 157.5°	157.5°- 202.5°	202.5°- 247.5°	247.5°- 292.5°	292.5°- 337.5°	
<b>0-1</b>	1.0	1.3	1.3	1.2	1.0	1.1	1.0	0.8	8.7
<b>1-5</b>	3.1	9.5	19.5	8.7	5.2	8.7	10.4	4.1	69.2
<b>5-10</b>	0.04	1.7	8.9	0.6	0.3	3.2	5.1	0.2	20.0
<b>10-20</b>		0.02	0.4			0.7	1.0		2.1
<b>20-30</b>									0.0
<b>Sum</b>	4.1	12.5	30.1	10.5	6.5	13.7	17.5	5.1	100.0



Tabell 4.22.3. Prosent (%) av data i strømhastighetsgrupper fordelt i 8 retningssektorer for spredningsdyp (44m).

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°	
<b>0-1</b>	1.3	1.1	1.8	1.5	1.6	1.8	1.4	1.3	11.8
<b>1-5</b>	4.6	5.6	8.9	11.1	10.6	7.8	10.7	7.7	67.0
<b>5-10</b>	0.3	0.8	7.6	3.0	0.3	0.02	0.2	0.8	13.0
<b>10-20</b>		0.02	7.1	0.8	0.02				7.9
<b>20-30</b>			0.4						0.4
<b>Sum</b>	6.2	7.5	25.8	16.4	12.5	9.6	12.3	9.8	100.0

Tabell 4.22.4. Prosent (%) av data i strømhastighetsgrupper fordelt i 8 retningssektorer for bunndyp (87m).

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°	
<b>0-1</b>	5.0	5.4	6.2	5.6	4.9	6.0	5.5	5.8	44.4
<b>1-5</b>	5.6	6.3	6.9	5.7	5.7	7.5	8.7	8.4	54.8
<b>5-10</b>	0.07	0.07	0.1	0.03			0.03	0.1	0.4
<b>10-20</b>			0.4						0.4
<b>20-30</b>			0.03						0.03
<b>Sum</b>	10.7	11.8	13.6	11.3	10.6	13.5	14.2	14.3	100.0

### 4.23 Strømvarighet

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

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

Strømhastighet (cm/s)	10 - 30min	30min - 1t	1 - 2t	2 - 3t	3 - 4t	4 - 5t	5 - 6t	>6t
0-1	0.1							
1-5	12.3	17.0	8.1	3.6	0.4	0.3	0.4	
5-10	7.0	8.0	2.2	0.3				
10-20	1.2	1.5	1.3	0.5	0.6	0.3		
20-30	0.07							

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

Strømhastighet (cm/s)	10 - 30min	30min - 1t	1 - 2t	2 - 3t	3 - 4t	4 - 5t	5 - 6t	>6t
0-1	0.4							
1-5	13.5	22.4	11.0	5.4	1.8	0.2	1.1	
5-10	4.2	5.0	1.3	0.2				
10-20	0.3	0.5	0.2	0.2				
20-30								

Tabell 4.23.3. Prosent (%) av data i strømhastighetsintervaller med gitt varighet på spredningsdyp (44m).

Strømhastighet (cm/s)	10 - 30min	30min - 1t	1 - 2t	2 - 3t	3 - 4t	4 - 5t	5 - 6t	>6t
0-1	2.4	0.5						
1-5	6.9	11.2	10.1	7.4	6.9	4.8	11.3	
5-10	4.7	2.8	0.7					
10-20	1.2	2.7	0.8	0.7		0.6		
20-30	0.07	0.1						

Tabell 4.23.4. Prosent (%) av data i strømhastighetsintervaller med gitt varighet på bunndyp (87m).

<b>Strømhastighet (cm/s)</b>	<b>10 - 30min</b>	<b>30min - 1t</b>	<b>1 - 2t</b>	<b>2 - 3t</b>	<b>3 - 4t</b>	<b>4 - 5t</b>	<b>5 - 6t</b>	<b>&gt;6t</b>
<b>0-1</b>	11.1	5.2	0.7		0.5			
<b>1-5</b>	12.9	10.2	3.7	1.1	0.9	1.1		
<b>5-10</b>	0.07							
<b>10-20</b>	0.1	0.1						
<b>20-30</b>								

#### 4.24 Tidevannsanalyse

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

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

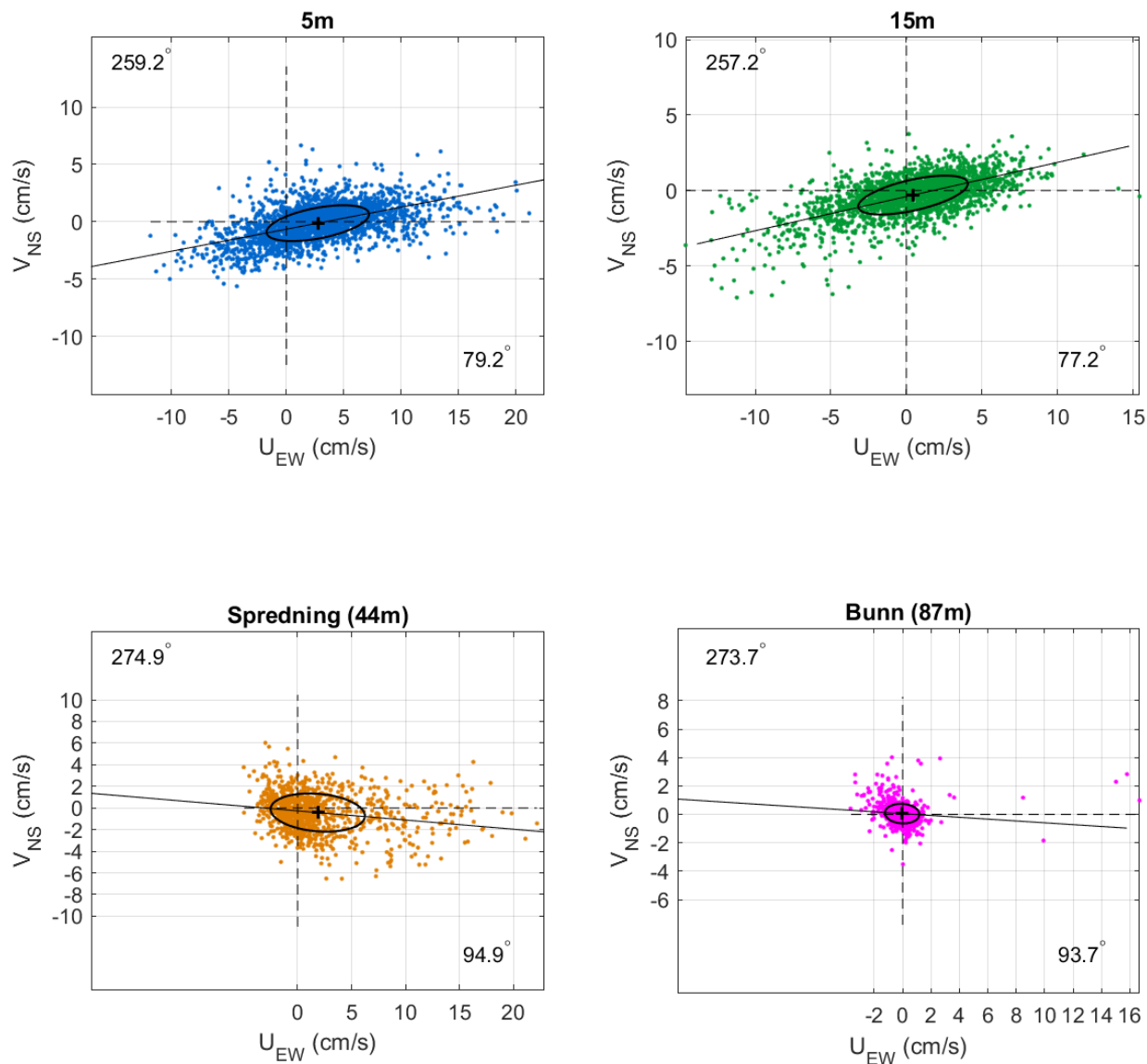
Strøm er splittet i komponentene øst-vest ( $U_{EW}$ ) og nord-sør ( $V_{NS}$ ) for å vurdere spredning av (variasjon i) strømdata på de forskjellige dypene (Emery & Thomson, 2001). Krysset markerer gjennomsnittsverdien for hastighetskomponentene og reflekterer den effektive transporthastigheten med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

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

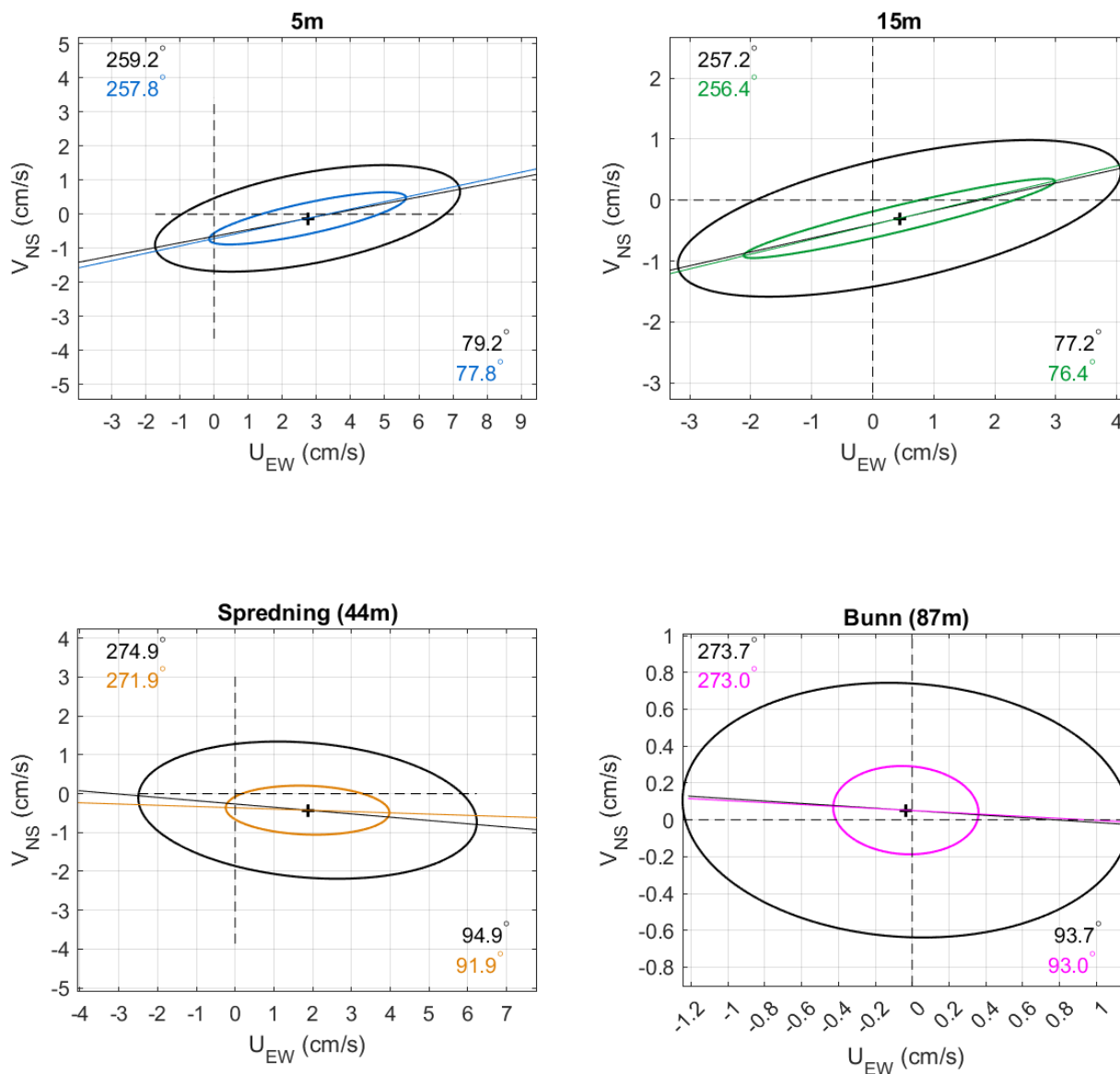
Måledyp	5m	15m	Spredning (44m)	Bunn (87m)
Strøm (%)	52.4	57.4	36.0	14.4
Måledyp	Instrument (25m)		Spredning (44m)	Bunn (87m)
Trykk (%)	97.3		98.7	99.2

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

Måledyp	5m	15m	Spredning (44m)	Bunn (87m)
Strøm (%)	45.7	55.2	26.4	4.0
Måledyp	Instrument (25m)		Spredning (44m)	Bunn (87m)
Trykk (%)	96.2		98.0	98.7



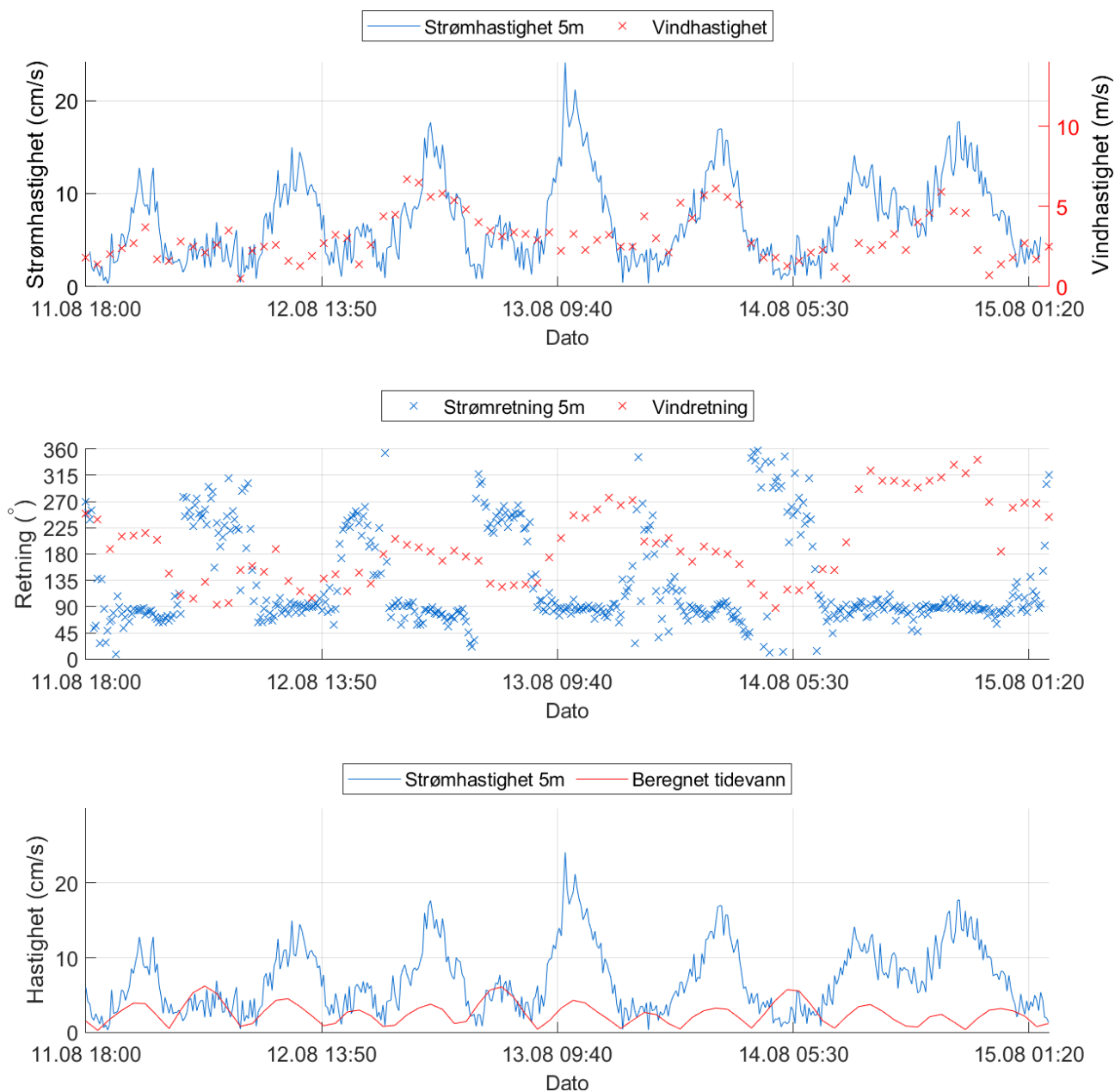
Figur 4.24.1.  $U_{EW} - V_{NS}$  punktdiagram av strømdata i timesverdier, med tilhørende strømeellipse. Midtpunktet for strømeellipse er markert med kryss som også markerer strømmens effektive transporthastighet. Vinklene indikerer den store halvaksens orientering i forhold til nord/sør. Aksekors for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



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

## 4.25 Todagersperiode

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



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

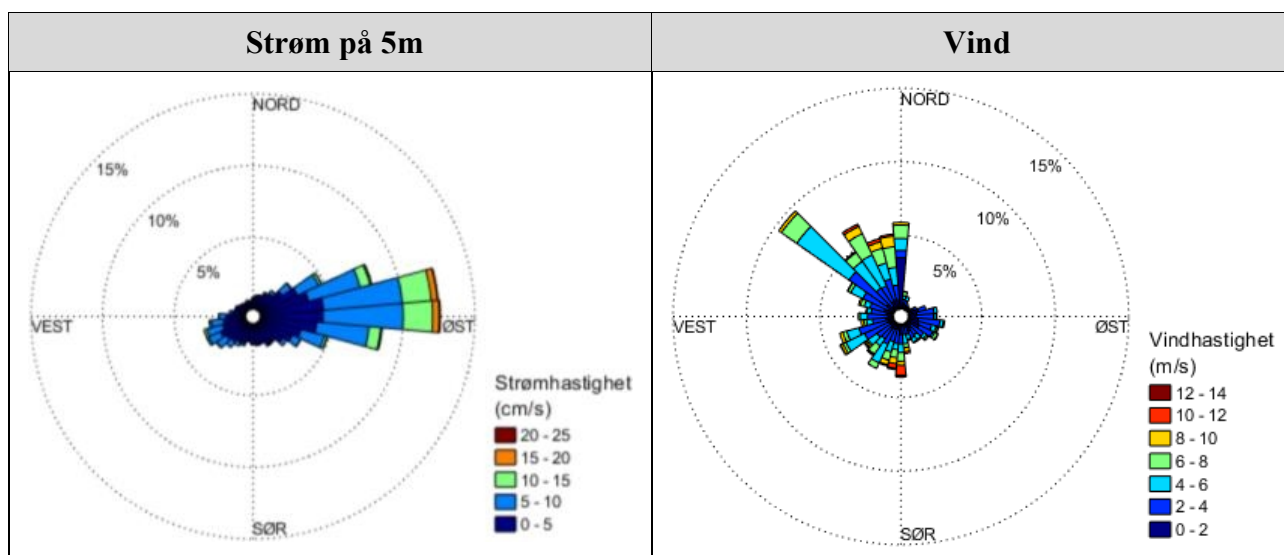
## 4.26 Vind under måleperioden

Vinddata er hentet fra værstasjon Florø Lufthavn, som ligger ca. 5.7km sørvest for strømmålingsposisjonen (Figur 4.26.3).

Strøm over 10cm/s på 5m dyp ble sammenlignet med vinddata fra Florø Lufthavn fra samme periode. Figur 4.26.2 og figurene i "Vedlegg - Fyrstikkdiagram av vind og strøm" indikerer hvilke tidspunkter vind på Florø Lufthavn og målt strøm på 5m dyp hadde omtrent sammenfallende retning. Vannstand i løpet av måleperioden er vist i Figur 4.26.2 og er hentet fra tidevannsstasjon Måløy (Kartverket, 2021), som ligger ca. 35.7km nord for strømmålingsposisjonen (Figur 4.26.3). Vannstand er tilpasset området for målepunktet.

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

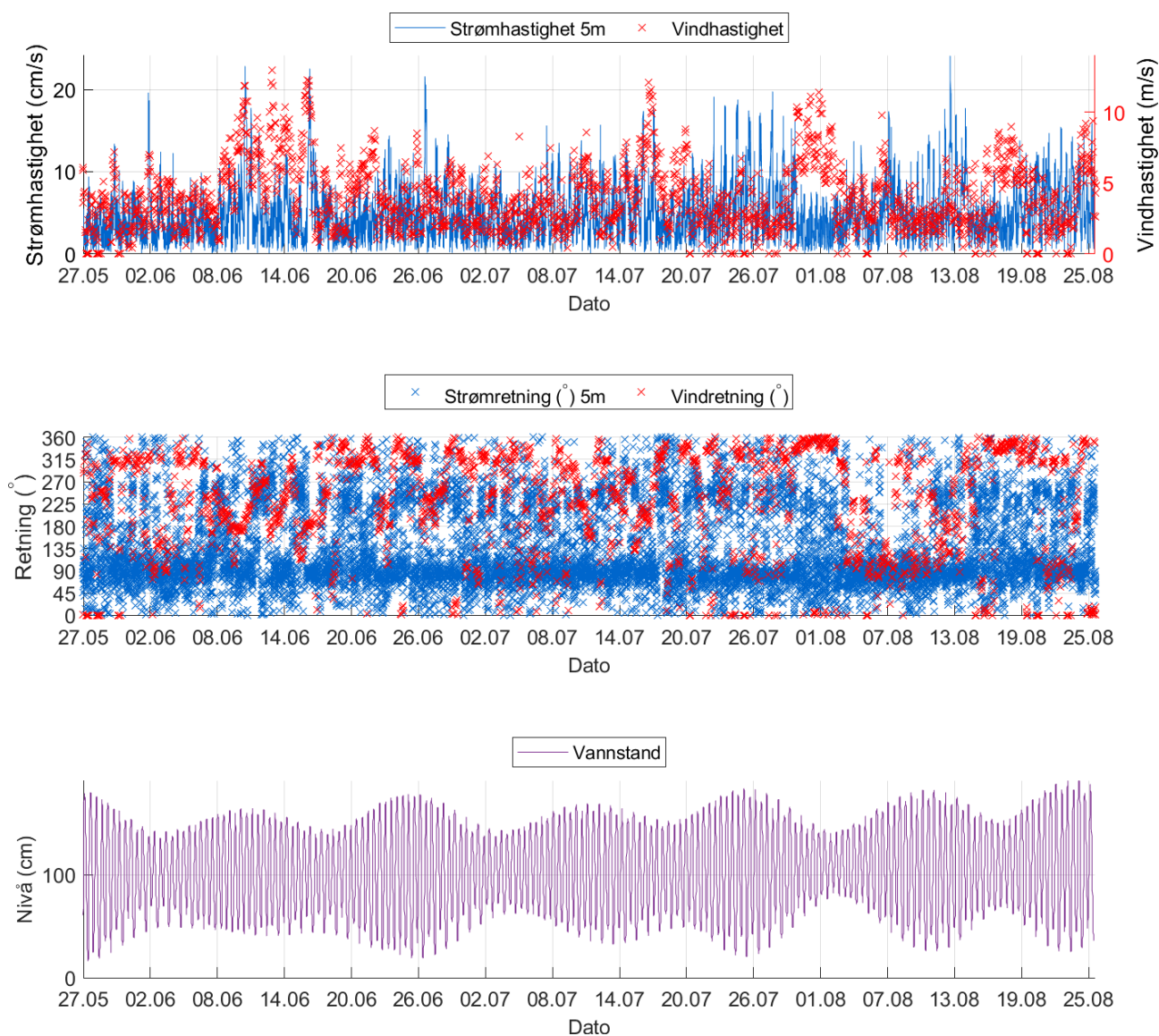
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
<b>Maksimal vindhastighet (m/s)</b>	11.4	5.2	8.5	9.8	13.0	11.6	9.6	10.4
<b>Tid (%)</b>	16.9	2.2	9.1	7.8	11.7	14.9	10.9	26.4



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



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



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

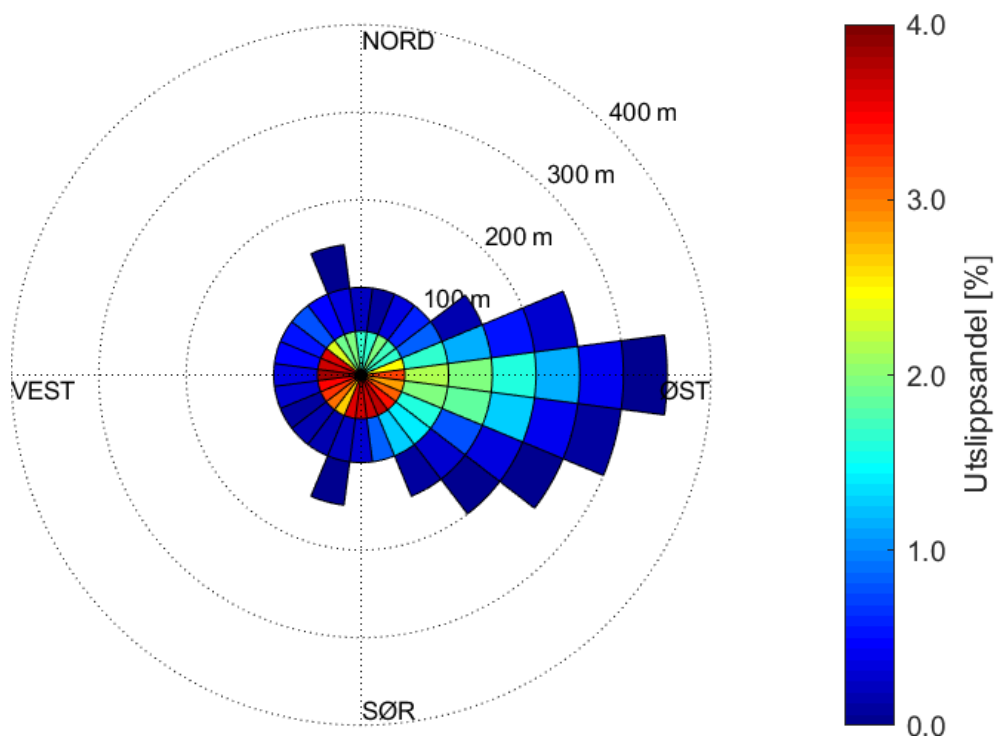


Figur 4.26.3. Posisjonen til Florø Lufthavn værstasjon (markert med blå sirkel) og posisjonen til Måløy tidevannsstasjon (markert med grønn sirkel) i forhold til strømmålingsposisjon (markert med gul pinne). Kartet er hentet fra Fiskeridirktoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

## 4.27 Utslippskontur

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

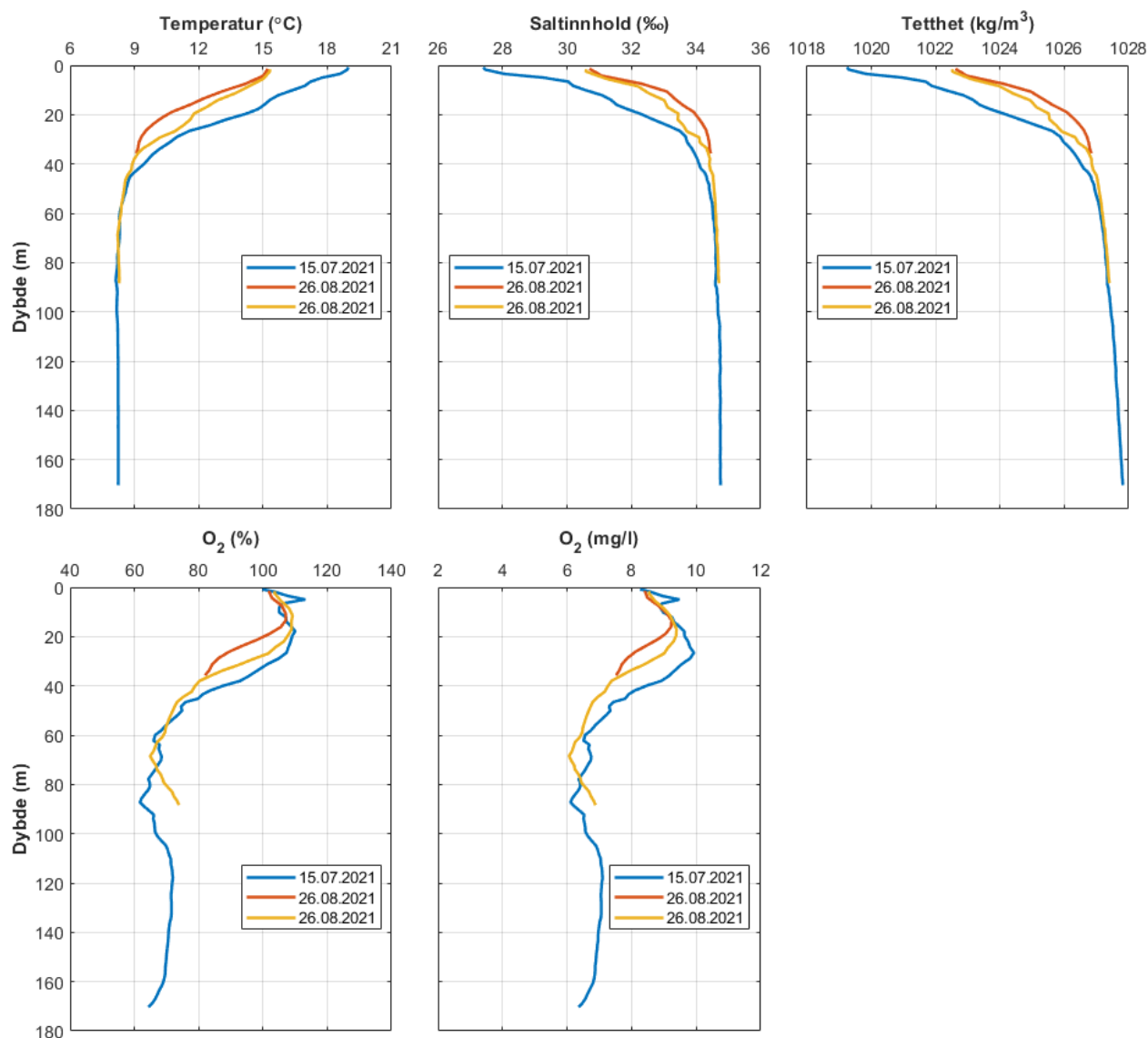
Merk at figuren viser utslipp fra ett punkt. Med utslipp fra ett enkelt punkt vil svært lite avfall havne rett under utslippspunktet, da strømmen alltid vil skape noe spredning. Ved et oppdrettsanlegg er det utslipp over et større område, noe som må inkluderes i vurderingen av spredning av utslipp.



Figur 4.27.1. Utslippskontur basert på målte strømhastigheter på spredningsdyp (44m). Akkumulering av avfall vises som prosentandel av utslipp som havner på bunnen, indikert av fargelagte sektorer. Oppløsningen på hver fargelagt sektor er 50m lang og 15° bred. Avstand fra utslippspunktet er markert med en stiplet sirkel for hver 100m.

## 4.28 CTD-profil

CTD-profil ble målt i sammenheng med utsett 15. juli av strømmålere i samme posisjon som tenkt ventemerd, og i sammenheng med opptak 26. august av strømmålere i samme posisjoner som tenkt ventemerd og utslippspunkt.



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

## 5. Diskusjon

---

Strømmen på Botnastranda er mot Ø på 5m, Ø – SV/V på 15m dyp og Ø/SØ på spredningsdyp (44m). Dette stemmer med områdenes bunntopografi og fjordenes orienteringer. 58.2% av relativ vannutskiftning på 5m, 72.3% på 15m og 64.6% på spredningsdyp (44m) skjer langs hovedstrømretningene (Tabell 4.18.1).

Strømmen på Botnastranda er mot flere retninger på bunndyp (87m). Strømretning er ikke dominert av motsatt rettede hovedstrømretninger siden strømmen skifter retning i løpet av perioden. Mest vannutskiftning på bunndyp er mot Ø (17.7%), deretter NV (15.6%) og V (14.9%) (Tabell 4.18.1).

### 5.1 Høye strømmålinger

Maksimal strømhastighet var 24.1cm/s mot Ø på 5m, 19.0cm/s mot SV på 15m, 27.4cm/s mot Ø på spredningsdyp (44m) og 23.2cm/s mot Ø på bunndyp (87m). Maksstrømmen er langs hovedstrømretning på alle dyp og er vurdert som svak på 5m og 15m dyp, sterk på spredningsdyp (44m) og middels sterk på bunndyp (87m). 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 8.6cm/s på 5m, 6.3cm/s på 15m, 7.7cm/s på spredningsdyp (44m) og 2.3cm/s på bunndyp (87m). Signifikant maksimal strømhastighet er vurdert som svak på 5m og 15m dyp, middels sterk på spredningsdyp (44m) og svært svak på bunndyp (87m).

Det var ingen tilfeller der strøm var  $> 30\text{cm/s}$ .

### 5.2 Tidevannspåvirkning

Strømmen er vurdert som tidevannsdominert på 5m og 15m dyp under måleperioden, fordi tidevannsellipsen er stor i forhold til strø mellipsen (Figur 4.24.2). Tidevannssignalet dominerte ikke på spredningsdyp (44m) eller bunndyp (87m) under måleperioden, som er indikert ved at tidevannsellipsen er vesentlig mindre enn strø mellipsen (Figur 4.24.2).

### 5.3 Vindpåvirkning

Ut fra omkringliggende topografi er det vurdert at vind fra V/NV, NØ og SØ kan ha betydning for strømforholdene ved tenkt posisjon for ventemerid. Under måleperioden blåste vind mest fra NV og sterkest fra S (Tabell 4.26.1).

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

Hvis de lokale vindforholdene på strømmålingsposisjonen var like de på Florø Lufthavn under måleperioden, er det vurdert at vind fra SV/V kan ha påvirket strøm mot Ø og vind fra NV kan ha påvirket strøm mot Ø. Det er ikke forventet at vind fra SV vil påvirke strømmen i så stor grad siden målepunktet for tenkt ventemerid er relativt beskyttet for vind fra SV. Eventuell påvirkning på strømmen er dermed vurdert som liten.

