

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Oversikt - Strømmålinger .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Strømmålinger – Hommelvikbukta Øst og Hommelvikbukta Vest .....</b>	<b>7</b>
2.1	Gjennomsnitts- og maksimalstrøm Hommelvikbukta Øst .....	7
2.2	Gjennomsnitts- og maksimalstrøm Hommelvikbukta Vest.....	8
2.3	Vannutskiftning.....	10
2.3.1	Hommelvikbukta Øst .....	10
2.3.2	Hommelvikbukta Vest.....	11
<b>3</b>	<b>Tidevann, vind og andre faktorer som kan påvirke strømforholdene .....</b>	<b>12</b>
3.1	Tidevannsanalyse.....	12
3.1.1	Tidevann Hommelvikbukta Øst.....	12
3.1.2	Tidevann Hommelvikbukta Vest .....	14
3.2	Generelt angående tidevannet i Hommelvikbukta i måleperioden.....	15
3.3	Sammenheng mellom vind og strøm.....	16
3.4	Andre forhold som kan ha en innvirkning på strømforholdene.....	19
<b>4</b>	<b>Turbiditet .....</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>Sammendrag .....</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>23</b>
Appendiks A	Måling og kvalitetssikring.....	24
Appendiks B	Pinne- og rosedigram .....	27
Appendiks C	Tidsserier.....	29
6.1	Hommelvikbukta Øst .....	29
6.2	Hommelvikbukta Vest.....	35
Appendiks D	Fjernet data.....	41
6.3	Hommelvikbukta Øst .....	41
6.4	Hommelvikbukta Vest.....	41
Appendiks E	Instrumentspesifikasjoner.....	42
6.5	Hommelvikbukta Øst .....	42
6.6	Hommelvikbukta Vest.....	42
Appendiks F	Kalibrering.....	43
6.7	Aquadopp Profiler AQD 13696 (Hommelvikbukta Øst) .....	43
6.8	Aquadopp Profiler AQD 12923 (Hommelvikbukta Vest).....	43

## 1 Oversikt - Strømmålinger

Strøm- og turbiditetsmålinger ble foretatt i to punkt, Hommelvikbukta Øst og Hommelvikbukta Vest, i perioden 06.12.2017 - 20.12.2017.

Tabell 1 sammenfatter den viktigste bakgrunnsinformasjonen for målingene:

- **Plassering av måler:** Figur 1 viser hvor måleriggene var plassert. Målingene er utført i forbindelse med vurdering av tiltak for å hindre spredning av forurensning fra kreosotholdige sedimenter.
- **Måledybder:** Det ble satt ut doppler profilmålere ved bunn, på henholdsvis 31 m og 20 m dybde i Hommelvikbukta vest og Hommelvikbukta Øst, med hensikt å måle hele vannsøyla.
- **Målingsutstyr:** Målerne ble forankret fra bunn og opp. Beskrivelse av riggene og instrumentene er gitt i Appendiks A.
- **Kvalitetsvurdering av målte data:** Datasettene ble kvalitetssikret i henhold til anbefalingene fra instrumentenes produsent. En nærmere beskrivelse av denne prosessen finnes i Appendiks A.
- **Målingens varighet:** Det ble målt i underkant av 14 dager. Tidsserien er dermed ikke tilstrekkelig lang til at en harmonisk analyse vil kunne anslå alle de viktigste tidevannskomponentene, men gir en god indikasjon på strømforholdene og tidevannsbidraget på de aktuelle stedene.

**Tabell 1:** Generell informasjon om strømmålingen utført ved Hommelvikbukta Vest og Hommelvikbukta Øst

	Hommelvikbukta Vest	Hommelvikbukta Øst
Posisjon	63°25.291 N 10°47.582 Ø	63°25.257 N 10°48.049 Ø
Ca. dybde på målestedet	32 m	21 m
Måleperiode	06-Des-2017 12:00:00 til 20-Des-2017 11:10:00	06-Des-2017 12:00:00 til 20-Des-2017 11:20:00
Varighet	13 dager, 23 timer, 10 minutter	13 dager, 23 timer, 20 minutter
Antall målinger	2012	2013
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigeret for misvisning)	Mot magnetisk nord (ikke korrigeret for misvisning)
Målertype - strøm	Doppler profilmåler (Nortek Aquadopp profiler, Serienummer 12923), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 8 til 26 m dybde, cellestørrelse 3 m. I tillegg til z-celle som måler på instrumentdyp (31 m)	Doppler profilmåler (Nortek Aquadopp profiler, Serienummer 13696), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 5 til 17 m dybde, cellestørrelse 2 m
Målertype - turbiditet	Campbell Scientific OBS 3+ Turbiditetssensor (Serienummer: T 9001)	Campbell Scientific OBS 3+ Turbiditetssensor (Serienummer: T 8533)
Type måling - 19 m dybde	Burst (måling i 100 sekunder)	Burst (måling i 120 sekunder)
Frekvens	Hvert 10. minutt	Hvert 10. minutt



**Figur 1:** Oversiktskart over Trondheimsfjorden (over), med Hommelvikbukta nede til høyre. Kartutsnittet under er zoomet inn på Hommelvikbukta, med plassering av de to måleposisjonene anmerket som henholdsvis Vest og Øst.

## 2 Strømmålinger – Hommelvikbukta Øst og Hommelvikbukta Vest

Formålet med strømmålingene er å kvantifisere strømhastighet og -retning ved forskjellige dyp.

Dette kapittelet er en oppsummering av de viktigste statistiske egenskapene for strømmen ved valgte dyp i de to målepunktene, Hommelvikbukta Øst og Hommelvikbukta Vest. For Hommelvikbukta Øst er tidsserier fra 5 m, 11 m og 17 m dybde presentert i detalj. For Hommelvikbukta Vest er dybdene 8 m, 21 m og 31 m beskrevet. For flere detaljer henvises det til:

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

### 2.1 Gjennomsnitts- og maksimalstrøm Hommelvikbukta Øst

Figur 2 viser et 3D-diagram av horisontal strømhastighet over tid for hele dypet (venstre panel) samt minimum, middel- og maksimalstrøm ved forskjellige dybder (høyre panel). Tabell 2 viser maksimalstrøm i 8 retningssektorer for forskjellig dybde. Retningssektorene er sentrert rundt 0°, 45°, 90° osv.

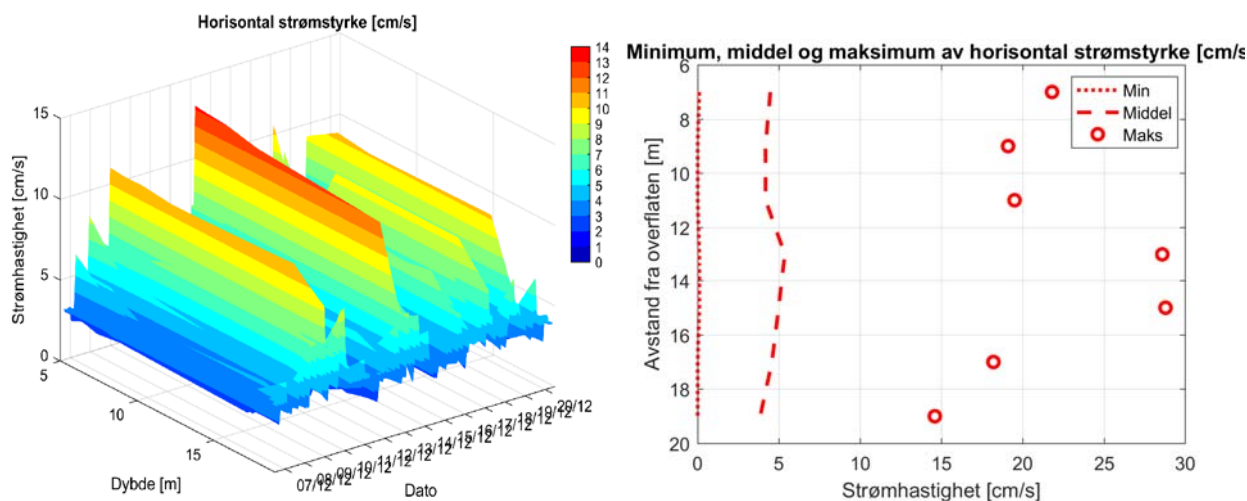
Figur 3 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder.

For alle registrerte dyp er strømmen hovedsakelig rettet mot nord-nordvest eller sør-sørøst. Strømmen ved 13 m og 15 m dybde skiller seg fra strømmen forøvrig i vannsøyla. Ved disse to dypene er det målt høyere vertikal-hastigheter, samt et mer uregelmessig strømmønster enn resten av vannsøyla. Det er også ved 13 m og 15 m de sterkeste horisontale hastighetene er målt, høyeste strømhastighet ble målt ved 13 m dybde, og var 29 cm/s rettet mot nord. Det er usikkert om disse målingene er reelle, eller om de er et resultat av målefeil knyttet til refleksjon i fra rigg. Målingene presentert nedenfor indikerer imidlertid lagdeling med et hastighetskjær mellom øvre og nedre del av vannsøyla, noe som kan ha induisert turbulens i grenselaget og videre kan ha skapt strømforholdene på 13 m og 15 m dybde. Vi mangler imidlertid profiler av tetthet på vannsøyla, og det er dermed vanskelig å avgjøre grad av lagdeling, og hvor i vannsøyla grenselaget befinner seg. Vi har derfor valgt å utelate målingene ved 13 m og 15 m i den videre analysen. Maksimal strøm var dermed 22 cm/s, målt ved 7 m dybde og rettet mot nord. Maksimalstrøm ved alle dyp var rettet mot nord.

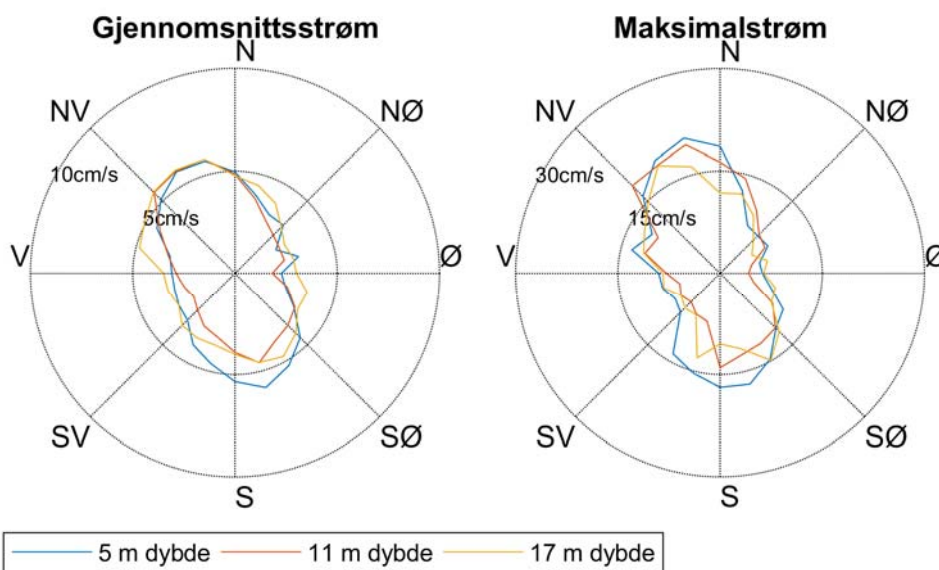
**Tabell 2:** Maksimal horisontal strøm [cm/s] og tilsvarende retning i 8 sektorer

	Retning (mot)								
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	Alle retninger
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
Dybde	Maksimal horisontal strøm [cm/s]								
5 m	21	8	8	15	17	14	13	19	21 (338°)
11 m	20	11	5	12	14	7	11	18	20 (352°)
17 m	16	10	8	15	13	7	12	18	18 (333°)





Figur 2: 3D-diagram av horisontal strømstyrke over tid for de øverste 19 m (data er lavpassfiltrert, dvs. maksimumverdier er lavere enn 10 minutters maksimumverdier) og minimal, middel og maksimal horisontal strøm ved alle målte dybder



Figur 3: Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger (15 graders sektorer) og dybder

## 2.2 Gjennomsnitts- og maksimalstrøm Hommelvikbukta Vest

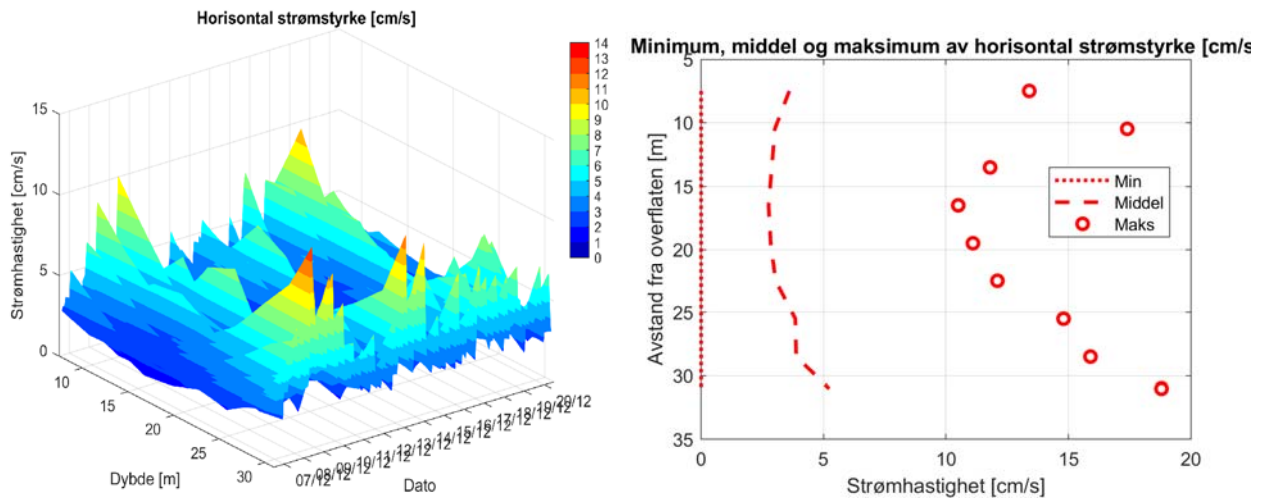
Figur 4 viser et 3D-diagram av horisontal strømhastighet over tid for de øverste 31 m (venstre panel) samt minimum, middel- og maksimalstrøm ved forskjellige dybder (høyre panel). Tabell 3 viser maksimalstrøm i 8 retningssektorer for forskjellig dybde. Retningssektorene er sentrert rundt 0°, 45°, 90° osv.

Figur 5 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for 8 m, 20 m og 31 m dybde.

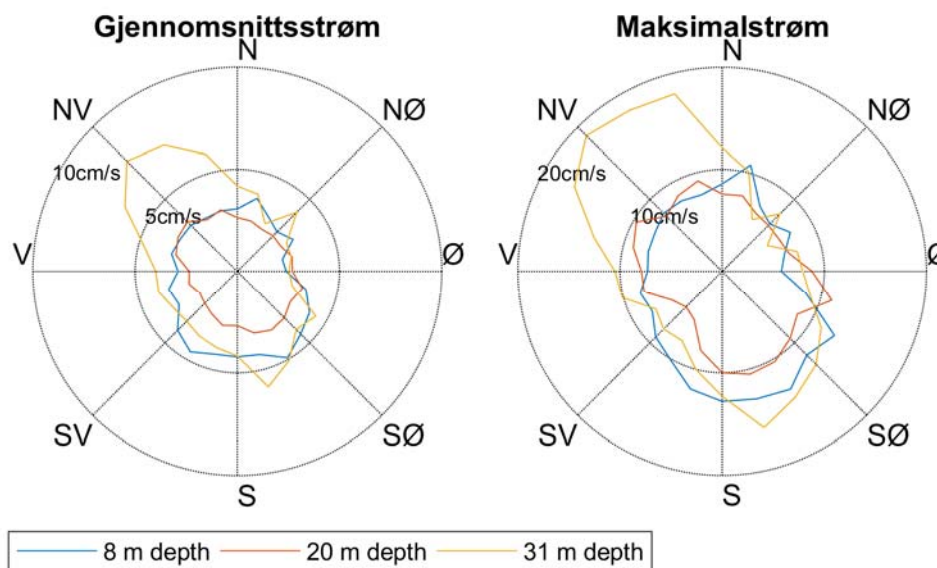
Maksimalstrømmen for Hommelvikbukta Vest ble målt ved 31 m dybde og var 19 cm/s mot nordvest. I hele vannsøyla veksler strømmen i hovedsak mellom nordvest og sørøst. Med unntak av nederste målte dyp (31 m), ble maksimal strømhastighet målt mot sørøst.

**Tabell 3:** Maksimal horisontal strøm [cm/s] og tilsvarende retning i 8 sektorer

Dybde	Retning (mot)								Alle retninger
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
8 m	11	8	9	13	13	10	8	8	13 (153°)
20 m	9	7	11	10	11	6	9	10	11 (105°)
31 m	18	8	9	14	16	8	13	19	19 (313°)



**Figur 4:** 3D-diagram av horisontal strømstyrke over tid for de øverste 30 m (data er lavpassfiltrert, dvs. maksimumverdier er lavere enn 10 minutters maksimumverdier) og minimal, middel og maksimal horisontal strøm ved alle målte dybder



**Figur 5:** Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger (15 graders sektorer) og dybder

## 2.3 Vannutskiftning

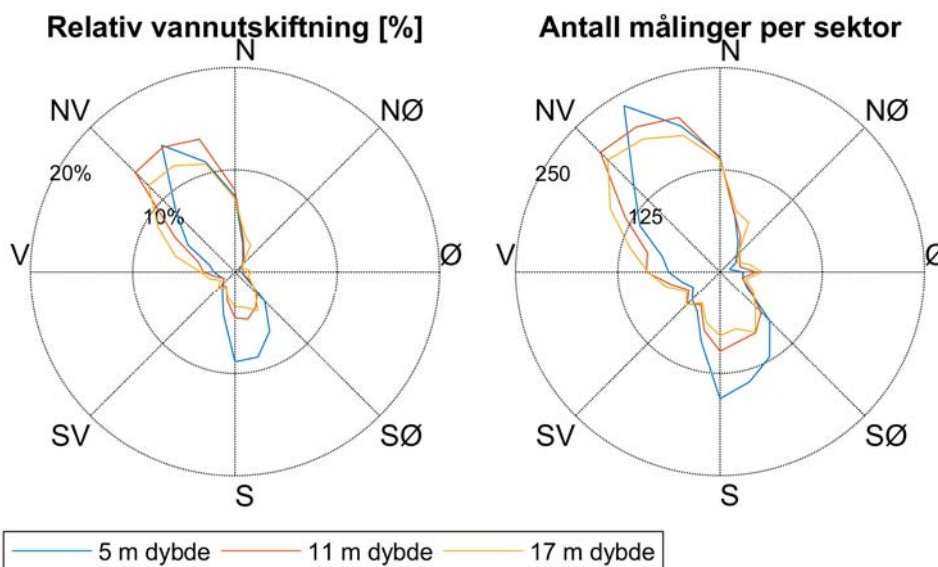
Vannutskiftningen er definert som vannfluksen, som er mengden av vann som transporteres gjennom en kvadratmeters flate i løpet av måleperioden. Dette beregnes som strømhastighet ganger tiden den varer og oppgis i  $m^3/m^2$ . Vannutskiftningen kan oppgis per sektor, dvs. per retningsintervall. Vannutskiftningen i en sektor er den delen av vannfluksen hvor strømretningen er i et visst retningsintervall. Vannutskiftningen i 8 sektorer er gitt i Tabell 4 og Tabell 5 for henholdsvis Hommelvikbukta Øst og Hommelvikbukta Vest. Retningssektorene er sentrert rundt 0°, 45°, 90° osv. Figur 6 og Figur 7 viser relativ vannutskiftning og antall målinger i 15 graders sektorer for forskjellige dybder for henholdsvis Hommelvikbukta Øst og Hommelvikbukta Vest.