Det var ett enkelt tilfelle 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 1.3cm/s på bunn dyp (87m). På resten av måledypene var snitthastigheten  $\geq 2$ cm/s. Gjennomsnittlig strømhastighet er vurdert som svak på 5m, 15m og spredningsdyp (44m), og som svært svak på bunn dyp (87m).

Neumann-parameteren er vurdert som svært stabil på 5m, lite stabil på 15m, stabil på spredningsdyp (44m) og svært lite stabil på bunn dyp (87m). Strømretninger og vannutskiftning stemmer med områdenes bunntopografi. Vannutskiftningen er vurdert som god på 5m, 15m og spredningsdyp (44m), fordi vannet beveger seg bort fra startpunktet og ikke bare flyter fram og tilbake. Vannutskiftningen trenger ikke nødvendigvis å være dårlig selv om Neumann-parameteren er lav på 15m dyp, ettersom det har vært perioder med strøm i én retning med varighet over en dag. Det er ikke nødvendigvis det samme vannet som har returnert til startpunktet. På bunn dyp (87m) er vannutskiftningen vurdert som mindre god.

Prosent nullmålinger ( $< 1$ cm/s) var mindre enn 10% på 5m og 15m dyp. Prosent nullmålinger ( $< 1$ cm/s) var 11.7% på spredningsdyp (44m) og 44.4% på bunn dyp (87m). Lengst varighet for strøm  $< 1$ cm/s var 60 minutter (1t) på 5m, 60 minutter (1t) på 15m, 80 minutter (1t 20min) på spredningsdyp (44m) og 280 minutter (4t 40min) på bunn dyp (87m).

## 5.5 Mulig spredning av utslipp

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

Dyp ved målepunktene var ca. 37m og ca. 95m. Med slike dyp er det god avstand mellom notbunn og havbunn. Strømmåleposisjonen for tenkt ventemerde ligger over en relativt flat bunn i en liten renne, mens posisjonen for tenkt utslippspunkt ligger over en skrånende bunn. Her skrår bunnen nedover mot NØ til ca. 170m midt i Norddalsfjorden. Bunntopografien er orientert Ø – V i området for strømmålingsposisjonen til tenkt ventemerde, og NV – SØ ved tenkt utslippspunkt.

Det var flere tilfeller der strøm var  $> 10\text{cm/s}$  på spredningsdyp (44m). Dette er gunstig med tanke på spredning av organisk materiale fra anlegget. På bunndyp (87m) var det kun en lengre episode med strømhastigheter  $> 10\text{cm/s}$ .

Spredning av utslipp følger strømrøsen for spredningsdyp (44m) (Figur 4.2.1) og orienteringen til bunntopografien i området. Mye sedimentasjon legger seg rett ved målepunktet og mot Ø (Figur 4.27.1), som er retningen med mest vannutskiftning (Tabell 4.18.1). Med utgangspunkt i målte strømhastigheter på spredningsdyp (44m) vil avfall spre seg lengst mot øst, opptil 350m vekk fra utslippspunktet.

## 5.6 Vannsøylens vertikale struktur

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

Temperatur under måleperioden var  $8.4 - 14.6^{\circ}\text{C}$  på instrumentdyp (25m),  $8.3 - 9.6^{\circ}\text{C}$  på spredningsdyp (44m) og  $8.1 - 8.3^{\circ}\text{C}$  på bunndyp (87m). Temperaturmålingene viser at 25m dyp hadde perioder med varmere temperaturer. Dette kan variere med inn- og utstrømning av vann fra fjorden, som kan bringe ulike vannmasser forbi målepunktet. Temperaturmålingene på sprednings- (44m) og bunndyp (87m) varierer mindre, med indikasjoner på litt varmere perioder på spredningsdyp (44m) samtidig som på 25m dyp. Temperaturen på bunndyp (87m) er relativt stabil under hele måleperioden.

CTD-målinger ved utsett og opptak viser at det var en avkjøling av vannsøylen ned til omtrent 50m dyp i løpet av måleperioden. Videre ned i vannsøylen var temperaturen relativt lik både i juli og august. Både i juli og i begge posisjoner i august avtok temperaturen fra overflaten og ned til ca. 50m dyp, og endret seg deretter lite ned mot bunnen. Høy temperatur ved overflaten er normalt på denne årstiden, når solen varmer overflatevannet.

Saltinnholdet økte i løpet av måleperioden fra overflaten og ned til omtrent 50m dyp. Fra 50m dyp og ned til bunnen var det lite forskjell i saltinnholdet mellom juli og begge profilene i august. Saltinnholdet både i juli og i begge posisjoner i august økte fra overflaten og ned til omtrent henholdsvis 50m og 30m dyp, og endret seg deretter lite ned mot bunnen. Rask økning i saltinnhold ved overflaten kan forklares av ferskvannsavrenning i området, som ofte forekommer på denne årstiden.

Tetthetsdata gjenspeiler saltinnholdet og indikerer at vannsøylen var lagdelt i alle tre profiler; med et grunt overflatelag, lagdeling fra rett under overflaten og ned til ca. 50m dyp i juli og 30m dyp i august, og videre et vannlag ned til bunnen.

Oksygenmetningen var høy ( $> 90\%$ ) ved overflaten i alle tre profiler. I juli var det en økning i oksygenmetning først på ca. 5m dyp og deretter en svakere økning på ca. 18m dyp. Økningen på 5m dyp kan forklares av algeoppblomstring, som produserer oksygen i dette dybdesjiktet på denne årstiden. Videre avtok oksygenmetningen ned til ca. 60m dyp. Herfra varierte den litt ned til ca. 105m dyp, etterfulgt av lite endring ned til ca. 160m dyp og avtok deretter litt ned mot bunnen. I august var det en svak økning i begge posisjoner på rundt 12m dyp. Videre avtok oksygenmetningen i begge profiler ned til ca. 38m og 60m dyp. I profilen for tenkt utslippspunkt økte oksygenmetningen noe igjen fra 60m dyp og ned til bunnen. Oksygeninnholdet viser lignende mønster som oksygenmetningen.

## 6. Vedlegg – Bakgrunnsinformasjon

---

### 6.1 Valg av sted, dyp og periode for strømmålinger

#### Valg av målested

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

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

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

Strømmålingene på sprednings- og bunndyp er tatt for å måle strøm ved utslippspunkt.

#### Valg av måledyp

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

*Vannutskiftningsstrøm* måles på 15m dyp.

*Sprednings- og bunnstrøm* er tatt midt i vannsøylen og i nærheten av tenkt utslippspunkt.

#### Valg av måleperiode

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

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

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



## 6.2 Spesifikasjoner for strøminstrumenter

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

Tabell 6.2.1. Spesifikasjoner per strøminstrument.

Måledyp	5m	15m	Spredning (44m)	Bunn (87m)
Leverandør	Nortek AS	Nortek AS	Aanderaa AS	Aanderaa AS
Instrumenttype, modell	AWAC (400kHz)	AWAC (400kHz)	RCM Blue 5430 punktmåler	RCM Blue 5430 punktmåler
ID-nr.	7353	7353	5241	5122
Cellestørrelse	2m	2m	-	-
Kalibrering	Utført hos Nortek AS ved levering av instrumentet.	Utført hos Nortek AS ved levering av instrumentet.	Utført hos Aanderaa Data Instruments ved levering av instrumentet.	Utført hos Aanderaa Data Instruments ved levering av instrumentet.
Strømhastighetens nøyaktighet	1% av målt verdi $\pm 0.5\text{cm/s}$	1% av målt verdi $\pm 0.5\text{cm/s}$	$\pm 0.15\text{cm/s}$	$\pm 0.15\text{cm/s}$
Strømhastighetens rekkevidde / terskelverdi	0 til $\pm 10\text{m/s}$ (vektor gjennomsnitt)	0 til $\pm 10\text{m/s}$ (vektor gjennomsnitt)	0 til $300\text{cm/s}$ (vektor gjennomsnitt)	0 til $300\text{cm/s}$ (vektor gjennomsnitt)
Strømretningens nøyaktighet	$\pm 2^\circ$ for helning $< 15^\circ$	$\pm 2^\circ$ for helning $< 15^\circ$	$\pm 5^\circ$ for $0-15^\circ$ helning; $\pm 7.5^\circ$ for $15-35^\circ$ helning	$\pm 5^\circ$ for $0-15^\circ$ helning; $\pm 7.5^\circ$ for $15-35^\circ$ helning
Kompassorientering	Magnetisk nord	Magnetisk nord	Magnetisk nord	Magnetisk nord
Kompass justert for misvisning	Nei	Nei	Nei	Nei
Temperaturens nøyaktighet og rekkevidde	$0.1^\circ\text{C}$ , $-4^\circ\text{C}$ til $40^\circ\text{C}$	$0.1^\circ\text{C}$ , $-4^\circ\text{C}$ til $40^\circ\text{C}$	$0.05^\circ\text{C}$ , $-5^\circ\text{C}$ til $40^\circ\text{C}$	$0.05^\circ\text{C}$ , $-5^\circ\text{C}$ til $40^\circ\text{C}$

### 6.3 Måleprinsipp for strømmålinger

#### Aanderaa punktmåler

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

Tabell 6.3.1. Måleprinsipp for en Aanderaa punktmåler.

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

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

#### Nortek AWAC

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

Tabell 6.3.2. Måleprinsipp for Nortek AWAC.

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

Gule og grønne felt indikerer aktive perioder innenfor en samplingsperiode på 10 minutter; hvor måleren pulserer hele 10-minutters samplingsperiode. Den registrerte målingen hvert 10. minutt er gjennomsnittet av strømmålinger i løpet av hele 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 ga advarsel om for lite vekt i bunnen. Derfor ble forankring økt i riggoppsettet før utsett.

### 7.2 Riggoppsett

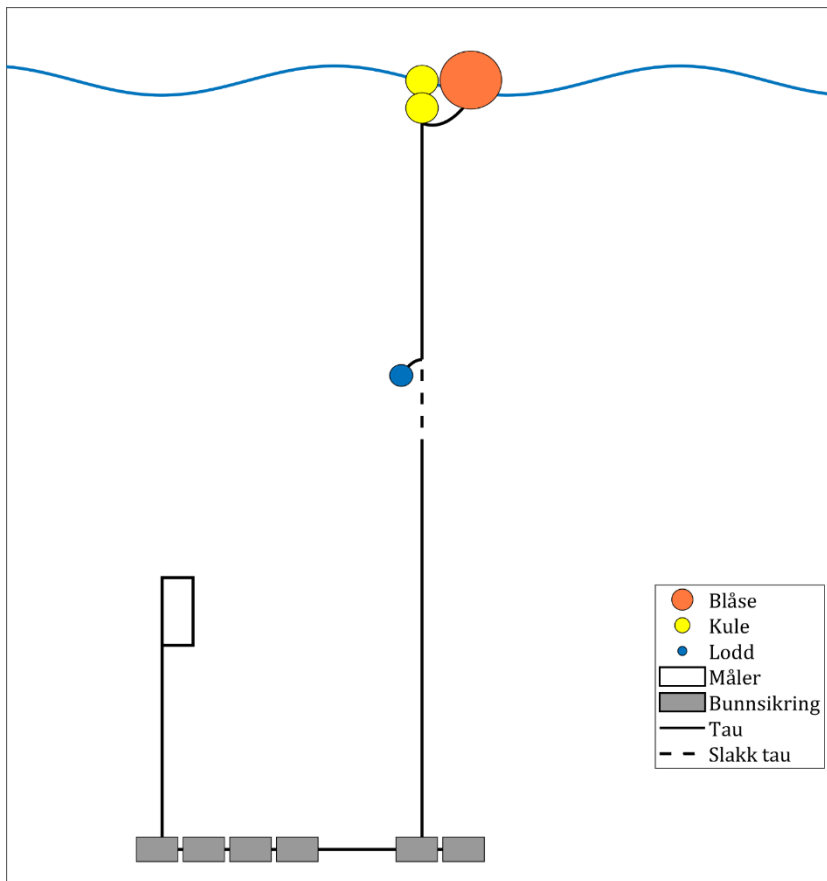
Riggoppsett for målt strøm er beskrevet i Tabell 7.2.1 – Tabell 7.2.2 og skissert i Figur 7.2.1 – Figur 7.2.2. Basert på målt trykkdata har trolig riggen med målinger på sprednings- (44m) og bunndyp (87m) blitt satt ut litt grunnere enn antatt, da begge instrumentene har stått ca. 4m grunnere enn utfra planlagt riggoppsett.

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

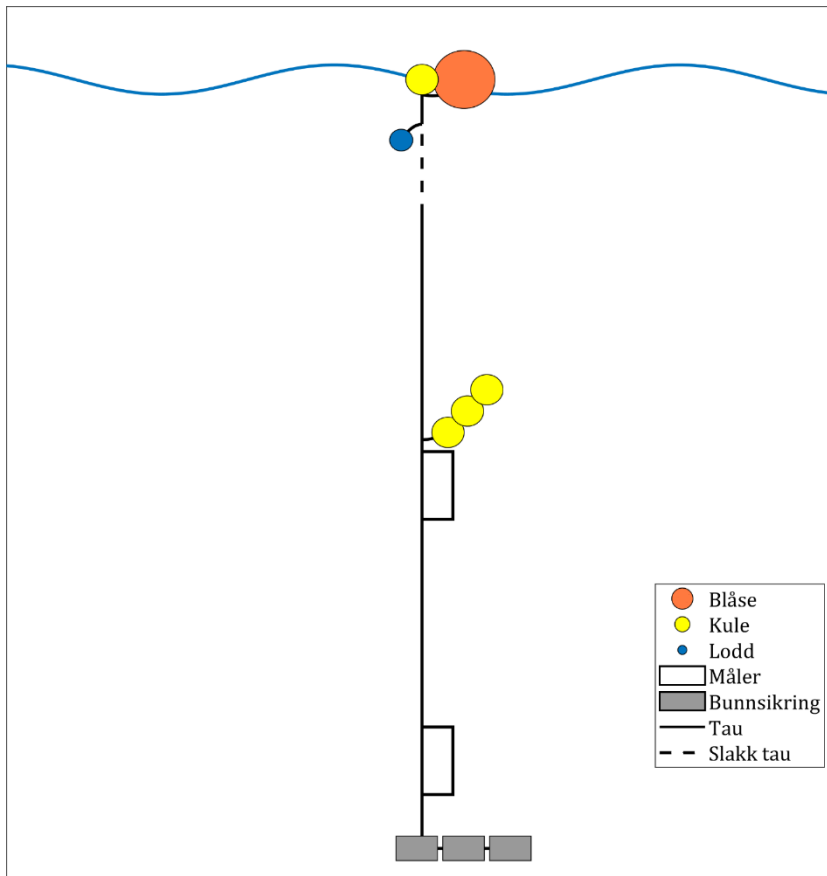
Komponent	Komponenttype	Antall/Lengde	Dyp	Vekt/oppdrift per enhet
A2-blåse	Blåse	1stk		35kg oppdrift
Trålkule 11"	Kule	2stk		7.5kg oppdrift
Danline 12mm	Tau	15.0m		
Pærelodd	Lodd	1stk		5kg
Danline 14mm	Tau	25.0m		
Garnanker	Bunnsikring	2stk	34.0m	40kg
Synketau 20mm	Tau	110.0m		
Garnanker	Bunnsikring	4stk		40kg
Danline 14mm	Tau	12.0m		
Profiler	Måler/Bøye	1stk	25.0m	40.5kg oppdrift

Tabell 7.2.2. Beskrivelse av riggoppsett for strømmålinger på sprednings- (44m) og bunndyp (87m).

Komponent	Komponenttype	Antall/Lengde	Dyp	Vekt/oppdrift per enhet
A3-blåse	Blåse	1stk	0.0m	62kg oppdrift
Trålkule 11"	Kule	1stk		7.5kg oppdrift
Danline 16mm	Tau	5.0m		
Pærelodd	Lodd	1stk	5.0m	5kg
Danline 16mm	Tau	46.0m		
Trålkule 11"	Kule	3stk	48.0m	7.5kg oppdrift
Danline 16mm	Tau	2.0m		
Punktmåler	Måler	1stk	50.0m	
Danline 16mm	Tau	41.0m		
Punktmåler	Måler	1stk	91.0m	
Danline 16mm	Tau	4.0m		
Stål	Bunnsikring	3stk	95.0m	40kg



Figur 7.2.1. Riggoppsett for strømmålinger på 5m og 15m.



Figur 7.2.2. Riggoppsett for strømmålinger på spredningsdyp (44m) og bunndyp (87m).

## 8. Vedlegg – Databearbeiding og kvalitetssikring

---

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

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

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

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

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

### 8.1 Databearbeiding

#### *Riggtilstand etter måling*

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

#### *Feil på instrument*

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

Tabell 8.1.1. Opplysninger om strømmålinger og databearbeiding.

Måledyp	5m	15m	Spredning (44m)	Bunn (87m)
<b>Filnavn for rådata</b>	Botnastranda 5m15m SL0821 NA7353.wpr	Botnastranda 5m15m SL0821 NA7353.wpr	Botnastranda Spredning SL0821 AP5241.bin	Botnastranda Bunn SL0821 AP5122.bin
<b>Rådata først vurdert i</b>	STORM - SeaReport	STORM - SeaReport	Aanderaa Data Studio	Aanderaa Data Studio
<b>Filnavn for eksportert data</b>	Botnastranda 5m SL0821 NA7353_eks_AHG.xlsx	Botnastranda 15m SL0821 NA7353_eks_AHG.xlsx	Botnastranda spred-44m SL0821 AP5241_eks_AHG.xlsx	Botnastranda bunn-87m SL0821 AP5122_eks_AHG.xlsx
<b>Filnavn for kvalitetssikret data</b>	Botnastranda-5m_QC.xlsx	Botnastranda-15m_QC.xlsx	Botnastranda-Spredning (44m)_QC.xlsx	Botnastranda-Bunn (87m)_QC.xlsx
<b>Data return (%)</b>	100.00 / 100.00	100.00 / 100.00	100.00 / 100.00	100.00 / 100.00
<b>Antall målinger</b>	13044 / 13044	13044 / 13044	6024 / 6024	6024 / 6024
<b>Antall fjernede/manglende målinger</b>	0 (se vedlegg 8.3)	0 (se vedlegg 8.3)	0 (se vedlegg 8.3)	0 (se vedlegg 8.3)
<b>Ekstern påvirkning på målinger</b>	Nei	Nei	Nei	Nei
<b>Dato og tid for første og siste benyttede strømmåling</b>	27.05.21 18:00 - 26.08.21 07:50	27.05.21 18:00 - 26.08.21 07:50	15.07.21 11:20 - 26.08.21 07:10	15.07.21 11:20 - 26.08.21 07:10
<b>Dato og tid for start og slutt av instrument</b>	27.05.21 06:00 - 26.08.21 08:40	27.05.21 06:00 - 26.08.21 08:40	14.07.21 08:20 - 27.08.21 07:10	14.07.21 08:10 - 27.08.21 07:10

## 8.2 Kvalitetssikring av data

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

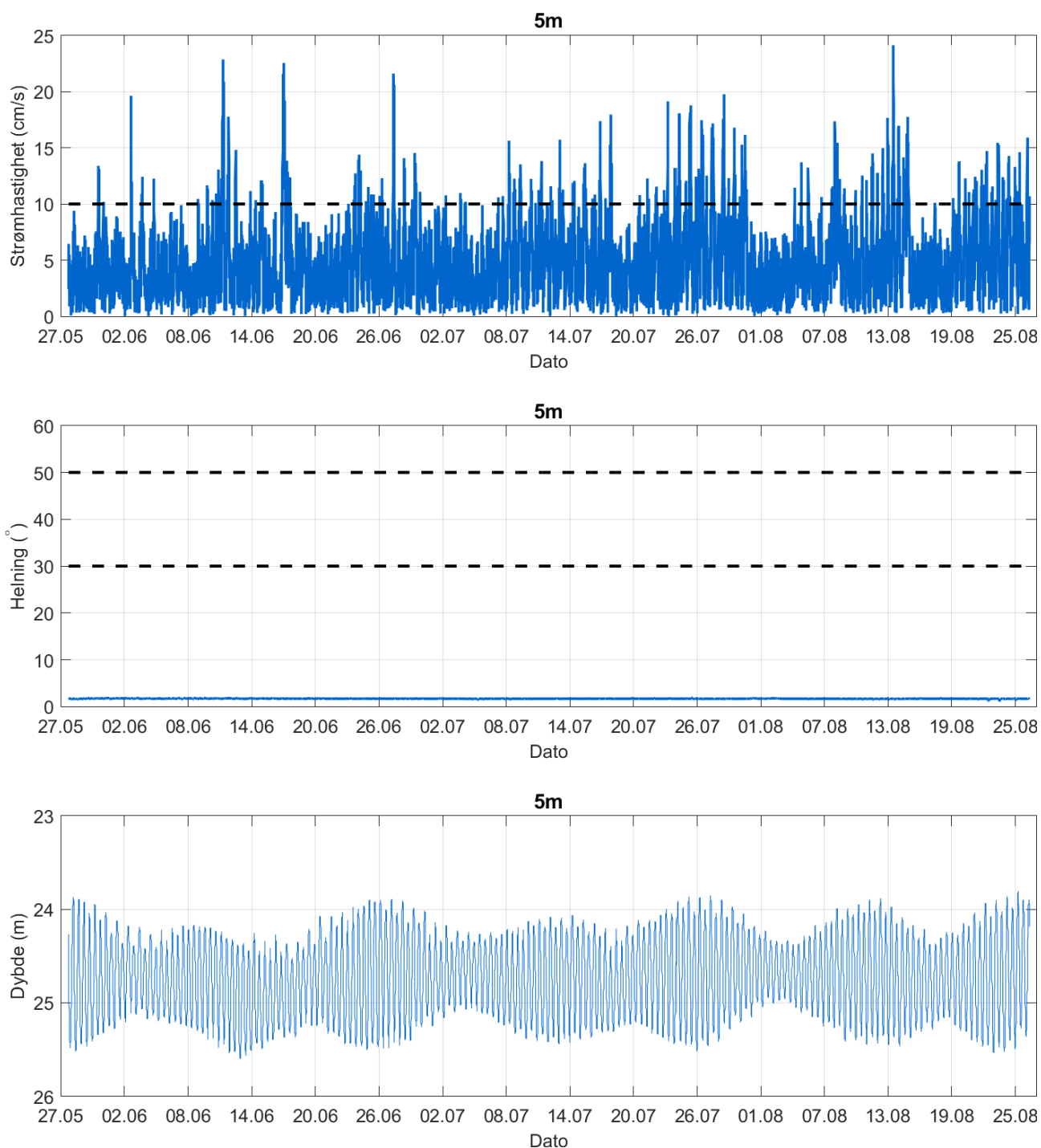
Tabell 8.2.1. Kriterier brukt for å kvalitetssikre data.

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

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

$\Delta t$ (min)	Teoretisk $u_1 - u_2$ (m/s)	Faktor	Godkjent $u_1 - u_2$ (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,  $\Delta t$  (IOC,1993). For å tillate noe naturlig variabilitet i strømhastighet og -retning (inkludert usymmetriske hastighetskurver for tidevannsstrøm) har de teoretiske forskjellene blitt hevet med de oppgitte faktorene, mens strøm ( $u$ ) er satt til 1m/s ettersom variabilitet øker med avtagende strøm.

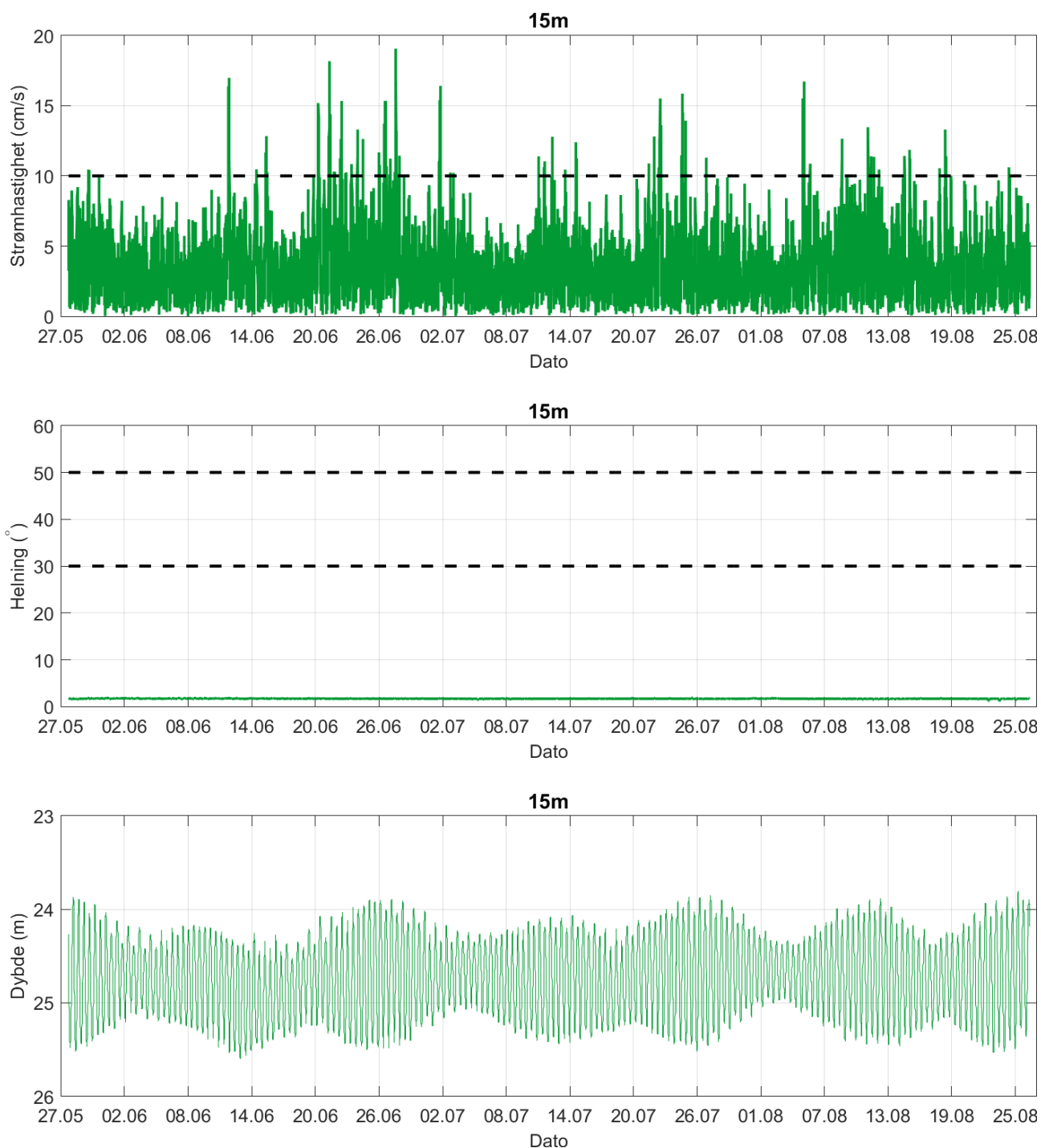


Figur 8.2.1. Tidsdiagram – kriteriene brukt for å kvalitetssikre data, 5m dyp.

Instrumentdypet varierte mellom 23.8m og 25.6m dyp i løpet av måleperioden. Gjennomsnittlig instrumentdyp var på 24.7m.

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

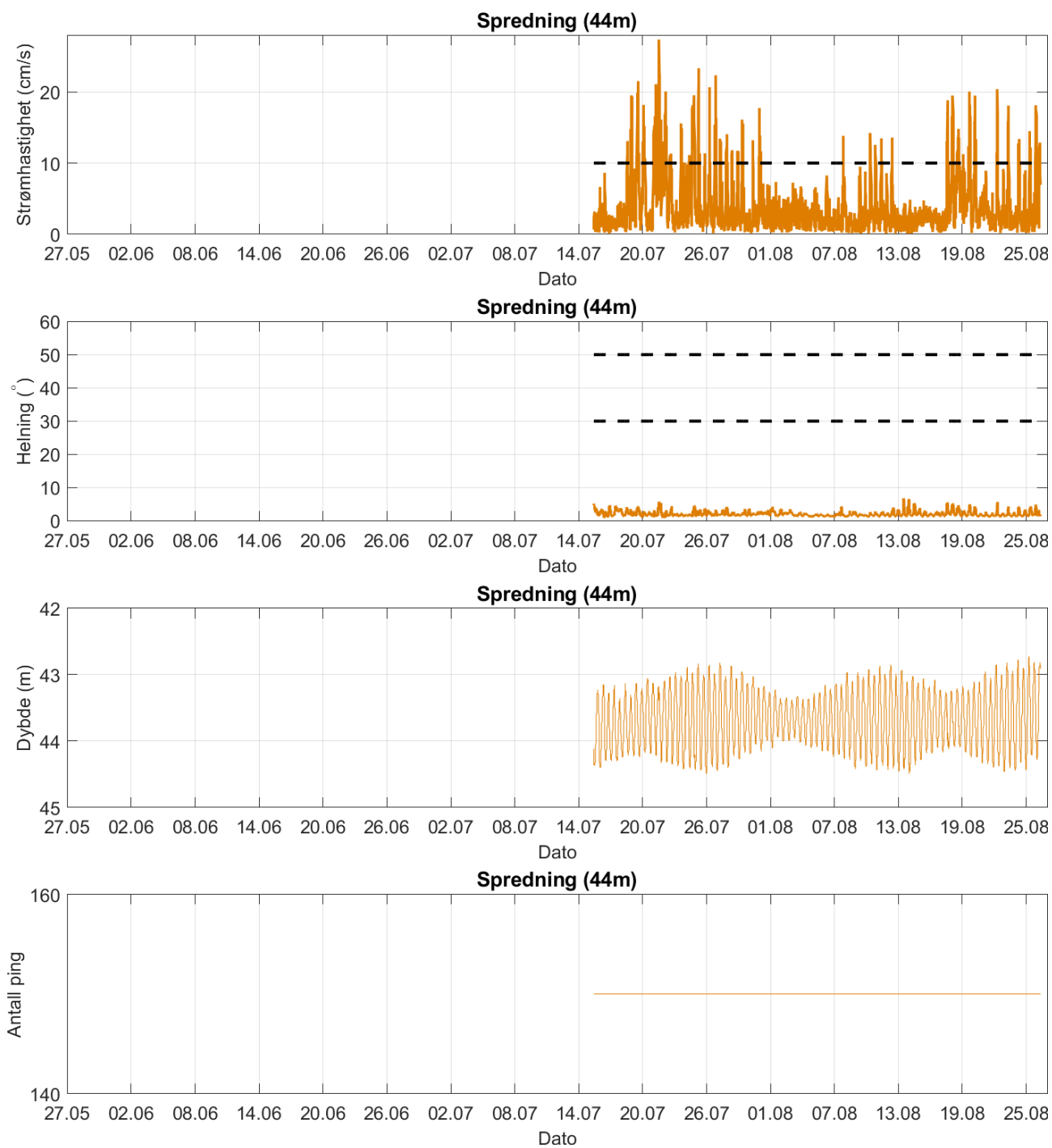




Figur 8.2.2. Tidsdiagram – kriteriene brukt for å kvalitetssikre data, 15m dyp.

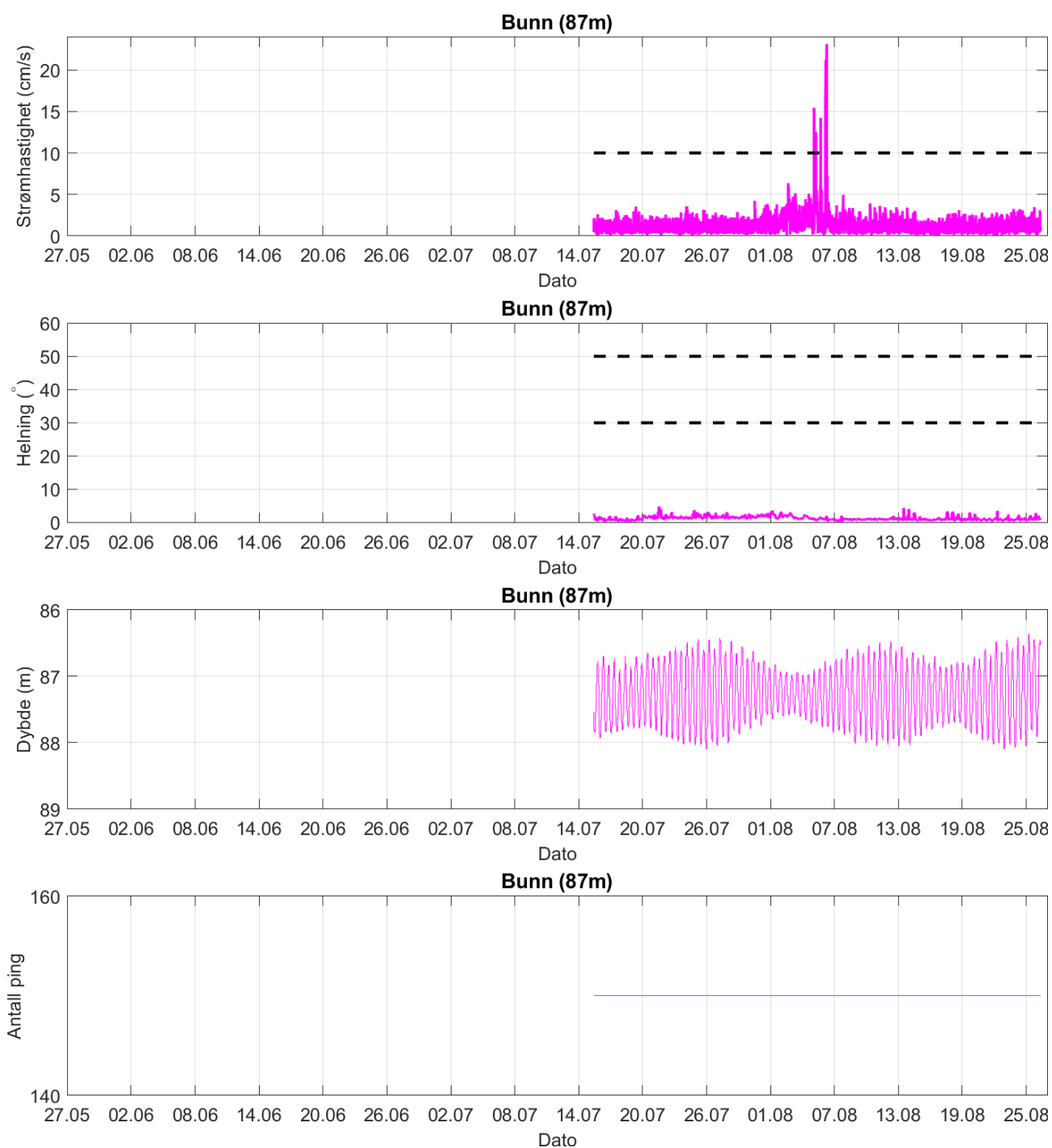
Instrumentdypet varierte mellom 23.8m og 25.6m dyp i løpet av måleperioden. Gjennomsnittlig instrumentdyp var på 24.7m.

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



Figur 8.2.3. Tidsdiagram – kriteriene brukt for å kvalitetssikre data, spredningsdyp (44m).

Instrumentdypet varierte mellom 42.7m og 44.5m dyp i løpet av måleperioden. Gjennomsnittlig instrumentdyp var på 43.7m.



Figur 8.2.4. Tidsdiagram – kriteriene brukt for å kvalitetssikre data, bunndyp (87m).

Instrumentdypet varierte mellom 86.4m og 88.1m dyp i løpet av måleperioden. Gjennomsnittlig instrumentdyp var på 87.3m.

### 8.3 Fjernede dataverdier

#### 8.3.1 Måleperiode

Data er fjernet utenfor måleperioden for å bruke overlappende periode mellom sprednings- (44m) og bunndyp (87m).

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

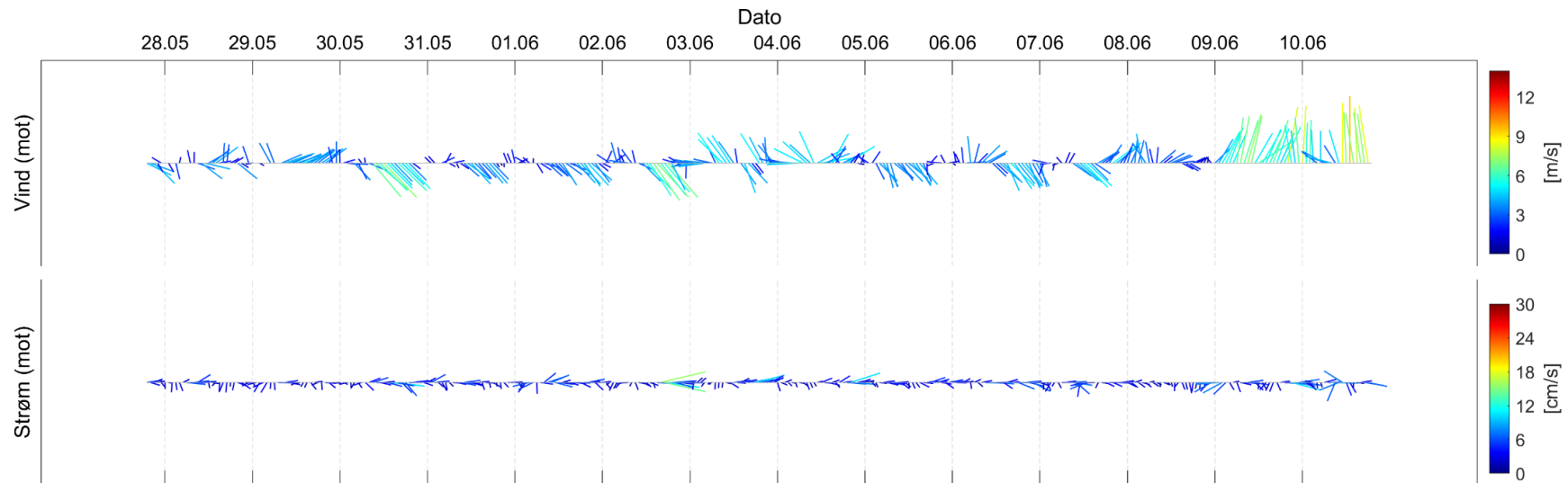
#### 8.3.2 Enkelte datapunkter

De første 6 temperaturregistreringene på 5m og 15m dyp, de første 2 registreringene på spredningsdyp (44m) og de første 6 registreringene på bunndyp (87m) er ekskludert fra måleperiode da temperatursensoren trenger tid i vannet til å akklimatiseres og derfor måler feilmålinger i begynnelsen av måleperioden.

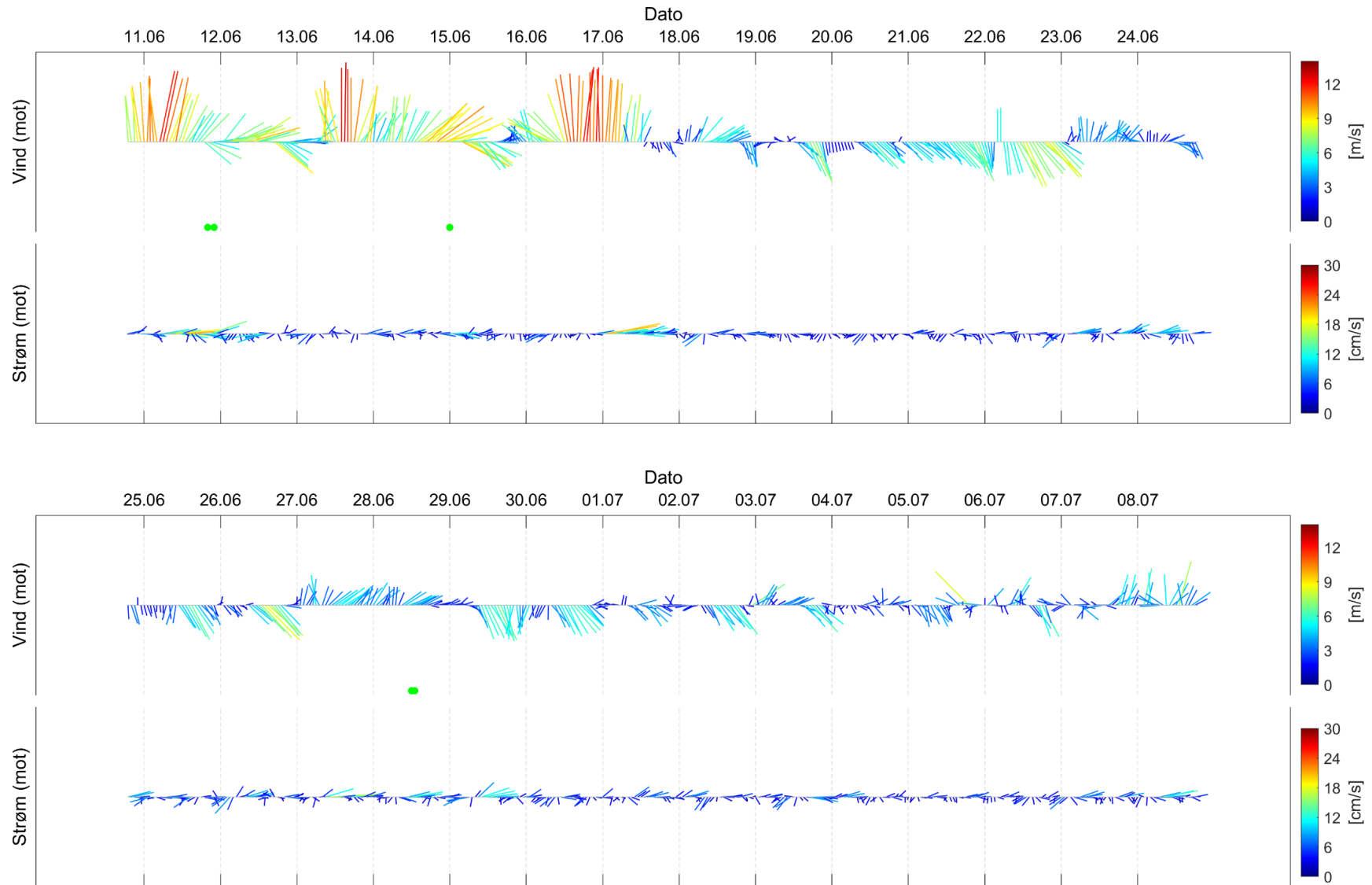
Ingen andre datapunkter er fjernet på noen av måledypene.

## 9. Vedlegg – Fyrstikkdiagram av vind og strøm

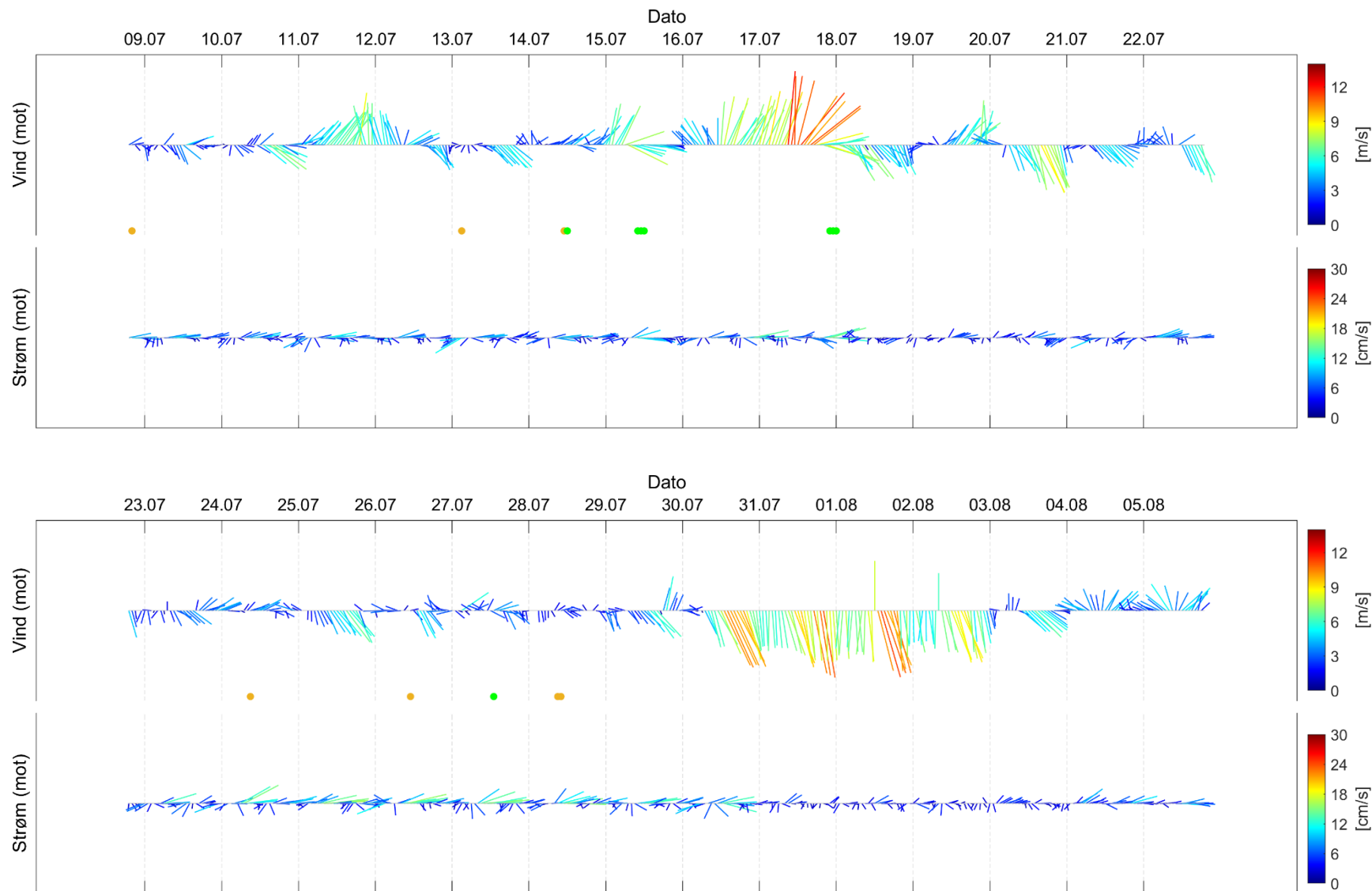
Figurene under viser vind- og strømshastighet i løpet av måleperioden, oppdelt i perioder på to uker. Tidspunkter hvor vind og strøm hadde omtrent sammenfallende retning (grønne prikker) eller motsatt retning (røde prikker) indikerer tilfeller med vindpåvirket strøm. Svak vind ( $< 3\text{m/s}$ ) hvor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



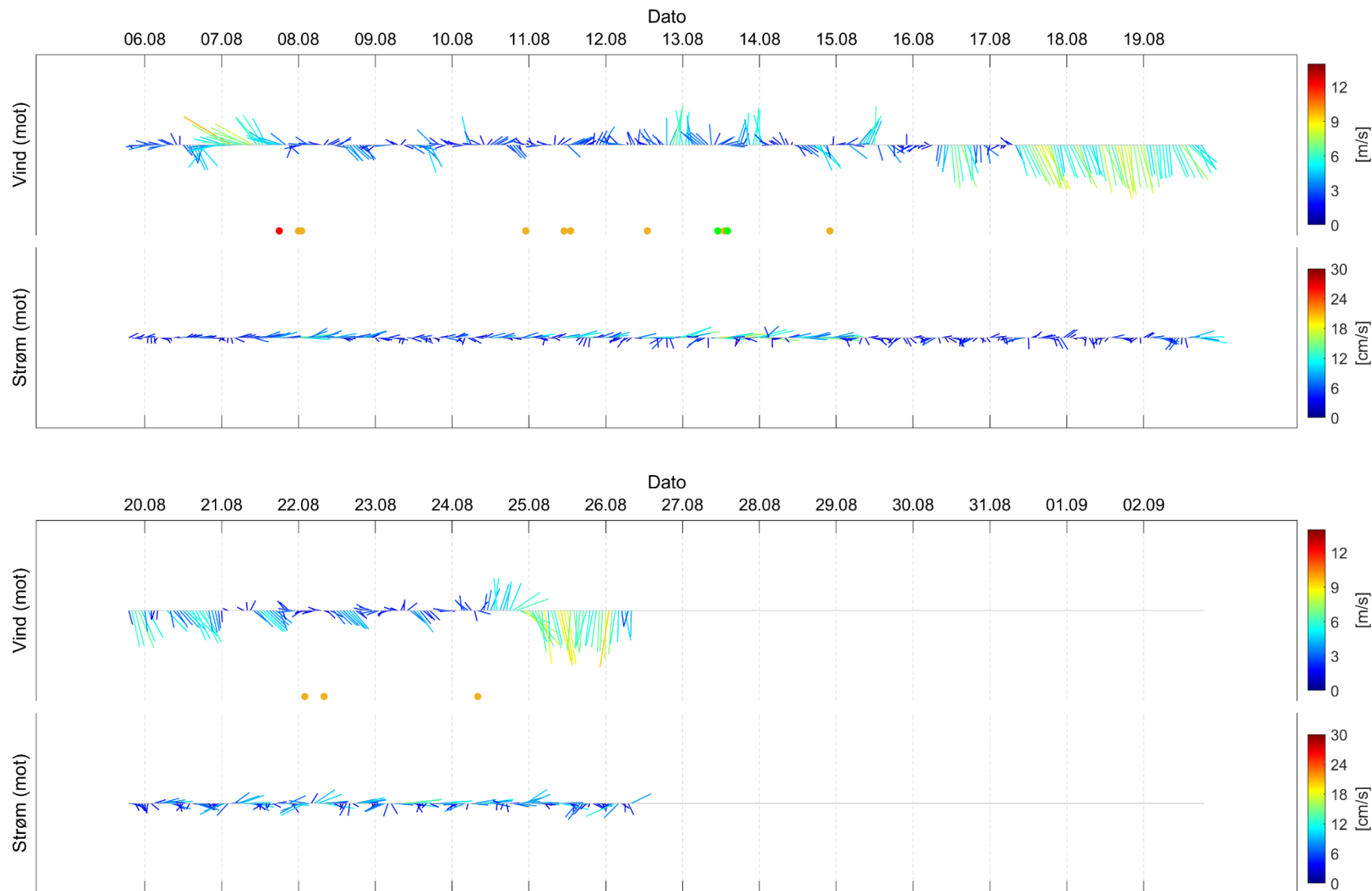
Figur 9.1. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Florø Lufthavn (over) og strømshastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under måleperioden.



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



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



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



## 10. Vedlegg – Strømmens tilstandsklasser

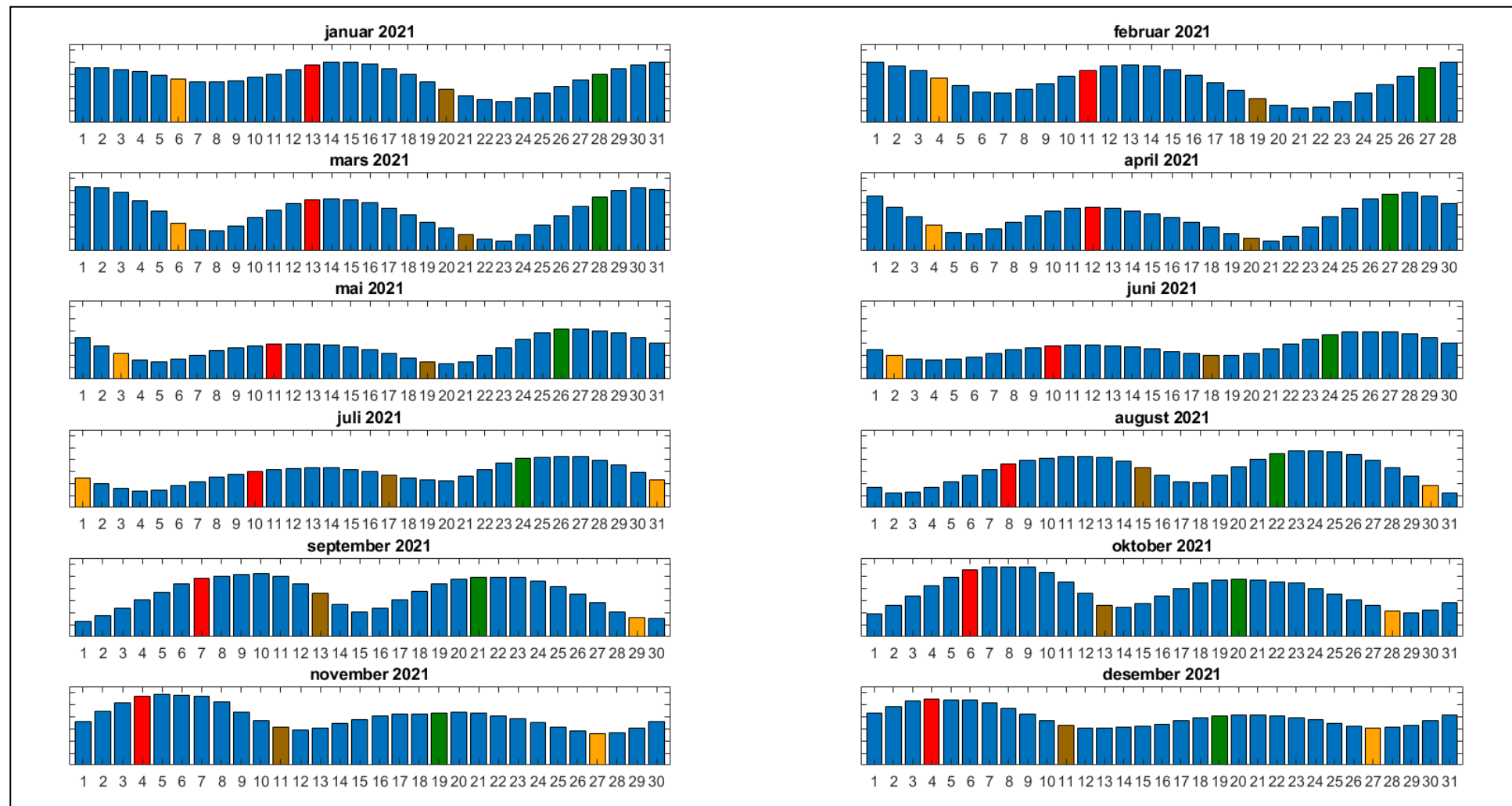
Tilstandsklasser for strømparametere er oppgitt i Tabell 10.1. Verdiene er hentet fra strømdata målt av Åkerblå ved bruk av Aanderaa punktmålere (Åkerblå, 2015).

Tabell 10.1. Tilstandsklasser for vurdering av strømdata.

	Dyp (m)	1	2	3	4	5
<b>Maksimal strømhastighet (cm/s)</b>						
		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
<b>Gjennomsnittlig strømhastighet (cm/s)</b>						
		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
<b>Signifikant maksimal strømhastighet (cm/s)</b>						
		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
<b>Signifikant minimal strømhastighet (cm/s)</b>						
		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
<b>Andel strømstille (%) &lt; 1cm/s</b>						
		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
<b>Andel strømstille (%) &lt; 3cm/s</b>						
		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
<b>Effektiv transport (cm/s)</b>						
		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
<b>Neumann-parameter</b>						
		svært stabil	stabil	middels stabil	lite stabil	svært lite stabil
Alle dyp (m)		> 0.6	0.4 - 0.6	0.2 - 0.4	0.1 - 0.2	< 0.1

## 11. Vedlegg – Månedlige tidevannsvariasjoner

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



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

## 12. Vedlegg – Måleenheter

Alle måleenheter brukt i rapporten er beskrevet i tabellen under.

Tabell 12.1. Måleenheter brukt i rapporten.

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

## 13. Vedlegg – Parametere og beskrivelse

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

Parameter	Beskrivelse
Sjøtemperatur (°C)	Temperatur i vannet målt ved måledyp
<b>Strømhastighet</b>	
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) <sup>2</sup>	Verdi som indikerer spredning av data rundt gjennomsnittsverdi, dvs. om data varierte mye mellom suksessivt høye og lave verdier. En høy varians indikerer at datapunkter er meget spredt ut rundt gjennomsnittsverdien, mens en lav varians indikerer at datapunkter er veldig nær gjennomsnittsverdien og derfor også hverandre. Varians = Gjennomsnittet av de kvadrerte forskjeller fra gjennomsnittsverdien.
Standardavvik (cm/s)	Verdi som indikerer spredning av data rundt gjennomsnittsverdi, dvs. gjennomsnittlig avstand fra gjennomsnittsverdi. Et høyt standardavvik indikerer stor spredning av data. Standardavvik = kvadratroten (varians).
% < x cm/s	Mengden strøm med strømhastighet < x cm/s
Lengst periode < x cm/s	Varighet av lengste periode med strømhastighet < x cm/s
<b>Effektiv transport</b>	
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 <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d)	Mengden vann som strømmer gjennom en tenkt flate på 1 m <sup>2</sup> i løpet av et døgn.

## 14. Vedlegg – Referanser

---

1. Brukerveiledning. Aanderaa RCM Blue punktmåler og Nortek AWAC.
2. Bannister, R. J., Johnsen, I. A., Hansen, P. K., Kutti, T., & Asplin, L. (2016). Near- and far-field dispersal modelling of organic waste from Atlantic salmon aquaculture in fjord systems. *ICES Journal of Marine Science*, 73, 9, 2408-2419.
3. 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.
4. Emery, R., & Thomson, W. J. (2001). *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. Elsevier Science.
5. 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>
6. 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](http://www.iode.org/components/com_oe/oe.php?task=download&id=20423&version=1st%20edition&lang=1&format=1)
7. Kartverket (2021). [www.kartverket.no/sehavniva](http://www.kartverket.no/sehavniva)
8. 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.*
9. Meteorologisk institutt (2021). [www.eklima.no](http://www.eklima.no)
10. NS 9415:2009. *Flytende oppdrettsanlegg. Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift*. Norsk Standard 2009: 101s.
11. NS 9425-1:1999. *Oseanografi – Del 1: Strømmålinger i faste punkter*. Norsk Standard 1999. 6s.
12. Pawlowicz, R., Beardsley, B. & Lentz, S. (2002). Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T\_TIDE. *Computers & Geosciences*, 28, 929-937.
13. Åkerblå (2015). *Strømklassifisering. Åkerblå AS-rapport: Strøm- Klassifisering-AanderaaPunktMåler-Okt2015, 2 sider.*

# Modellering av utslippspredning

**Lokalitet:** Botnastranda

**Lokalitet nr.:** Ny

**Oppdragsgiver:** Slakteriet AS

<b>Rapport</b>			
Rapportbeskrivelse og navn	Modellering av utslippsspredning fra Slakteri ved Botnastranda SM-3321-Botnastranda1021-ver01.pdf		
Rapportversjon	Dato	Beskrivelse	
01	11.10.2021	Første utgivelse	
Rapportdistribusjon	Denne rapporten kan kun gjengis i sin helhet. Gjengivelse av deler av rapporten kan kun skje etter skriftlig tillatelse fra Åkerblå AS. I slike tilfeller skal kilde oppgis.		
<b>Lokalitet</b>			
Lokalitetsnavn	Botnastranda	Lokalitetsnummer	Ny
Kommune	Kinn	Fylke	Vestland

<b>Sammendrag</b>
<p>På bakgrunn av modellering av spredning og fortykning av avløpsvann er beste posisjon for inntak av vann til det planlagte slakteriet på Botnastranda vurdert til å være nordvest for ventemerder, på over 60 m dyp.</p> <p>Utslippsposisjon A1 er vurdert som best egnet for å få størst mulig spredning og fortykning av avløpsvannet.</p> <p>Konsentrasjon av avløpsvann ved ventemerder, med utslipp fra posisjon A1, er svært lave, som regel mindre enn 0.01‰.</p> <p>Det er også modellert spredning av vannmasser fra ventemerder. Utslipet spres hovedsakelig langs en akse Ø-V. Størst transport foregår vestover. Lokaliteten Botnaneset (vest for slakteriet) kan bli berørt av vannmasser fra ventemerdene. Utslipp av avløpsvann fra posisjon A1 vil derimot ikke spres til Botnaneset.</p> <p>Andre omliggende lokaliteter vil ikke bli berørt av utslipp fra det planlagte anlegget.</p> <p>Det er også modellert sedimentering av partikulært utslipp fra ventemerdene. Avfallet spres opptil 550 m vest for merdene og 300 m mot nord.</p>

<b>Oppdragsgiver</b>		
Selskap	Slakteriet AS	
Kontaktperson	Ole Johan Eilertsen	ole@slakteriet-as.no
<b>Oppdragsansvarlig</b>		
Selskap	Åkerblå AS; Nordfrøyveien 413; 7260 SISTRANDA Organisasjon nr. 963 554 052	
Rapportansvarlig	Lars Engvik	lars.engvik@akerbla.no
Kontrollert og godkjent av	Lisbeth Håvik	Lisbeth.havik@akerbla.no

## Innholdsfortegnelse

---

<b>1. Innledning</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Områdebeskrivelse</b> .....	<b>6</b>
<b>3. Metodikk</b> .....	<b>8</b>
3.1 Spredning og fortykning .....	8
3.2 Modellering av primærspredning .....	8
3.3 Sekundærspredning ved Delft3D-FLOW .....	9
3.3.1 Modelloppbygging .....	9
3.3.2 Inngangsdata for strømmodellering .....	11
3.3.3 Utslippsmodellering .....	11
3.3.4 Utslipp fra ventemerder .....	13
<b>4. Resultater</b> .....	<b>14</b>
4.1 Innlagringsdyp .....	14
4.2 Utslipp fra posisjon A1 .....	16
4.2.1 Resultater ved innlagring av utslipp på 48 m dyp .....	16
4.3 Konsentrasjon av utslippsvann ved utvalgte posisjoner .....	21
4.4 Utslipp fra ventemerder .....	23
4.4.1 Konsentrasjon av utslipp ved utvalgte posisjoner .....	27
4.4.2 Partikulært utslipp .....	29
4.5 Konsekvenser for andre lokaliteter i fjorden .....	30
<b>5. Konklusjon</b> .....	<b>31</b>
<b>6. Utslipp fra posisjon A1</b> .....	<b>32</b>
<b>7. Utslipp fra posisjon A2</b> .....	<b>34</b>
7.1.1 Resultater ved innlagring av utslipp på 39 m dyp .....	34
7.1.2 Resultater ved innlagring av utslipp på 21 m dyp .....	37
7.1.3 Konsentrasjon av utslippsvann ved utvalgte posisjoner .....	39
<b>8. Vedlegg – Resultater fra strømmodellering</b> .....	<b>41</b>
8.1 Strøm ved ventemerder .....	41
8.2 Simulert strøm i området rundt lokaliteten .....	44
8.2.1 Effektiv transporthastighet ved 5m .....	44
8.2.2 Effektiv transporthastighet langs bunn .....	45
8.3 Strømresultater sammenlignet med målinger .....	46
<b>9. Vedlegg – Ferskvannstilsig</b> .....	<b>49</b>



<b>10. Vedlegg - Havnivå</b> .....	<b>51</b>
<b>11. Vedlegg -Usikkerhetsvurdering</b> .....	<b>53</b>
11.1 Primærfortynning og innlagring .....	53
11.2 Inngangsdata for strømmodell.....	53
11.3 Strømmodell.....	53
11.4 Smittespredning .....	53
<b>Vedlegg - Referanser</b> .....	<b>54</b>

## 1. Innledning

---

Åkerblå AS har på oppdrag fra Slakteriet AS utført modellering av fortykning og spredning av utslippsvann ved det planlagte slakteriet ved Botnastranda i Kinn kommune.

Formålet med rapporten er å avgjøre hvor utslippsvannet fra slakteriet vil bevege seg, og finne området som er best egnet for inntak av vann til anlegget. Det planlegges utslippsvolum på maksimalt 2300 m<sup>3</sup> pr døgn fra anlegget. Det består av 64% sjøvann og 36% ferskvann. Det er foretatt simuleringer med to alternative posisjoner for utslipp fra anlegget; en på 50 m som befinner seg 1.3 km øst for anlegget og en på 60 m som befinner seg 1.5 km nord for anlegget.

Ved slakteriet vil det også være en ventemerd. Rapporten vurderer også spredningen av partikulært utslipp herfra, i tillegg til spredning av vannmasser som kan inneholde virus etc fra ventemerdene.





Modelleringen vil gi grunnlag for å finne ut hvilken av posisjonene som er best egnet som utslippspunkt i forhold påvirkning i fjorden utenfor, samt hvor det er best å plassere inntak av sjøvann.

Modelleringen presenterer en tilnærming av forholdene basert på inngangsdata. Resultater bør også vurderes ut fra lokalkunnskap og erfaring.

## 2. Områdebeskrivelse

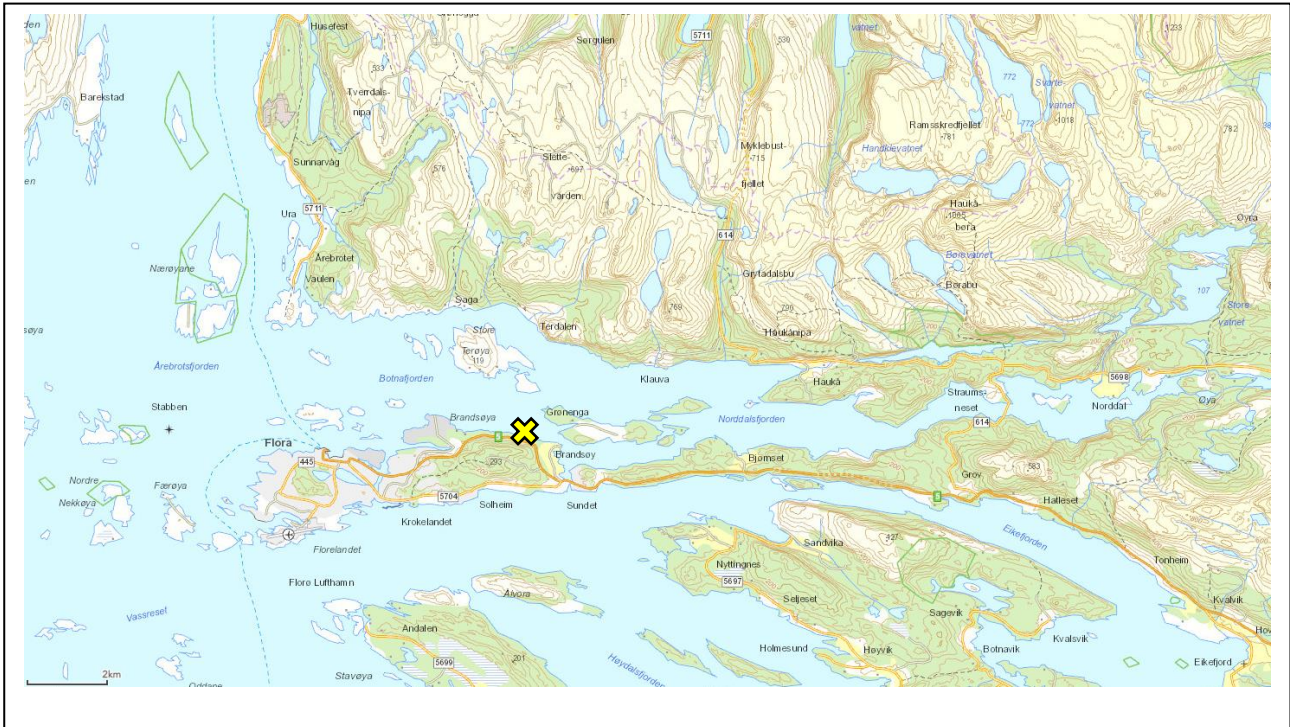
---

Botnastranda ligger i Kinn kommune i Vestland fylke, i Botnafjorden på nordsiden av Brandsøya ved Florø. Oversiktskart over området er vist i Figur 2.1. Botnafjorden er ca. 5 km lang og går over i Norddalsfjorden i nordøst og Klavfjorden i sørøst. Vestover grenser Botnafjorden til Årebrottsfjorden.