### 2.3.1 Hommelvikbukta Øst

Figur 6 illustrerer at ved alle dyp, men mest fremtredende nær overflata, så har vanntransport mot nord-nordvest vært høyere enn vanntransport rettet mot sør-sørøst. Med andre ord har netto vannfluks vært rettet mot nord-nordvest i alle registrerte dyp.

**Tabell 4:** Vannutskiftning [ $m^3/m^2$ ] i 8 sektorer. Den største vannutskiftningen for hvert dyp er uthevet.

	Retning (mot)								
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	Alle retninger
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
Dybde	Vannutskiftning [ $m^3/m^2$ ]								
5 m	12158	1765	1057	6910	12369	3041	3487	<b>15643</b>	56430
11 m	12436	1843	1301	4444	6218	2351	4357	<b>17455</b>	50405
17 m	11968	2660	2296	4985	5339	3141	6549	<b>17860</b>	54798



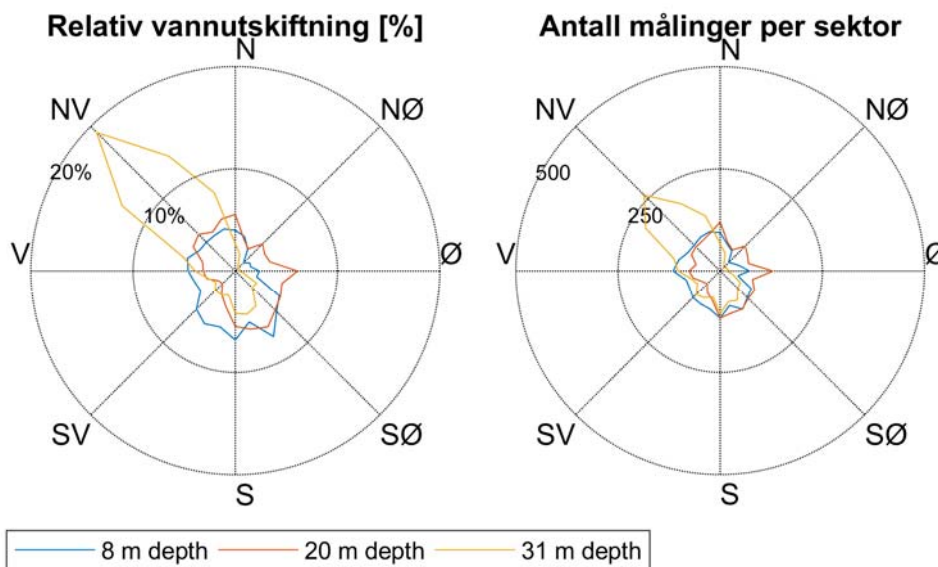
**Figur 6:** Relativ vannutskiftning og antall målinger per 15 graders sektor

### 2.3.2 Hommelvikbukta Vest

Tabell 5 og Figur 7 illustrerer at vanntransporten ved bunnen (31 m) hovedsakelig var rettet mot nordvest, mens det ved 20 m og 8 m var høyest transport mot sørøst. I de øvre vannlag var det imidlertid ikke noen markant forskjell i vanntransport i de forskjellige retninger.

**Tabell 5:** Vannutskiftning [ $m^3/m^2$ ] i 8 sektorer. Den største vannutskiftningen for hvert dyp er uthevet.

Dybde	Retning (mot)								Alle retninger
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
	Vannutskiftning [ $m^3/m^2$ ]								
8 m	5100	2229	2642	<b>7876</b>	7723	6642	5885	5237	43334
20 m	4817	3293	4909	<b>5827</b>	5180	2175	3202	4883	34286
31 m	7745	865	1105	5506	7014	4840	7515	<b>28213</b>	62801



**Figur 7:** Relativ vannutskiftning og antall målinger per 15 graders sektor

### 3 Tidevann, vind og andre faktorer som kan påvirke strømforholdene

#### 3.1 Tidevannsanalyse

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

halvdaglige (fra månen (M2) 12.42 timer og fra solen (S2) 12 timer), daglige (prinsipiell daglig månekomponent (O1) 25.82 timer) og komponenter med lengre perioder (spring-nippsyklus (MSF) 14.77 dager). Det er lokale forhold som avgjør hvilke komponenter som dominerer.

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

Tidevannsstrømmer følger en ellipse, dvs. at strømrretningen roterer og strømhastigheten når maksimumsverdien og minimumsverdien to ganger i løpet av tidevannsperioden.

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

Vektormidlet strøm er en gjennomsnittlig strøm som tar hensyn til strømrretningen. Hvis strømmen har vært 10 cm/s mot nord i en periode, og så 10 cm/s mot sør i like lang periode, så vil den vektormidlete strømmen være 0 cm/s, mens gjennomsnittsstrømmen ville være 10 cm/s. Tidevannsstrømmen som svinger fram og tilbake vil alltid ha 0 cm/s som vektormiddel.

##### 3.1.1 Tidevann Hommelvikbukta Øst

Resultatene fra tidevannsanalysen for Hommelvikbukta Øst er gitt i Figur 8 og Figur 9.

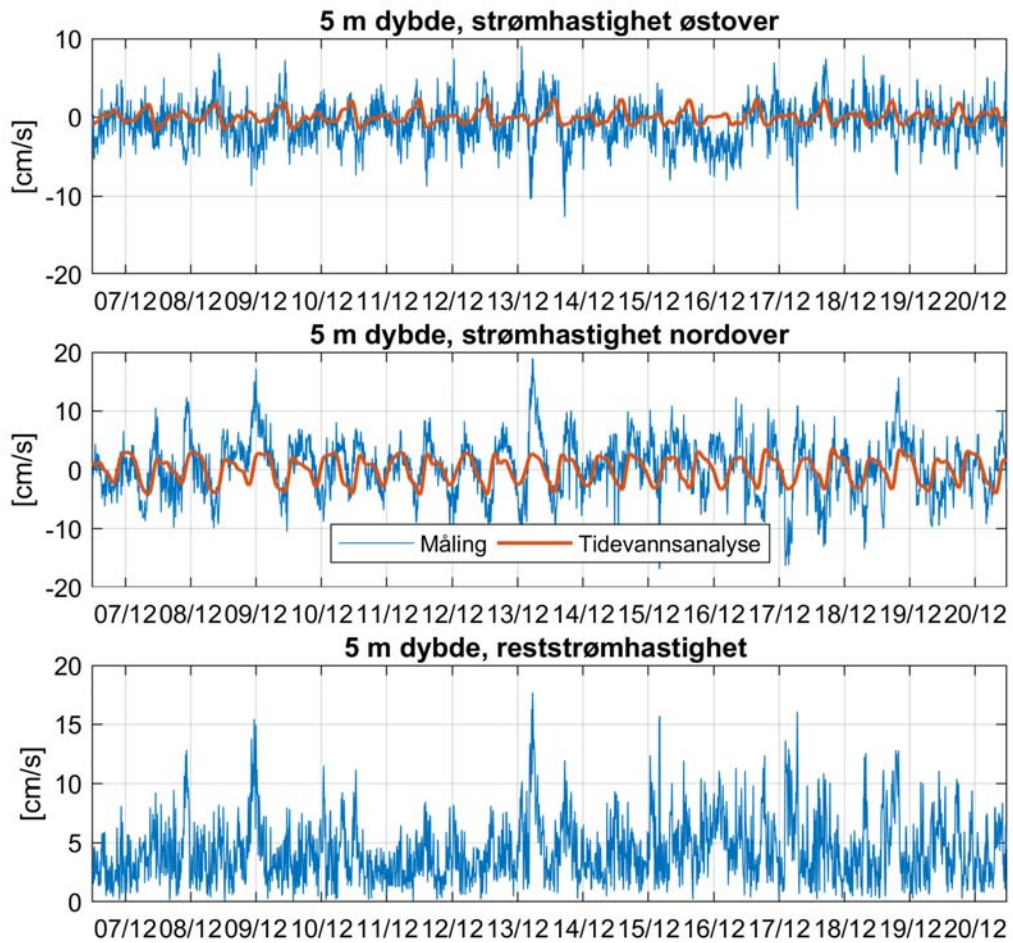
Figur 8 viser tidsserien av strømmen ved 5 m dybde sammen med det beregnede tidevannet fra tidevannsanalysen for den nordgående og østgående komponenten av strømmen samt reststrømmen.

Figur 9 viser tidevanssellipsene for de sterkeste tidevannskonstituentene av strømmen ved 5 m dybde. Hovedperiodene til tidevannssignalet ved 5 m dybde er 12.42 timer, 1.08 dager og 6.21 timer. Det er det halvdaglige tidevannet som er mest framtreddende, og figuren viser at tidevannsstrømmen svinger mellom nord-nordvest og sør-sørøst.

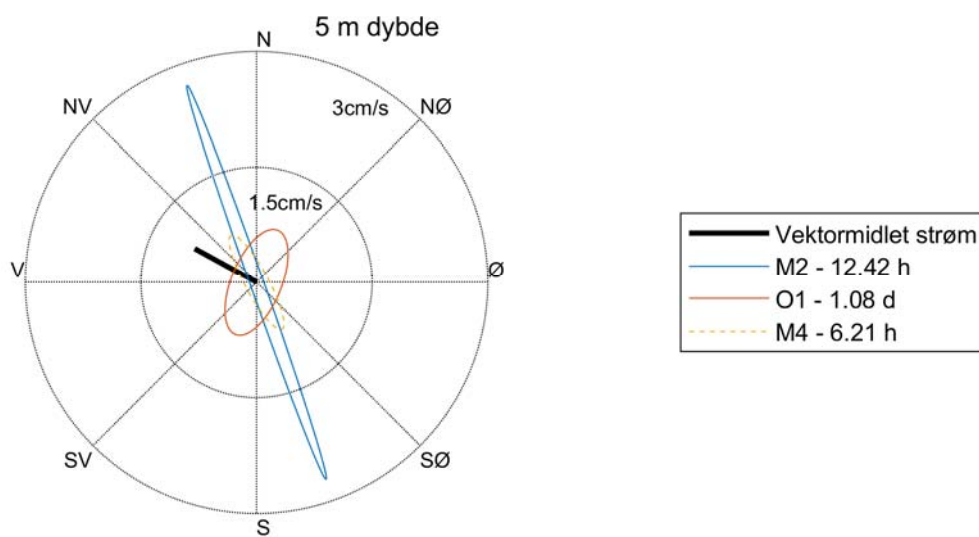
Den vektormidlete strømmen (sort strek i Figur 9) viser at netto vanntransport var mot nordvest ved Hommelvikbukta Øst ved 5 m dybde.

Tidevannsanalysen på strømmålingene fra Hommelvikbukta Øst anslår at tidevannet forklarer 17 % av variansen i datasettet ved 5 m dybde. Maksimal beregnet tidevannsstrøm ved 5 m dybde er 5 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 8 cm/s (signifikant maksimum), men har en maksimalverdi på 18 cm/s. Videre anslår tidevannsanalysen at tidevannet i de forskjellige dybdene forklarer mellom 7 og 17 % av variansen i datasettet.





Figur 8: Horisontal strømhastighet, 5 m dybde, med tidevannsanalyse



Figur 9: Tidevanssellipsene av strømmen ved 5 m dybde. M2, O1 og M4 refererer til tidevannskomponentene. Middelstrømmen er vektorbasert

### 3.1.2 Tidevann Hommelvikbukta Vest

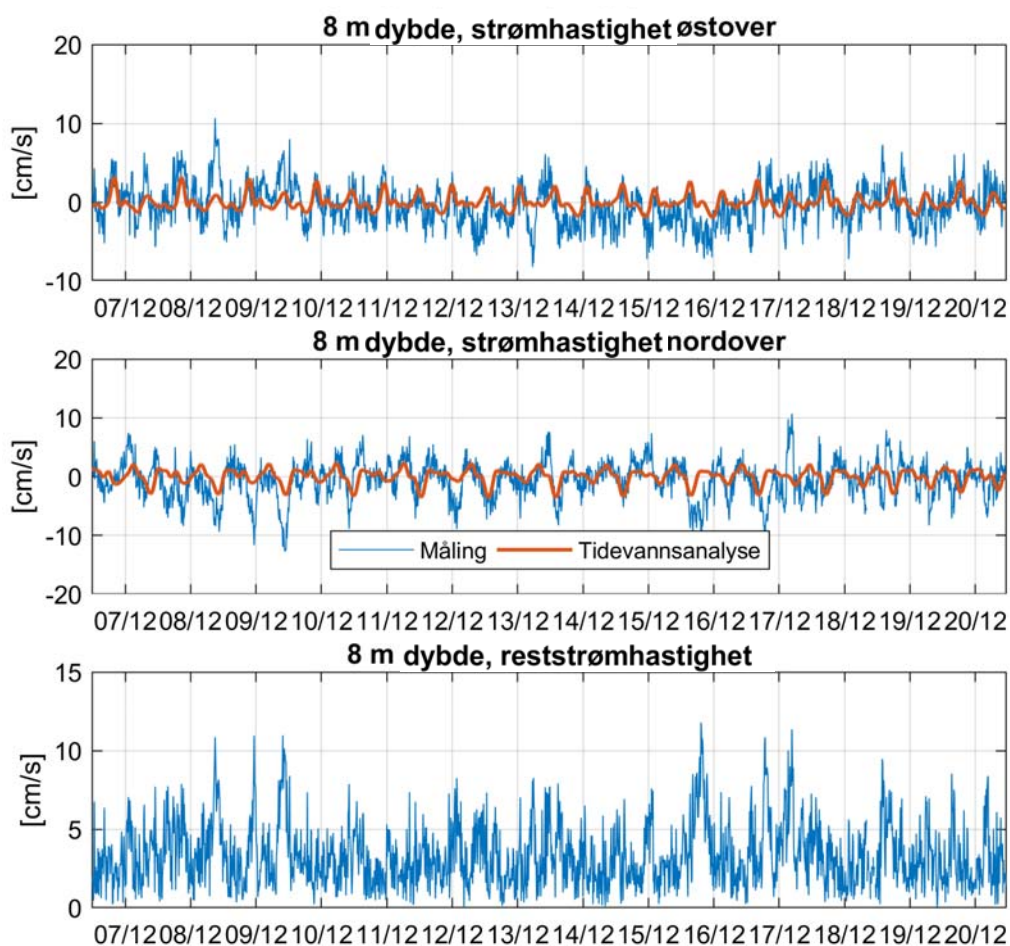
Resultatene fra tidevannsanalysen i Hommelvikbukta Vest er gitt i Figur 10 og Figur 11.

Figur 10 viser tidsserien av strømmen ved 8 m dybde sammen med beregnet tidevann fra tidevannsanalysen for den nordgående og østgående komponenten av strømmen samt reststrømmen.

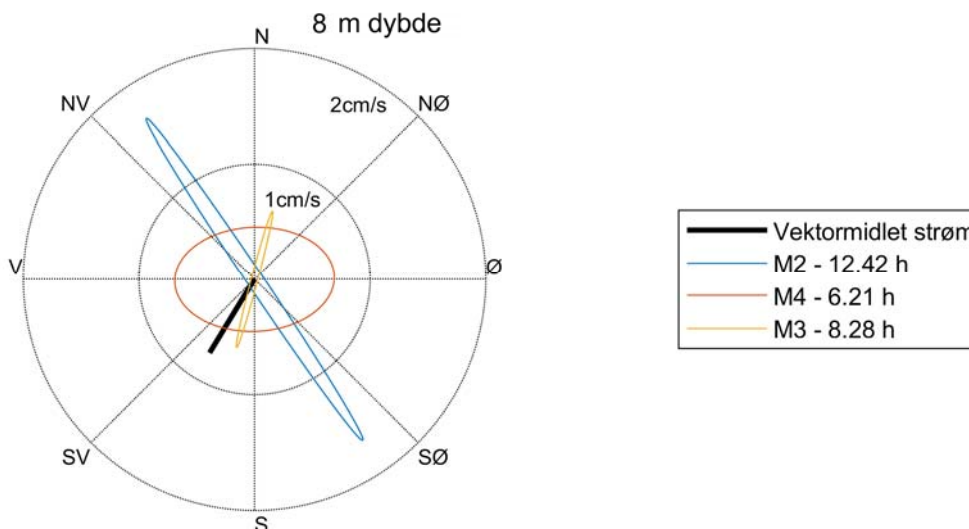
Figur 11 viser tidevannsellipsene for de sterkeste tidevannskonstituentene av strømmen ved 8 m dybde. Hovedperiodene til tidevannssignalet ved 8 m dybde er 12.42 timer, 6.21 timer og 8.28 timer.

Vektormidlet strøm er vist som en svart strek i Figur 11. Den vektormidlete strømmen viser at netto vanntransport var mot sørvest ved Hommelvikbukta Vest ved 8 m dybde.

Tidevannsanalysen på strømmålingene ved Hommelvikbukta Vest ved 8 m dybde anslår at tidevannet forklarer 15 % av variansen i datasettet. Maksimal beregnet tidevannsstrøm ved 8 m dybde er 4 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 6 cm/s (signifikant maksimum), men har en maksimalverdi på 12 cm/s. Tidevannsanalysen anslår at tidevannet i de forskjellige dybdene forklarer mellom 5 og 24 % av variansen i strømmålingene.