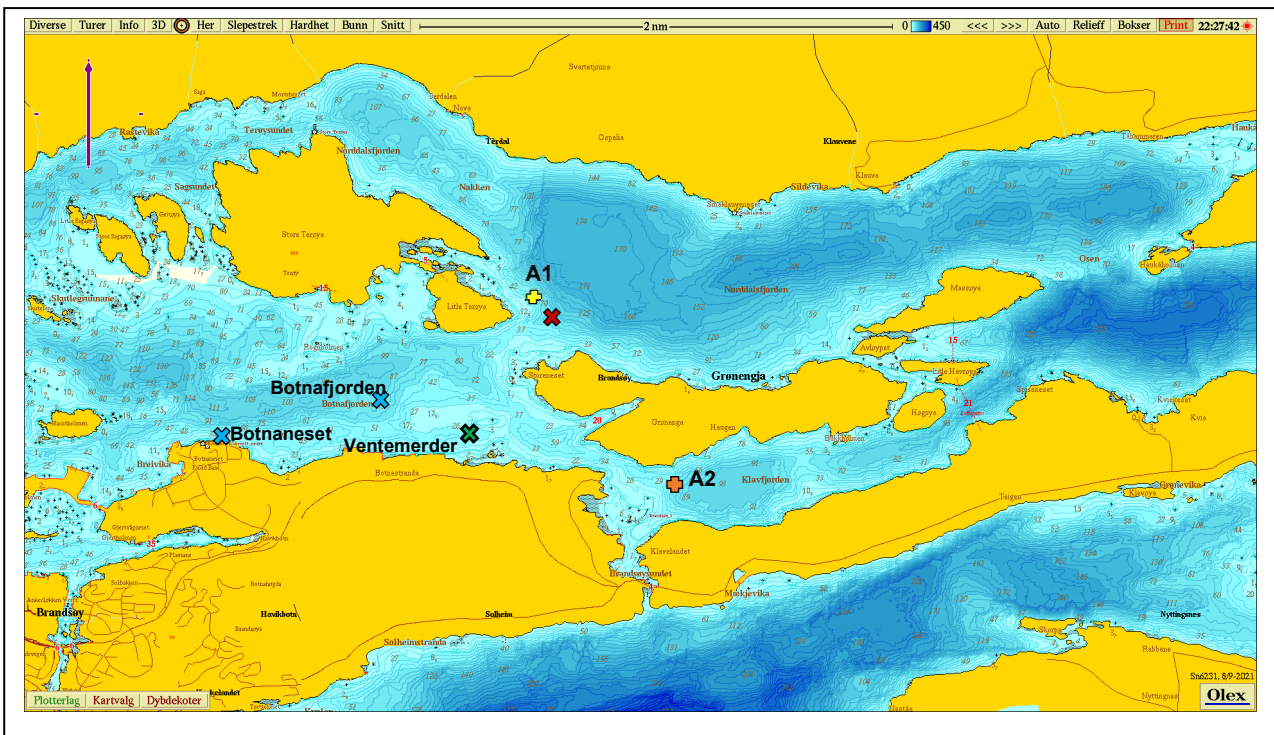
Figur 2.2 viser bunnforholdene i området. To alternative utslippsposisjoner er vist med  og . A1 () ligger øst for Terøya ca. 1.5 km nord for slakteriet ved 60 m dyp. A2 () befinner seg ca. 1.3 km øst for slakteriet på 50 m dyp inne i Klavfjorden.

Ventemerden ved slakteriet ligger like utenfor anlegget, og er markert i Figur 2.2 med et grønt kryss. Herfra er det vurdert spredning av vannmasser og sedimentering av partikulært avfall.

Botnafjorden er dypest i vest der den er opptil 136 m dyp. Fjorden blir gradvis grunnere østover og nord for anlegget er den ca. 80 m dyp. Videre nordøstover er det en terskel på 37 m over til Norddalsfjorden. Botnafjorden har også to terskler utenfor anlegget, en på ca. 20 m nærmest land og en ca. 350 m fra land som er på 37 m før den blir dypere opptil 59 m. I overgangen til Klavfjorden ca. 1 km øst for anlegget har fjorden en terskel igjen på 34 m. Klavfjorden har en dybdeprofil som varierer fra 55 m til 95 m før den går sammen med Norddalsfjorden lenger øst og når et maksimalt dyp på 290 m.



Figur 2.1 Oversiktskart over området rundt anlegget der slakteriet er anvist med ✕. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.



Figur 2.2 Kart som viser bunntopografien i området utenfor lokaliteten. Posisjonen for ventemerder er vist ved ✕. Kompasspila øverst i venstre hjørne indikerer kartets orientering. Alternative posisjoner for utslipp (A1 og A2) er vist med □ og □. Strømmålinger ved 5 m og 15 m er foretatt ved ventemerder (✕) mens målinger ved 44 m og 87 m er foretatt sørøst for A1 (✕). Nærliggende lokalitet og posisjon brukt i analyse vist med ✕. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

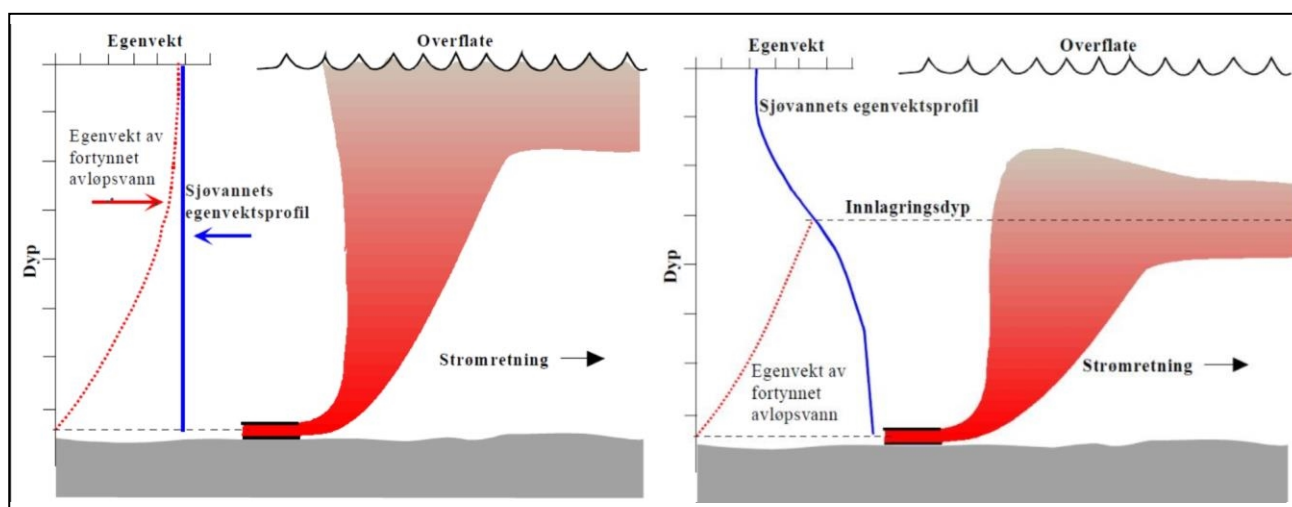
### 3. Metodikk

#### 3.1 Spredning og fortynning

Ved utslipp til en resipient er det vanlig å skille mellom to prosesser, primærfortynning og sekundærfortynning (Rannekleiv m. fl., 2013). I den umiddelbare nærheten av utslippet foregår primærfortynningen. Den bestemmes hovedsakelig av hastigheten til avløpsvannet og tetthetsforskjellen mellom avløpsvannet og resipienten. Her foregår fortynningen som regel raskt ved horisontal bevegelse drevet av avløpsvannets hastighet ut av avløpsrøret og ved en vertikal bevegelse drevet av tetthetsforskjeller mellom avløpsvann og resipient. Når utslippsvannet fortynnes og tetthetsforskjellen er utjevnet, vil den vertikale bevegelsen stort sett opphøre og utslippet har da nådd innlagingsdypet. Etter innlagring starter sekundærfortynningen som hovedsakelig foregår ved horisontal spredning i resipienten. Sekundærspredningen er avgjørende for hvor stort område som påvirkes av utslippet og om f.eks. strandsoner kan bli påvirket.

#### 3.2 Modellering av primærspredning

Utslippsvann med lav saltholdighet er lettere enn sjøvann, og vil begynne å stige opp mot overflaten. Det er en relativt rask prosess og foregår i et begrenset område, som regel innenfor noen få titalls meter. Det skjer en innblanding av saltvann underveis slik at tetthetsforskjellen utjevnes. Figur 3.1 illustrerer hvordan innlagring av avløpsvann fra et utslipp ved bunnen foregår.



Figur 3.1 Illustrasjon av dypt utslipp til sjøvann. Figuren til venstre viser en situasjon uten vertikal lagdeling (konstant egenvekt) der utslippsvannet ikke innlagres, men når helt til overflaten. Figuren til høyre viser en situasjon med vertikal lagdeling (egenvekten øker med dypet) der innlagring av utslippsvannet skjer dypere i vannsøylen (Rannekleiv, Molvær, & Tjomsland, 2013).

Saltholdighet, temperatur og vertikal lagdeling er med på å avgjøre hvilket dyp det fortyndede avløpsvannet innlagres. Hvis resipienten ikke har betydelig lagdeling, vil utslippsvannet kunne trenge gjennom hele veien til overflaten. Et slikt tilfelle er vist til venstre i Figur 3.1.

Hvis utslippspunktet er tilstrekkelig dypt og resipienten har vertikal sjiktning i tetthet (høyre panel i Figur 3.1), vil utslippsvannet stige til tettheten i det fortyndede utslippsvannet er lik tettheten til

resipienten. Fordi utslippsvannet har en vertikal hastighet, vil det kunne fortsette litt høyere opp i vannsøylen før det synker ned igjen og spres videre horisontalt på innlagringsdypet.

Beregning av primærspredning er gjort med den numeriske modellen Visual Plumes, utviklet av U.S. Environmental Protection Agency (Frick, et al., 2003). Informasjon om utslippet som brukes i beregningene er følgende:

- Rørdiameter
- Utslippsvannets saltholdighet og temperatur
- Vannføring

Ved stor diameter på avløpsrøret og liten vannføring er det mulig at sjøvann kan trenge inn i den nedre delen av røret. Dette vil kunne resultere i en viss innblanding av sjøvann og strålen som forlater røret vil kunne bestå av avløpsvann og en mindre andel sjøvann.

Det behøves følgende informasjon om resipienten:

- Utslippsdyp
- Vertikalprofil av salinitet og temperatur i resipient
- Strømhastighet i resipient

Informasjon om saltholdighet i vannsøylen over utslippspunktet er en viktig faktor for å kunne bestemme primærfortynning og innlagringsdyp sammen med egenskapene til utslippsvannet. Dette representerer det største usikkerhetsmomentet i forbindelse med beregning av innlagringsdybde og primærfortynning. Saltholdigheten kan variere med tidevann, i tillegg til sesongvariasjoner som følge av smeltevann og nedbør.

### 3.3 Sekundærspredning ved Delft3D-FLOW

Etter at avløpsvannet er innlagret, starter sekundærspredningen. Avløpsvannet beveger seg med vannmassene og fortynnes videre ved resipientens turbulente blanding og det skjer hovedsakelig horisontalt ved innlagringsdypet, men med en langsom vertikal bevegelse. Det er derfor nødvendig med en mer omfattende beskrivelse av strømforholdene i større deler av fjorden. For å beregne sekundærspredningen brukes en 3D hydrodynamisk modell, som er laget ved hjelp av programvaren Delft3D-FLOW, utviklet av Deltares.

Delft3D-FLOW benytter atmosfæriske inngangsdata som vind, temperatur, lufttrykk og luftfuktighet, og regionale havdata som havnivå, strøm, temperatur og salinitet (Delft3D-FLOW, 2018). Ved hjelp av disse inngangsdataene løses Navier-Stokes ligninger for strømmen i tre dimensjoner. Den vertikale bevegelsen antas å være liten i forhold til den horisontale slik at vertikal akselerasjon kan neglisjeres. Bevegelsen styres av trykkgradienter beregnet fra variasjon i havnivå, temperatur og salinitet. Effektene fra jordrotasjon er inkludert ved hjelp av Corioliskraften. Turbulensegenskaper for strømmen er tatt hensyn til ved en såkalt k-epsilonmodell som er tilgjengelig i Delft3D-FLOW.

#### 3.3.1 Modelloppbygging

En tredimensjonal strømmodell er laget for området i form av horisontalt rutenett rundt utslippspunktet, vist i Figur 3.2. Det dekker et område rundt lokaliteten som strekker seg 16 km fra lokaliteten østover til enden av Norddalsfjorden og 12 km vestover fra lokaliteten som inkluderer hele

Botnafjorden og Årebrottsfjorden. For å oppnå stabilitet og numerisk effektivitet har modellen størst oppløsning med  $25\text{ m} \times 25\text{ m}$  ved lokaliteten. Modellens oppløsning avtar gradvis til  $300\text{ m} \times 300\text{ m}$  i øst og  $250\text{ m} \times 250\text{ m}$  i vest.



Figur 3.2 Rutenett benyttet for å modellere strøm og utslipp fra anlegget der anleggsposisjon vist med **X**. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

For å beskrive variasjon i dybden er det valgt en såkalt sigmamodell med 15 dybdelag. Dybdelagene følger terrenget og varierer i tykkelse proporsjonalt med dypet (Tabell 3.1).

Tabell 3.1 Fordeling og prosentvis tykkelse av vannlag i modellen for et utvalgt dyp på 50 m. Nederst er det i alt 10 vannlag som hver utgjør 8% av den totale dybden.

Vannlag	Tykkelse (%)	Tykkelse for 50m dyp(m)	Dybde (m)
1	2	1,0	0,0 - 1,0
2	3	1,5	1,0 - 2,5
3	4	2,0	2,5 - 4,5
4	5	2,5	4,5 - 7,0
5	6	3,0	7,0 - 10,0
6-15	80	40,0	10,0 - 50,0

### 3.3.2 Inngangsdata for strømmodellering

Den hydrodynamiske modellen er drevet av randbetingelsene, dvs. strøm over ytre grenser, tidevann, vind og varmeutveksling med atmosfæren. Inngangsdata for havstrøm hentes fra NorKyst800 (Meteorologisk Institutt, Havforskningsinstituttet (2021); Albretsen m.fl., 2011). Dette er timesdata med oppløsning på 800 m x 800 m, som omfatter havnivå, strømhastighet, temperatur og saltholdighet. Dataene interpoleres for å tilpasses gitternettet med høyere oppløsning i Delft3D-FLOW.

Atmosfæriske data er hentet fra Meteorologisk Institutt, MEPS (MetCoOp Ensemble Prediction System, 2020). Atmosfæriske data for vind, temperatur, luftfuktighet og skydekke er hentet ut med 3 timers intervall og med oppløsning på 2.5 x 2.5 km.

Informasjon om ferskvannstilsg fra elvene i området er hentet fra NVE (Norges Vassdrags- og Energidirektorat), med daglig vannføring i hver elv. Vannet blir sluppet ut i en gittercelle i modellen, og er med på å styre lagdelingen i vannsøylen

For å unngå ustabilitet i starten av modellkjøringen, er modellen startet med en spin-up-periode på en måned (desember 2019). Resultatene fra denne kjøringen er deretter brukt som inngangsverdi for den endelige modellkjøringen. Etter spin-up er strømmodellen kjørt for perioden januar til og med desember 2020.

Flere parametere er benyttet i modellen blant annet for å modellere turbulens i Delft3D-FLOW, disse er oppgitt Tabell 3.2.

Tabell 3.2 Modellparametere i Delft3D-FLOW.

Parameter	Verdi
Horizontal eddy viscosity	0.1 m <sup>2</sup> /s
Background vertical eddy viscosity	0.01 m <sup>2</sup> /s
Horizontal eddy diffusivity	0.001 m <sup>2</sup> /s
Background vertical eddy diffusivity	0.0001 m <sup>2</sup> /s
Time step	60 s

### 3.3.3 Utslippsmodellering

For beregninger av primærspredning og innlagingsdyp kreves informasjon om strøm, samt hydrografiske profiler, dvs. informasjon om temperatur og saltholdighet med dyp, som inngangsdata. Ved sekundærspredning brukes resultatene fra primærspredning som inngangsdata.

Biologiske forutsetninger for smitte fra utslippet avtar eksponentielt etter utslippstidspunkt ved at virus blir inaktive. Smittsomme virus har halveringstid på 4.3 dager ved 4°C (Graham et al 2007). For at konsentrasjon skal reflektere smittepresset introduseres en nedbrytningsrate for utslippet i resipienten (Tabell 3.3).



Tabell 3.3 Nedbrytning av for utslipp basert på reduksjon av smittsomme virus (Graham et al 2007).

Halveringstid virus (4°C)	Reduksjon av aktive virus	Nedbrytning av utslipp
4.3 dager	16.12% pr døgn	16.12% pr døgn

Alternative posisjoner som er vurdert for utslipp av vann er vist i Figur 2.2 og Tabell 3.4. Utslippsdata benyttet i modelleringen er vist i Tabell 3.5. Modelleringen er foretatt med konstant utslipp på 2300 m<sup>3</sup>/døgn som er en maksimalverdi av det som er planlagt ved lokaliteten.

Tabell 3.4 Posisjoner for simulert utslipp av produksjonsvann.

	Posisjon (N)	Posisjon (Ø)	Dyp (m)
Utslipp A1	61° 37.400'	5° 7.471	60
Utslipp A2*	61° 36.625'	5° 8.679'	50

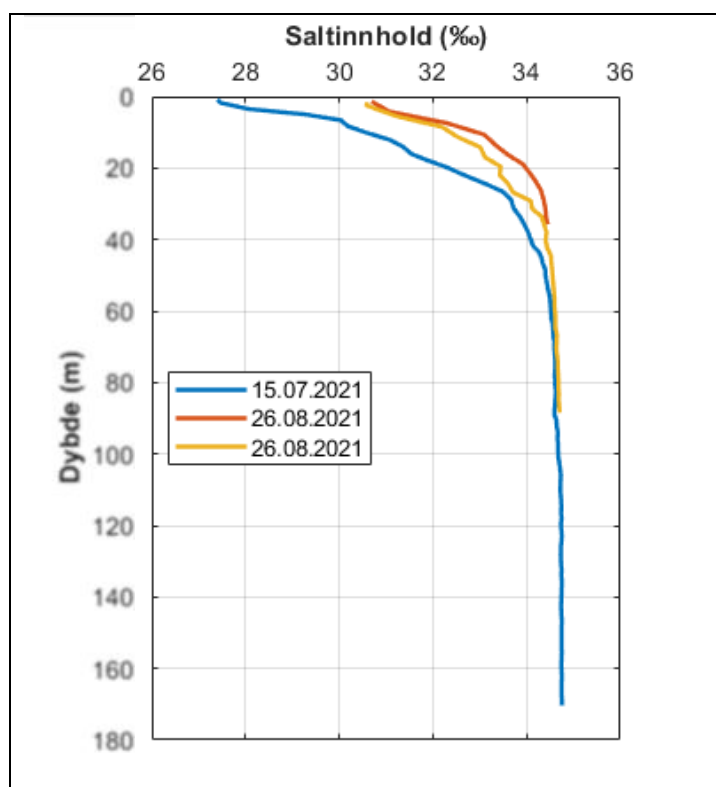
\* se vedlegg 7

Tabell 3.5 Utslippsdata benyttet i modelleringen.

Inngangsverdier for primærspredning	
Rørdiameter	350 mm
Salinitet	21.12 psu
Temperatur	10 °C
Vannføring	2300 m <sup>3</sup> /døgn

Figur 3.3 viser saltholdighet målt i forbindelse med strømmålinger (Åkerblå, 2021). Salinitetsprofilen fra 15.07.2021 har betydelig sjikting allerede fra 40 m dyp. De to profilene fra 26.08.2021 har sjikting som starter ved ca. 35 m dyp (gul linje) og ca. 30 m dyp (rød linje). Disse to profilene har omtrent sammenfallende salinitet lengst nede i vannsøylen, dypere enn 35 m. Alle salinitetsprofilene er registrert etter en periode med lite ferskvannstilsig (Figur 9.3). I perioder med større ferskvannstilsig er det forventet at saliniteten i de øverste vannlagene er lavere.

Beregning av innlagingsdyp er foretatt med salinitetsprofilen 15.07.2021 (blå linje) og en kombinasjon av salinitetsprofilene fra 26.08.2021 som hadde sjikting lengst oppe i vannsøylen, dvs. rød linje ned til 35 m og gul linje for større dyp.



Figur 3.3 Vertikalprofiler av saltholdighet brukt i simuleringen (Åkerblå, 2021).

#### 3.3.4 Utslipp fra ventemerder

Det er også modellert utslipp fra ventemerder for å finne hvordan spredning vil skje ut fra disse. Til dette er det benyttet et utslipp på 100 liter pr sekund for å finne hvordan oppløst materiale vil spre seg ut fra lokaliteten og fortynnes.

Fra ventemerdene er også modellert partikulært utslipp. Til dette er egenskaper til fekalier med en fallhastighet på 3.75 cm/s brukt. Denne hastigheten svarer til et vektet gjennomsnitt av de 4 intervallene med de laveste hastighetene i en klassifisering av utslipp fra oppdrettsanlegg utført av Bannister, et al. (2016).

## 4. Resultater

De alternative utslippsposisjonene ligger 1.5 km N for anlegget på 60 m dyp (A1), og på 50 m dyp ca. 1.3 km Ø for lokaliteten (A2). Det er foretatt simulering med utslipp fra de to alternativene gjennom hele 2020. Ut fra resultatene er utslippsposisjon A1 vurdert som best egnet, og av den grunn er bare resultatene som horisontal spredning på innlagingsdypet for A1 presentert videre i Kapittel 4.2. Horisontal spredning og fortynning av utslipp fra A2 er vist i eget vedlegg (Kapittel 7).

I Kapittel 4.1 er innlagingsdyp beregnet. Innlagingsdypene er benyttet for å beregne horisontal spredning av utslipp ut fra de to aktuelle utslippsposisjonene. I beregningen er innlagingsdyp er det brukt to ulike strømhastigheter i resipienten; 1 cm/s og 10 cm/s. Beregningene er også gjort for vannsøyle med både sterk og svak lagdeling.

Ettersom det er liten forskjell i den horisontale spredningen fra A1 for de ulike innlagingsdypene er det bare presentert resultater basert på ett innlagingsdyp i Kapittel 4.2. Resultater basert på annet innlagingsdyp er vist i Kapittel 6.

Resultatene for horisontal spredningen og fortynningen er vist ved overflaten og bunnen for et utvalg av måneder som fanger opp variabiliteten i løpet av året. For utvalgte posisjoner i Botnafjorden er konsentrasjonen langs bunnen og ved overflaten vist for hele den simulerte perioden.

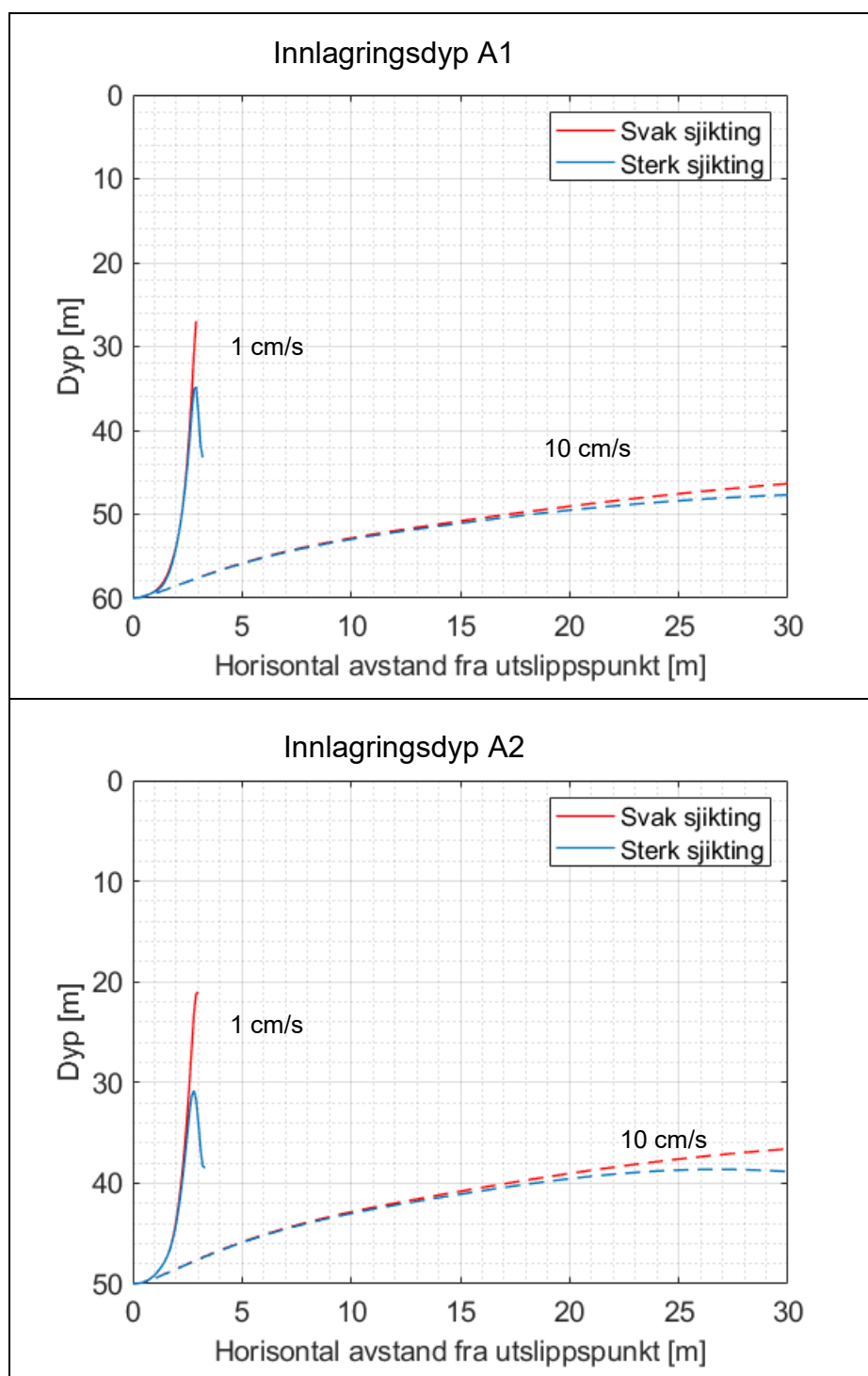
Til slutt er spredning av utslipp fra ventemerder vist. Dette inkluderer oppløst materiale og partikulært utslipp.

### 4.1 Innlagingsdyp

Innlagingsdyp for de to alternative utslippsposisjonene er beregnet på grunnlag salinitetsprofiler vist i Figur 3.3. Resultatet er vist i Tabell 4.1 og Figur 4.1. Blå linjer er resultatet med salinitetsprofil registrert 15.07.2021 og de røde linjene er beregnet på grunnlag av salinitetsprofiler fra 26.08.2021. De heltrukne linjene er resultater med lav resipientstrøm (1 cm/s) og stiplede linjer viser innlagring med sterk resipientstrøm (10 cm/s). Innlagingsdyp varierer mellom 28 m og 48 m for alternativ A1, og mellom 21 m og 39 m for alternativ A2. I kapittel 4.2 vises spredningen og fortynningen av avløpsvann fra posisjon A1 på 48 m, da det er ingen signifikant forskjell i spredningen mellom de ulike dypene.

Tabell 4.1 Innlagingsdyp.

Strømverdier	Innlagingsdyp			
	A1 Sterk sjikting	A1 Svak sjikting	A2 Sterk sjikting	A2 Svak sjikting
1 cm/s	43 m	28 m	21 m	21 m
10 cm/s	48 m	46 m	39 m	38 m



Figur 4.1 Beregnet innlagingsdyp med salinitetsprofiler vist i Figur 3.3. De heltrukne linjene er resultater med lav resipientstrøm (1 cm/s) og stiplede linjer viser innlagring med sterk resipientstrøm (10 cm/s).

## 4.2 Utslipp fra posisjon A1

Posisjon A1 ligger på 60 m dyp og befinner seg ca. 1.5 km nord for planlagt anlegg (Figur 2.2). Det er foretatt simuleringer med innlagingsdyp på 28 m og 48 m. Resultater med innlagring ved 48 m dyp er presentert i avsnitt 4.2.1, mens resultater med innlagring ved 28 m dyp er presentert i eget vedlegg (Kapittel 6).

Fortynning opp til og over 0.1 ‰ er vist i figurene. Denne maksverdien er valgt som representativ for spredningen og fortynningen ved lokaliteten. Merk at røde områder også kan ha verdier høyere enn 0.1 ‰, men det har ikke signifikant betydning for resultatene ellers. 0.1 ‰ tilsvarer en fortynning på 10 000 ganger.

Spredningen og fortynningen av avløpsvann er vist for utvalgte dager, og med maksimal og gjennomsnittlig konsentrasjon registret i løpet av to utvalgte måneder.

Merk at sistnevnte ikke er en realistisk situasjon, men et bilde som viser maksimal spredningspotensial i området.

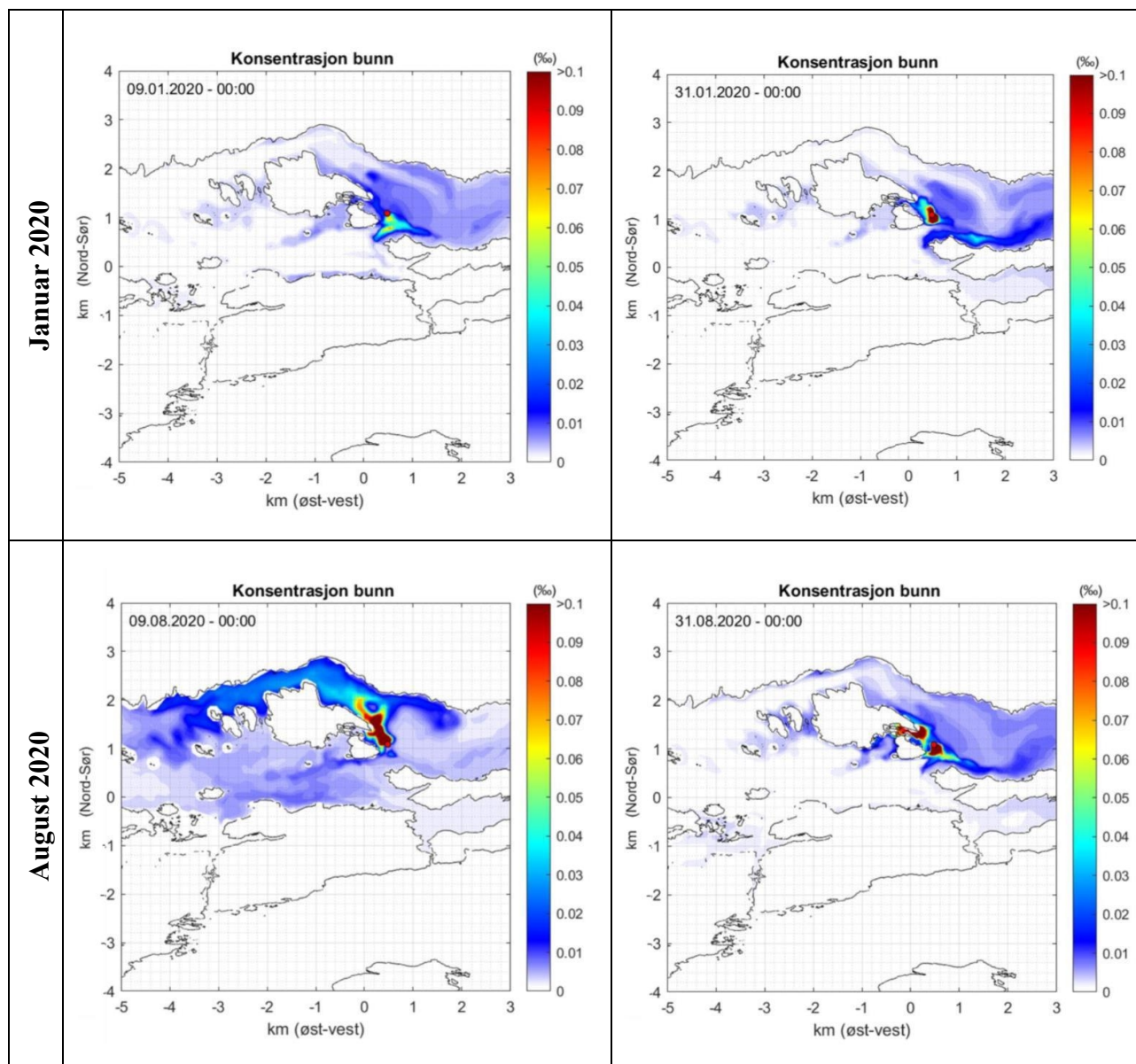
### 4.2.1 Resultater ved innlagring av utslipp på 48 m dyp

Spredningen av utslipp varierer mye i løpet av de simulerte periodene og påvirkes sterkt av ferskvannstilsig i fjorden. Januar er en måned med mye ferskvann i fjorden, mens august har lange perioder med lite ferskvann (se kapittel 9). Disse to månedene fanger derfor opp det meste av variasjonen i spredning i simuleringene. Figur 4.2 viser konsentrasjon av utslippsvann langs bunnen fra utslippspunkt A1 for utvalgte dager, to dager i januar og to dager i august, dvs. ved inngangen til angitt dato (kl. 00:00). Konsentrasjonen angir volumandelen av utslippsvann i resipienten. Resultatene viser at utslippsvannet fortynnes raskt når det blander seg med vannmassene i nærheten av utslippspunktet slik at konsentrasjonen blir svært lav. Figuren viser konsentrasjoner mellom opptil 0.1 ‰.