Figur 10: Horizontal strømhastighet, 8 m dybde, med beregnet tidevann (rødt) fra tidevannsanalysen

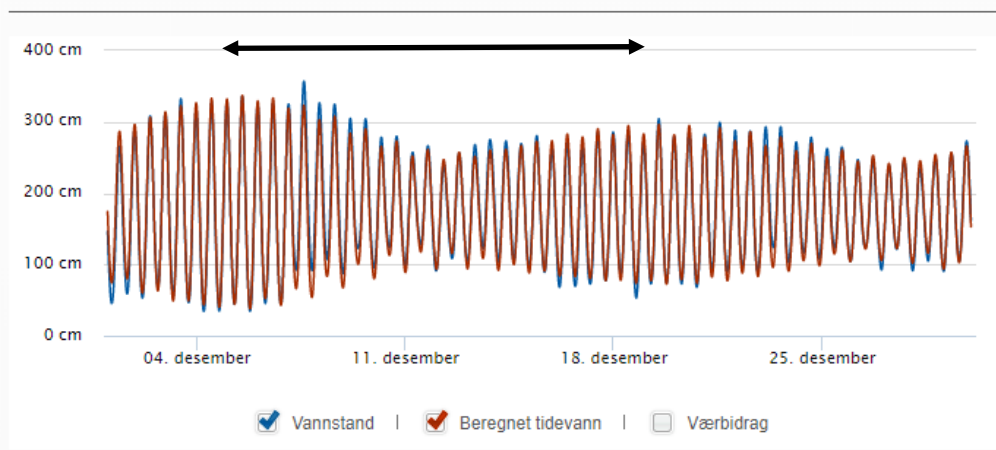


**Figur 11:** Tidevanssellipsene av strømmen ved 8 m dybde. M2, M4 og M3 refererer til tidevannskomponentene. Middelstrømmen er vektorbasert

### 3.2 Generelt angående tidevannet i Hommelvikbukta i måleperioden

På grunn av måleperiodens begrensede lengde er det ikke mulig å skille de mest avgjørende tidevannkomponentene (M2 og S2) fra hverandre. M2 i figurene over inneholder dermed antageligvis også energi fra S2. Videre er det slik at annenhver spring-flo generelt har høyere amplitude enn foregående. Målingene er i dette tilfellet gjort i en periode med høy amplitude rundt spring flo (se **Figur 12**), og vi kan derfor anta at tidevannets bidrag til strømbildet kommer tilstrekkelig til uttrykk i målingene.

1. desember - 29. desember 2017



Tabellene og grafen viser gjeldende tid i Norge og blir automatisk justert etter sommer- og vintertid.

**Figur 12** Utsnitt fra seahavnivå.no. som viser tidevannsvariasjon tiden rundt måleperioden, markert med sort pil.

Den harmoniske analysen for Hommelvikbukta Vest viser at tidevannsstrømmen er sterkest nært overflaten og nær bunn. Dette samsvarer også med målt maksimalstrøm for forskjellige dyp (Figur 4), hvor maksimalstrøm er lavest i midtre del av vannsøyla (17 m), mens det er registrert høyere hastigheter både over og under.

Både for Hommelvikbukta Vest og Hommelvikbukta Øst, avdekker den harmoniske analysen en faseforskyvning av tidevannet, mellom vannet nært overflaten og strømmen nærmere bunn, på omtrent 180 grader. Dette betyr at når tidevannsstrømmen i øvre del av vannsøylen er rettet mot sørøst, er tidevannsstrømmen i nedre del av vannsøylen rettet mot nordvest. Dette tyder på lagdelt vannmasse som muliggjør at strømmen til tider er motsatt rettet i de to vannlagene. Forskjellen i målt maksimal strøm samt beregnet tidevannsamplitude underbygger videre denne antagelsen. Slike forhold kan være forårsaket av indre bølger i grensesjiktet mellom de to vannmassene, noe som kan skape høye vertikalhastigheter og turbulens når bølgene bryter på skrånende bunn nærmere land. Dette er en effekt som sannsynligvis vil variere over året og avhenge av faktorer som ferskvannsavrenning (som bidrar til lagdeling) og miksing av vannsøylen (som reduserer lagdeling) som følge av for eksempel vind. Det er derfor vanskelig å konkludere angående tidevannets bidrag utover målte periode. I måleperioden er det imidlertid tydelig at tidevannet har spilt en viktig rolle for strømforholdene både for Hommelvikbukta Vest og Hommelvikbukta Øst.

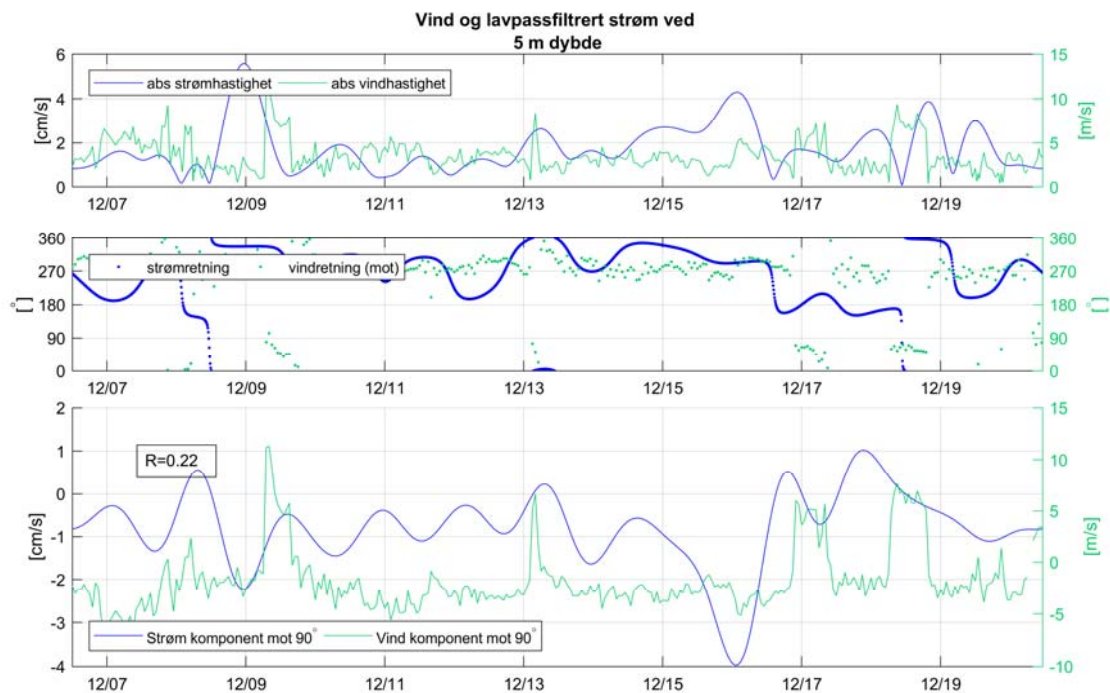
### 3.3 Sammenheng mellom vind og strøm

Sammenhengen mellom vind og strøm er også undersøkt. Det ble brukt vindmålinger fra Værnes målestasjon (eKlima) som ligger 7 km nordøst for Hommelvikbukta og anses som mest representativ for begge måleposisjonene. Verdierne er 10 minutters middelerverdier 10 meter over bakken. I løpet av måleperioden har vindstyrken stort sett vært lav (0-5 m/s), og rettet mot vest. Det er imidlertid tilfeller av sterkere vind, og da rettet mot øst. Disse periodene inntreffer henholdsvis 9.12, 13.12, 17.12 og 19.12. I disse perioden er vindstyrken målt til mellom 7 m/s -11 m/s.

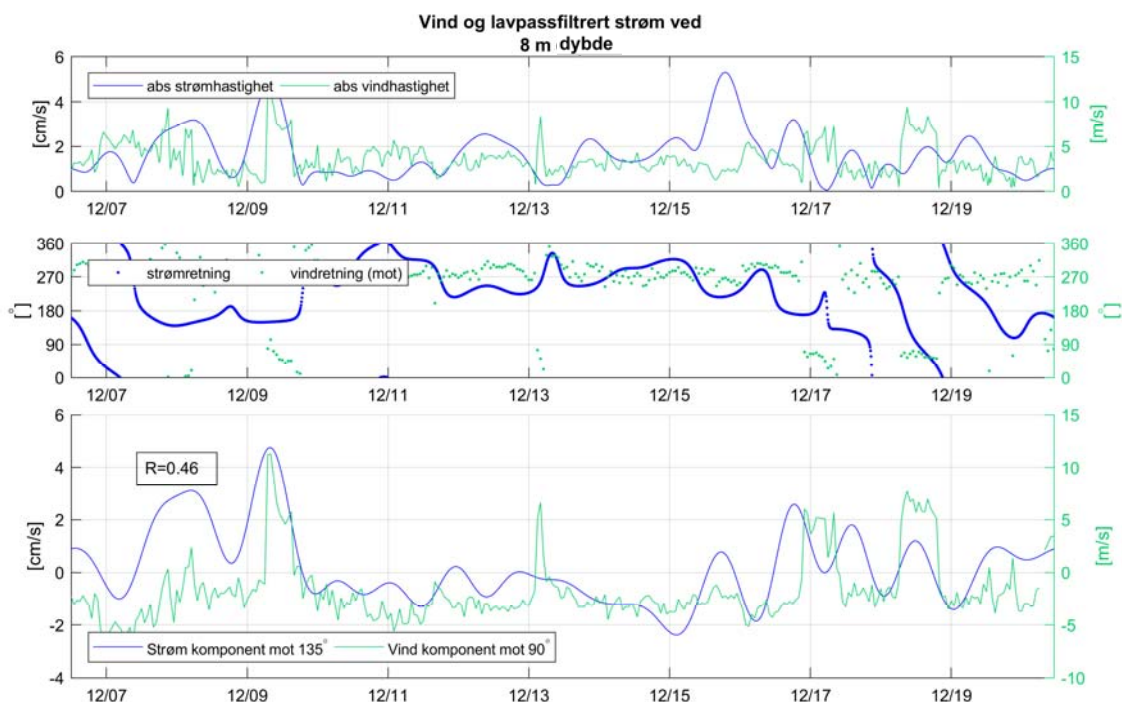
For å lettere kunne sammenligne strøm med vind, er strømmen lavpassfiltrert. Et Gauss lavpassfilter med cut-off frekvens på 1/25 time har blitt benyttet for å fjerne svingningene skapt av tidevannet. Lavpassfilter er benyttet til fordel for bruk av reststrømmen som ble beregnet i Kapittel 3. Dette er fordi reststrømproduktet fra tidevannsanalysen ikke alltid er fri for energi fra tidevannet. Figur 13 og 14 viser vindhastighet og vindretning, samt hastighet og retning på lavpassfiltrert strøm ved 5 m og 8 m dybde for henholdsvis Hommelvikbukta Øst og Hommelvikbukta Vest.

Korrelasjon mellom vind og lavpassfiltrert strøm i forskjellige lag av vannsøylen ble også undersøkt. Korrelasjonskoeffisienten ligger alltid mellom -1 og 1, der 0 betyr at det ikke er en sammenheng mellom de undersøkte tidsseriene. Korrelasjonskoeffisient på 1 betyr at det er en perfekt lineær sammenheng der begge variablene går opp og ned samtidig og -1 betyr at det er en perfekt lineær sammenheng der en variabel går opp når den andre går ned. Sterk korrelasjon (nært 1) betyr ikke at strømmen nødvendigvis skyldes vinden, men indikerer en samsvarende variasjon.

Det er blitt beregnet korrelasjon mellom vind og strøm dekomponert langs 8 himmelretninger, 0°, 30°, 60° osv. for å finne ut hvilke retninger av vind og strøm som viser størst samvariasjon. Dette er gjort for å fange opp virkning fra eventuelle topografiske effekter på vindens og strømmens retning.



**Figur 13:** For Hommelvikbukta Øst. De to øverste paneler viser vindretning og vindhastighet (grønn) samt retning og hastighet på lavpassfiltrert strøm (blå). Det nederste panelet viser hastighet på vind og lavpassfiltrert strøm dekomponert langs retninger som gir høyest korrelasjon mellom vind og strøm

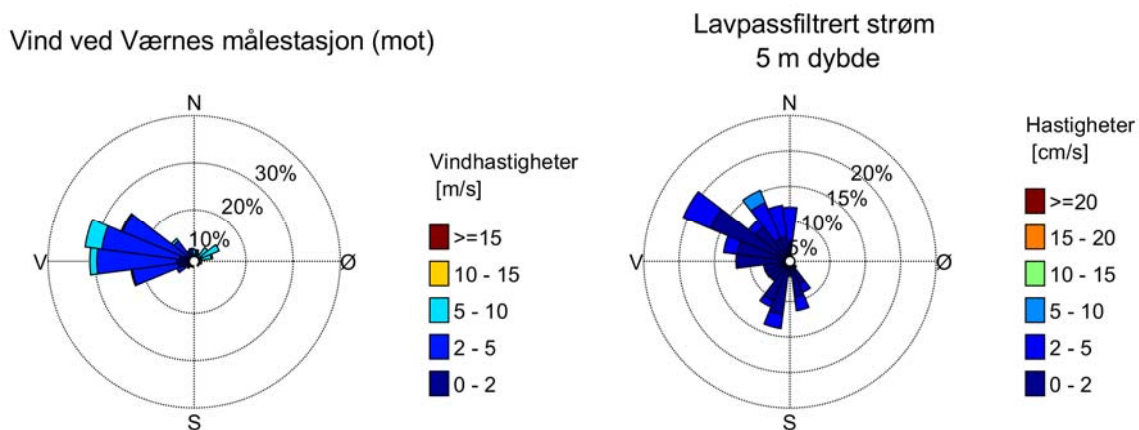


**Figur 14:** For Hommelvikbukta Vest. De to øverste paneler viser vindretning og vindhastighet (grønn) samt retning og hastighet på lavpassfiltrert strøm (blå). Det nederste panelet viser hastighet på vind og lavpassfiltrert strøm dekomponert langs retninger som gir høyest korrelasjon mellom vind og strøm

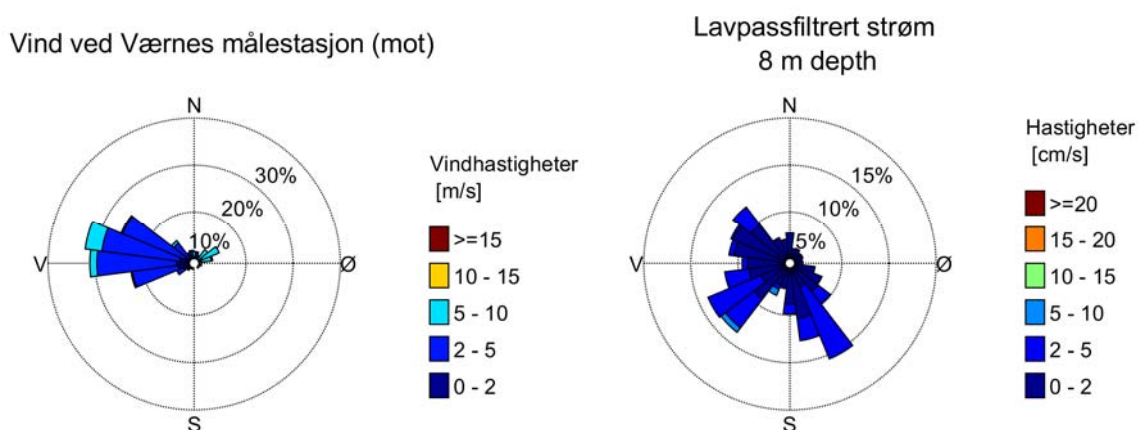


Fra øverste panel i Figur 14 ser vi økt strømhastighet ved 8 m dybde ved Hommelvikbukta vest rundt 9.12, 17.12 og 19.12, noe som kan være relatert til den økte vindhastigheten i de samme periodene. Sammenhengen kommer tydeligere frem når vi ser på strømhastighetskomponenten mot sørøst (130°) sammenlignet med vind mot øst (90°) vist i nederst panel i Figur 14. Her kan man se økt strømhastighet mot sørvest i perioder med økt vindstyrke mot øst. Beregnet korrelasjonskoeffisient  $R=0.46$  tyder også på en sammenheng mellom vindepisoder og økt strømstyrke. Dette antyder at vind som blåser inn Strindfjorden og Stjørdalsfjorden setter opp strøm som transporterer vann i overflaten inn i Hommelvikbukta. I disse periodene er lavpassfiltrert strøm nærmere bunn (26 m og 31 m) rettet motsatt av strømmen langs overflaten (ikke vist), altså mot nordvest. Dette tyder på at strømmen i overflaten setter opp en kompenserende strøm i det dypere vannlag. For Hommelvikbukta Øst (Figur 13) er det ikke en tydelig sammenheng mellom vind og strøm i måleperioden.

Figur 15 og Figur 16 viser fordeling av retninger og styrke av både vind og lavpassfiltrert strøm ved 5 m og 8 m dybde for henholdsvis Hommelvikbukta Øst og Hommelvikbukta Vest.



**Figur 15:** Vind og reststrøm ved 5 m dybde (retninger mot) for Hommelvikbukta Øst



**Figur 16:** Vind og reststrøm ved 8 m dybde (retninger mot) for Hommelvikbukta Vest

### 3.4 Andre forhold som kan ha en innvirkning på strømforholdene

Vårflom på grunn av snø- og ismelting og ferskvannsavrenning kan bidra til lagdeling av vannmassene i sommerhalvåret. Foreliggende data indikerer at lagdeling var tilfelle i denne måleperioden. Variasjon i avrenning fra elva Homla og andre omkringliggende ferskvannskilder vil påvirke transporten og dermed strømmen i overflatelaget spesielt. Ferskvannsavrenning fra land vil, sammen med vindpådrag på overflaten og andre prosesser som genererer miksing av vannmassene, avgjøre graden av lagdeling i vannsøyla, noe som videre er av betydning for strømbildet. Det er imidlertid behov for målinger over en lengre periode under varierte værforhold, samt supplerende målinger av hydrografi, for å kunne si noe mer konkret om hvordan disse effektene vil påvirke strømbildet i det aktuelle området.