Utslippsskyen langs bunnen har høyest konsentrasjon (> 0.1 ‰) nær utslippspunktet (A1). Den 09.01 befinner det meste utslippsvannet seg sør for utslippspunktet. Konsentrasjonen oversiger ikke 0.1 ‰ og konsentrasjonen avtar raskt sørvestover inn i Botnafjorden.

Den 31.01 har utslippsskyen konsentrasjon over 0.1 ‰ i et område på opptil 200 m fra utslippspunktet. Bunnen på sørsiden av Norddalsfjorden er mest påvirket av utslipp.

Det er høyest konsentrasjon av utslipp den 09.08 og noe lavere konsentrasjoner igjen den 31.08 viser også spredning av utslipp på vestsiden av fjorden. Det er størst spredning nordvestover langs bunnen den 09.08. Dette opptrer i en periode med lite ferskvann i fjorden.



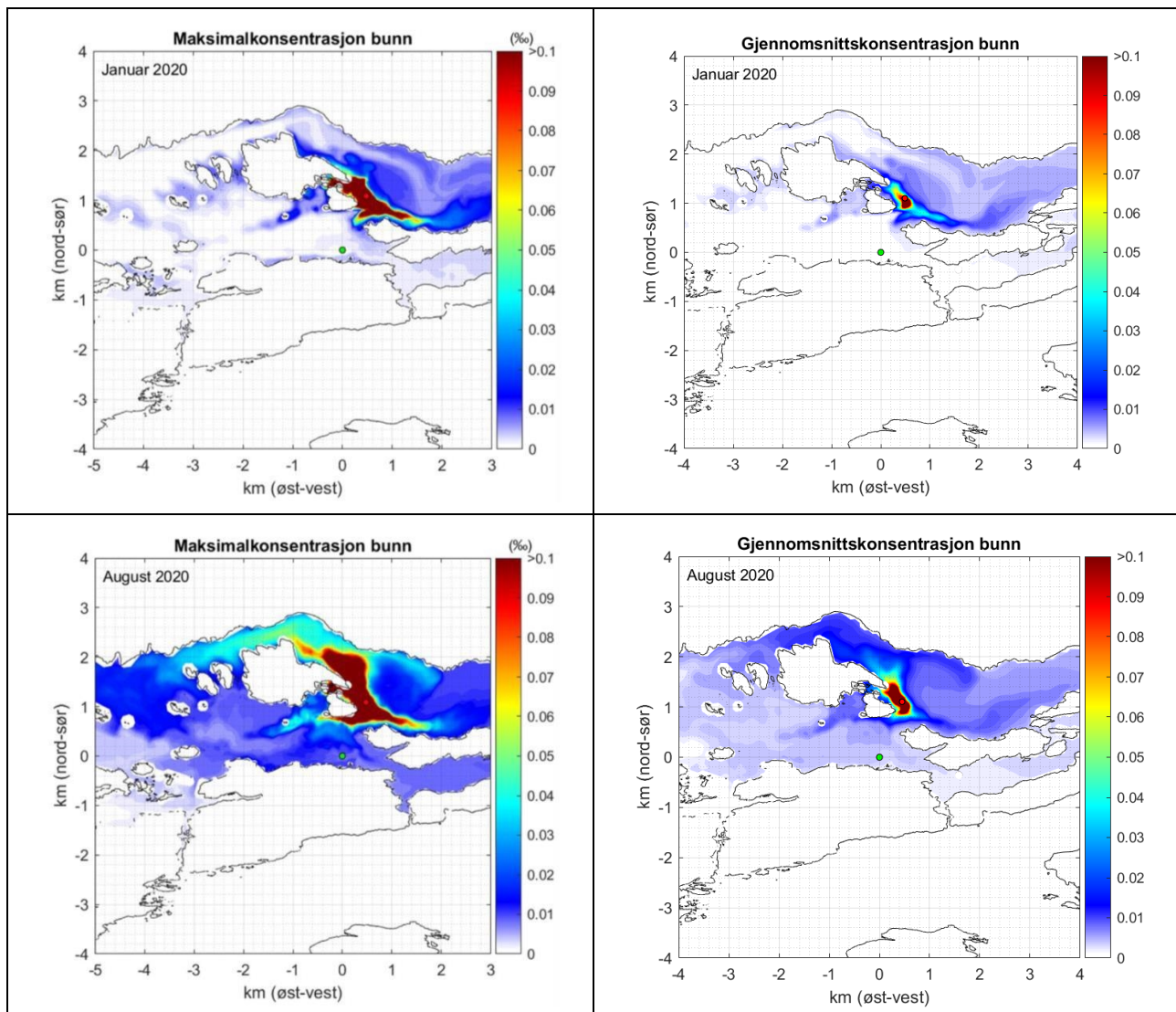
Figur 4.2 Konsentrasjon langs bunn fra utslippspunkt A1 (rød prikk), på dagene 09.01.2020, 31.01.2020, 09.08.2020 og 31.08.2020. Konsentrasjoner opptil 0.1‰ er vist.

Spredningen av utslipp varierer sterkt og påvirkes i stor grad av ferskvannstilsig. De utvalgte tidspunktene viser bare eksempler på variasjonen som kan forekomme. I perioder med lite ferskvann kan utslipp transporteres langs bunnen vestover fra utslippspunkt og ut fjorden. Ved et gitt tidspunkt har utslippsskyen en relativ begrenset utbredelse, men kan forflytte seg langt i løpet av få timer. Utslippsskyen veksler blant annet mellom å bevege seg nordover og sørover. For å finne ut hvilke områder som kan bli berørt av utslipp, er maksimal konsentrasjon registrert langs bunnen i hele modellområdet i løpet av en simulert måned.

Merk at denne situasjonen bare viser maksimalt spredningspotensial, ikke en realistisk situasjon. En slik spredning og konsentrasjon vil aldri oppstå i virkeligheten.

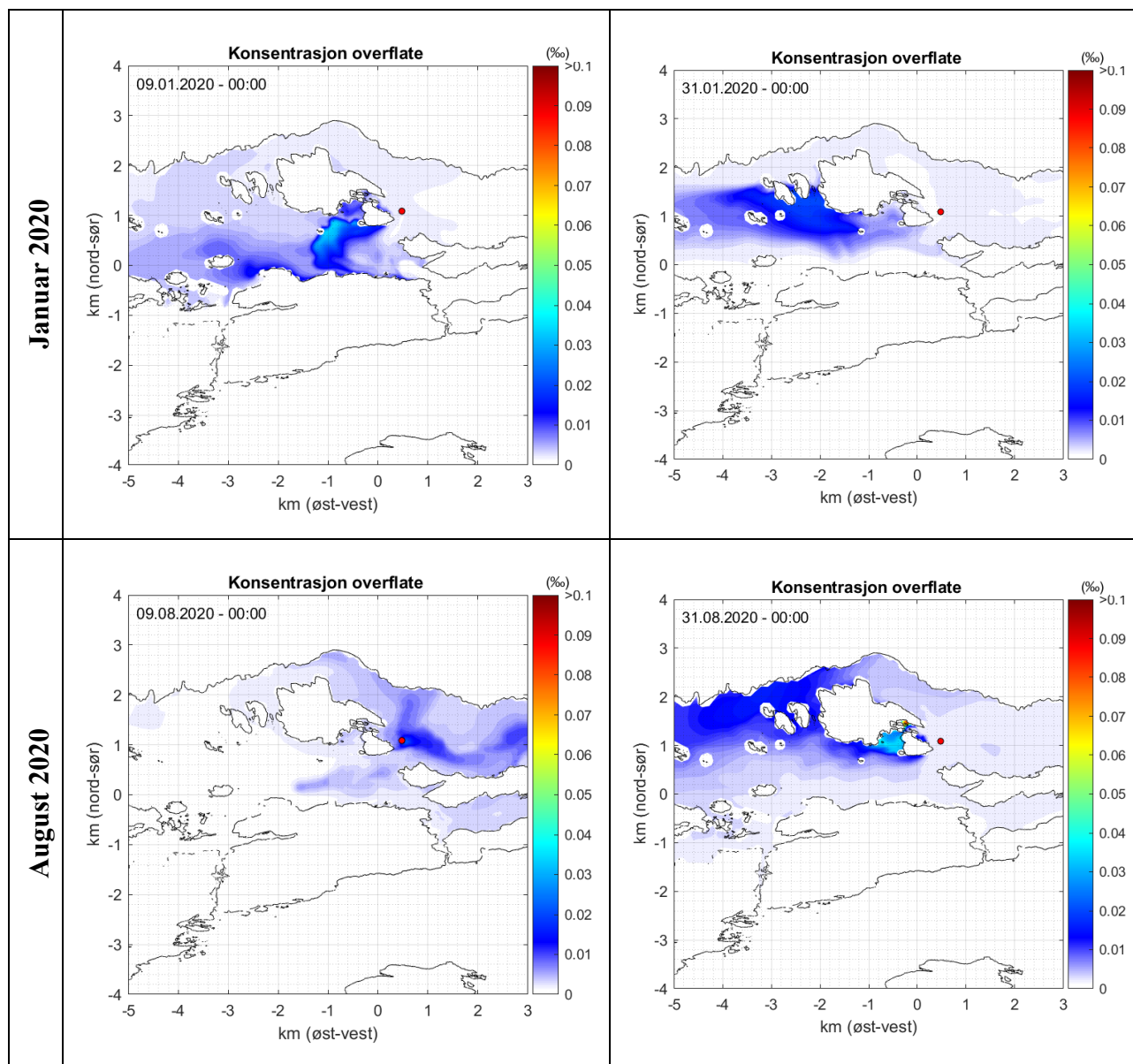
Konsentrasjonen av utslipp er registrert langs bunnen hver 3. time. Den maksimale konsentrasjonen registrert i løpet av januar og august langs bunnen er vist i Figur 4.3. I tillegg er gjennomsnittskonsentrasjonen i alle posisjoner i disse to månedene vist.

I januar er overstiger konsentrasjonen 0.1‰ i et område som strekker seg 0.5 km nordvestover og 1 km sørøstover fra utslippspunktet. Etter at utslippet passerer terskelen over til Botnafjorden er konsentrasjonen mindre enn 0.1 ‰. I august er det noe høyere konsentrasjoner langs bunnen som overstiger 0.1 ‰ lengre nordvestover, opptil 1.5 km nordvest for utslippspunktet. Det er registrert konsentrasjoner over 0.1 ‰ opptil 600 m sørvestover fra utslippspunktet inne i Botnafjorden på sørsiden av lille Terøya. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen viser at til tross for at det er registrert konsentrasjoner over 0.1 ‰ i et større område rundt utslippspunktet, så er den gjennomsnittlige konsentrasjonen lavere i mesteparten av området.



Figur 4.3 Maksimal (venstre) og gjennomsnittlig (høyre) konsentrasjon registrert langs bunnen i januar (øverst) og i august (nederst). Utslippspunkt vist med rød prikk og inntakspunkt vist med grønn prikk. Konsentrasjoner av avløpsvann er vist med fargeskala fra 0 ‰ til 0.1 ‰. Merk at dette bare viser maksimalt spredningspotensial, og er ikke er realistisk situasjon.

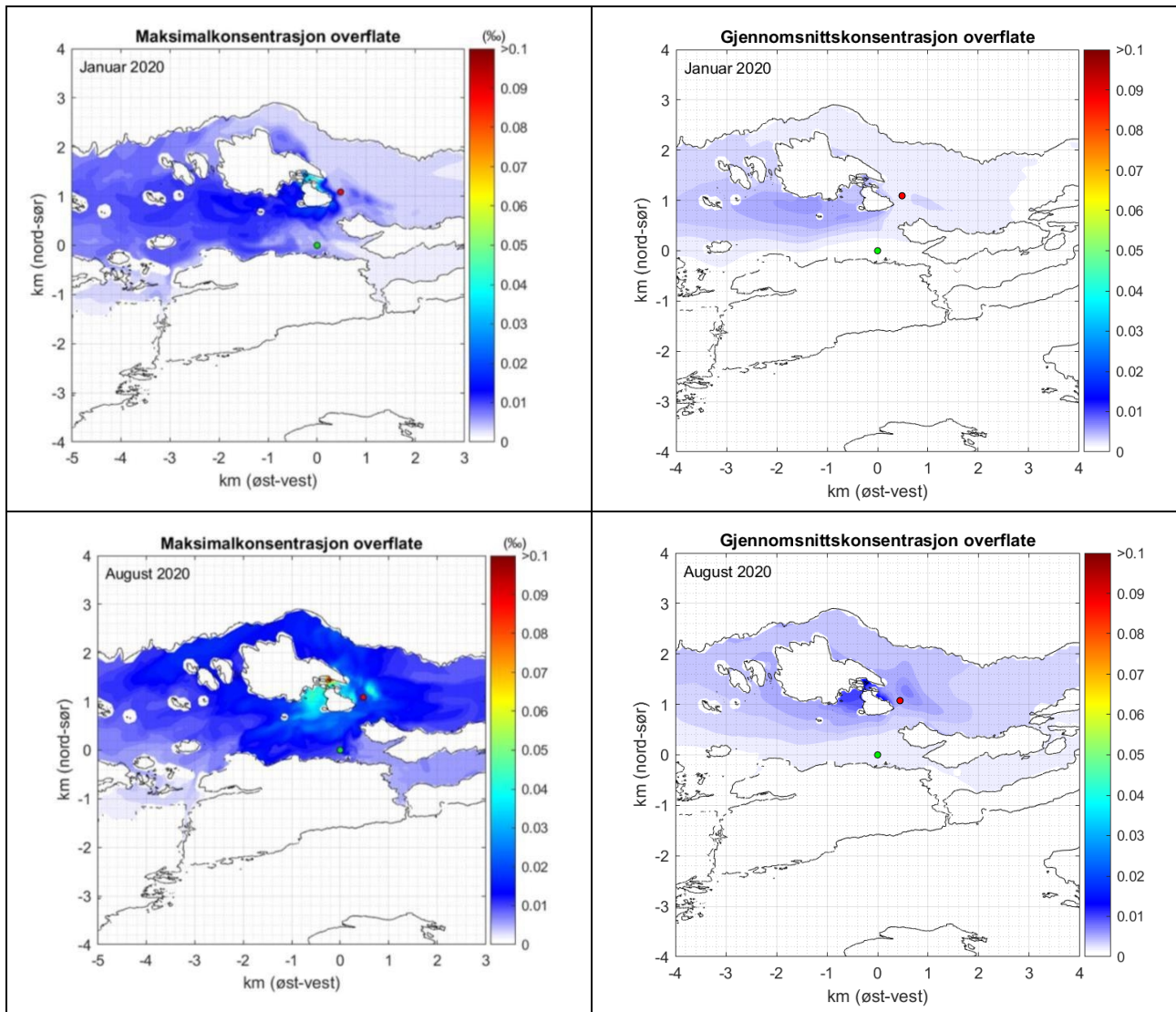
Figur 4.4 viser konsentrasjon av utslippsvann ved overflaten fra utslippspunkt A1 for utvalgte dager, to dager i januar og to dager i august. Resultatene viser at utslippet kan transporteres langt og fortynnes sterkt før det når overflaten. I perioder med mye ferskvann transporteres det raskt ut fjorden.



Figur 4.4 Konsentrasjon ved overflaten fra utslippspunkt A1 (rød prikk), på dagene 09.01.2020, 31.01.2020, 09.08.2020 og 31.08.2020. Konsentrasjoner opptil 0.1‰ er vist.

Figur 4.5 viser hvilke områder som har vært berørt av utslipp ved overflaten i løpet av månedene januar og august, med maksimalkonsentrasjon og gjennomsnittlig konsentrasjon. De laveste konsentrasjonene ved overflaten er registrert i januar. Denne måneden har vedvarende høyt ferskvannstilsig. De andre månedene har alle perioder med mindre ferskvann (se kapittel 9).



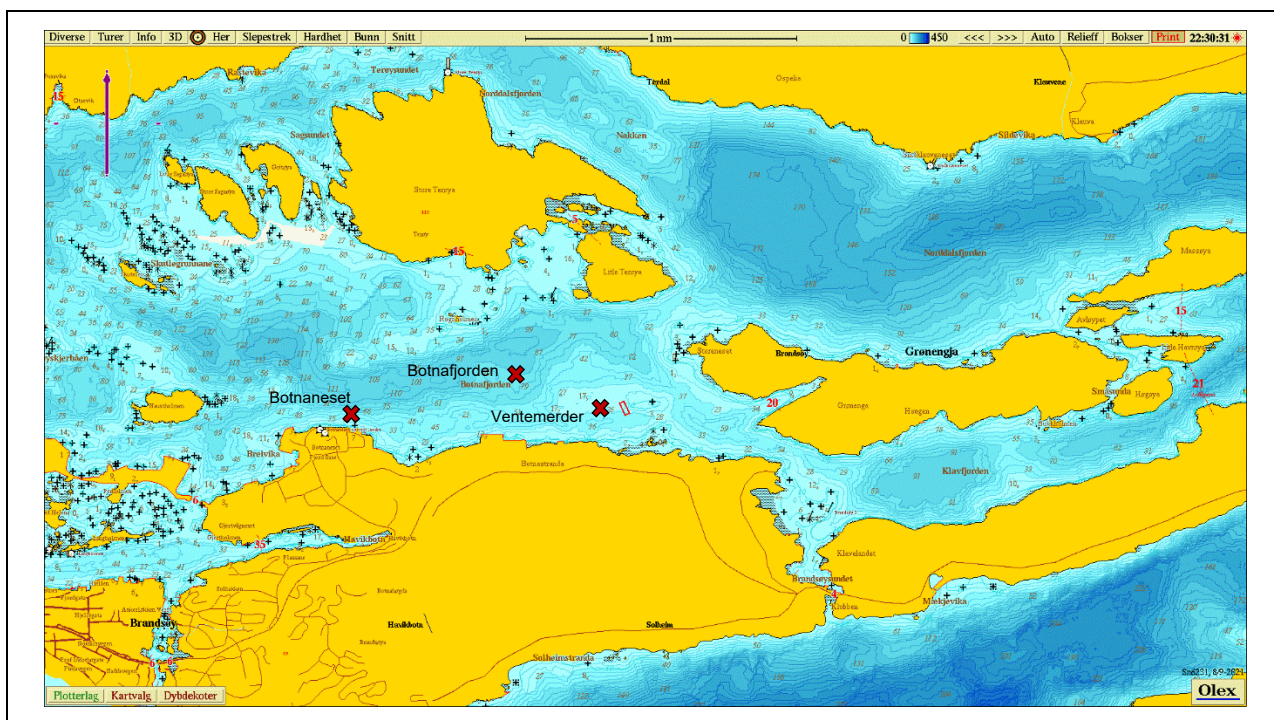


Figur 4.5 Maksimal (venstre) og gjennomsnittlig (høyre) konsentrasjon registrert i overflaten i januar (øverst) og i august (nederst). Utslippspunkt vist med rød prikk og inntakspunkt vist med grønn prikk. Konsentrasjoner av avløpsvann er vist med fargeskala fra 0 % til 0.1 %. Merk at dette bare viser maksimalt spredningspotensial, og er ikke er realistisk situasjon.

### 4.3 Konsentrasjon av utslippsvann ved utvalgte posisjoner

Simuleringene viser at konsentrasjon av utslippsvann i området rundt slakteriet som regel er lav, vesentlig mindre enn 0.1%. For å få et mer detaljert bilde av hvordan dette varierer, er konsentrasjonen av utslippsvann ved tre ulike posisjoner i området registrert hvert 10. minutt i simuleringene. Disse posisjonene er vist i Figur 4.6.

Posisjonen Botnafjorden ligger 600 m nordvest for ventemerdene, mens posisjonen utenfor Botnaneset ligger 1.7 km vest for ventemerdene. Maksimal konsentrasjon registrert langs bunnen og nær overflaten for disse posisjonene, i tillegg til ved ventemerder, er vist i Tabell 4.2. Resultatene viser at utslipp fra A1 gir vesentlig lavere konsentrasjon enn A2 for de aktuelle posisjonene i Botnafjorden.

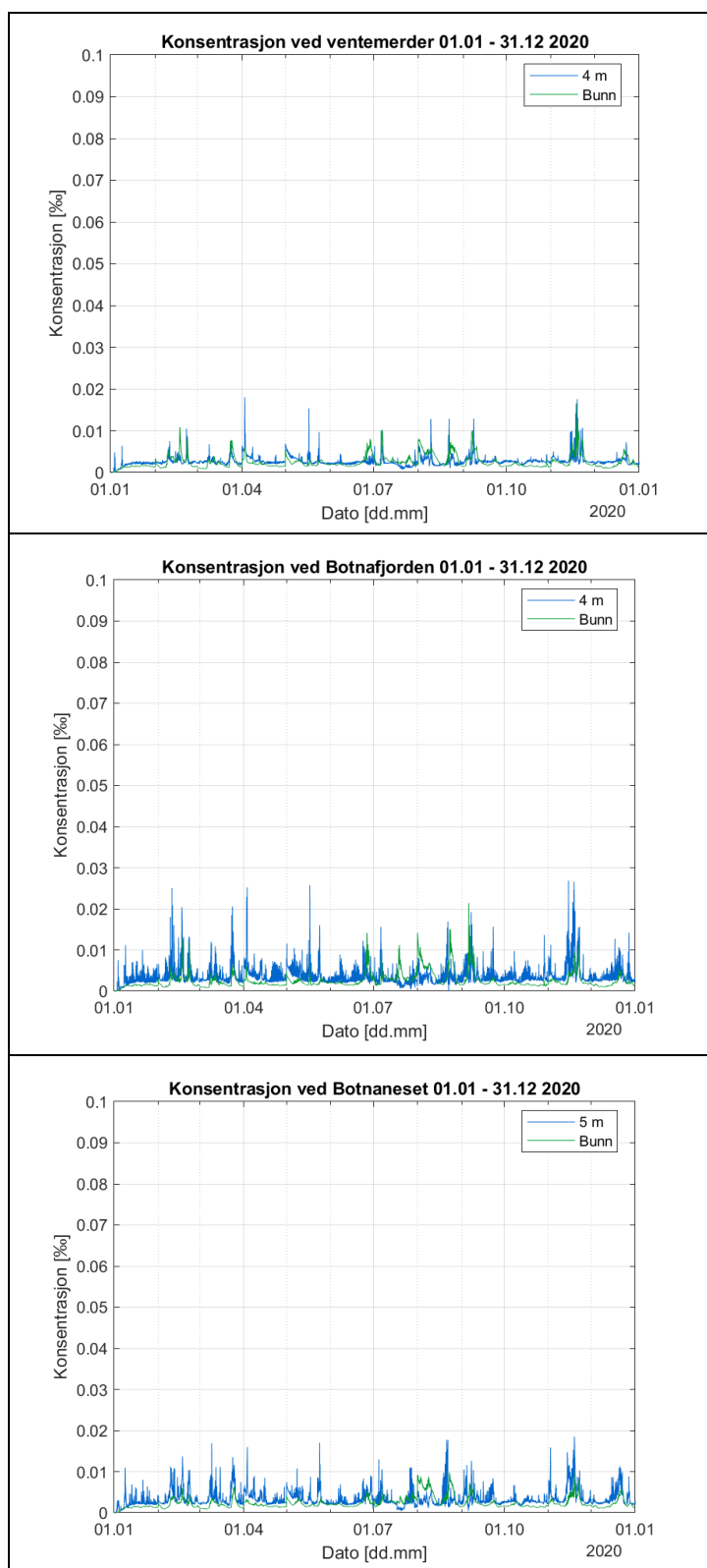


Figur 4.6 Utvalgte posisjoner der det er registrert konsentrasjon av utslipp gjennom hele den simulerte perioden.

Tabell 4.2 Maksimal konsentrasjon registrert for utvalgte posisjoner. Tidspunkt er vist i parentes. Konsentrasjon er registrert hvert 10. minutt i hele den simulerte perioden.

		Maksimal Konsentrasjon (%)	
	Dyp (m)	A1	A2
Ventemerder	33 m	0.016 (18.11 09:20)	0.132 (05.09 03:40)
	4 m	0.018 (02.04 22:00)	0.146 (10.08 12:20)
Botnafjorden	57 m	0.021 (06.09 00:50)	0.073 (19.07 10:00)
	4 m	0.027 (15.11 00:40)	0.165 (10.08 08:30)
Botnaneset	66 m	0.010 (23.08 10:30)	0.027 (18.07 10:40)
	5 m	0.018 (19.11 05:10)	0.092 (11.08 08:10)

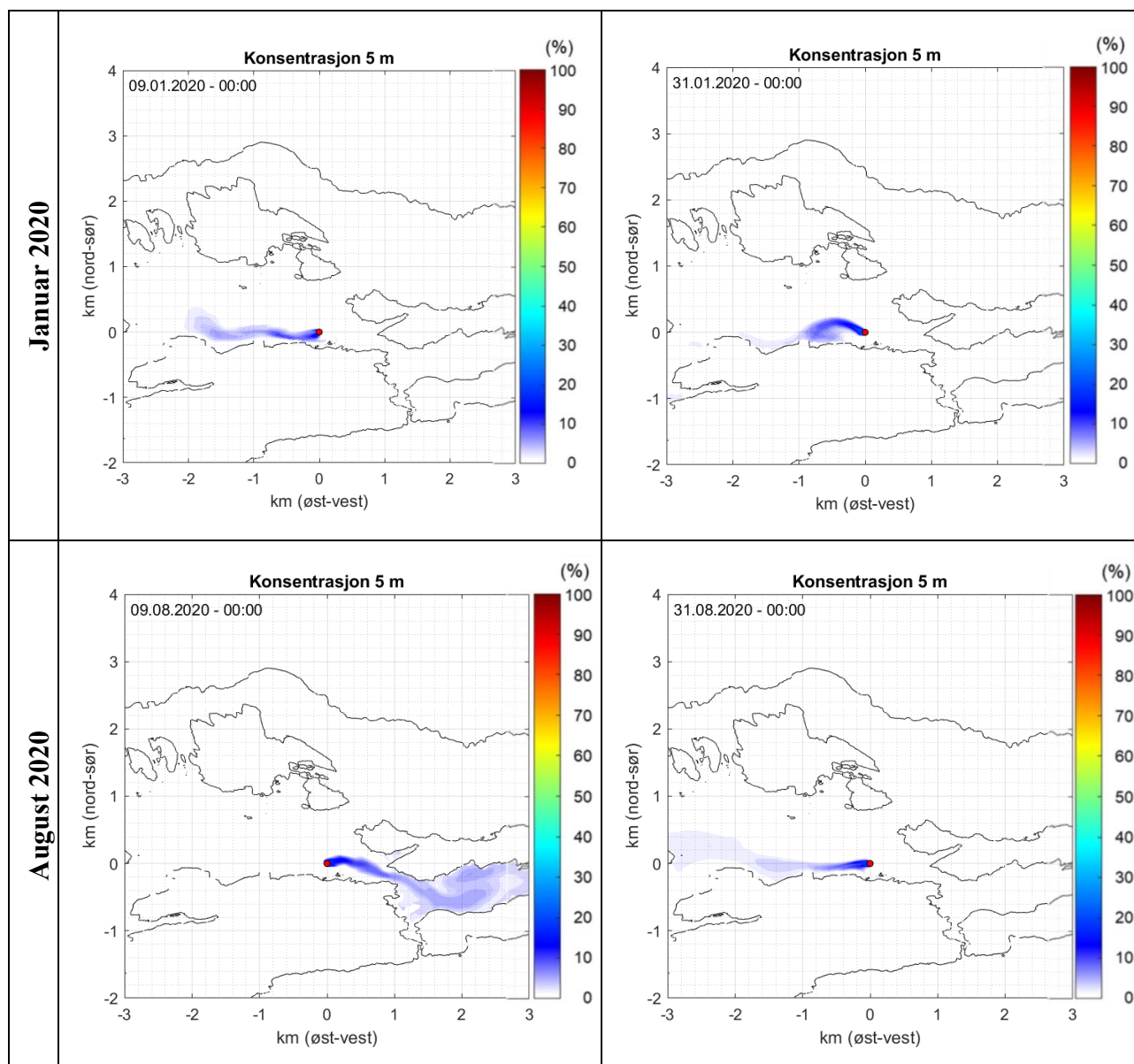
Figur 4.7 viser konsentrasjonen av utslippsvann fra A1 nær overflaten og ved bunnen gjennom hele modelleringsperioden. Utslipp fra A1 har den laveste konsentrasjon for alle de tre utvalgte posisjonene, sammenlignet med utslipp fra A2 (figur vist i Kapittel 7).



Figur 4.7 Konsentrasjon av utslippsvann ved 4 m dyp og bunnen for de tre utvalgte posisjonene. Konsentrasjon av utslipp fra Alternativ A1 er vist.

#### 4.4 Utslipp fra ventemerder

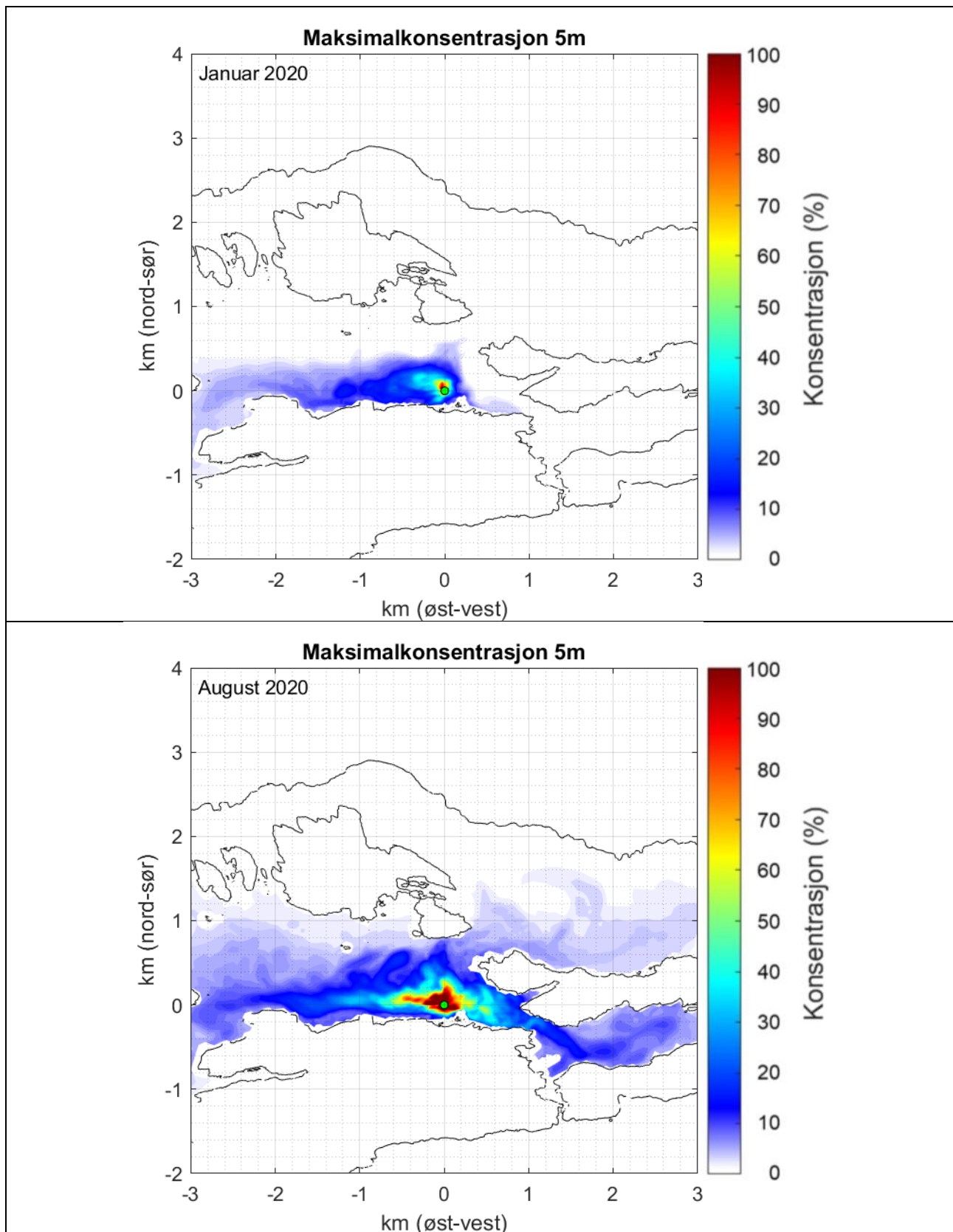
For å bestemme hvordan oppløst materiale fra ventemerder er det simulert utslipp fra ventemerder. Resultater for utvalgte dager i januar og august er vist i Figur 4.8. Konsentrasjonen av utslipp er satt til 100 % ved 5 m dyp ved ventemerdene og fortynnes raskt når det spres ut fra merdene. Utslipet veksler på å transporteres vestover og østover med tidevannet. Transporten vestover er sterkest i perioder med mye ferskvann i fjorden.



Figur 4.8 Konsentrasjon av utslipp fra ventemerder ved 5 m dyp på dagene 09.01.2020, 31.01.2020, 09.08.2020 og 31.08.2020. Konsentrasjon av utslipp er 100 % ved utslippspunkt.

Figur 4.9 viser maksimal konsentrasjon av utslipp registrert ved 5 m løpet av januar og august. Merk at dette viser bare den maksimale utbredelsen av konsentrasjonsnivåene, og er ikke er en realistisk situasjon.

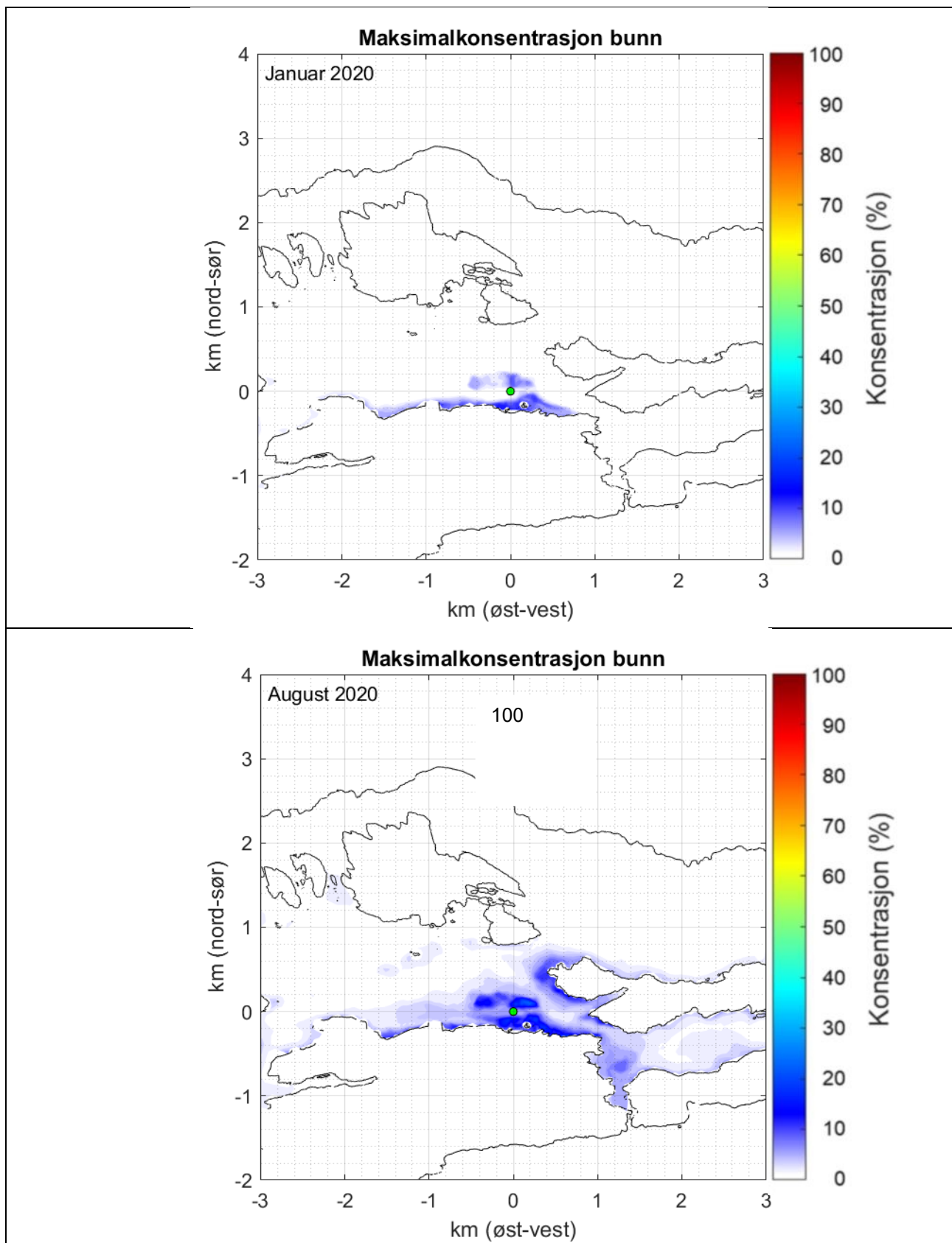
I perioder med lav strøm er det liten vannutskifting og spredningen av utslipp stopper opp i et område rundt merdene. Konsentrasjonen av utslipp vil da øke i området. I januar er det mye ferskvann i fjorden. Dette bidrar til høyere transport og konsentrasjonen av utslipp reduseres raskt over avstander på mer enn 100 m fra anlegget. De høyeste konsentrasjonene av utslipp opptrer i august der spredningen av utslipp i kortere perioder stopper opp når strømmen snur. Konsentrasjonene kan da bygge seg opp opptil 500 m vestover og 200 m østover.



Figur 4.9 Maksimal konsentrasjon registrert ved 5m dyp for utslipp fra ventemerder i løpet av januar og august 2020. Konsentrasjoner er 100% ved utslippspunkt. Merk at dette bare viser maksimalt spredningspotensial, og er ikke er realistisk situasjon.

Mindre mengder av oppløst utslipp fra ventemerder når bunnen. Figur 4.10 viser maksimal konsentrasjon av utslipp registrert langs bunnen i løpet av januar og august. De høyeste

konsentrasjonene på opptil 10% opptrer i de grunneste områdene nærmest lokaliteten. I områder dypere enn 50 m er konsentrasjonen mindre enn 1%.



Figur 4.10 Maksimal konsentrasjon registrert langs bunnen for utslipp fra ventemerder i løpet av januar og august 2020. Merk at dette bare viser maksimalt spredningspotensial, og er ikke realistisk situasjon.

#### 4.4.1 Konsentrasjon av utslipp ved utvalgte posisjoner

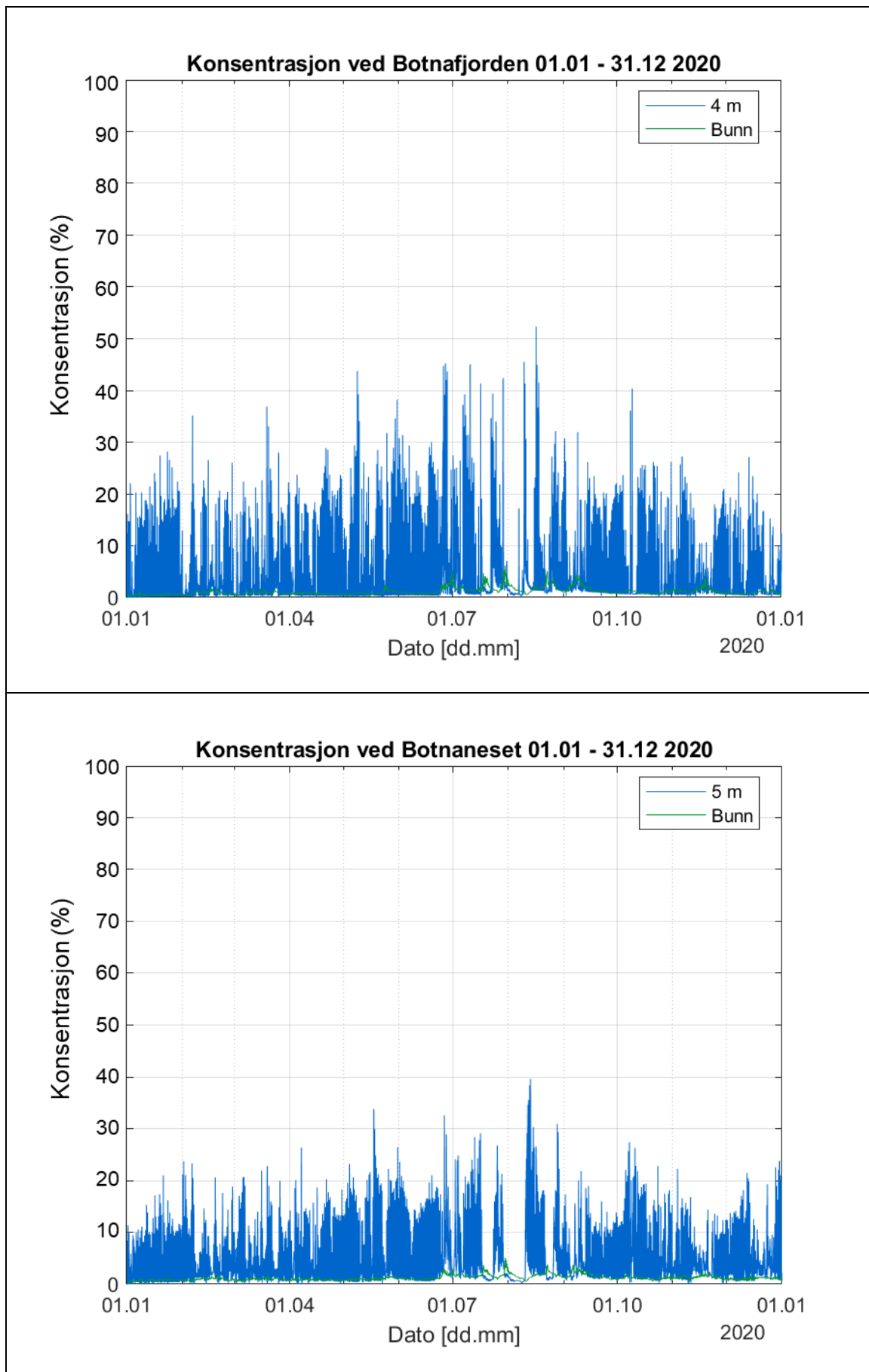
Konsentrasjon av utslipp fra ventemerder er registrert hvert 10. minutt gjennom hele simuleringsperioden for utvalgte steder vist i Figur 4.6. Maksimalverdier og gjennomsnittsverdier er vist i Tabell 4.3 ved 4 m (5 m ved Botnaneset) og ved bunn dyp. Ved Botnafjorden (600 m nordvest for ventemerdene) er gjennomsnittskonsentrasjonen 3.1 % og ved Botnaneset er den på 4.0 %. I kortere perioder kan utslippsskyen bevege seg direkte vestover forbi Botnaneset. Da kan konsentrasjon øke betraktelig. Maksimal konsentrasjon ved Botnastranda opptrer i august 39.6%.

Figur 4.11 viser variasjon i konsentrasjonene gjennom hele simuleringsperioden. I korte perioder kan konsentrasjonen overstige 20% ved Botnaneset når strømmen fører vannet fra ventemerdene direkte vestover. De høyeste konsentrasjonene ved utslippsposisjonen opptrer i juli og august. Det er lange perioder med lav konsentrasjon ved Botnafjorden og ved Botnaneset i begynnelsen av august. Disse etterfølges av høye konsentrasjoner ved de samme posisjonene i midten av august. Det er en liten andel av utslippet som når bunnen ved Botnafjorden og Botnaneset.

Tabell 4.3 Maksimal og gjennomsnittlig konsentrasjon registrert for utvalgte posisjoner. Tidspunkt er vist i parentes. Konsentrasjon er registrert hvert 10. minutt i hele den simulerte perioden.

		Konsentrasjon (%)	
	Dyp (m)	Maksimalverdi	Gjennomsnitt
Botnafjorden	4 m	52.3 (16.08 22:10)	3.1
	57 m	6.2 (30.07 14:50)	1.1
Botnaneset	5 m	39.6 (13.08 12:20)	4.0
	66 m	5.1 (30.07 10:20)	1.2

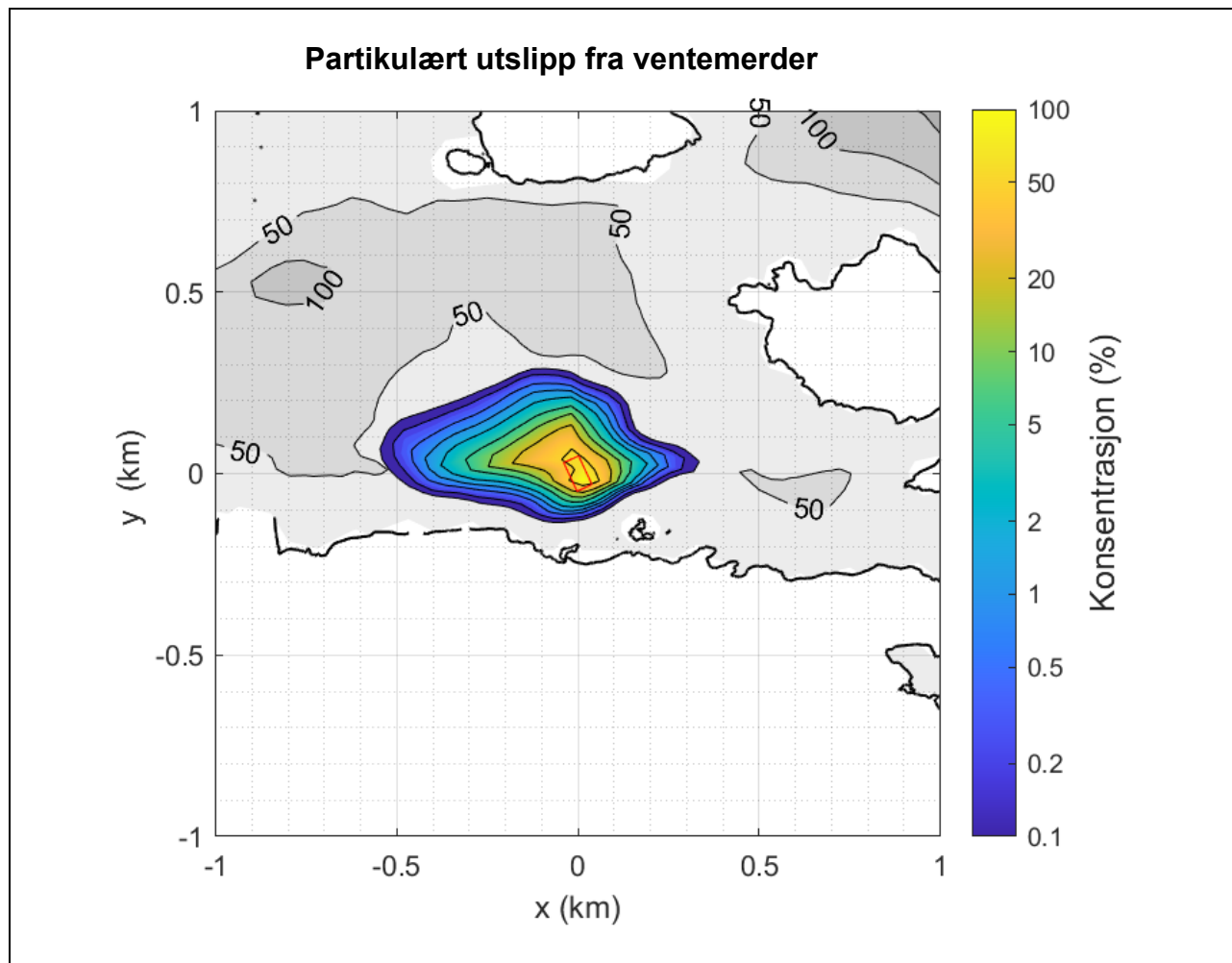




Figur 4.11 Konsentrasjon av utslippsvann ved 4 og 5 m dyp og bunnen for posisjonen i Botnafjorden (øverst) og ved lokaliteten Botnaneset (nederst). Posisjoner vist i Figur 2.2.

#### 4.4.2 Partikulært utslipp

Figur 4.12 viser fordeling av partikulært utslipp fra ventemerdene gjennom hele simuleringsperioden. Utslipet er skalert slik at 100% svarer til maksimal sedimentering som opptrer rett under anlegget. Figuren viser sedimentering ved konstant utslipp i løpet av hele simuleringsperioden. Det er størst transport av partikulært avfall vestover fra anlegget der konsentrasjonen av utslipp kan være 0.1% opptil 550 m fra sentrum av anlegget. Nordover kan utslippskonsentrasjonen være over 0.1% opptil 300 m fra anlegget.



Figur 4.12 Konsentrasjon av partikulært utslipp fra ventemerder (markert med rød ramme).

#### 4.5 Konsekvenser for andre lokaliteter i fjorden

Nærmeste lokalitet for det planlagte anlegget ved Botnastranda er Botnaneset som ligger 1.7 km lenger vest. Resultater fra modellering med utslipp A1 viser at svært lave konsentrasjoner av utslipp når denne lokaliteten. Utslipp fra A2 (Vedlegg 7) er også har også meget lave konsentrasjoner ved Botnaneset, men har høyere konsentrasjoner sammenlignet med A1.

Spredning av partikulært utslipp fra ventemerder er ikke forventet å nå lenger enn 550 m vestover fra ventemerdene. Oppløst utslipp fra ventemerdene er i gjennomsnitt fortynnet til 4% nær overflaten ved Botnaneset. I korte perioder kan konsentrasjonen overstige 20% ved Botnaneset når strømmen fører vannet fra ventemerdene direkte vestover. Konsentrasjonen langs bunnen ved Botnaneset er vesentlig lavere med gjennomsnittsverdi på 1.2% gjennom hele simuleringsperioden. Variasjonen er også vesentlig mindre langs bunn med maksimalverdi på 5.1%.

Lokalitetene Gaddholmen og Hesteneset ligger mer enn 4 km vest for ventemerdene. Utslipp fra A1 gir svært lave konsentrasjoner så langt vest. Vann fra ventemerdene fortynnes meget raskt når det passerer forbi Botnaneset (Figur 4.9 og Figur 4.10.10), og konsentrasjon av vann fra ventemerder overstiger ikke 1% ved overflaten og vil være neglisjerbar langs bunnen.

Sørøst for Botnastranda i Solheimsfjorden ligger lokaliteten Klavelandet, i overkant av 4 km fra det planlagte slakteriet. Brandsøysundet med bredde på 10 m og dybde mindre enn 3 m utgjør nærmeste mulighet for kontakt mellom vannmassene i Klavfjorden og Solheimsfjorden. Vannutvekslingen her er vurdert å være neglisjerbar.

## 5. Konklusjon

---

Modellering av spredning av avløpsvann fra ulike innlagringsdyp og posisjoner viser at den beste plasseringen av inntak av vann til slakteriet ved Botnastranda er nordvest for ventemerdene på dyp som overstiger 60 m.

Konsentrasjon av utslipp ved ventemerder med utslipp fra A1 er som regel mindre enn 0.01 ‰. Den høyeste konsentrasjonen i Botnafjorden ved 66 m dyp, 600 m nordvest for ventemerdene, er 0.021 ‰ (utslipp fra A1). Plassering av utslipp i A1 er slik vurdert å gi minst påvirkning i Botnafjorden, sammenlignet med posisjon A2 (Vedlegg 7). Simuleringene viser at transporten av vannmassene i fjordsystemet påvirkes sterkt av ferskvannspådraget. I perioder med lite ferskvann er det mindre vannutskifting.

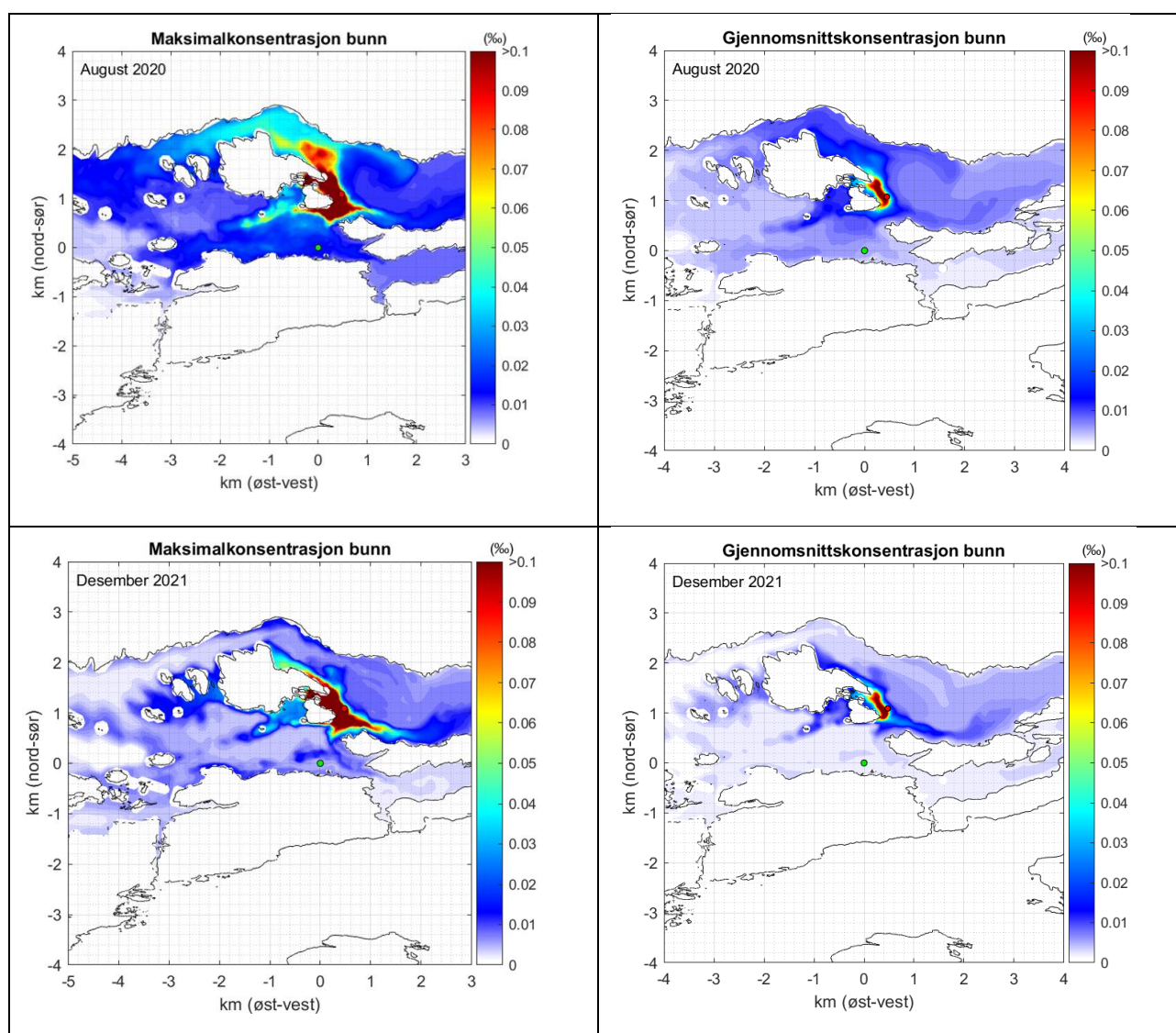
Utslipet fra ventemerdene spres hovedsakelig langs en akse Ø-V. Vann fra ventemerdene har en gjennomsnittskonsentrasjon på 3 ‰ i en posisjon 600 m nordvest for utslippsposisjonen. Ved bunnen i samme posisjon er gjennomsnittlig konsentrasjon på 1.1 ‰. Utenfor Botnaneset er gjennomsnittlig konsentrasjon av vann fra ventemerdene 4.0 ‰ nær overflaten og ved bunnen 1.2 ‰.

Det er også modellert sedimentering av partikulært utslipp fra ventemerdene. Sedimenteringen fra ventemerdene er redusert til 1 ‰ av maksimal verdi 550 m fra anlegget. Resultatene er basert på bestemte utslippsmengder og må vurderes ut fra dette sammen med lokal kunnskap.

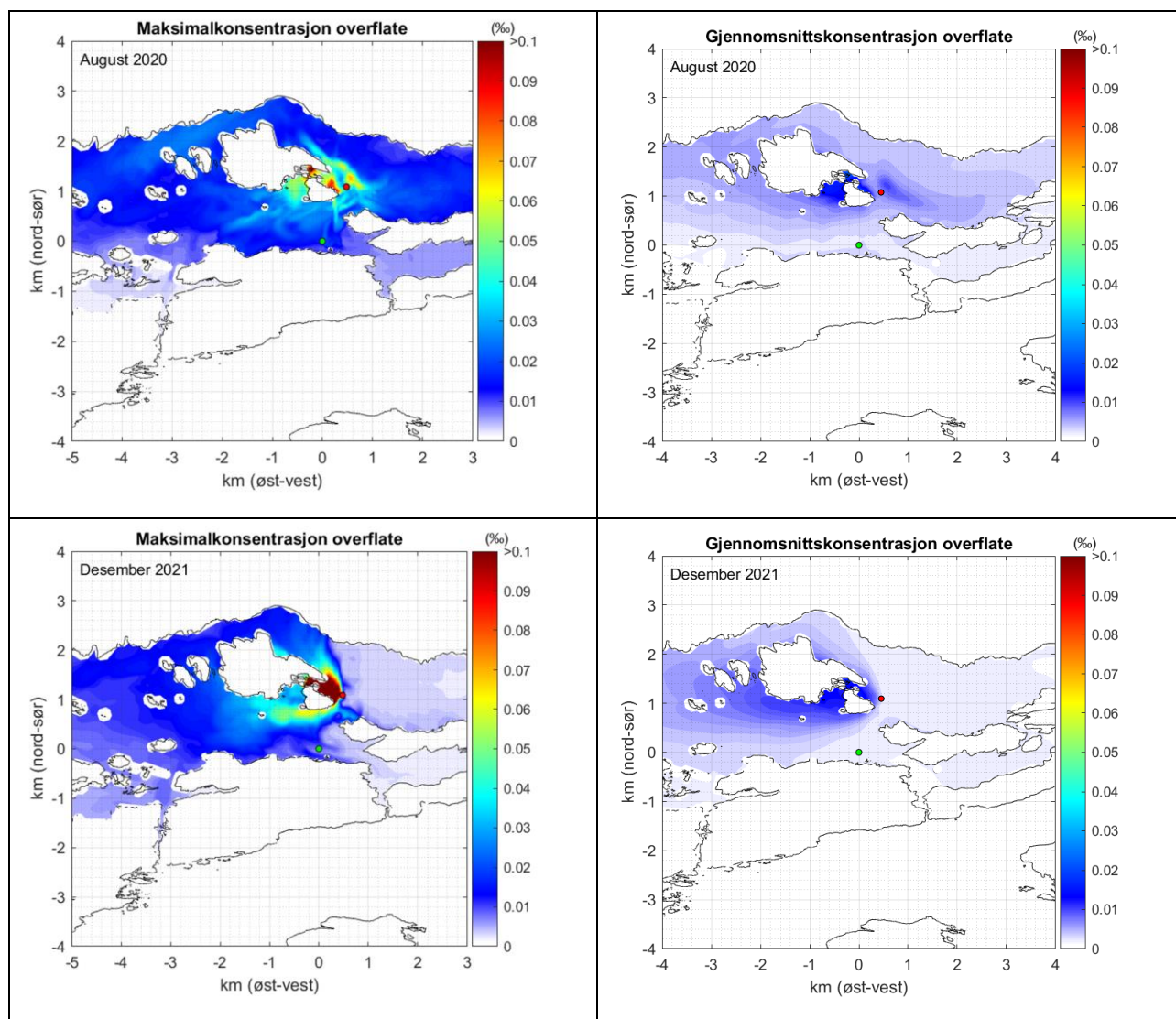
## 6. Utslipp fra posisjon A1

I Kapittel 4.2 er spredning og fortykning av utslipp fra posisjon A1 på et innlagingsdyp beregnet for en vannsøyle med sterk sjiktning (48 m), vist for både overflatespredning og langs bunn. Innlagring av utslipp høyere oppe i vannsøylen kan skje i perioder med lite ferskvann i fjorden, og i dette kapittelet presenteres horisontal spredning for et innlagingsdyp i en vannsøyle med svak sjiktning (28 m). August og desember er måneder som har relativt lite ferskvann. Maksimal konsentrasjon og gjennomsnittskonsentrasjon langs bunnen for disse månedene er vist i Figur 6.1 og ved overflaten i Figur 6.2.

Resultatene skiller seg ikke vesentlig fra de med innlagring ved 48 m dyp, bortsett fra i områdene nærmest utslippspunktet. Nær utslippspunktet er konsentrasjonen ved overflaten er litt større når innlagring foregår ved 28 m. Dette skyldes at utslippet bruker kortere tid på nå overflaten. Konsentrasjonen langs bunnen er litt lavere enn for modellering med innlagring på 48 m dyp bortsett fra de grunneste delene vest for utslippspunktet.



Figur 6.1 Maksimal (venstre) og gjennomsnittlig (høyre) konsentrasjon registrert langs bunn i august (øverst) og i desember (nederst). Utslippspunkt vist med rød prikk og inntakspunkt vist med grønn prikk. Konsentrasjoner av avløpsvann er vist med fargeskala fra 0 ‰ til 0.1 ‰. Merk at dette bare viser maksimalt spredningspotensial, og er ikke er realistisk situasjon.



Figur 6.2 Maksimal (venstre) og gjennomsnittlig (høyre) konsentrasjon registrert i overflaten i august (øverst) og i desember (nederst). Utslippspunkt vist med rød prikk og inntakspunkt vist med grønn prikk. Konsentrasjoner av avløpsvann er vist med fargeskala fra 0 ‰ til 0.1 ‰. Merk at dette bare viser maksimalt spredningspotensial, og er ikke er realistisk situasjon.

## 7. Utslipp fra posisjon A2

---

Utslippspunkt A2 er plassert på 50 m dyp i Klavfjorden omtrent 1.3 km øst for lokaliteten. For dette tilfellet er det foretatt simuleringer av utslipp ved 39 m og 21 m dyp. Resultater med innlagring ved 39 m dyp er presentert i avsnitt 7.1.1, mens resultater med innlagring ved 28 m dyp er vist i avsnitt 7.1.2.

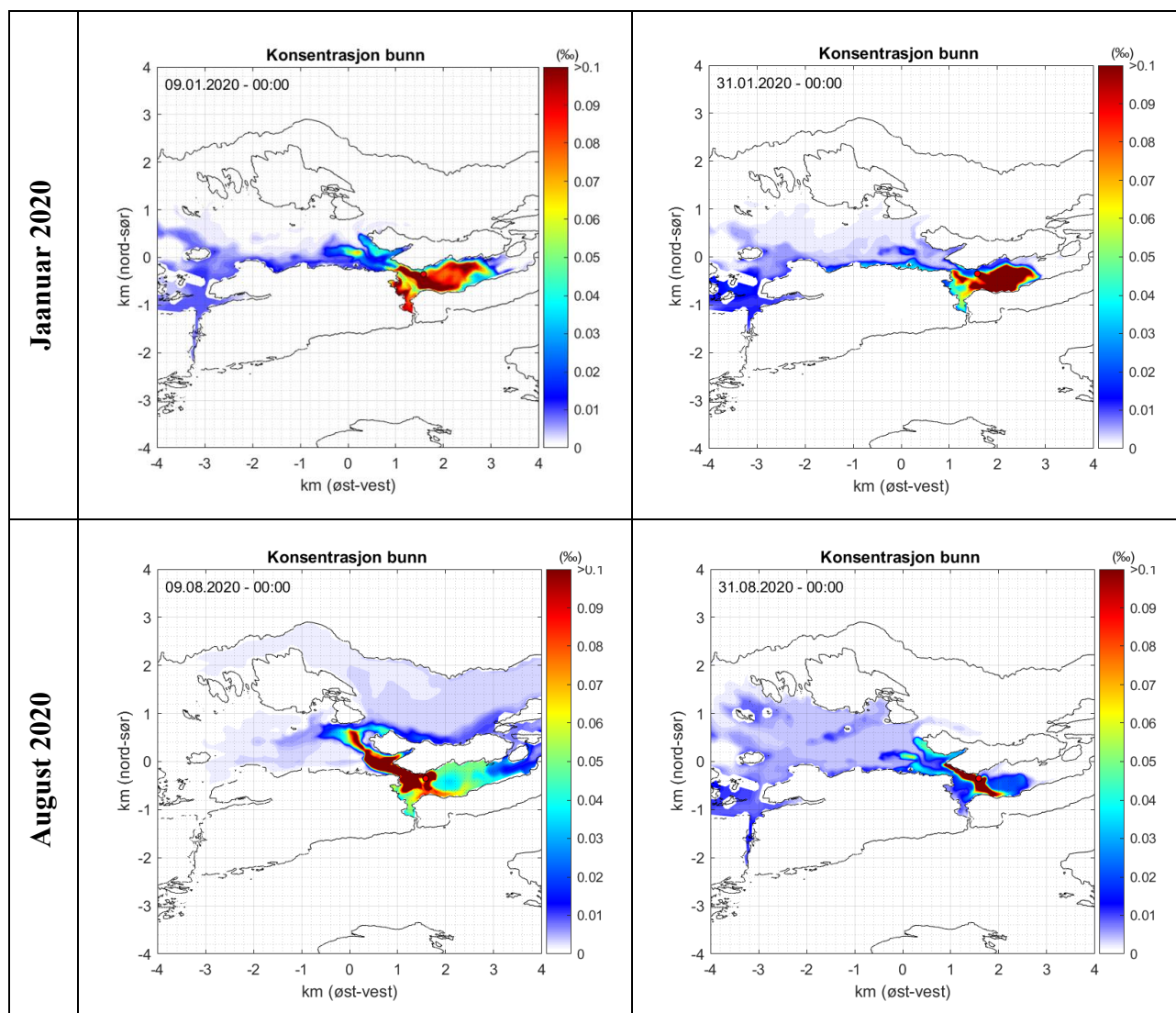
Fortynningen er vist med verdier fra 0 ‰ til 0.1 ‰. Denne maksverdien er valgt som representativ for utslippet ved Botnastranda, og tilsvarer en konsentrasjon på 1/10 000 del av utslippsmengden. Merk at røde områder kan ha verdier over 0.1 ‰, men disse verdiene er vurdert til å ha liten betydning for resultatene videre ettersom fortynningen generelt er såpass stor.

### 7.1.1 Resultater ved innlagring av utslipp på 39 m dyp

Figur 7.1 viser konsentrasjon ved starten av fire utvalgte dager. På samme måte som for alternativ A1 påvirkes spredningen betydelig av ferskvannstilsig i fjorden. Konsentrasjonen av utslipp blir noe høyere rundt utslippspunktet enn tilfellet var for A1. En betydelig andel av utslippet følger bunnvannet innover i Klavfjorden før det nærmer seg overflaten og følger ferskvannet vestover og ut i Botnafjorden.