## 4 Turbiditet

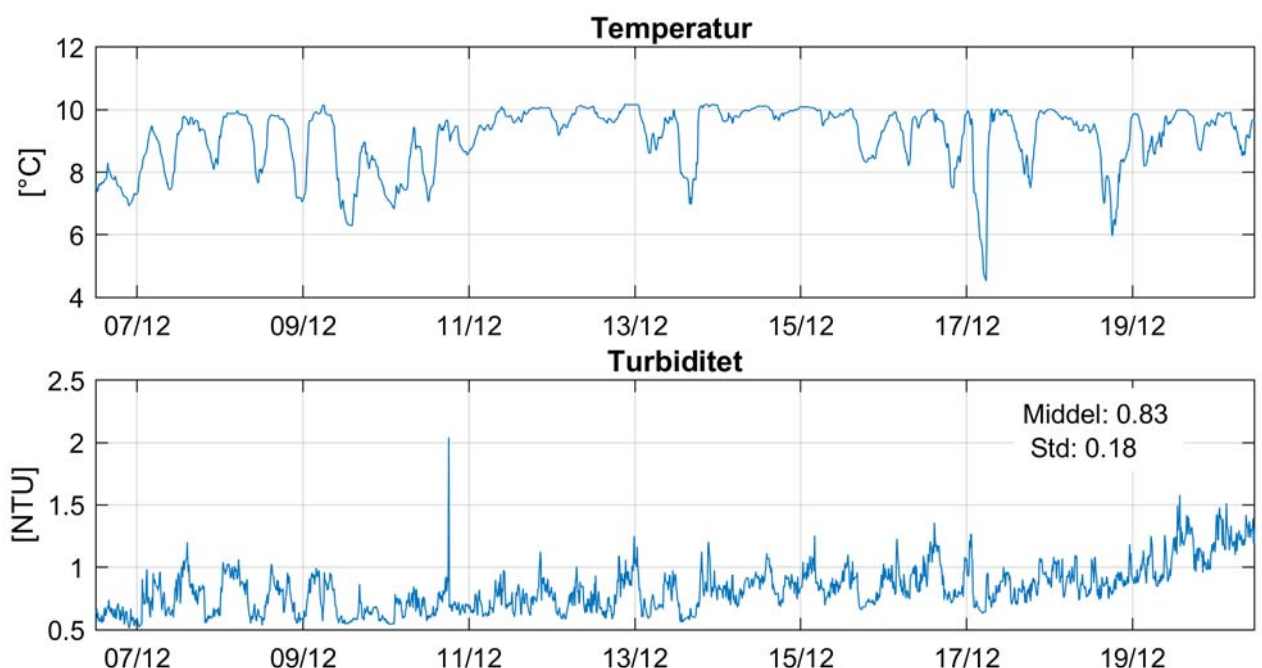
Figur 17 og Figur 18 viser temperatur og turbiditet målt ved instrumentdyp, 19 m og 31 m for henholdsvis Hommelvikbukta Øst og Hommelvikbukta Vest.

For Hommelvikbukta Øst (Figur 17), er gjennomsnittlig turbiditet 0.83 NTU.

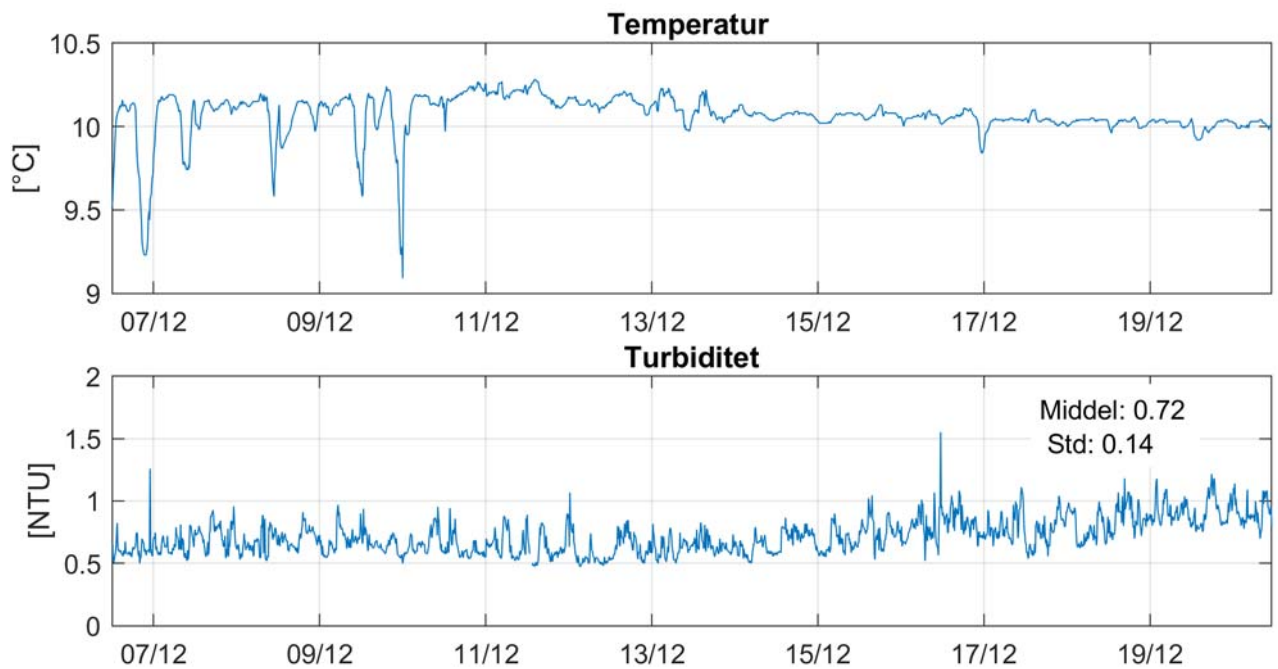
For Hommelvikbukta Vest (Figur 18), var gjennomsnittlig turbiditet 0.72 NTU.

I begge målepunktene, men mest fremtredende for Hommelvikbukta Øst, var det en økning i turbiditet mot slutten av måleperioden.

Det er halvdaglige svingninger i både temperatur og turbiditet med samme periode som tidevannet. Svingningene er mest fremtredende i starten og slutten av måletidsserien fra Hommelvikbukta Øst. Disse svingningene er antakeligvis relatert til at måleinstrumentet har stått i nærheten av grenselag i vannmassene. Dette har ført til at instrumentet ikke alltid har målt i samme vannmasse, men at tidevannsstyrt overflateheving eller indre bølger gjør at grenselaget mellom vannmassene rundt instrumentet heves og senkes. Grenselaget skiller vannmasser med forskjellig temperatur. I dette tilfellet er det på det meste registrert svingninger på over 5°C over en tidevannsyklus (17.12 Hommelvikbukta Øst).



Figur 17 Temperatur og turbiditet for Hommelvikbukta Øst (19 m dyp)



Figur 18 Temperatur og turbiditet for Hommelvikbukta Vest (31 m dyp)

## 5 Sammendrag

Det er foretatt strømmålinger i Hommelvikbukta, Malvik kommune, i perioden 06.12.2017 til 20.12.2017. Det er gjort målinger i to forskjellige posisjoner for å danne et bilde av strømforhold og turbiditet. Punktet Hommelvikbukta Øst ligger på omtrent 19 m dyp i skråningen langs østre bredd av bukta, mens Hommelvikbukta Vest ligger mer eller mindre midt i bukta på om lag 31 m dyp. Tabell 6 og Tabell 7 oppsummerer resultatene for de to målepunktene.

Tidevannsdrevet strøm ser ut til å ha dominert strømbildet i løpet av måleperioden. I begge punkt er tidevannsstrømmen motsatt rettet i øvre og nedre vannlag. Strømmålinger og temperaturdata tyder på lagdeling av vannsøyla, noe som kan ha gitt opphav til denne typen strømforhold.

Vind ser ut til å ha hatt en påvirkning på strømforholdene, mest fremtredende for Hommelvikbukta Vest. I perioder med vind mot øst ble det observert økt strømstyrke ved 8 m dyp mot sørøst, samtidig som det ble observert en strøm i motsatt retning langs bunn ved Hommelvikbukta Vest. Været i løpet av måleperioden kan karakteriseres som rolig. Det er dermed rimelig å anta at værets påvirkning vil kunne være større i andre perioder.

Lagdeling i vannsøyla kommer også til uttrykk i temperatur-tidsserien, hvor man ser at temperaturen ved Hommelvikbukta Øst (19 m) i perioder har store svingninger i løpet av en tidevannssyklus. Disse svingningene tyder på svingninger i grenselaget mellom de to vannmassene.

Gjennomsnittlig turbiditet for var 0.83 NTU og 0.72 NTU for henholdsvis Hommelvikbukta Øst og Hommelvikbukta Vest. Turbiditet ble målt ved instrumentdyp.

**Tabell 6:** Oversikt statistikk for Hommelvikbukta Øst, retningssektorene er sentrert rundt 15°, 30°, 45° osv.

Dybde	5 m	11 m	17 m
<b>Horisontal strøm</b>			
Gjennomsnittsstrøm (median)	5 (4) cm/s	4 (4) cm/s	5 (4) cm/s
Standardavvik	3 cm/s	3 cm/s	3 cm/s
Signifikant maksimumstrøm	8 cm/s	8 cm/s	8 cm/s
Maksimumstrøm	21 cm/s	20 cm/s	18 cm/s
Retning maksimumstrøm	338°	352°	333°
Signifikant minimumstrøm	1.7 cm/s	1.4 cm/s	1.8 cm/s
Minimumstrøm	0.0 cm/s	0.0 cm/s	0.0 cm/s
Vektormidlet strøm	1 cm/s	2 cm/s	2 cm/s
Vektormidlet strømretning	299°	320°	318°
Fire hyppigst forekommende strømretningene (synkende rekkefølge, 15 graders sektor)	330°, 345°, 180°, 315°	315°, 330°, 345°, 0°	315°, 330°, 345°, 300°
Fire hyppigst forekommende strømhastighetene (synkende rekkefølge)	1-5, 5-10, 10-20, 0-1	1-5, 5-10, 0-1, 10-20	1-5, 5-10, 0-1, 10-20
<b>Vannutskiftning</b>			
Mest vannutskiftning pr. 15 graders sektor	8084 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 330°	7108 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 330°	6576 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 330°
Minst vannutskiftning pr 15 graders sektor	232 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 75°	374 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 75°	403 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 60°
Gjennomsnittlig total vannutskiftning pr. time (alle retninger)	168 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	150 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	164 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
<b>Nullmålinger</b>			
Andel målinger <1cm/s	5.2 %	7.9 %	5.4 %
Lengste periode <1cm/s	20 min	30 min	30 min

**Tabell 7:** Oversikt statistikk for Hommelvikbukta Vest, retningssektorene er sentrert rundt 15°, 30°, 45° osv.

Dybde	8 m	20 m	31 m
<b>Horisontal strøm</b>			
Gjennomsnittsstrøm (median)	4 (3) cm/s	3 (3) cm/s	5 (5) cm/s
Standardavvik	2 cm/s	2 cm/s	3 cm/s
Signifikant maksimumstrøm	6 cm/s	5 cm/s	9 cm/s
Maksimumstrøm	13 cm/s	11 cm/s	19 cm/s
Retning maksimumstrøm	153°	105°	313°
Signifikant minimumstrøm	1.4 cm/s	1.1 cm/s	1.9 cm/s
Minimumstrøm	0.0 cm/s	0.0 cm/s	0.0 cm/s
Vektormidlet strøm	1 cm/s	0 cm/s	2 cm/s
Vektormidlet strømrretning	211°	99°	299°
Fire hyppigst forekommende strømrretningene (synkende rekkefølge, 15 graders sektor)	180°, 270°, 150°, 285°	90°, 0°, 180°, 150°	315°, 300°, 330°, 345°
Fire hyppigst forekommende strømhastighetene (synkende rekkefølge)	1-5, 5-10, 0-1, 10-20	1-5, 0-1, 5-10, 10-20	1-5, 5-10, 10- 20, 0-1
<b>Vannutskiftning</b>			
Mest vannutskiftning pr. 15 graders sektor	3248 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 150°	2191 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 150°	12046 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 315°
Minst vannutskiftning pr 15 graders sektor	479 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 45°	607 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 225°	242 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ved 90°
Gjennomsnittlig total vannutskiftning pr. time (alle retninger)	130 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	102 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	188 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
<b>Nullmålinger</b>			
Andel målinger <1cm/s	7.9 %	13.0 %	4.3 %
Lengste periode <1cm/s	40 min	40 min	30 min

Tabell 6 og Tabell 7 inkluderer både middelerdi og median. Middelerdien er summen av alle målte hastigheter delt på antall målinger, mens median er den midterste målingen av måledata sortert etter størrelse. Median er mindre påvirket av enkelte ekstremverdier. Signifikant maksimal strøm er gjennomsnittsverdien av den høyeste tredjedelen av alle målte hastigheter i perioden.

Vektormidlet strøm er den vektormidlete strømmen over hele perioden. Den er i praksis alltid lavere enn gjennomsnittsstrømmen.

For nøyaktigheten av målingene, se Appendiks F.



## 6 Referanser

Nortek, 2005: "Aquadopp Current Profiler, User Guide"

Codiga, Daniel L.: Unified Tidal Analysis and Prediction

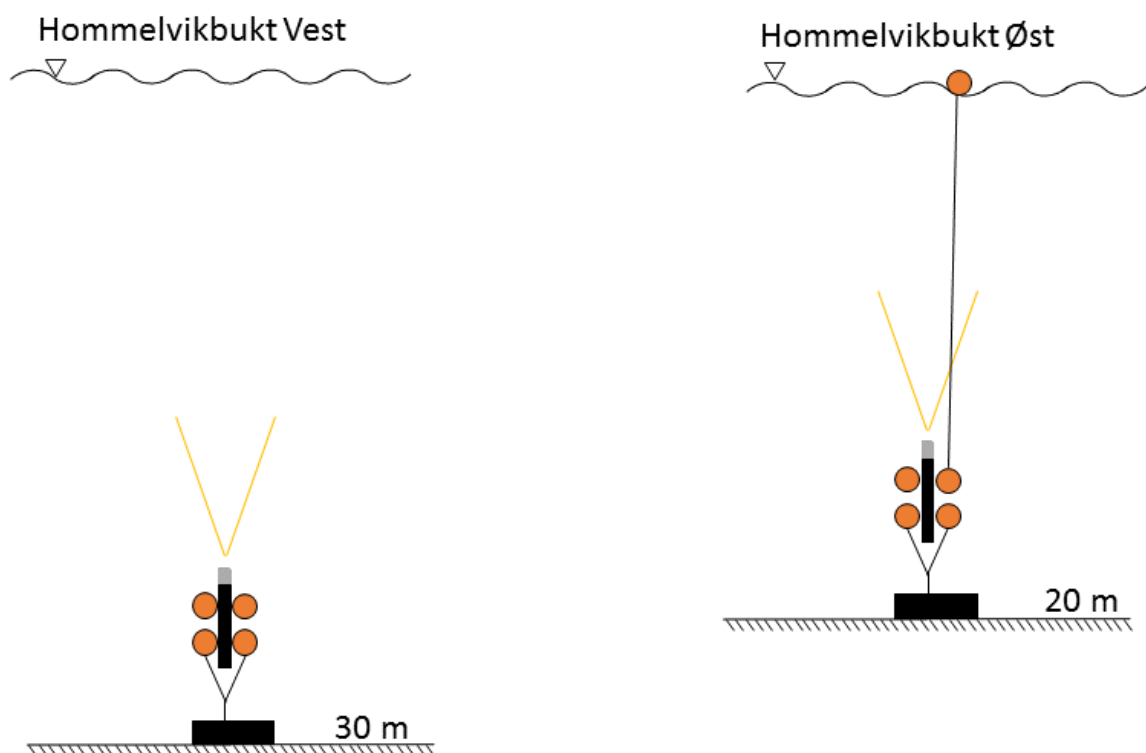
eKlima (eklima.no): Meteorologisk data fra Meteorologisk Institutt

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

## Appendiks A Måling og kvalitetssikring

Strømmen ble målt med en akustisk doppler profilmåler (Aquadopp Profiler, produsent Nortek).

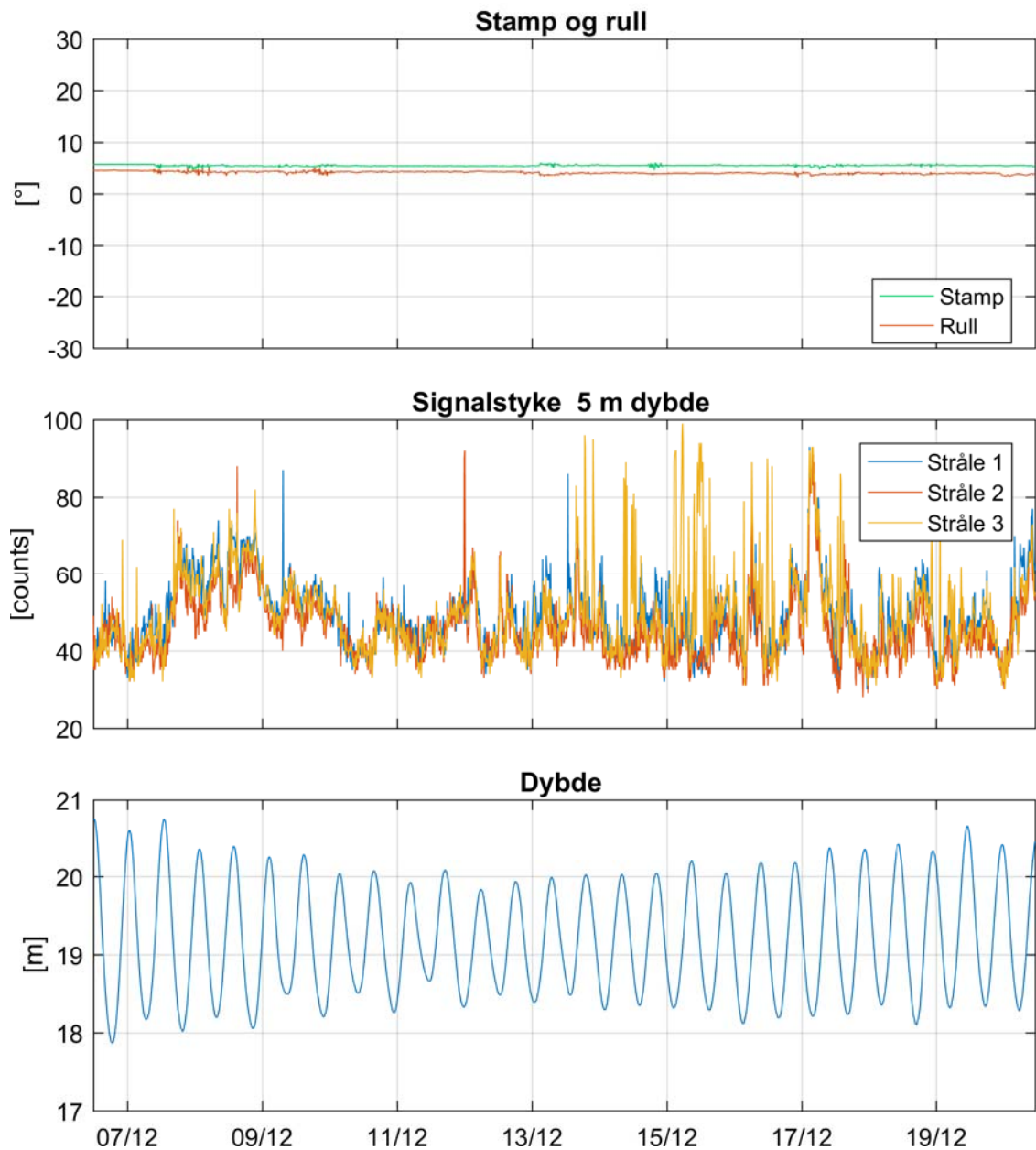
Målingene er basert på dopplereffekten. Instrumentet sender ut en akustisk puls (et kort lydsignal) med en bestemt frekvens og måler frekvensen av innkommende refleksjoner. Refleksjonen er forårsaket av små partikler eller bobler i vannet. Ut fra frekvensskiftet kan man beregne hastigheten av partiklene i vannet, som er antatt å være lik strømhastigheten. Aquadopp Profiler sender ut pulser i tre stråler i forskjellige retninger for å kunne rekonstruere den horisontale og vertikale strømhastigheten i mange dyp. I tillegg måler instrumentene ved instrumentdyp (z-celle). Målerne ble forankret som vist i Figur 19.