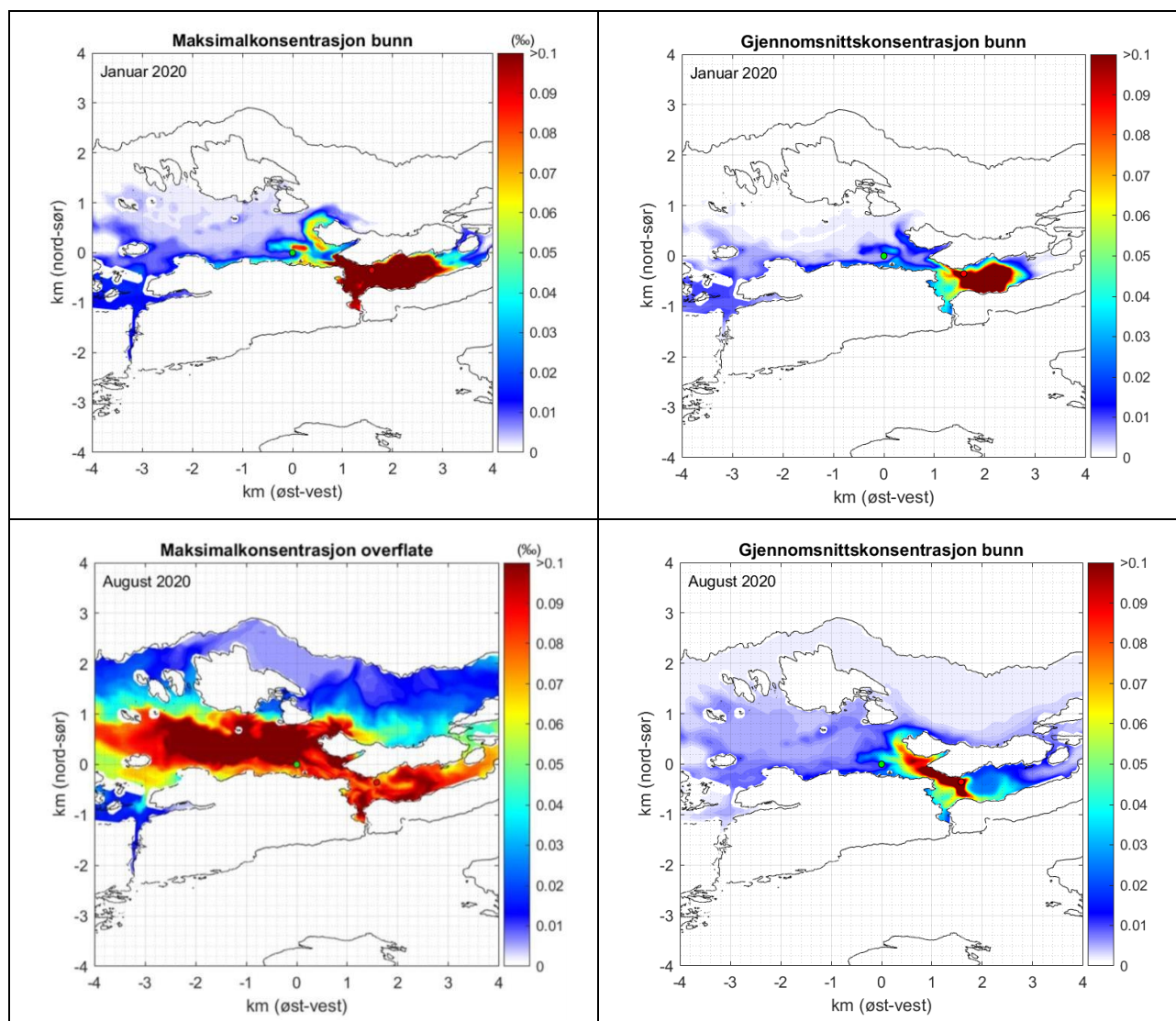
Den maksimale og gjennomsnittlige konsentrasjonen registrert langs bunnen i løpet av januar og august er vist i Figur 7.2. Figuren viser hvilke områder som har vært berørt av utslipp i løpet av disse månedene. De høyeste konsentrasjonene langs bunnen i Klavfjorden opptrer i januar. I august er det betydelig spredning vestover langs bunnen utover i Botnafjorden. Konsentrasjonen overstiger 0.1 ‰ langs bunnen vestover forbi ventemerdene.

Figur 7.3 viser den maksimale konsentrasjonen av utslipp registrert ved overflaten i januar og august. De høyeste konsentrasjonene opptrer i august. Utslippet kan overstige 0.1 ‰ opptil 3 km vest for ventemerdene.

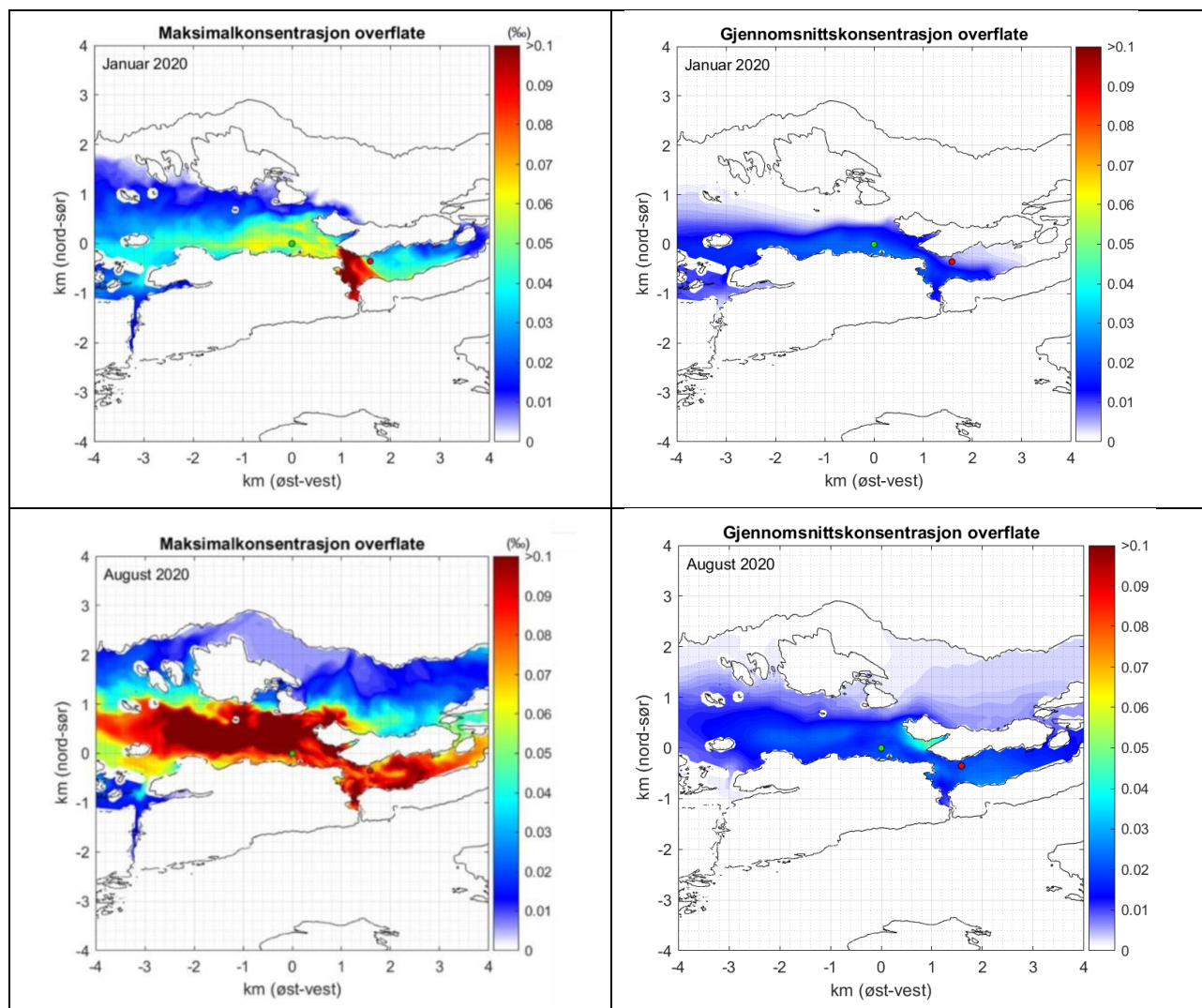


Figur 7.1 Fortynning langs bunn fra utslippspunkt A2 (rød prikk), på dagene 09.01.2020, 31.01.2020, 09.08.2020 og 31.08.2020. Konsentrasjoner opptil 0.1‰ er vist.





Figur 7.2 Maksimal (venstre) og gjennomsnittlig (høyre) konsentrasjon registrert langs bunn i januar (øverst) og i august (nederst). Utslippspunkt vist med rød prikk og inntakspunkt vist med grønn prikk. Konsentrasjoner av avløpsvann er vist med fargeskala fra 0 ‰ til 0.1 ‰. Merk at dette bare viser maksimalt spredningspotensial, og er ikke er realistisk situasjon.

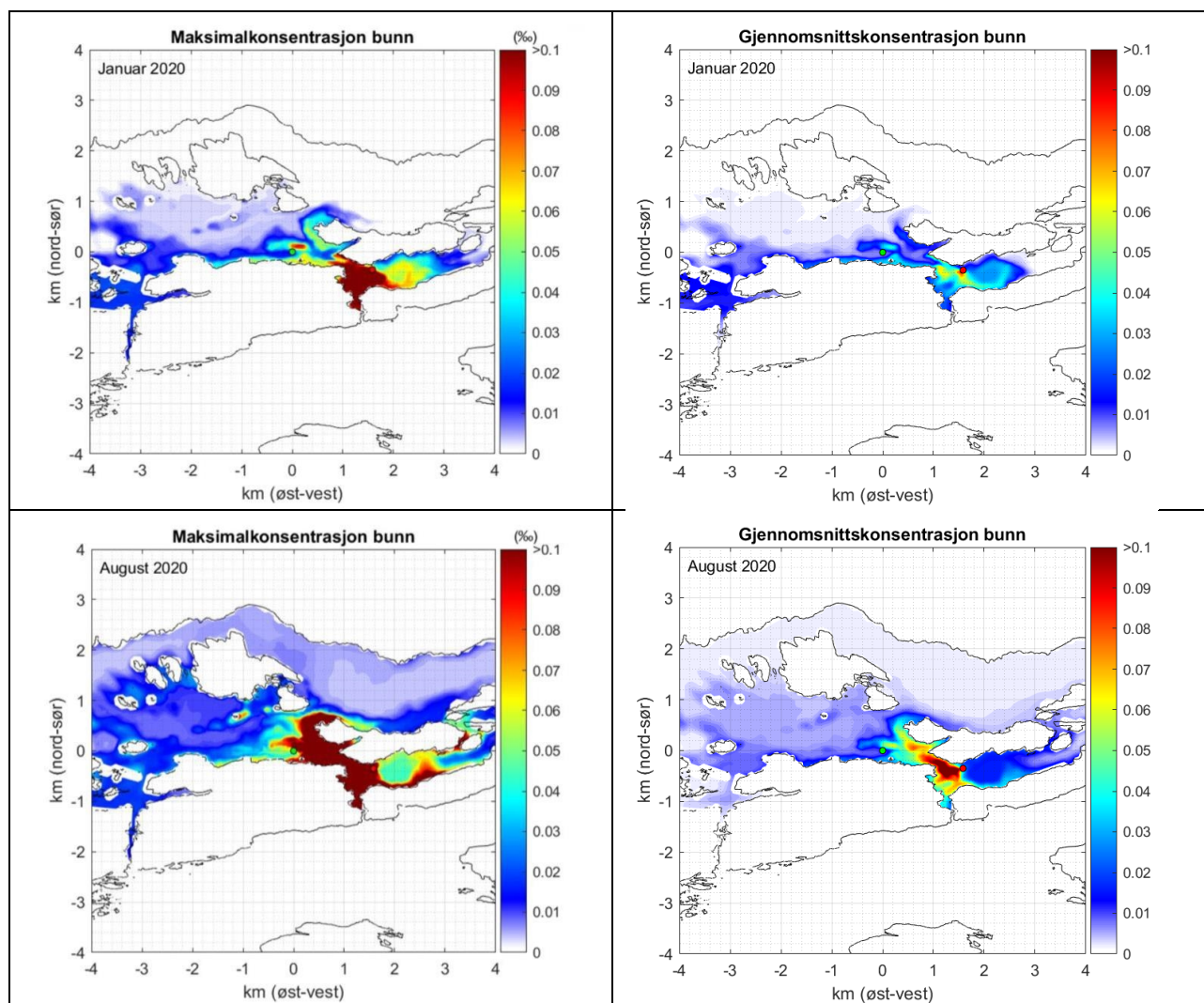


Figur 7.3 Maksimal (venstre) og gjennomsnittlig (høyre) konsentrasjon registrert i overflaten i januar (øverst) og i august (nederst). Utslippspunkt vist med rød prikk og inntakspunkt vist med grønn prikk. Konsentrasjoner av avløpsvann er vist med fargeskala fra 0 ‰ til 0.1 ‰. Merk at dette bare viser maksimalt spredningspotensial, og er ikke er realistisk situasjon.

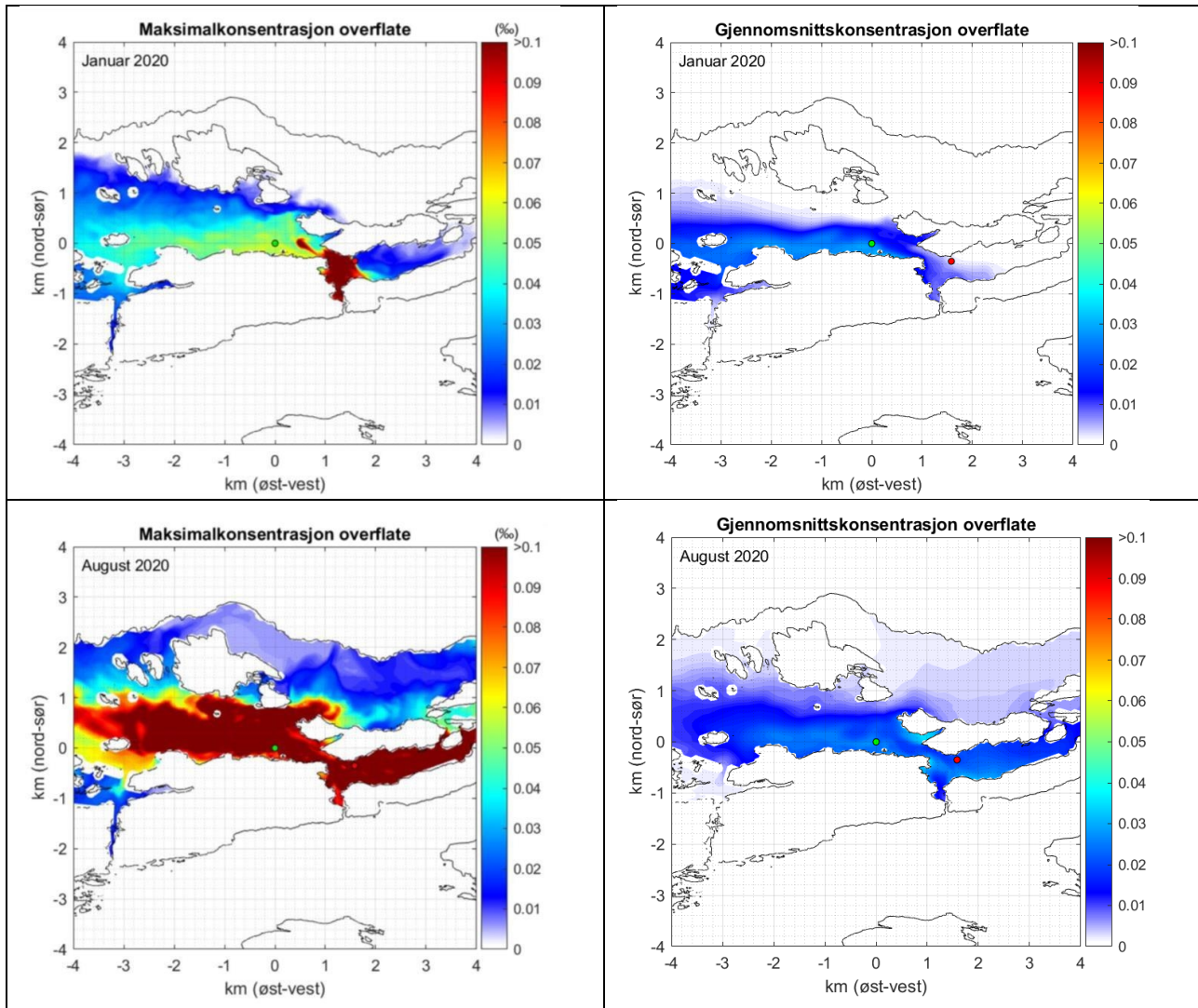
### 7.1.2 Resultater ved innlagring av utslipp på 21 m dyp

Maksimal konsentrasjonen registrert langs bunnen i løpet av januar og august fra simuleringer med innlagring av utslipp på 21 m dyp er vist i Figur 7.4. Konsentrasjonen langs bunnen øst for utslippspunktet i Klavfjorden er noe lavere enn ved innlagring på 39 m dyp, mens det er liten forskjell i konsentrasjon langs bunnen i Botnafjorden.

Maksimal konsentrasjon registrert ved overflaten for de samme månedene er vist i Figur 7.5. Verdiene er litt høyere enn ved innlagring på 39 m dyp. Forskjellene er størst øst for utslippspunktet i Klavfjorden.



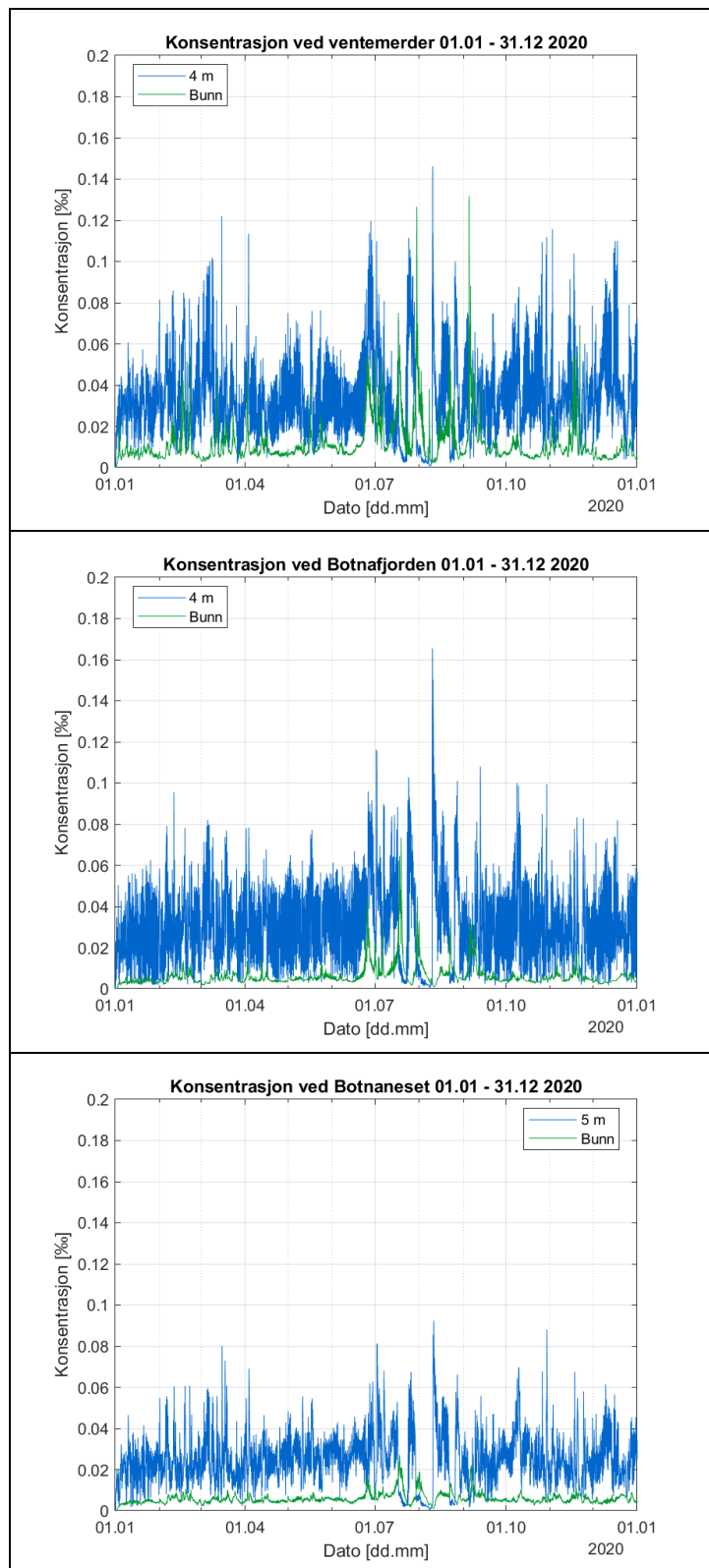
Figur 7.4 Maksimal (venstre) og gjennomsnittlig (høyre) konsentrasjon registrert langs bunn i januar (øverst) og i august (nederst). Utslippspunkt vist med rød prikk og inntakspunkt vist med grønn prikk. Konsentrasjoner av avløpsvann er vist med fargeskala fra 0 ‰ til 0.1 ‰. Merk at dette bare viser maksimalt spredningspotensial, og er ikke er realistisk situasjon.



Figur 7.5 Maksimal (venstre) og gjennomsnittlig (høyre) konsentrasjon registrert i overflaten i januar (øverst) og i august (nederst). Utslippspunkt vist med rød prikk og inntakspunkt vist med grønn prikk. Konsentrasjoner av avløpsvann er vist med fargeskala fra 0 ‰ til 0.1 ‰. Merk at dette bare viser maksimalt spredningspotensial, og er ikke er realistisk situasjon.

### 7.1.3 Konsentrasjon av utslippsvann ved utvalgte posisjoner

I Figur 7.6 er konsentrasjonen av utslippsvann gjennom simuleringsperioden, i posisjonene ved ventemerder, midt i Botnafjorden og ved lokaliteten Botneset vist.



Figur 7.6 Konsentrasjon av utslippsvann fra posisjon A2 ved 4 m dyp og bunnen for de tre utvalgte posisjonene.

## 8. Vedlegg – Resultater fra strømmodellering

### 8.1 Strøm ved ventemerder

Strømresultatene fra modelleringen er hentet ved posisjon for ventemerder, markert med gult kryss i Figur 2.2. Resultatene fra strømmodelleringen er vist i Tabell 8.1, Figur 8.1 og Figur 8.2.

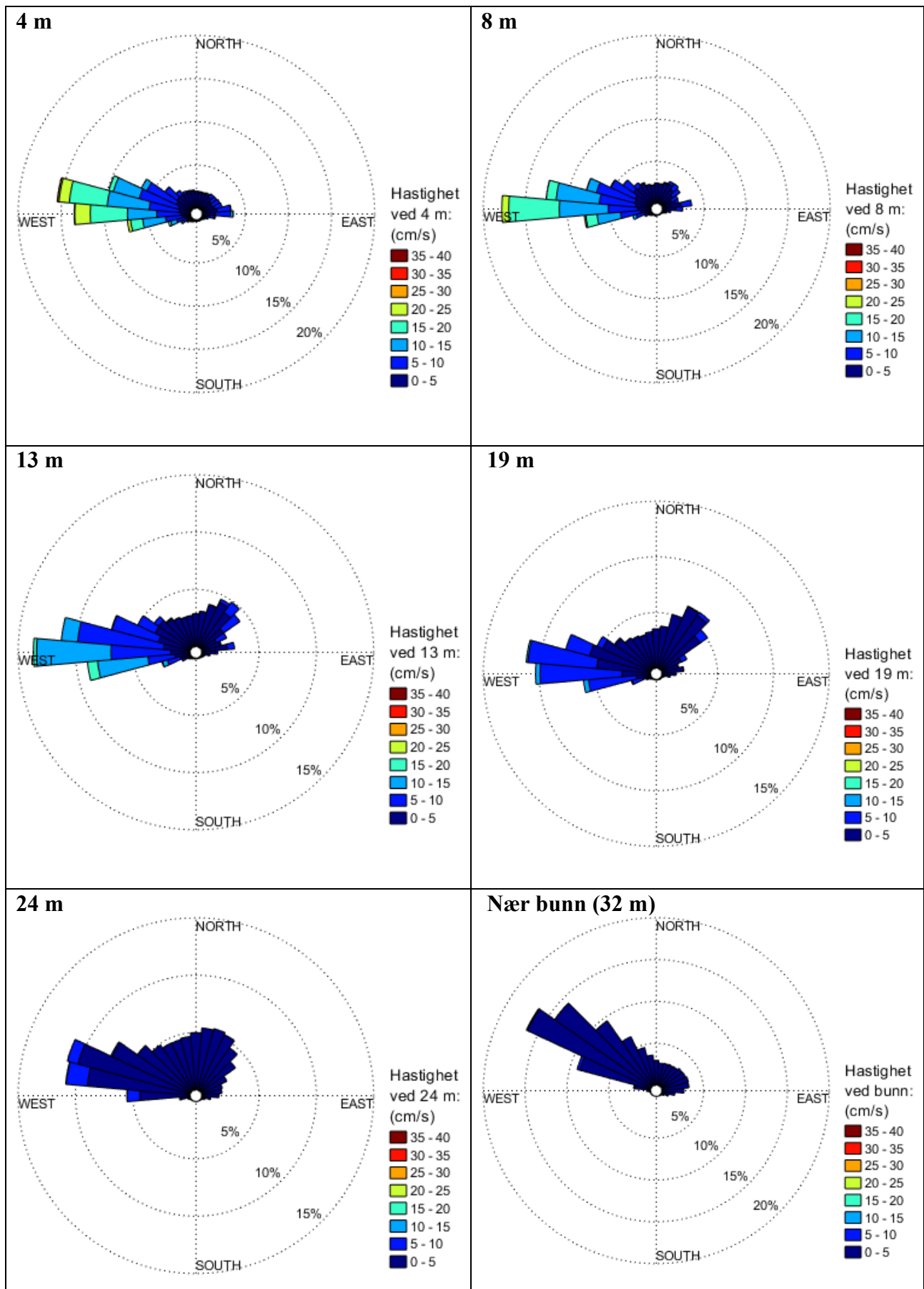
Tabell 8.1 viser verdier for strøm på seks ulike dyp, basert på strømmen i perioden 01.01.2020 til 01.01.2021. Strømmen er sterkest ved 4 m og blir gradvis svakere nedover i vannlagene. Strømmen er svakest langs bunnen. Den dominerende strømretningen (transportretningen) er mot V nærmest overflaten dreierende mot NV nærmere bunnen.

Tabell 8.1 Strømresultater fra simuleringer ved anlegget for perioden 01.01.2020 - 01.01.2021. Verdier fra punkt utenfor inntak, markert med gult kryss i Figur 2.2.

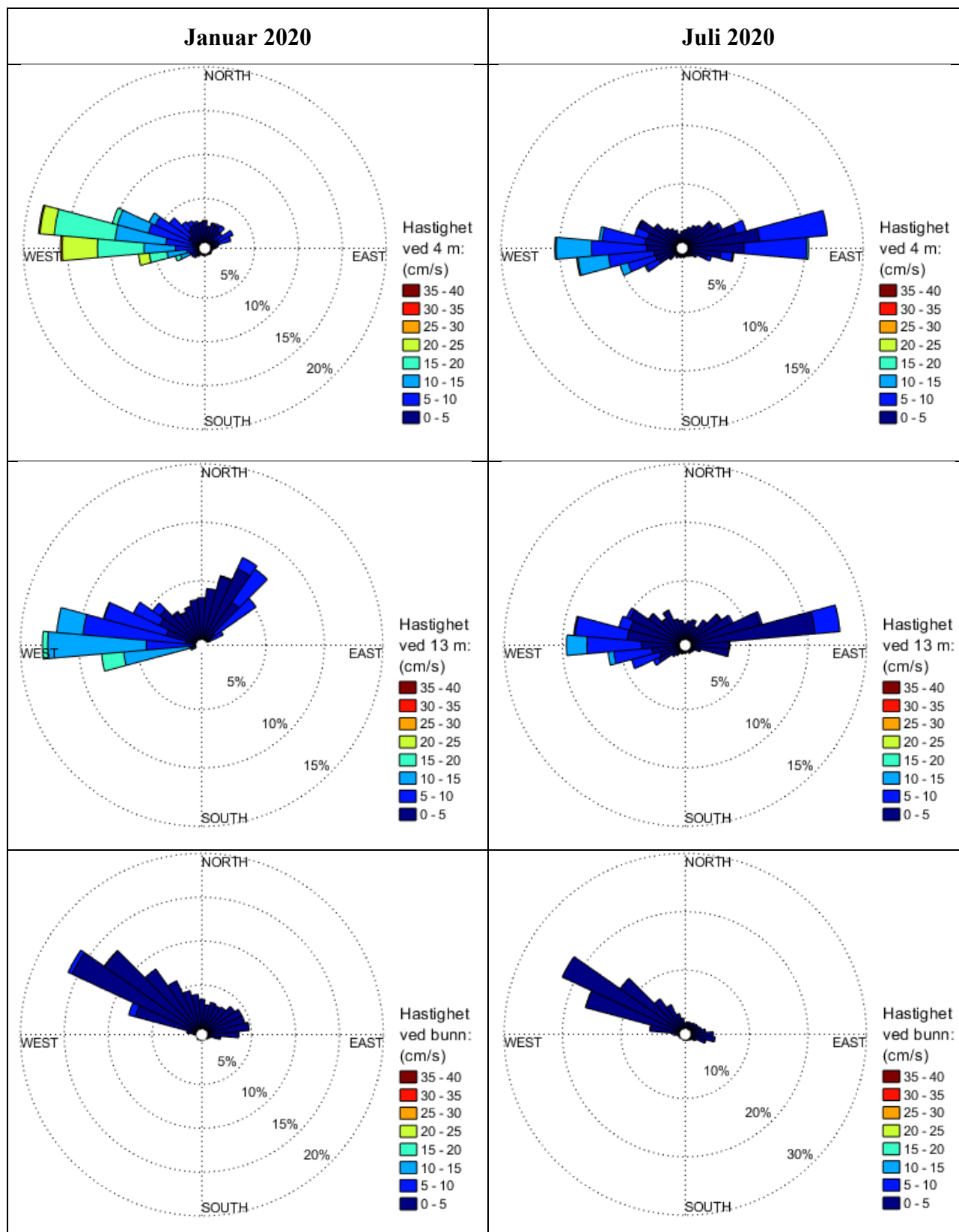
Dyp (m):	4 m	8 m	13 m	19 m	24 m	Bunn
Gjennomsnitt [cm/s]	8.1	7.1	5.5	3.9	2.5	1.6
Sign. maks [cm/s]	14.9	13.0	9.7	6.4	3.9	2.7
Sign. min [cm/s]	2.9	2.6	2.4	1.9	1.4	0.7
Std. Avvik [cm/s]	5.6	4.9	3.5	2.1	1.3	1.0
% < 1 cm/s	2.0	2.8	3.3	3.7	6.6	28.2
Transportstrøm	5.7	5.0	3.5	2.3	1.6	1.1
Transportretning	284°	285°	292°	307°	321°	322°

I Figur 8.1 er strømroser for den modellerte strømhastigheten gjennom hele modellingsperioden vist ved de seks utvalgte dypene. Det er sterkest strøm mot vest ved alle dyp. Fra 13 m dyp ned til 24 m er det betydelig strøm mot nordøst.

Strømmen varierer gjennom simuleringperioden. Hastigheten i overflaten har størst variabilitet av alle dyp som følge av varierende ferskvannstilsig og vindmønster. En sammenligning mellom modellert strøm for januar og juli 2020, ved 4 m, 13 m og nær bunnen, viser at både styrke og retning kan variere betydelig mellom de ulike tidsperiodene (Figur 8.2). Slike endringer gjennom året illustrerer dynamikken langs kysten, og modellering gjennom hele produksjonsperioden fanger opp den påvirkningen på spredningen.



Figur 8.1 Strømroser fra simuleringer for perioden 01.01.20 – 01.01.21. Posisjonen ved ventemerder utenfor anlegget markert med gult kryss i Figur 2.2.



Figur 8.2: Sammenligning av simulert strømshastighet ved anlegget ved 4m, 13 m og 32 m (nær bunnen) for januar (venstre kolonne) og juli (høyre kolonne). Posisjonen er markert med gult kryss i Figur 2.2.

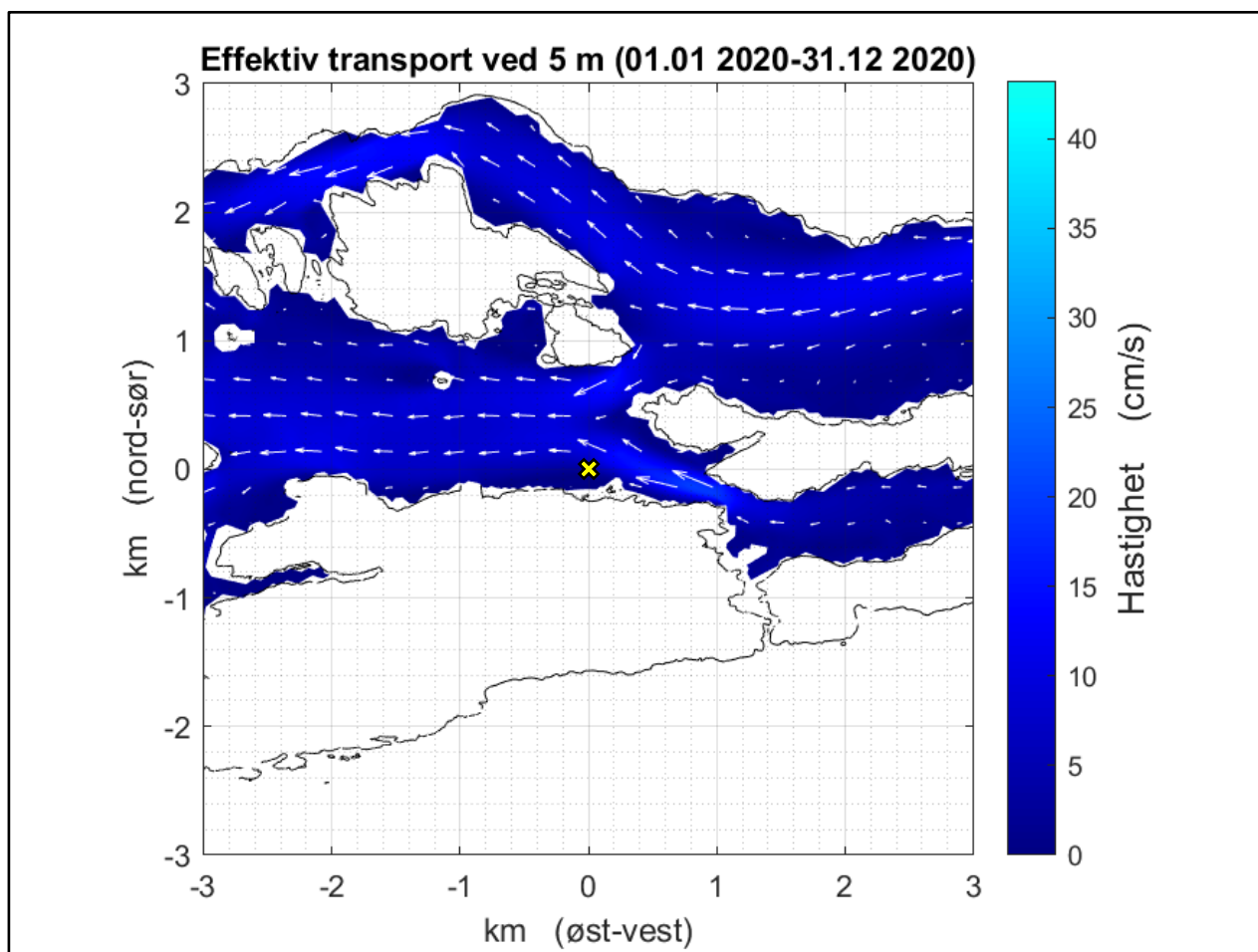



## 8.2 Simulert strøm i området rundt lokaliteten

Det er registrert strøm i hele det modellerte område for hver 3. time i simuleringsperioden. Ut fra dette er den effektive transporthastigheten beregnet.

### 8.2.1 Effektiv transporthastighet ved 5m

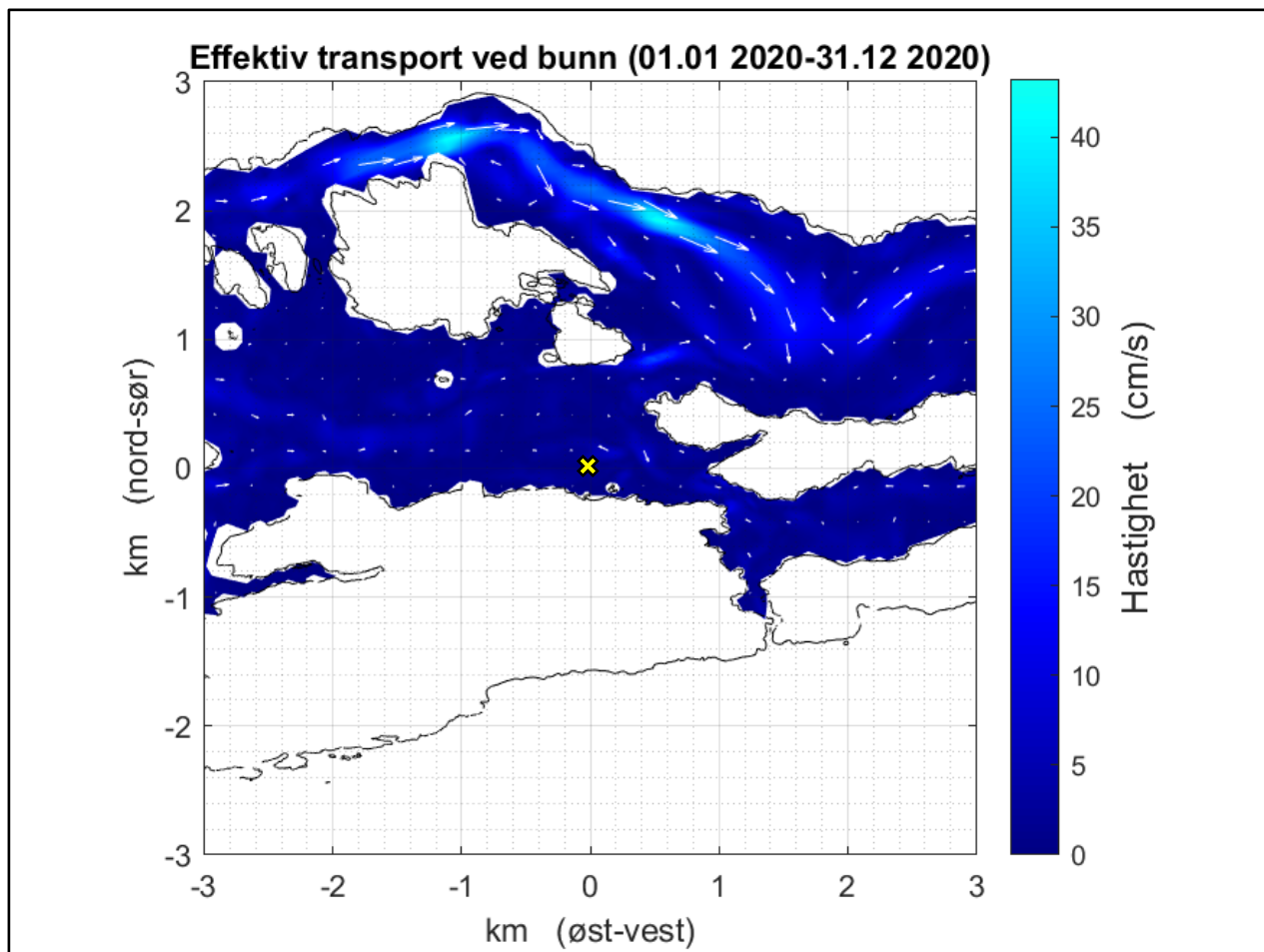
I Figur 8.3 er effektiv transporthastighet vist ved 5m. Det gule krysset viser posisjon for ventemerder. Ved ventemerdene ble den effektive transporthastigheten beregnet fra 10-minuttsverdier av strøm ved 4 m dyp til 5.7 cm/s med retning NV (Tabell 8.1). Figur 8.3 viser at transportstrøm er betydelig og har retning ut fjorden ved overflaten. Dette skyldes store mengder ferskvann som tilføres fjorden som transporteres ut fjorden.



Figur 8.3 Effektiv transporthastighet av vann ved 5m dyp. Posisjon for ventemerder er markert med .

### 8.2.2 Effektiv transporthastighet langs bunn

Figur 8.4 viser den effektive transporthastigheten langs bunnen. Transporthastigheten er liten langs bunnen i området utenfor anlegget. Ved ventemerdene ble den effektive transporthastigheten langs bunnen beregnet til 1.1 cm/s mot NV (Tabell 8.1). Simuleringene viser transporthastigheten langs bunnen er sterk inn fjorden i områder der fjorden har terskler.



Figur 8.4 Effektiv transporthastighet langs bunn. Posisjon for ventemerder er vist med ✕.

### 8.3 Strømresultater sammenlignet med målinger

Det er utført strømmålinger ved lokaliteten (Åkerblå 2021) i tidsrommet 27.05.21 - 26.08.21 ved 5 m og 15 m dyp i posisjon angitt med ✘ i Figur 2.2, og 15.07.21 - 26.08.21 ved 44 m og 87 m dyp i posisjonen angitt med ✘ i samme figur. Målingene sammenlignes med modellert strøm ved tilsvarende dyp (4 m, 15 m, 44 m og 89 m) i samme tidsperiode (Tabell 8.2).

Det er samsvar i styrken på målt og modellert strøm gjennom sammenligningsperiodene. I målingene er det noe sterkere strøm enn det er i simuleringene ved tilsvarende dyp unntatt ved bunndyp, der strømmen i modelleringene er noe sterkere. Generelt er modellen vurdert til å ha en realistisk fremstilling av strømmen ved anlegget.

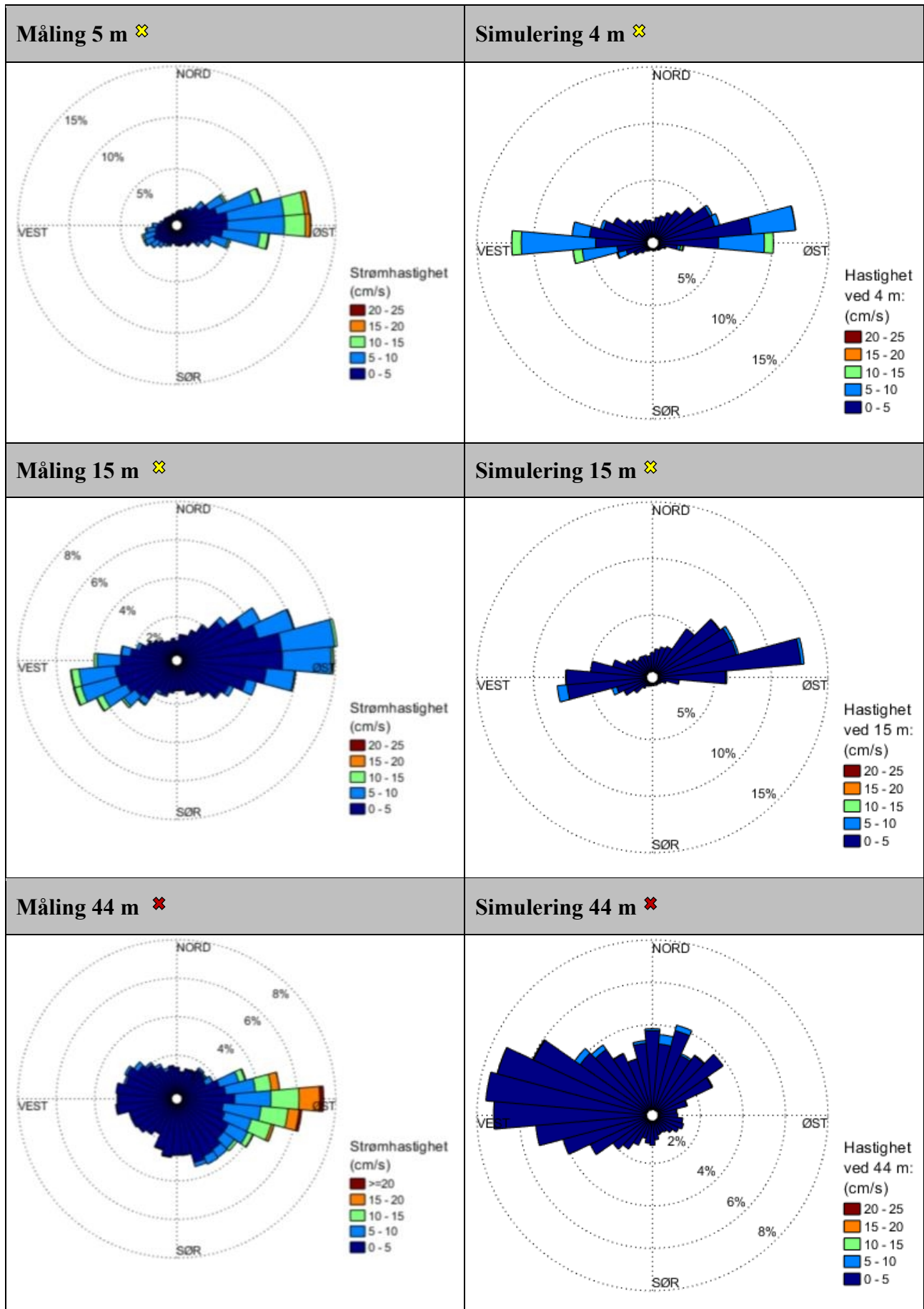
Strømroser fra modellen og målingene er vist i Figur 8.5. Modellen fanger opp de dominerende strømretningene ved lokaliteten, langs en akse Ø-V for de to øverste dypene. For de to største dypene er strømretningene mer variabel både i målinger og simuleringer. Ved 44 m er det dominerende strøm mot Ø i målinger mens i simuleringer er det dominerende strømmen mot V og N. Nærmest bunn har målingene ingen dominerende retning, men de sterkeste strømmene opptrer mot Ø. I simuleringene varierer strømmen langs en akse NV-SØ det meste av tiden. De sterkeste strømmene er også her mot Ø.

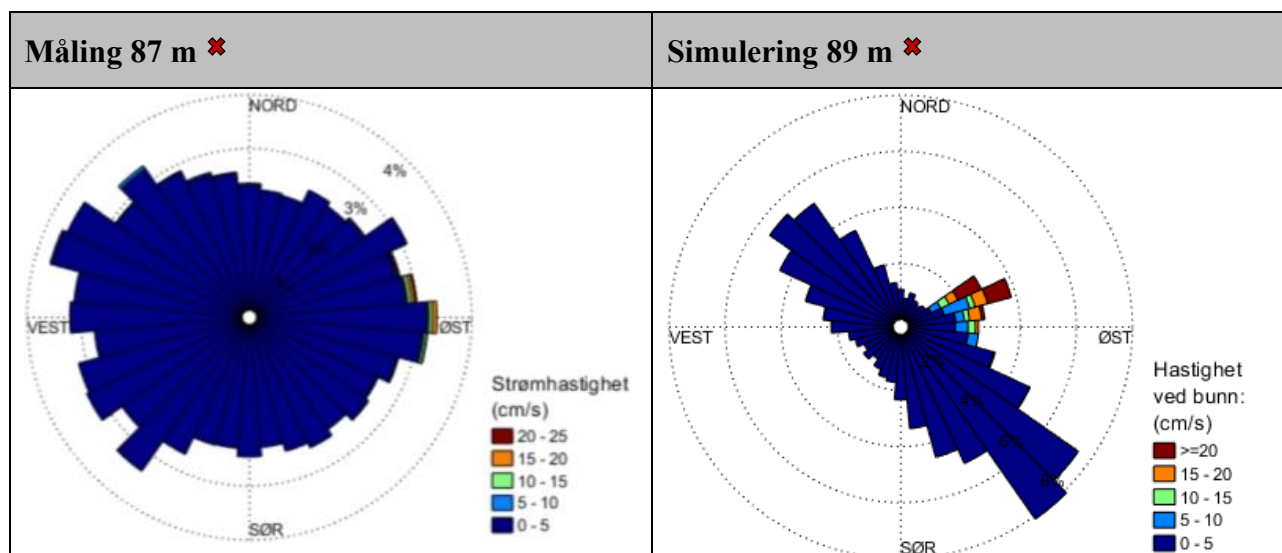
Grunner til avvik mellom målinger og modellresultater:

- Simuleringene har en maksimal oppløsning på 25 m x 25 m og det kan være variasjoner i strømmen innenfor denne skalaen som strømmodellen ikke fanger opp. Også i tid er det variasjon i både strømhastighet og retning, og det er ikke forventet at en modell stemmer eksakt både i tid og rom.
- Kompliserte bunnforhold: Størst avvik kan forventes å opptre i måleposisjoner som er nært land, hvor det er relativt komplisert batymetri. Lokaliteten ligger i et område med varierende dybde og mange holmer og skjær/etc. En slik bunntopografi vil i tillegg føre med seg variasjoner i strøm over ganske korte avstander, noe som gjør det viktig å vurdere strømmen over et område og ikke bare i et punkt.

Tabell 8.2: Strømverdier fra 5 (4), 15 (15), 40 (44) og 87 (89) m dyp fra målepunkt (røde og gule kryss i Figur 2.2), med målte verdier i kolonnene til venstre (Åkerblå AS 2021) og modellresultat til høyre.

Dyp	Målinger				Simuleringer			
	5 m	15 m	44 m	87 m	4 m	15 m	44 m	89 m
Gjennomsnitt (cm/s)	4.9	3.6	3.8	1.3	3.7	2.2	2.0	2.5
Signifikant maks (cm/s)	8.6	6.3	7.7	2.3	6.7	3.7	3.3	5.7
Signifikant min (cm/s)	1.8	1.4	1.2	0.5	1.3	0.9	0.8	0.6
Standardavvik (cm/s)	3.3	2.4	3.7	1.2	2.6	1.2	1.2	4.1
% < 1 cm/s	5.1	8.7	11.7	44.4	9.1	18.0	21.7	36.0
% > 30 cm/s	0	0	0	0	0	0	0	0





Figur 8.5: Strømroser fra målinger utført av Åkerblå (2020) ved 5 m og 15 m i posisjon markert med ✕ i Figur 2.2 og ved 40 m og 60 m dyp i posisjon vist med ✕ i Figur 2.2. Målingene som er vist i venstre kolonne ved 5 m og 15 m er sammenlignet med strømroser fra simulering i høyre kolonne ved tilsvarende dyp og posisjon.

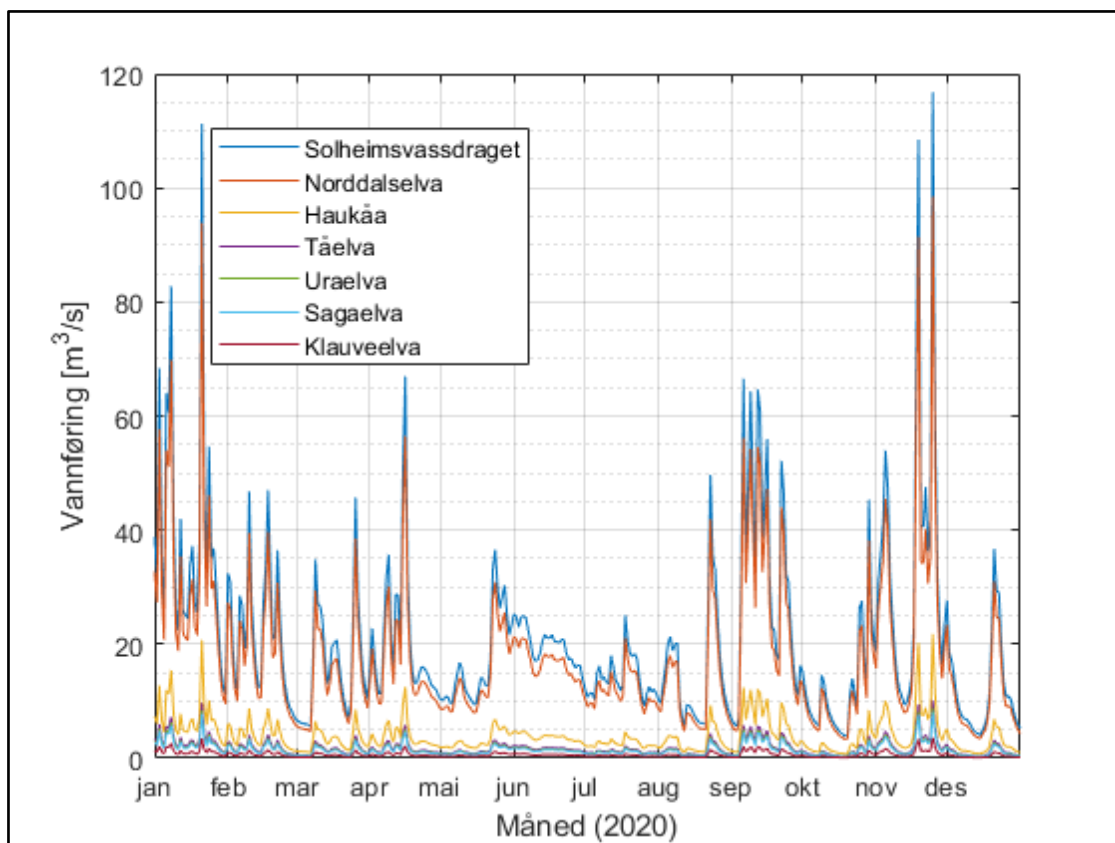
## 9. Vedlegg – Ferskvannstilsig

Vassdrag som tilfører ferskvann til det modellerte området, er vist i Figur 9.1.

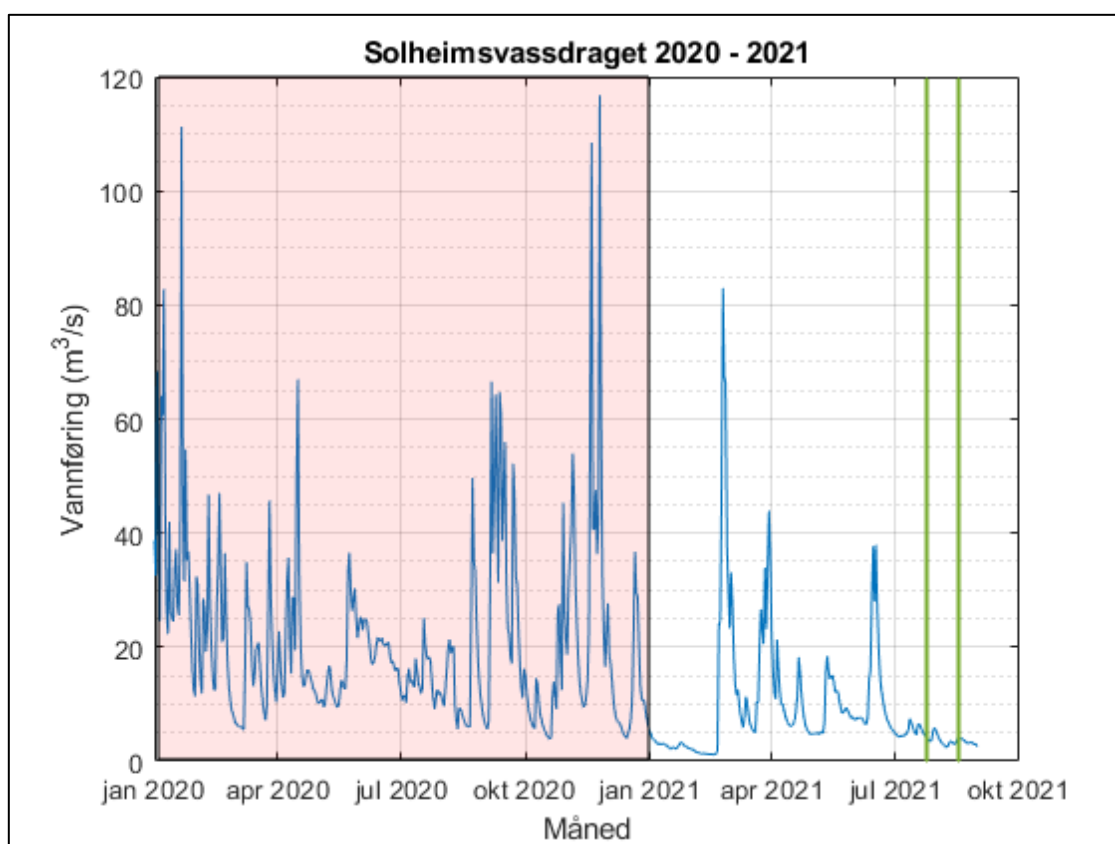
Figur 9.2 viser ferskvannstilsiget fra alle vassdragene som er inkludert i modellen i løpet av den modellerte perioden. Solheimsvassdraget og Norddalselva er de to vassdragene som har størst bidrag. Figur 9.3 viser ferskvannstilsiget fra Solheimsvassdraget også for 2021 fram til og med perioden da det er foretatt strømmålinger. Det er registrert saltholdighetsprofiler ved lokaliteten 15.07 og 26.08 2021. Disse tidspunktene er vist med grønne linjer. Figuren viser at det har vært lite ferskvannstilg i disse forut for disse tidspunktene. Salinitetsmålingene er derfor forventet å reflektere en situasjon med minimal sjikting i fjorden.



Figur 9.1 Oversikt over vassdrag som bidrar med ferskvann i modellen. Lokaliteten er anvist med ✕  
Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy, med kartdatum: WGS84.



Figur 9.2 Ferskvannførsel for vassdragene som er inkludert i modellen.



Figur 9.3 Vannføring i Solheimsvassdraget. Den simulerte perioden fra januar - desember 2020 er skravert rødt. Tidspunkt for registrerte salinitetsprofiler er vist med grønne linjer (15.07 og 26.08 2021)

## 10. Vedlegg – Havnivå

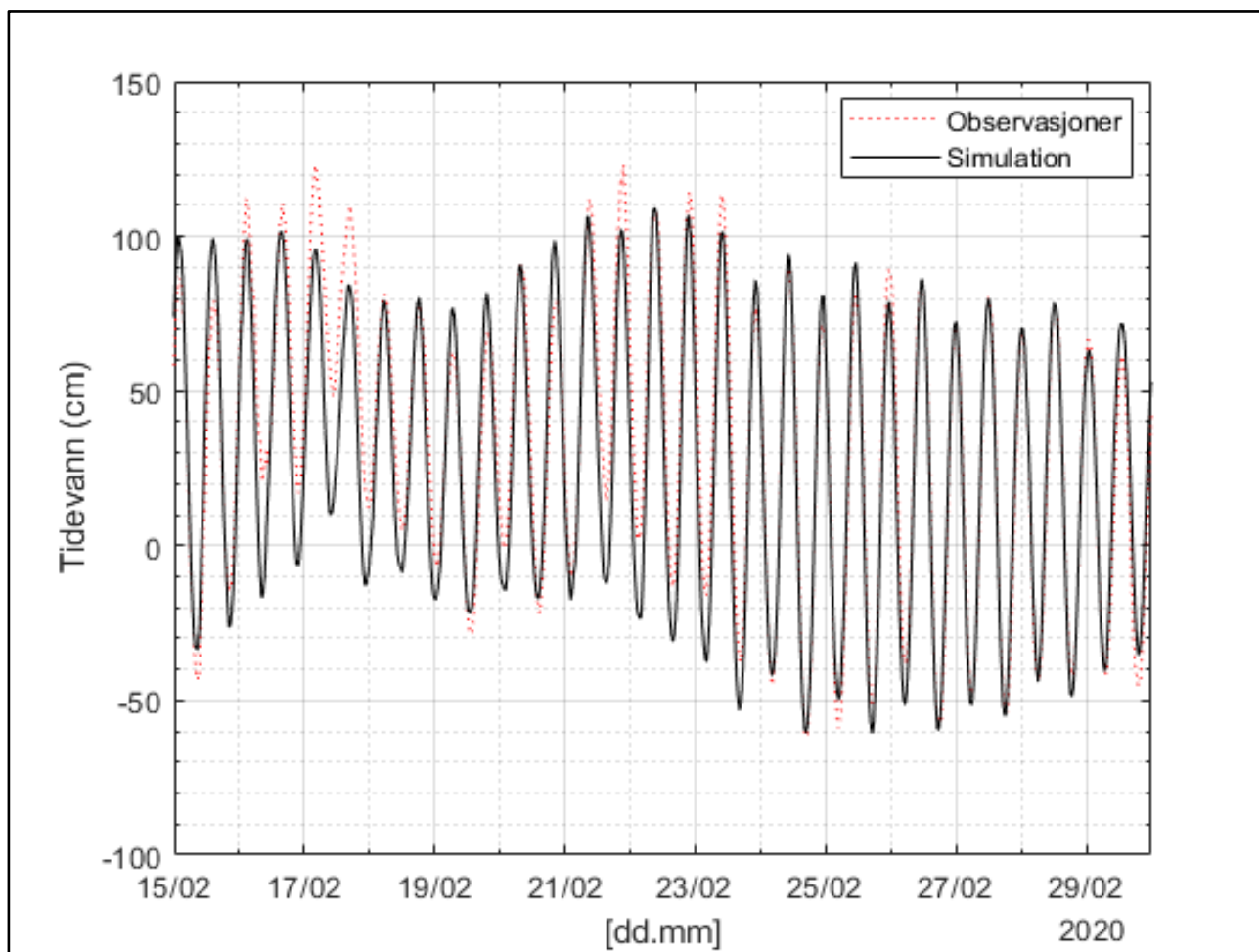
Strømmen i simuleringene blir blant annet drevet av havnivå og en sammenligning med observasjoner er med på å evaluere modellytelsen. Kartverkets nærmeste observasjonspunkt ligger i Måløy, 36 km nord for lokaliteten (Figur 10.1). På grunn av avstanden er det gjort en korreksjon for forskjeller i havnivå, og for Botnastranda er det observerte tidevannet justert med en høydekorreksjonsfaktor på 0.94 og forskjøvet med -5 minutter.

Et utsnitt av tidsserien for modellert tidevann er sammenlignet med observerte verdier i Figur 10.2. Det er ingen signifikant tidsforskjell mellom simuleringer og observasjoner. Forskjellen mellom observert og simulert vannstand for hele simuleringsperioden er beregnet til å være 2 %, der modellen i gjennomsnitt underestimerer tidevannsutslaget. Det er ikke ventet at denne forskjellen har signifikant betydning for strøm- og spredningsmodelleringen for lokaliteten.



Figur 10.1 Oversiktskart fra Botnastranda og nordover. Punkt for vannstandsmåling markert  og lokaliteten er vist med . Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.





Figur 10.2 Havnivå ved lokaliteten i perioden 15.02.2020 – 01.03.2020. Svart linje er resultatene fra modellering med Delft3D-FLOW. Rød stiplet linje er tidevannsobservasjoner.

## 11. Vedlegg – Usikkerhetsvurdering

---

### 11.1 Primærfortynning og innlagring

Usikkerheter i resultater fra modellering kommer fra usikkerhet i inngangsdata til modellene og fra modellene selv. Modellresultatene blir sjekket opp mot havnivå for verifisering og kalibrering, og vurdert hvorvidt de er egnet til videre bruk eller ikke.

Primærfortynning og innlagring avhenger sterkt av saltholdigheten i resipienten. Saltholdigheten kan variere avhengig av ferskvannstilsig og nedbør. Målingene som er tatt i forbindelse med strømmålinger er tatt i en periode med lite ferskvannstilsig. Likevel er det betydelig sjikting i vannsøylen. Beregninger av innlagring er foretatt med konstant strøm på hhv. 1 cm/s og 10 cm/s. Beregningene viser at innlagring vil skje på dyp større enn 20 m for begge alternativene som er vurdert.

### 11.2 Inngangsdata for strømmodell

Usikkerhetsmomenter i inngangsdata kommer fra:

- Værdata
- Randbetingelser i havnivå, strøm, ferskvannsdata, salinitet og temperatur
- Bunndata

Usikkerhetene er fanget opp ved å modellere strømforholdene i et stort område rundt utslippspunktet med en høyere oppløsning i nærheten av utslippspunkt. Initialverdier for både hav og atmosfære er interpolert fra et gitter med lavere oppløsning, noe som vil føre med seg usikkerhet.

### 11.3 Strømmodell

Det kan være variasjon innenfor rutenett som ikke er fanget opp av modellen. 3D-modellen har en maksimal oppløsning på omtrent 25 m × 25 m horisontalt i 15 dybdevarierende lag. Havstrømmen kan være mer kompleks enn det som fanges opp med denne oppløsningen. Modellen har størst oppløsning nær overflaten der den fanger opp en detaljert sjikting i vannlagene. Nær bunnen er det grovere oppløsning. Dette kan påvirke resultatene i områder med komplisert og varierende bunntopografi.

### 11.4 Smittespredning

Det er stor usikkerhet mht. dødeligheten på virus. Det er vanlig å anta at konsentrasjonen av smittsomt virus avtar eksponentielt og bruke halveringstid for å representere tiden det tar før mengden aktivt virus er halvert. Det er kjent at dødeligheten øker med økende temperatur. Ved høye temperaturer over 10°C reduseres halveringstiden på smittepartikler og risikoen for smitte avtar. I modelleringene er det brukt en konstant halveringstid på konsentrasjon som er representativ ved 4°C. I så måte er modelleringene konservative og mengden aktive viruspartikler i utslippsvannet kan forventes å avta fortere enn konsentrasjonen som er vist i beregningene.

## Vedlegg - Referanser

---

- 1 Albretsen, J., Sperrevik, A.K., Staalstrøm, A., Sandvik, A.D., Vikebø, F., Asplin, L. (2011). *NorKyst-800 Report No. 1 User Manual and technical descriptions*. Bergen: Fisker og Havet, Havforskningsinstituttet.
- 2 Bannister, R.J., I.A. Johnsen, P.K. Hansen, T. Kutti, og L. Asplin. 2016. «Near- and far-field dispersal modelling of organic waste from Atlantic salmon aquaculture in fjord systems. » *ICES Journal of Marine Science* 2408-2419.
- 3 Delft3D-FLOW. (2018). *Delft3D Open Source Community*. Hentet fra: [https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/Delft3D-FLOW\\_User\\_Manual.pdf](https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/Delft3D-FLOW_User_Manual.pdf)
- 4 Deltares. (2018). Hentet fra Deltares: <https://www.deltares.nl/en/software/delft3d-4-suite/>
- 5 Frick, W. E., Roberts, P., Davis, L., Keyes, J., Baumgartner, D., & George, K. (2003). *Dilution Models for Effluent Discharges 4th Edition (Visual Plumes)*. U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia.
- 6 Graham DA, Staples C, Wilson CJ, Jewhurst H, Cherry K, Gordon A and Rowley HM. (2007) *Biophysical properties of salmonid alphaviruses: influence of temperature and pH on virus survival*. *Journal of Fish Diseases*, 30, pp 533-543.
- 7 Kartverket. (2021). *Se havnivå*. Hentet fra Kartverket: <https://kartverket.no/sehavniva/>
- 8 Lesser, G. P., Roelvink, J. A., van Kester, J., & Stelling, G. S. (2004). *Development and validation of a three-dimensional morphodynamic model*. *Coastal Engineering*, 51, 833-915.
- 9 MetCoOp *Ensemble Prediction System*. (2021). Hentet fra: <http://thredds.met.no/thredds/metno.html>
- 10 Meteorologisk Institutt, Havforskningsinstituttet (2021). *ROMS NorKyst800m coastal ocean fields*. Hentet fra: <http://thredds.met.no/thredds/fou-hi/norkyst800m.html>
- 11 Norges vassdrags- og energidirektorat. (2020). NVE Atlas. Hentet fra <https://atlas.nve.no/>
- 12 Ranneklev, S. V., Molvær, J., & Tjomsland, T. (2013). Veileder for fastsetting av innblandingssoner. (M-46/2013), s. 28.
- 13 Åkerblå AS. (2021). *Måling av overflate-(5m) dimensjonerings- (15m), sprednings- og bunnstrøm ved Botnastranda i mai-august 2021*. Åkerblå AS-rapport: SR-0921-SL-Botnastranda-103007-01-001.pdf, 68 sider.