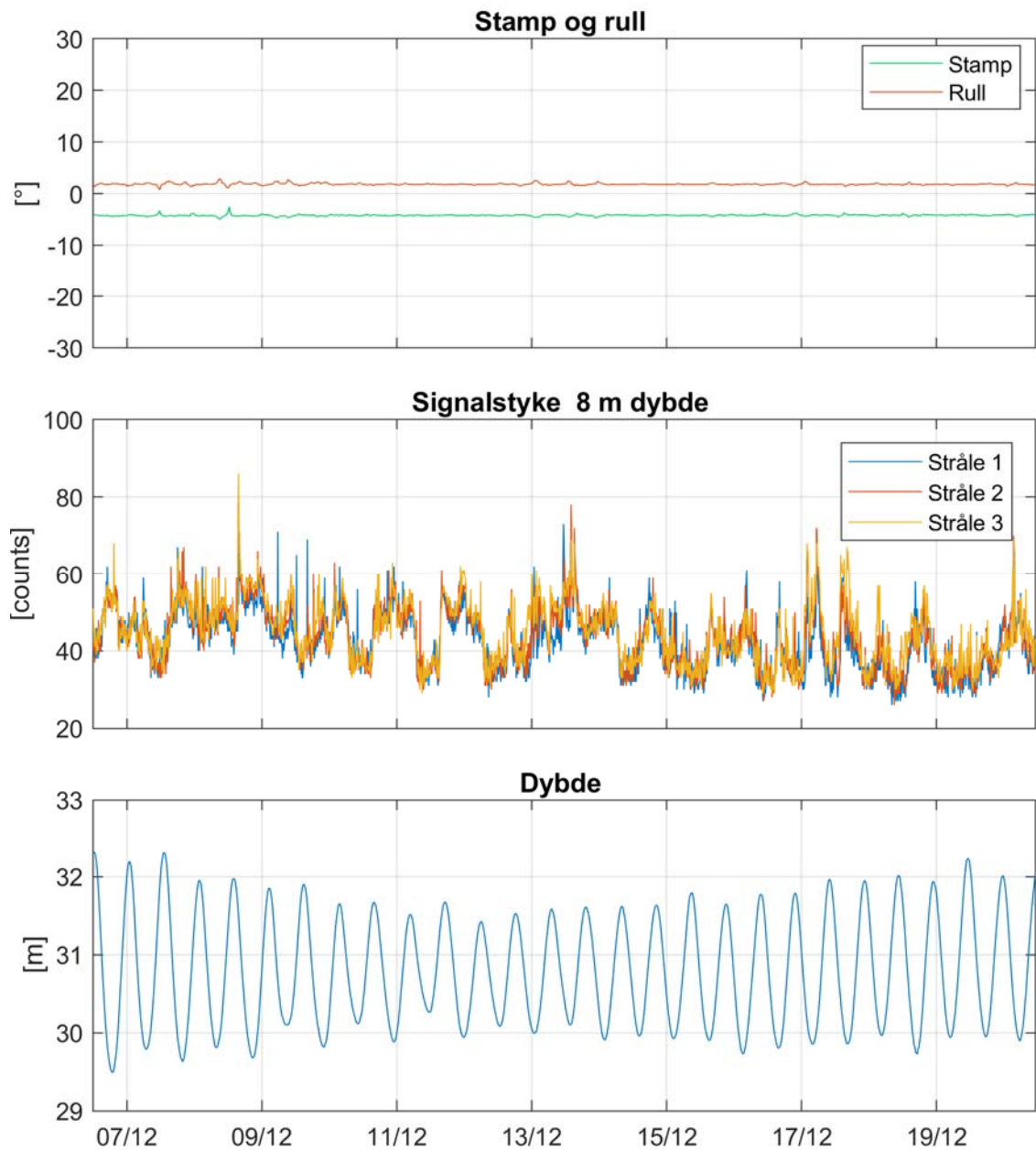
**Figur 19:** Skisse av riggene.

Det er gjennomført kvalitetssikring etter anbefalingene av instrumentenes produsent. Generelt er anbefalingene for Aquadopp Profiler som følger: stamp og rull mindre enn 30°, signalstyrke mer enn 7 counts over støygulvet

Strømretningen er ikke korrigert for misvisning og alle retninger er referert mot magnetisk nord. Der instrumentprodusenten anbefaler det, er deviasjon tatt hensyn til gjennom kalibrering av kompasset før utsett. Tilfeller hvor disse kriteriene ikke blir møtt, må vurderes nøye. I tillegg til anbefalingene over ble målingene sjekket for uteliggere som også ble fjernet. Data som ble fjernet er beskrevet i Appendiks D. Figur 20 og Figur 21 viser noen av parameterne etter datarensing.

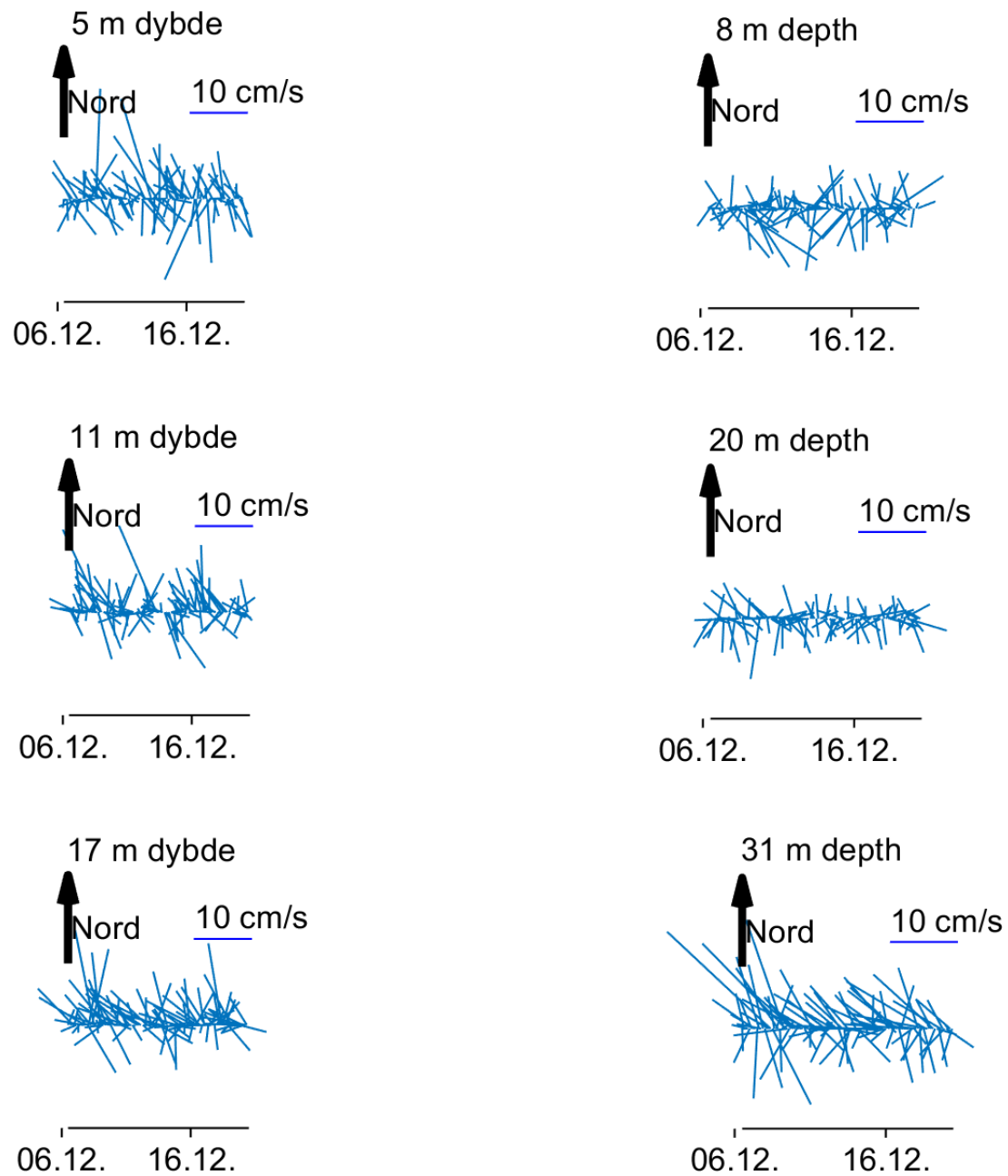


Figur 20: Hommelvikbukta Øst. Kvalitetssikring Aquadopp Profiler 19 m etter datarensing



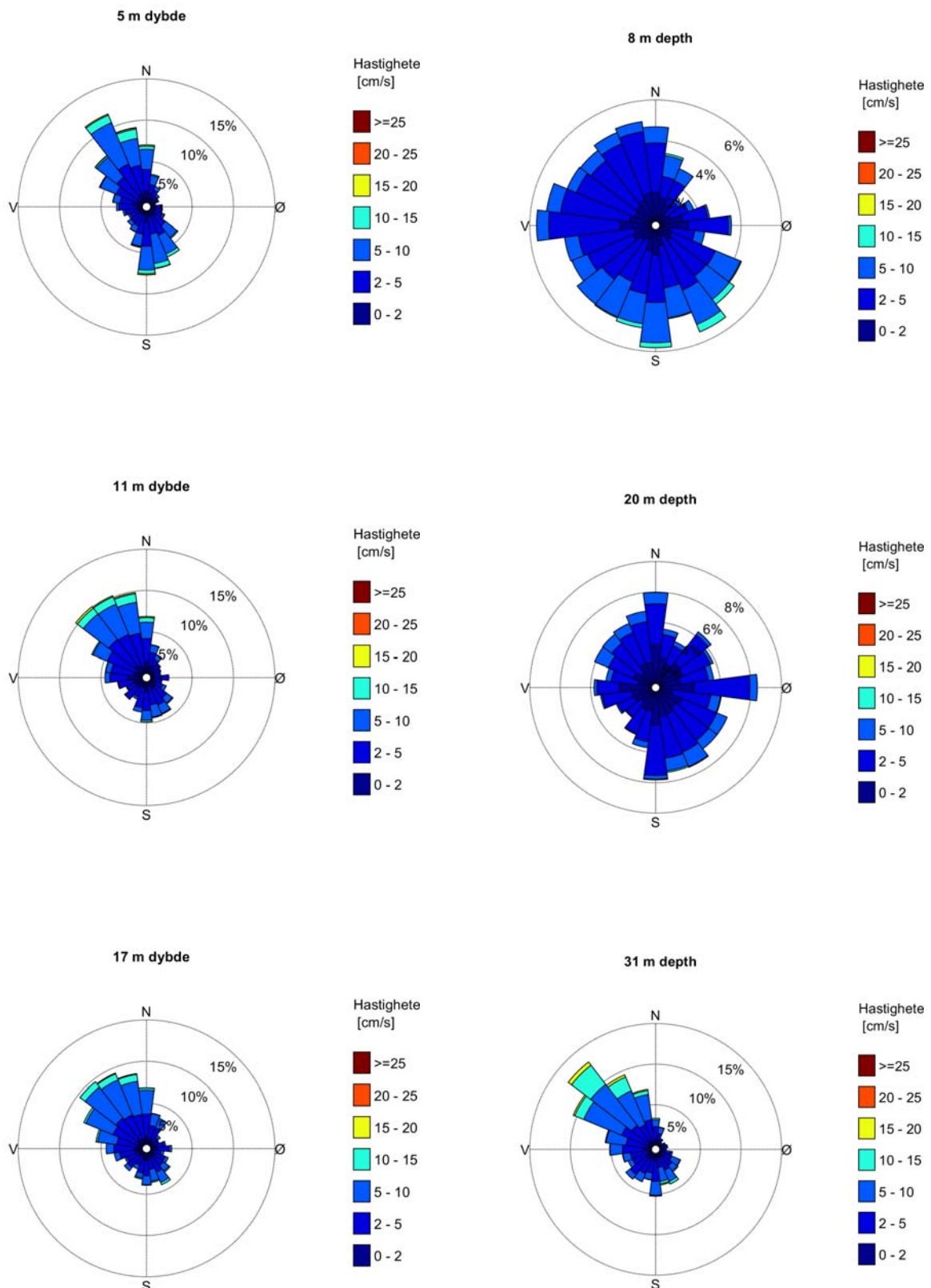
Figur 21: Hommelvikbukta Vest. Kvalitetssikring Aquadopp Profiler 31 m etter datarensing

## Appendiks B Pinne- og rosedigram



Figur 22 Strømretninger og strømhastigheter: pinnediagram som viser hastighet og retning over tid (en strek hver tredje time)

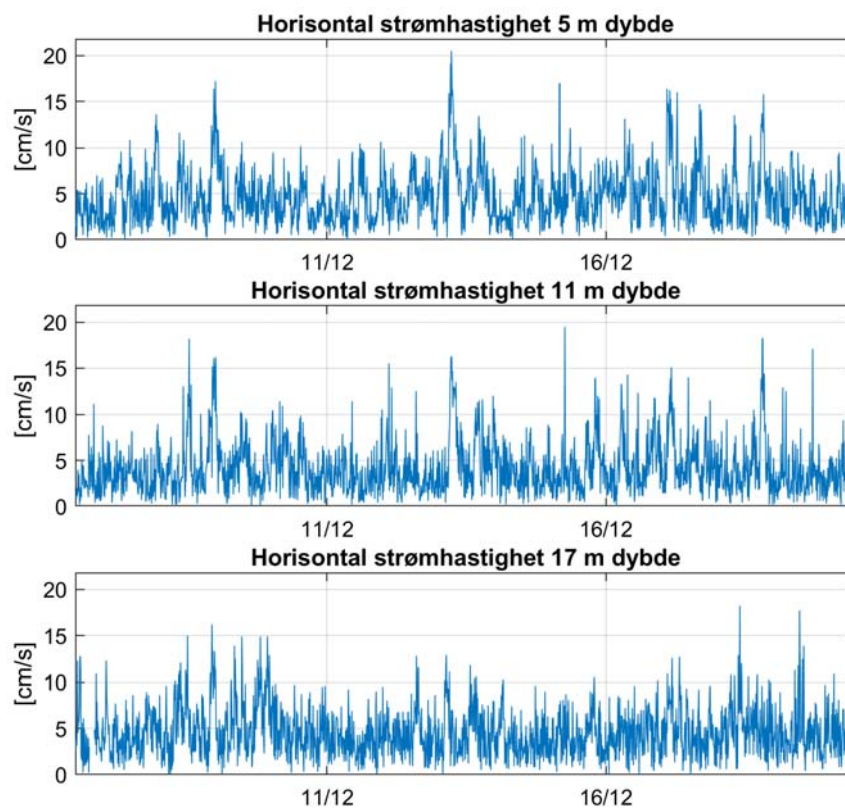




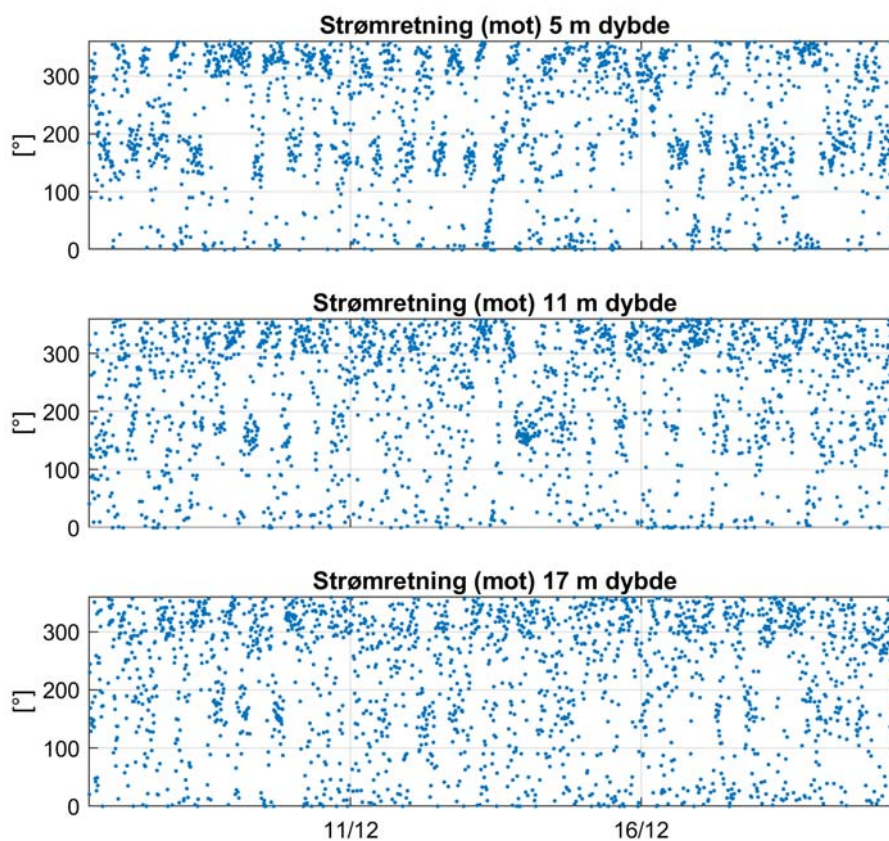
**Figur 23:** Strømretninger og strømhastigheter: pinnediagram som viser hastighet og retning over tid (en strek hver tredje time); rosediagram som viser fordelingen av retninger i kompasset og hastigheter i farge

## Appendiks C Tidsserier

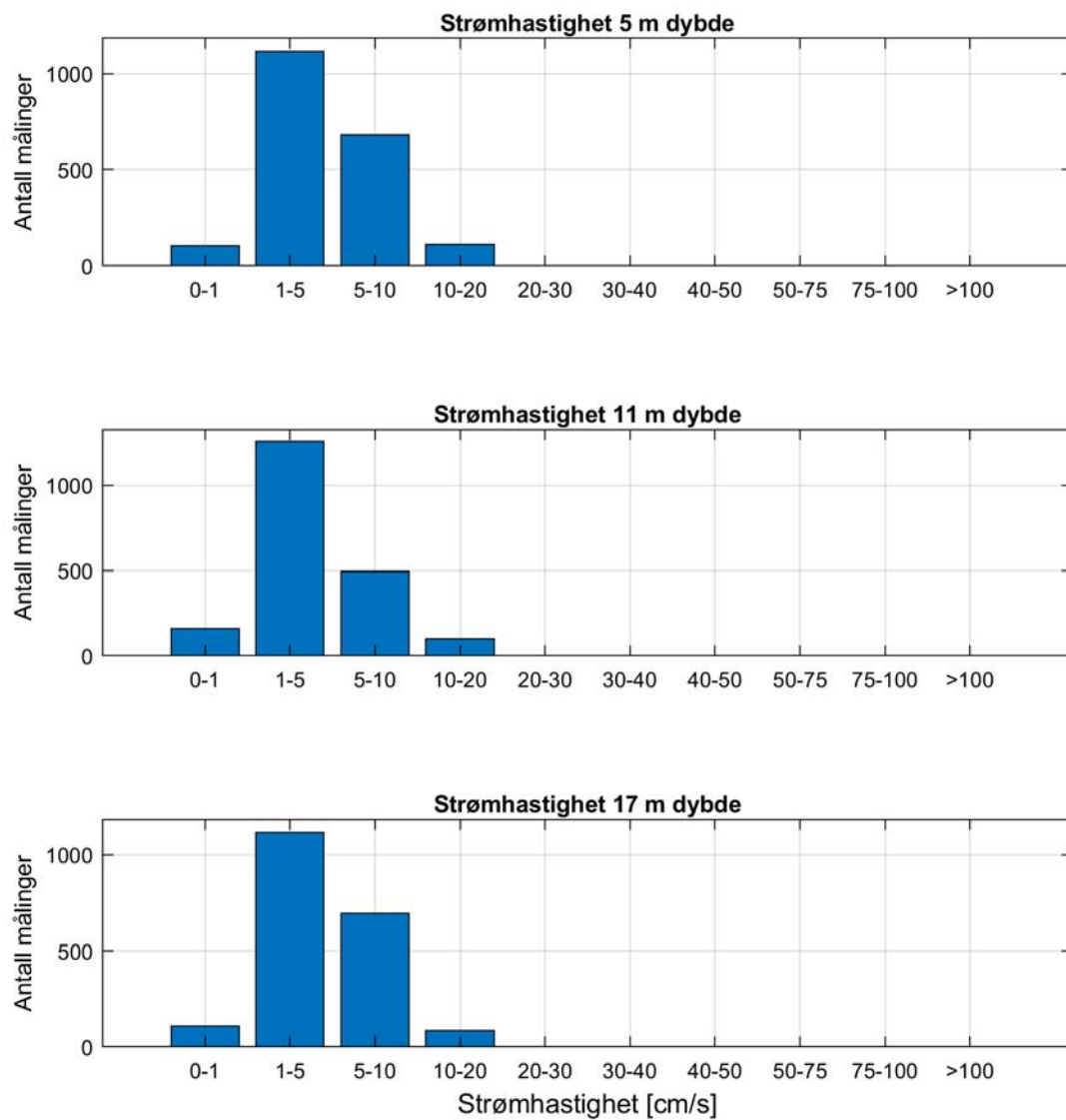
### 6.1 Hommelvikbukta Øst



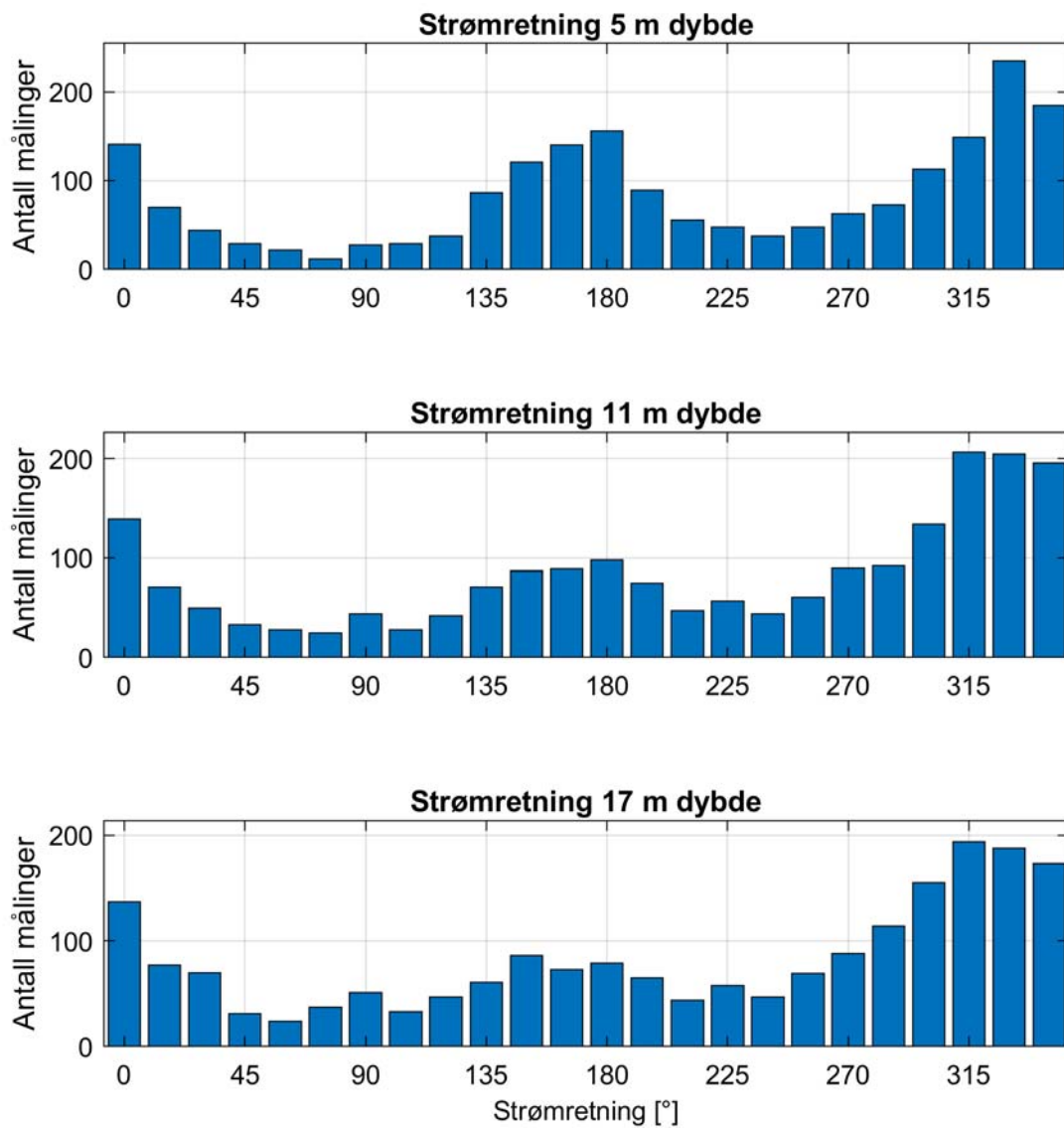
Figur 24: Tidsserier av horisontal strømhastighet for Hommelvikbukta Øst



Figur 25: Tidsserier av horisontal strømretning for Hommelvikbukta Øst



Figur 26: Histogram av horisontal strømhastighet for Hommelvikbukta Øst



Figur 27: Histogram av horisontal strømretning for Hommelvikbukta Øst

**Tabell 8:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 5 m dybde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor for Hommelvikbukta Øst

	Strømhastighet [cm/s]										Utskiftning		
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%
0°	10	71	49	11	0	0	0	0	0	0	7	4198	7
15°	10	35	22	3	0	0	0	0	0	0	3	1661	3
30°	2	32	10	0	0	0	0	0	0	0	2	878	2
45°	2	21	6	0	0	0	0	0	0	0	1	581	1
60°	3	17	2	0	0	0	0	0	0	0	1	305	1
75°	1	8	3	0	0	0	0	0	0	0	1	232	0
90°	7	19	2	0	0	0	0	0	0	0	1	381	1
105°	4	23	2	0	0	0	0	0	0	0	1	444	1
120°	3	29	5	1	0	0	0	0	0	0	2	759	1
135°	4	44	35	3	0	0	0	0	0	0	4	2329	4
150°	4	60	49	8	0	0	0	0	0	0	6	3823	7
165°	3	52	72	13	0	0	0	0	0	0	7	4903	9
180°	10	76	58	12	0	0	0	0	0	0	8	5004	9
195°	3	53	30	3	0	0	0	0	0	0	4	2462	4
210°	3	38	14	1	0	0	0	0	0	0	3	1373	2
225°	3	35	10	0	0	0	0	0	0	0	2	946	2
240°	0	33	5	0	0	0	0	0	0	0	2	722	1
255°	4	39	5	0	0	0	0	0	0	0	2	879	2
270°	6	51	6	0	0	0	0	0	0	0	3	1165	2
285°	5	50	17	1	0	0	0	0	0	0	4	1443	3
300°	3	67	41	2	0	0	0	0	0	0	6	2987	5
315°	1	80	63	5	0	0	0	0	0	0	7	4571	8
330°	5	98	109	23	0	0	0	0	0	0	12	8084	14
345°	8	84	66	26	1	0	0	0	0	0	9	6299	11
Sum%	5	55	34	6	0	0	0	0	0	0			

**Tabell 9:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 11 m dypde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor for Hommelvikbukta Øst

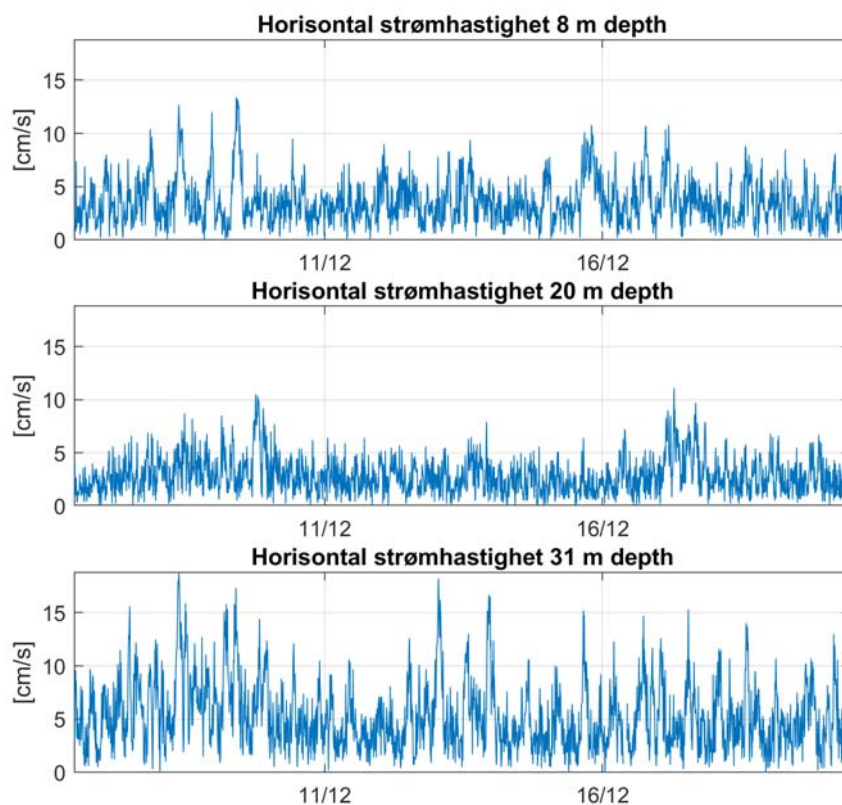
	Strømhastighet [cm/s]										Utskiftning		
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%
0°	9	76	40	14	0	0	0	0	0	0	7	4040	8
15°	6	46	18	1	0	0	0	0	0	0	4	1615	3
30°	11	27	11	1	0	0	0	0	0	0	2	898	2
45°	7	23	3	0	0	0	0	0	0	0	2	525	1
60°	4	22	2	0	0	0	0	0	0	0	1	420	1
75°	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	1	374	1
90°	14	30	0	0	0	0	0	0	0	0	2	481	1
105°	2	25	1	0	0	0	0	0	0	0	1	446	1
120°	3	30	9	0	0	0	0	0	0	0	2	852	2
135°	11	41	17	2	0	0	0	0	0	0	4	1558	3
150°	7	55	23	2	0	0	0	0	0	0	4	2034	4
165°	1	56	30	2	0	0	0	0	0	0	4	2445	5
180°	10	60	24	4	0	0	0	0	0	0	5	2299	5
195°	5	59	11	0	0	0	0	0	0	0	4	1475	3
210°	2	39	6	0	0	0	0	0	0	0	2	853	2
225°	10	46	1	0	0	0	0	0	0	0	3	884	2
240°	6	36	2	0	0	0	0	0	0	0	2	614	1
255°	5	55	1	0	0	0	0	0	0	0	3	941	2
270°	14	64	12	0	0	0	0	0	0	0	4	1554	3
285°	8	70	13	1	0	0	0	0	0	0	5	1862	4
300°	4	89	38	3	0	0	0	0	0	0	7	3406	7
315°	9	97	78	23	0	0	0	0	0	0	10	6941	14
330°	7	96	80	22	0	0	0	0	0	0	10	7108	14
345°	4	92	76	24	0	0	0	0	0	0	10	6782	13
Sum%	8	63	25	5	0	0	0	0	0	0			



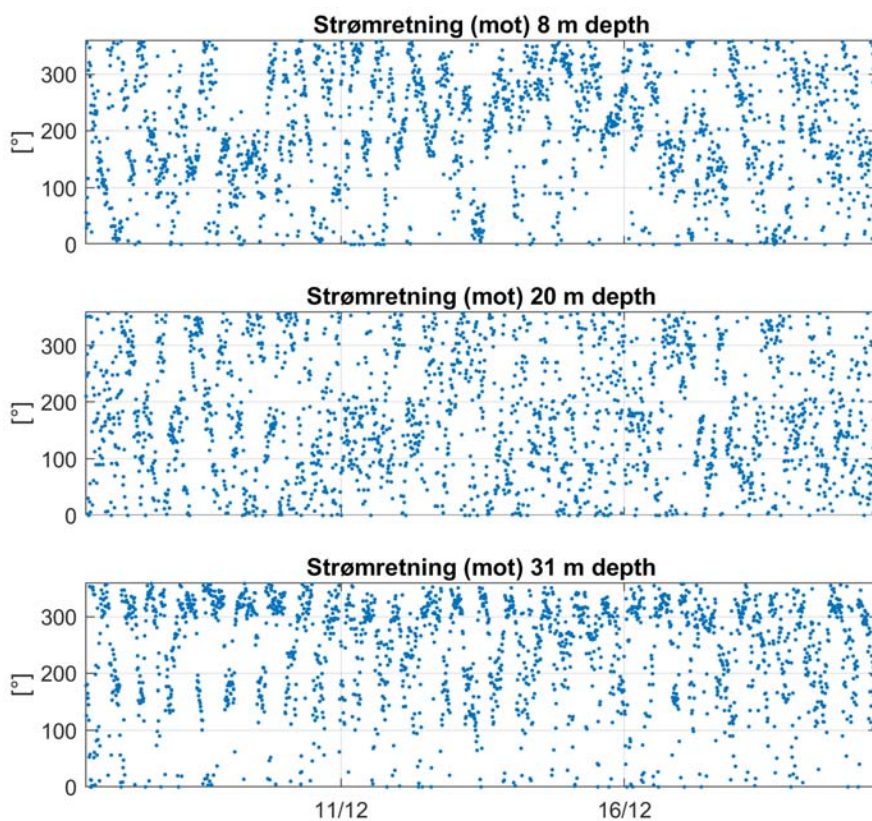
**Tabell 10:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 17 m dybde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor for Hommelvikbukta Øst

	Strømhastighet [cm/s]										Utskiftning		
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%
0°	7	67	58	5	0	0	0	0	0	0	7	3930	7
15°	3	44	29	1	0	0	0	0	0	0	4	2052	4
30°	7	38	25	0	0	0	0	0	0	0	3	1663	3
45°	4	21	6	0	0	0	0	0	0	0	2	595	1
60°	3	19	2	0	0	0	0	0	0	0	1	403	1
75°	3	30	4	0	0	0	0	0	0	0	2	652	1
90°	6	39	6	0	0	0	0	0	0	0	3	921	2
105°	1	25	7	0	0	0	0	0	0	0	2	722	1
120°	1	38	8	0	0	0	0	0	0	0	2	999	2
135°	6	36	16	3	0	0	0	0	0	0	3	1538	3
150°	6	46	28	6	0	0	0	0	0	0	4	2448	4
165°	7	34	29	3	0	0	0	0	0	0	4	2001	4
180°	6	50	22	1	0	0	0	0	0	0	4	1900	3
195°	6	44	12	3	0	0	0	0	0	0	3	1438	3
210°	2	32	10	0	0	0	0	0	0	0	2	977	2
225°	4	44	10	0	0	0	0	0	0	0	3	1271	2
240°	4	38	5	0	0	0	0	0	0	0	2	893	2
255°	6	50	13	0	0	0	0	0	0	0	3	1400	3
270°	6	63	19	0	0	0	0	0	0	0	4	1844	3
285°	6	57	47	4	0	0	0	0	0	0	6	3305	6
300°	3	75	72	5	0	0	0	0	0	0	8	4732	9
315°	4	80	94	16	0	0	0	0	0	0	10	6551	12
330°	5	74	91	18	0	0	0	0	0	0	9	6576	12
345°	3	71	80	19	0	0	0	0	0	0	9	5986	11
Sum%	5	56	35	4	0	0	0	0	0	0			

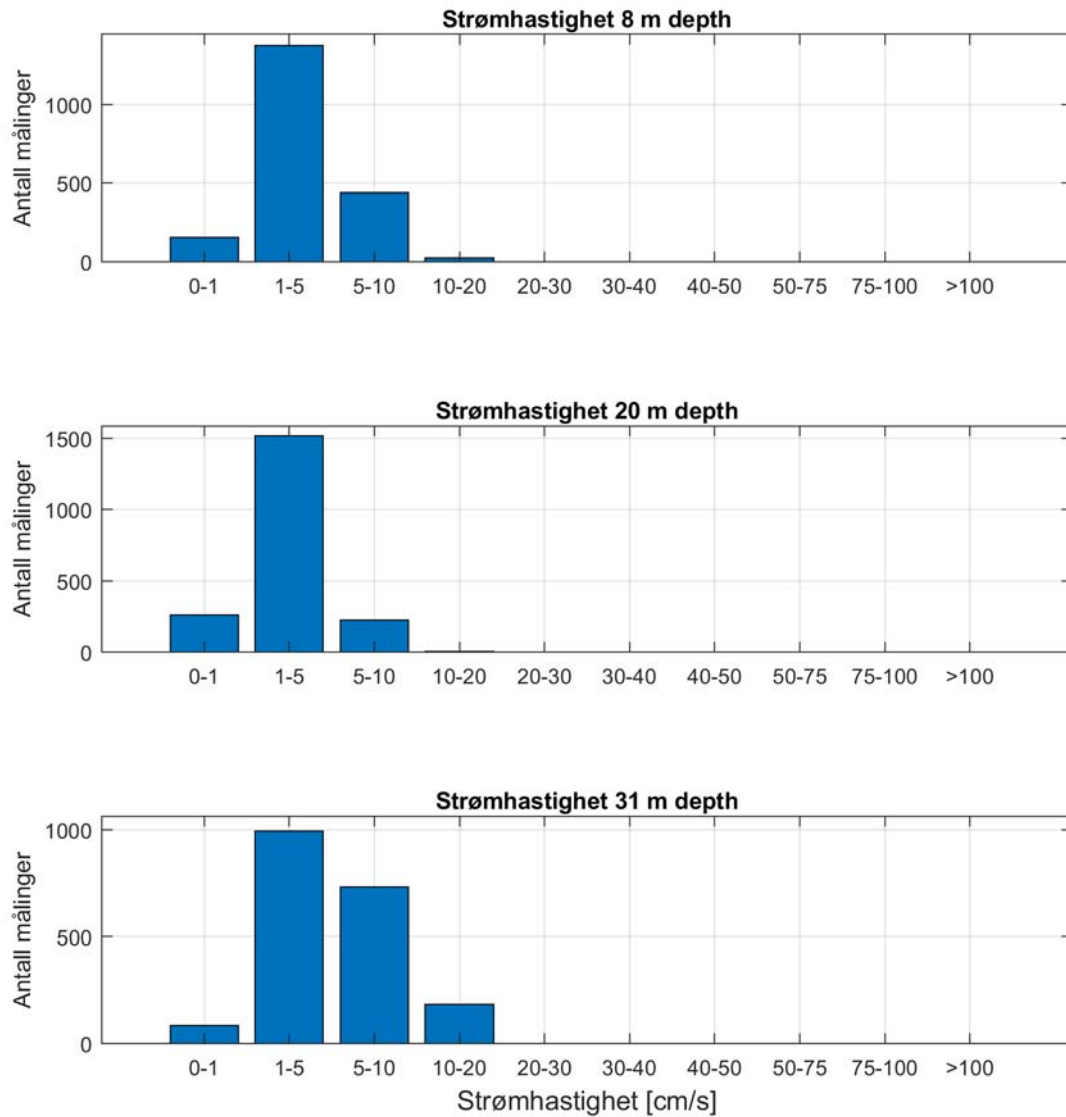
## 6.2 Hommelvikbukta Vest



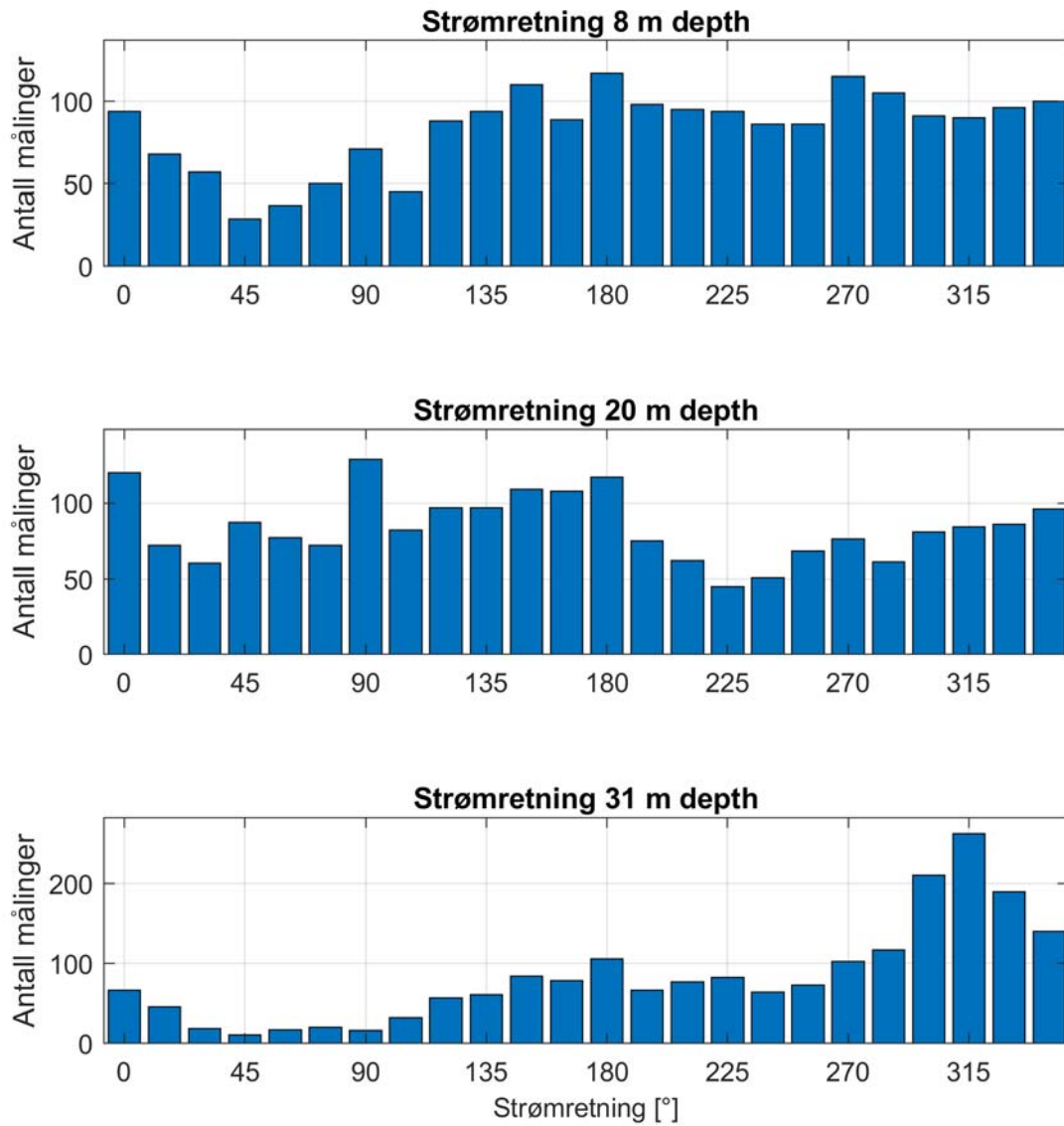
**Figur 28:** Tidsserier av horisontal strømhastighet for Hommelvikbukta Vest



**Figur 29:** Tidsserier av horisontal strømretning for Hommelvikbukta Vest



**Figur 30:** Histogram av horisontal strømhastighet for Hommelvikbukta Vest



Figur 31: Histogram av horisontal strømretning for Hommelvikbukta Vest

**Tabell 11:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 8 m depth som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor for Hommelvikbukta Vest

	Strømhastighet [cm/s]											Utskiftning	
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%
0°	13	65	16	0	0	0	0	0	0	0	5	1733	4
15°	8	37	21	2	0	0	0	0	0	0	3	1516	3
30°	5	39	13	0	0	0	0	0	0	0	3	1051	2
45°	3	22	4	0	0	0	0	0	0	0	1	479	1
60°	3	28	6	0	0	0	0	0	0	0	2	700	2
75°	10	38	2	0	0	0	0	0	0	0	2	684	2
90°	15	53	3	0	0	0	0	0	0	0	4	1020	2
105°	1	34	10	0	0	0	0	0	0	0	2	938	2
120°	3	57	27	1	0	0	0	0	0	0	4	2154	5
135°	3	56	29	6	0	0	0	0	0	0	5	2474	6
150°	5	60	37	8	0	0	0	0	0	0	5	3248	7
165°	5	53	30	1	0	0	0	0	0	0	4	2271	5
180°	17	55	40	5	0	0	0	0	0	0	6	2962	7
195°	4	60	30	4	0	0	0	0	0	0	5	2489	6
210°	2	54	38	1	0	0	0	0	0	0	5	2617	6
225°	3	60	31	0	0	0	0	0	0	0	5	2329	5
240°	9	60	17	0	0	0	0	0	0	0	4	1697	4
255°	5	67	14	0	0	0	0	0	0	0	4	1789	4
270°	17	86	12	0	0	0	0	0	0	0	6	2000	5
285°	5	86	14	0	0	0	0	0	0	0	5	2096	5
300°	4	77	10	0	0	0	0	0	0	0	5	1754	4
315°	5	72	13	0	0	0	0	0	0	0	4	1733	4
330°	9	75	12	0	0	0	0	0	0	0	5	1750	4
345°	5	85	10	0	0	0	0	0	0	0	5	1851	4
Sum%	8	69	22	1	0	0	0	0	0	0			

**Tabell 12:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 20 m depth som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor for Hommelvikbukta Vest

	Strømhastighet [cm/s]											Utskiftning	
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%
0°	20	85	15	0	0	0	0	0	0	0	6	1904	6
15°	13	52	7	0	0	0	0	0	0	0	4	1109	3
30°	15	39	6	0	0	0	0	0	0	0	3	862	3
45°	15	67	5	0	0	0	0	0	0	0	4	1294	4
60°	11	62	4	0	0	0	0	0	0	0	4	1138	3
75°	11	54	7	0	0	0	0	0	0	0	4	1201	4
90°	23	96	10	0	0	0	0	0	0	0	6	2087	6
105°	6	62	13	1	0	0	0	0	0	0	4	1621	5
120°	9	73	15	0	0	0	0	0	0	0	5	1744	5
135°	5	78	14	0	0	0	0	0	0	0	5	1891	6
150°	14	73	21	1	0	0	0	0	0	0	5	2191	6
165°	12	77	17	2	0	0	0	0	0	0	5	2046	6
180°	16	95	5	1	0	0	0	0	0	0	6	1887	6
195°	10	57	8	0	0	0	0	0	0	0	4	1247	4
210°	6	55	1	0	0	0	0	0	0	0	3	916	3
225°	5	39	1	0	0	0	0	0	0	0	2	607	2
240°	14	35	2	0	0	0	0	0	0	0	3	652	2
255°	11	55	2	0	0	0	0	0	0	0	3	995	3
270°	16	56	4	0	0	0	0	0	0	0	4	1071	3
285°	3	51	7	0	0	0	0	0	0	0	3	1135	3
300°	9	53	19	0	0	0	0	0	0	0	4	1628	5
315°	4	64	16	0	0	0	0	0	0	0	4	1739	5
330°	9	64	13	0	0	0	0	0	0	0	4	1516	4
345°	5	77	14	0	0	0	0	0	0	0	5	1804	5
Sum%	13	75	11	0	0	0	0	0	0	0			



**Tabell 13:** Strømstyrke-retningsmatrise ved 31 m depth som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor for Hommelvikbukta Vest

	Strømhastighet [cm/s]										Utskiftning		
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	%
0°	9	37	17	4	0	0	0	0	0	0	3	1685	3
15°	5	25	15	1	0	0	0	0	0	0	2	1082	2
30°	3	14	2	0	0	0	0	0	0	0	1	309	0
45°	1	6	4	0	0	0	0	0	0	0	1	272	0
60°	2	14	1	0	0	0	0	0	0	0	1	283	0
75°	3	15	2	0	0	0	0	0	0	0	1	329	1
90°	1	14	1	0	0	0	0	0	0	0	1	242	0
105°	7	21	4	0	0	0	0	0	0	0	2	534	1
120°	5	28	23	1	0	0	0	0	0	0	3	1516	2
135°	5	36	16	3	0	0	0	0	0	0	3	1466	2
150°	3	43	30	7	0	0	0	0	0	0	4	2524	4
165°	3	32	35	9	0	0	0	0	0	0	4	2789	4
180°	6	63	35	2	0	0	0	0	0	0	5	2656	4
195°	3	46	17	1	0	0	0	0	0	0	3	1569	2
210°	4	51	22	0	0	0	0	0	0	0	4	1709	3
225°	3	66	14	0	0	0	0	0	0	0	4	1744	3
240°	4	48	12	0	0	0	0	0	0	0	3	1387	2
255°	1	52	19	1	0	0	0	0	0	0	4	1742	3
270°	9	62	31	1	0	0	0	0	0	0	5	2465	4
285°	3	62	50	2	0	0	0	0	0	0	6	3308	5
300°	1	80	102	28	0	0	0	0	0	0	11	8025	13
315°	1	64	128	70	0	0	0	0	0	0	13	12046	19
330°	3	53	91	43	0	0	0	0	0	0	9	8143	13
345°	1	63	63	13	0	0	0	0	0	0	7	4978	8
Sum%	4	50	37	9	0	0	0	0	0	0			

## Appendiks D Fjernet data

### 6.3 Hommelvikbukta Øst

AquadoppProfiler 1 data:

Fjernet 3145 punkter på grunn av måling etter opptak:

20-Dec-2017 11:30:00 til 11-Jan-2018 07:30:00

Antall NaN (hull) i intervallet: 0

Støygulvet er til instrumentet er satt til 20 counts.

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

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

Høyeste godkjente celle er på 5.0 m dyp. Fjerner 4 celler over dette.

3 celler fjernet pga høye vertikalhastigheter:

13.0 dyp

15.0 dyp

1 celle fjernet pga ufullstendig tidsserie når tidsserien er gjort

overflaterefert:

19.0 dyp

### 6.4 Hommelvikbukta Vest

AquadoppProfiler 1 data:

Fjernet 3147 punkter på grunn av måling etter opptak:

20-Dec-2017 11:20:00 til 11-Jan-2018 07:40:00

Antall NaN (hull) i intervallet: 0

Støygulvet er til instrumentet er satt til 20 counts.

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

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

Høyeste godkjente celle er på 7.5 m dyp. Fjerner 3 celler over dette.

7 punkter er fjernet fra cellen ved 7.5 m dyp pga overflatestøy eller for

lav signalstyrke

Nortek z-cell data:

Fjernet 9 punkter på grunn av Z cell Beam 1 Amplitude utenfor [63.81, 97.77]:

16-Dec-2017 09:10:00 til 16-Dec-2017 09:30:00, 16-Dec-2017 09:50:00 til 16-Dec-2017 10:30:00, 16-Dec-2017 11:00:00

Fjernet 2 uteliggere fra horisontal hastighet ved Z-cellen:

08-Dec-2017 12:30:00, 08-Dec-2017 12:30:00

## Appendiks E Instrumentspesifikasjoner

### 6.5 Hommelvikbukta Øst

Tabell 14: Instrumentspesifikasjonene

	Aquadopp Profiler
Horisontal nøyaktighet	$\pm 0.5$ cm/s, $\pm 1\%$
Vertikal nøyaktighet	
Enkeltving statistisk støy	
Nøyaktighet retning	$\pm 2^\circ$
Temperatur nøyaktighet	$\pm 0.1^\circ$
Oksygen nøyaktighet	
Konduktivitet nøyaktighet	

### 6.6 Hommelvikbukta Vest

Tabell 15: Instrumentspesifikasjonene

	Aquadopp Profiler
Horisontal nøyaktighet	$\pm 0.5$ cm/s, $\pm 1\%$
Vertikal nøyaktighet	
Enkeltving statistisk støy	
Nøyaktighet retning	$\pm 2^\circ$
Temperatur nøyaktighet	$\pm 0.1^\circ$
Oksygen nøyaktighet	
Konduktivitet nøyaktighet	

## Appendiks F Kalibrering

### 6.7 Aquadopp Profiler AQD 13696 (Hommelvikbukta Øst)

*Tabell 16: Test og spesifikasjoner*

	Dato	Utført av
Service/test	16.11.2017	Nortek
Funksjonstest	06.12.2017	Multiconsult
Tilt	06.12.2017	Multiconsult
Temperatur	06.12.2017	Multiconsult
Kompass	06.12.2017	Multiconsult
Ping sjekk	06.12.2017	Multiconsult

*Tabell 17: Kalibrering*

	Dato	Utført av
Kompasskalibrering	06.12.2017	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	20.12.2017	Multiconsult

### 6.8 Aquadopp Profiler AQD 12923 (Hommelvikbukta Vest)

*Tabell 18: Test og spesifikasjoner*

	Dato	Utført av
Service/test	08.04.2016	Nortek
Funksjonstest	06.12.2017	Multiconsult
Tilt	06.12.2017	Multiconsult
Temperatur	06.12.2017	Multiconsult
Kompass	06.12.2017	Multiconsult
Ping sjekk	06.12.2017	Multiconsult

*Tabell 19: Kalibrering*

	Dato	Utført av
Kompasskalibrering	06.12.2017	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	20.12.2017	Multiconsult

---

RAPPORT

# Hommelvikbukta, Malvik

---

OPPDRAKSGIVER

Bane NOR SF

EMNE

Datarapport – Geotekniske  
grunnundersøkelser

DATO / REVISJON: 23. april 2018 / 00

DOKUMENTKODE: 415257-02-RIG-RAP-001

---



Multiconsult

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

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



## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Hommelvikbukta, Malvik</b>	DOKUMENTKODE	415257-02-RIG-RAP-001
EMNE	Datarapport – Geotekniske grunnundersøkelser	TILJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Bane NOR SF</b>	OPPDRAGSLEDER	Erling K. Ytterås
KONTAKTPERSON	Tove Fjorden Ree	UTARBEIDET AV	Sivert M Hallsteinsen
KOORDINATER	SONE: 32 ØST: 589889 NORD: 7033785	ANSVARLIG ENHET	10234011 Midt Geoteknikk
GNR./BNR./SNR.	/ / / Hommelvik		

## SAMMENDRAG

Multiconsult er engasjert av Bane NOR SF til å utføre geotekniske grunnundersøkelser i Hommelvikbukta i Malvik kommune. Undersøkelsene skal være grunnlag for stabilitetsvurderinger for området i forbindelse med tildekningen av forurensede sedimenter i bukta.

Utførte grunnundersøkelser i felt omfatter totalsondering i 9 borpunkter, trykksøndering i 2 borpunkter, og opptak av 54 mm prøveserier i 10 punkter. De opptatte prøvene er undersøkt i vårt geotekniske laboratorium i Trondheim. Undersøkelsen omfatter klassifisering og identifisering av jordartene, samt bestemmelse av mekaniske egenskaper.

I det bratteste partiet av marbakken viser grunnundersøkelsene at løsmassene i området består av et topplag av leirig og sandig silt og sand med mektighet på 1-3 meter over leire. Leira kan karakteriseres som siltig, og stedvis homogen eller meget siltig. Totalsonderingene viser at leira ligger over et lag med fastere masser, antatt morenemasser. Mektigheten på leirelaget avtar markant oppover langs marbakken.

Videre nedover i marbakken er topplaget av silt og sand fraværende til fordel for leire. Totalsonderingene ved foten av marbakken antyder at leirelaget her strekker seg ned til om lag 17 til 20 meters dybde under sjøbunnen, over antatt morenemasser. Laboratorieundersøkelser på prøver fra det flatere partiet lenger ut i bukta viser leire, og leirig, finsandig silt. Prøvene er tatt ned til 2 meters dybde under sjøbunnen.

Leira kan betegnes som lite til middels plastisk og meget bløt til middels fast. Ett laboratorieforsøk viser en omrørt skjærfasthet på 0,6 kPa, slik at den her grenser til å være kvikk.

Det er ikke påvist berg i noen av sonderingene.

			SIVMH	Stian S. Berre	Håvard Narjord
00	2018-04-23	Datarapport	Sivert M. Hallsteinsen	Stian S. Berre	Håvard Narjord
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>6</b>
1.1	Formål og bakgrunn .....	6
1.2	Utførelse .....	6
1.3	Kvalitetssikring og standardkrav .....	6
1.4	Innhold og bruk av rapporten .....	6
<b>2</b>	<b>Områdebeskrivelse .....</b>	<b>7</b>
2.1	Befaring .....	7
2.2	Området og topografi .....	7
<b>3</b>	<b>Geotekniske grunnundersøkelser .....</b>	<b>9</b>
3.1	Tidligere grunnundersøkelser .....	9
3.2	Utførte grunnundersøkelser .....	9
3.2.1	Feltundersøkelser .....	9
3.2.2	Laboratorieundersøkelser .....	10
<b>4</b>	<b>Grunnforholdsbeskrivelse .....</b>	<b>11</b>
4.1	Kvartærgeologisk kart .....	11
4.2	Eksisterende faresoner for kvikkleireskred .....	11
4.3	Grunnforhold tolket ut fra grunnundersøkelser .....	12
4.3.1	Generelt .....	12
4.3.2	Dybde til berg .....	12
4.3.3	Løsmasser .....	12
4.3.4	Poretrykk og grunnvann .....	13
<b>5</b>	<b>Geoteknisk evaluering av resultatene .....</b>	<b>14</b>
5.1	Viktige forutsetninger .....	14
5.2	Undersøkelses- og prøve kvalitet .....	14
<b>6</b>	<b>Behov for supplerende grunnundersøkelser .....</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>17</b>

## TEGNINGER

415257-02-RIG-TEG	-000	Oversiktskart
	-001	Borplan
	-010	Borutskrift borpunkt 1 og 2
	-011	Borutskrift bp. 3
	-012	Borutskrift bp. 4
	-013	Borutskrift bp. 5 og 6
	-014	Borutskrift bp. 7
	-015	Borutskrift bp. 8
	-200	Geotekniske data bp. 1
	-201	Geotekniske data bp. 2
	-202	Geotekniske data bp. 3
	-203	Geotekniske data bp. 4
	-204	Geotekniske data bp. 6
	-205	Geotekniske data bp. 7
	-206	Geotekniske data bp. 9
	-207	Geotekniske data bp. 10
	-208	Geotekniske data bp. 11
	-209	Geotekniske data bp. 12
	-300	Korngraderingsanalyser bp. 1, dybde = 0,35 m og 1,50 m
	-301	Korngraderingsanalyser bp. 2, dybde = 1,30 m, 1,45 m og 1,60 m
	-302	Korngraderingsanalyse bp. 3, dybde = 0,51 m
	-303	Korngraderingsanalyser bp. 7, dybde = 0,40 m og 2,35 m
	-304	Korngraderingsanalyser bp. 9, d = 0,35 m

- 450.1 Aktivt treaksialforsøk bp. 4 dybde=4,40 m, deviatorspenningssti, NTNU-plott.
- 450.2 Aktivt treaksialforsøk bp. 4 dybde=4,40 m, Poretrykks- og mobiliseringsforløp.
- 450.3 Aktivt treaksialforsøk bp. 4 dybde=4,40 m, Vannutpressing – tid, konsolideringsfase.
- 451.1 Aktivt treaksialforsøk bp. 6 dybde=3,30 m, deviatorspenningssti, NTNU-plott.
- 451.2 Aktivt treaksialforsøk bp. 6 dybde=3,30 m, Poretrykks- og mobiliseringsforløp.
- 451.3 Aktivt treaksialforsøk bp. 6 dybde=3,30 m, Vannutpressing – tid, konsolideringsfase.
- 500.1 CPTU bp. 4, Spissmotstand  $q_{c,t}$ , poretrykk  $u_2$ , sidefriksjon  $f_{s,t}$  og helning  $i$
- 500.2 CPTU bp. 4, Netto spissmotstand  $q_n$  og poreovertrykk  $\Delta u_2$
- 500.3 CPTU bp. 4, Spissmotstandstall  $N_m$ , poretrykks-  $B_q$  og frisksjonsforhold  $R_f$
- 500.4 CPTU bp. 4, Dokumentasjon måldata
- 501.1 CPTU bp. 7, Spissmotstand  $q_{c,t}$ , poretrykk  $u_2$ , sidefriksjon  $f_{s,t}$  og helning  $i$
- 501.2 CPTU bp. 7, Netto spissmotstand  $q_n$  og poreovertrykk  $\Delta u_2$
- 501.3 CPTU bp. 7, Spissmotstandstall  $N_m$ , poretrykks-  $B_q$  og frisksjonsforhold  $R_f$
- 501.4 CPTU bp. 7, Dokumentasjon måldata
- 600 Profil A-A
- 601 Profil B-B

## VEDLEGG

1. Kalibreringsskjema CPTU-sonde

## BILAG

1. Geoteknisk bilag – Feltundersøkelser
2. Geoteknisk bilag – Laboratorieundersøkelser
3. Geoteknisk bilag – Oversikt over metodestandarder og retningslinjer

## 1 Innledning

Foreliggende rapport presenterer resultater fra utførte geotekniske grunnundersøkelser i sjøen for området utenfor Nygården, Hommelvik i Malvik kommune.

### 1.1 Formål og bakgrunn

Det er avdekket et kreosotholdig område på sjøbunnen i Hommelvikbukta. Forurensingen stammer etter all sannsynlighet fra utslipp av kreosotolje fra det tidligere impregneringsverket på Nygården som ble nedlagt i 1980. Det planlegges å tildekke sjøbunnen med grusige masser som saneringstiltak.

Skråningsforholdene utenfor Nygården er bratte og i forbindelse med planlagt tiltak er det behov for stabilitetsvurderinger.

Multiconsult er engasjert av Bane NOR til å utføre geotekniske grunnundersøkelser og –vurderinger for området i forbindelse med tildekningstiltaket.

### 1.2 Utførelse

Boringens utførelse er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 1, mens oversikt over metodestandarder for utførelse er gitt i geoteknisk bilag 3.

Metodikk/prosedyre for utførelse av laboratorieundersøkelsene er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 2.

Feltundersøkelsene ble utført av Multiconsult med borebåt i uke 5 i januar 2018. Alle kotehøyder referer til NN 1954 og borpunktene er målt inn i koordinatsystemet Euref 89 UTM 32 med Trimble SPS855 og SPS555H med CPOS. Systemet har en nøyaktighet på +/- 10 cm i horisontal og vertikalplan.

Laboratorieundersøkelsene er utført ved Multiconsults geotekniske laboratorium i Trondheim i uke 11, 12 og 14 i 2018.

Kartlegging av sjøbunnen er utført av Seascan AS med NN1954 som høydesystem.

### 1.3 Kvalitetssikring og standardkrav

Oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet omfatter prosedyrer og beskrivelser som er dekkende for kvalitetsstandard NS-EN ISO 9001:2015 [1]. Feltundersøkelsene er utført iht. NS 8020-1:2016 [3] og tilgjengelige metodestandarder fra Norsk Geoteknisk Forening [6].

Laboratorieundersøkelsene er utført iht. NS 8000-serien og relevante ISO-standarder. Datarapporten er utarbeidet i henhold til NGF-melding nr. 2 [6] og krav i NS-EN-1997 (Eurokode 7) – Del 2 [2].

Oversikt over utvalgte metodestandarder er vist i geoteknisk bilag 3.

### 1.4 Innhold og bruk av rapporten

Geoteknisk datarapport presenterer resultater fra utførte geotekniske grunnundersøkelser i geotekniske termer og krever geoteknisk kompetanse for videre bruk i rådgivings- og prosjekteringsammenheng. Rapporten inneholder i så måte ingen vurderinger av byggbarhet, metoder eller tiltak.

Geoteknisk datarapport omhandler ikke data eller vurderinger knyttet til tilstedeværelse av forurenset grunn i det undersøkte området. Miljøgeologiske grunnundersøkelser er utført av Multiconsult og disse undersøkelsene med tilhørende analyser og resultater er beskrevet i separate miljøgeologiske rapporter, se Tabell 3-1.

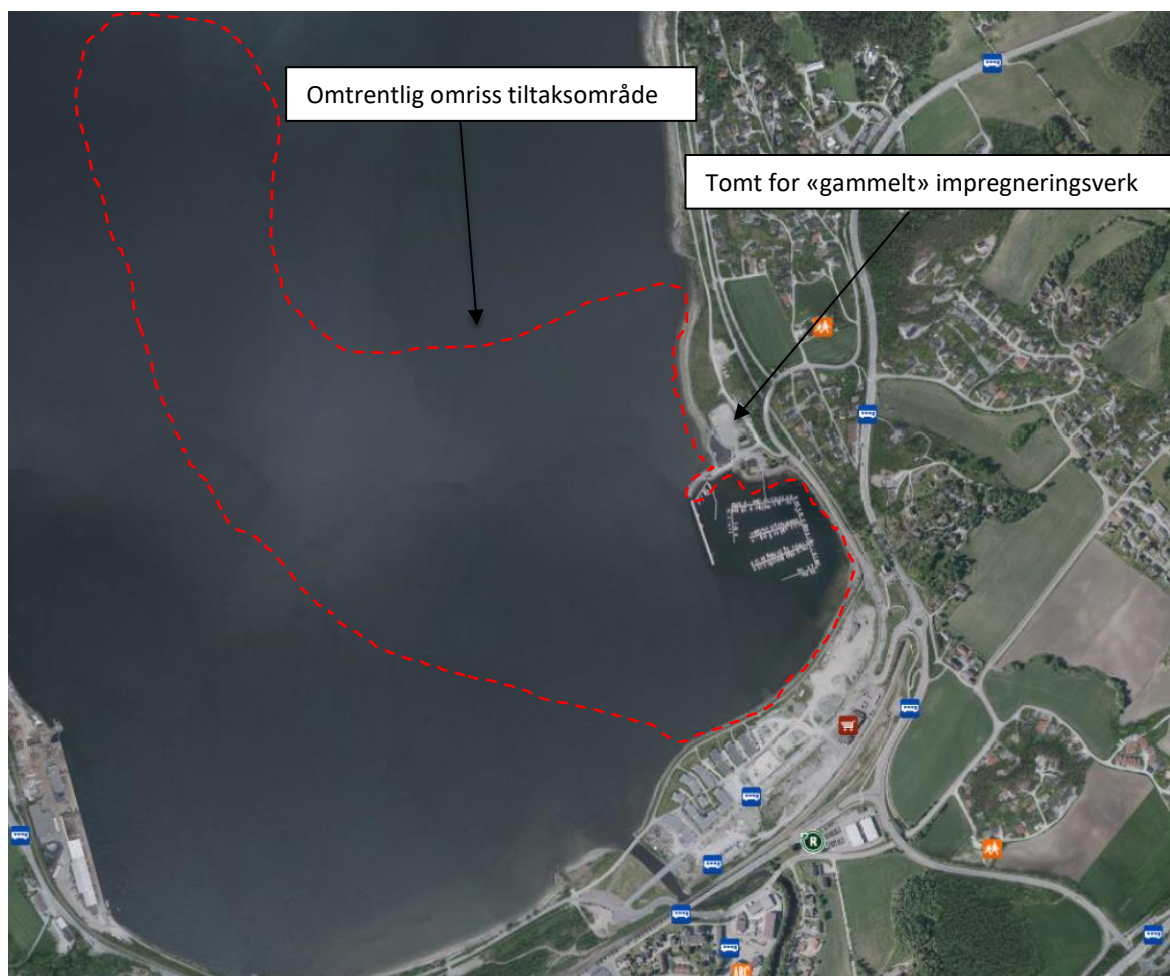
## 2 Områdebeskrivelse

### 2.1 Befaring

Det er ikke gjennomført befaring i området i forkant av utførte grunnundersøkelser.

### 2.2 Området og topografi

Planområdet ligger i skråningen utenfor Nygården småbåthavn i Hommelvikbukta og strekker seg utover deler av det flatere området i midten av bukta. Terrenget fra sjøkanten ved det gamle impregneringsverket faller slakt de første 50 meterne før skråningen har en gjennomsnittlig helning på ca. 1:4 ned bunnen av skråningen. Marbakken flater ut ved ca. kote -28, ca. 200 meter fra sjøkanten. Sjøbunnen faller videre ut av Hommelvikbukta.

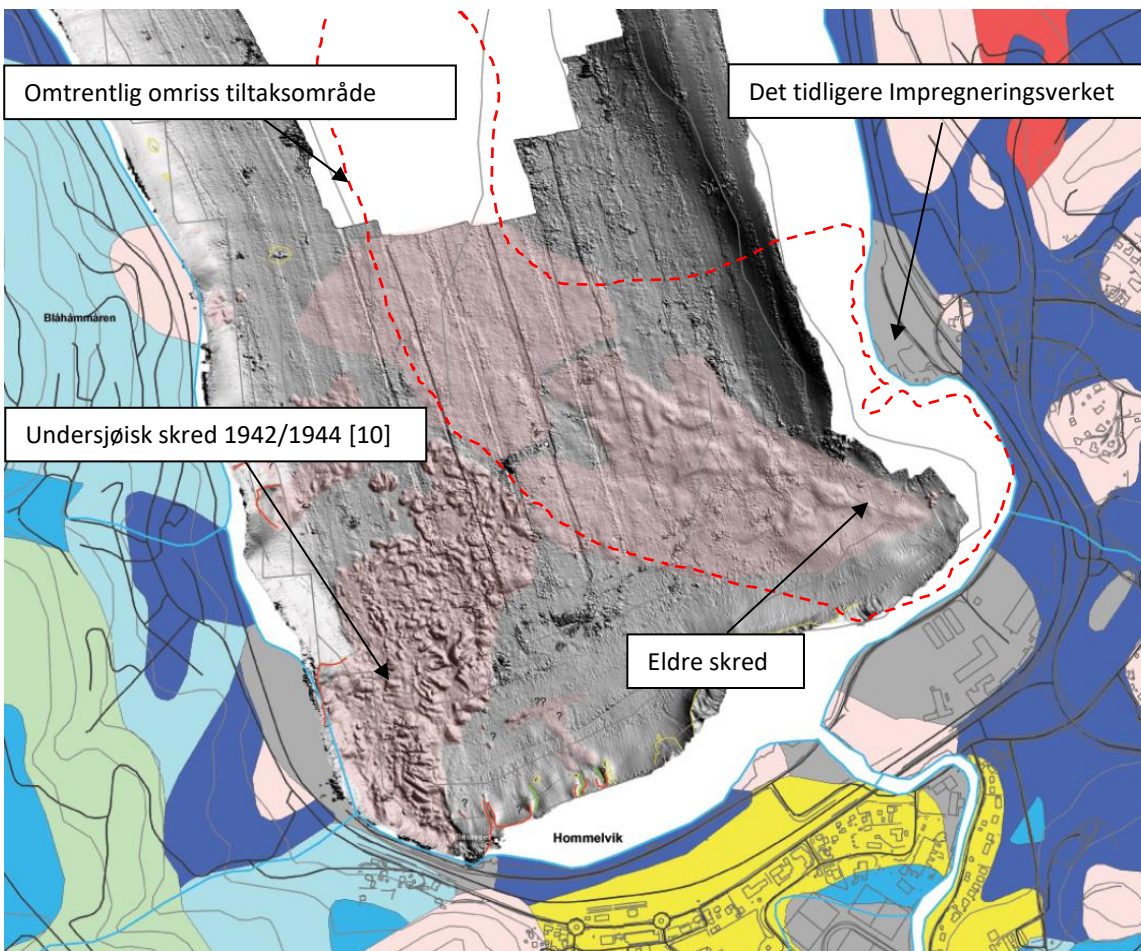


Figur 1 Flyfoto over planområdet. Tildekningsområdet omtrentlig skissert i rødt. [kilde: kart.finn.no]





Figur 2 Flyfoto over impregneringsverket i 1963 [kilde: kart.finn.no]



Figur 3 - Tidligere skred Hommelvikbukta [8]



### 3 Geotekniske grunnundersøkelser

#### 3.1 Tidligere grunnundersøkelser

Det er utført miljøgeologiske undersøkelser og geotekniske grunnundersøkelser i området, presentert i Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Relevante tidligere grunnundersøkelsesrapporter

Ref.	Rapport-nummer	Utført av	År	Oppdragsgiver	Oppdragsnavn/ rapportnavn	Vist på borplan
[9]	415257-RIGm-RAP-006 rev03	Multiconsult Norge AS	2018	Bane NOR	Hommelvikbukta, Malvik	Nei
[10]	415257-RIGm-RAP-005	Multiconsult ASA	2016	Bane NOR	Hommelvikbukta, Malvik	Nei
[11]	415257-RIGm-RAP-004	Multiconsult ASA	2016	Bane NOR	Hommelvikbukta, Malvik	Nei
[12]	413602-1	Multiconsult ASA	2009	Bane NOR	Supplerende sedimentundersøkelser	Nei
[13]	414404-1	Multiconsult ASA	2011	Asplan Viak	Hommelvik renseanlegg	Nei
[14]	O.6691	Rambøll	1988	Malvik kommune	Oppfyllingsområde Nygård nord, Hommelvik	Nei
[15]	O. 7852	Rambøll	1990	Malvik kommune	Tomt siltstasjon, Nygård nord, Hommelvik	Nei
[16]	O.4410 (tegninger)	Rambøll	1984	Hommelvik båtforening	Nygården småbåthavn	Nei

#### 3.2 Utførte grunnundersøkelser

##### 3.2.1 Feltundersøkelser

Det er blitt utført grunnundersøkelser på planområdet i uke 5 i 2018. Grunnundersøkelsene er utført av Multiconsult under ledelse av borleder Jan-Tore Johansen.

Utførte grunnundersøkelser omfatter:

- 9 stk. totalsonderinger
- 2 stk. trykksonderinger (CPTU)
- 10 stk. prøveserier med  $\varnothing 54$  mm sylindrerprøver (stål)

Borpunktene plassering er vist på borplanen, se tegning 415257-02-RIG-TEG-001. Borutskriften er vist på tegning -010 t.o.m. -015 og på profil A-A og B-B hhv. på tegning -600 og -601. Detaljer vedrørende trykksonderingene (CPTU) er vist på tegning -500.1 t.o.m. -501.4

Tabell 3-2: Koordinat-/høydesystem

Høydesystem	Koordinatsystem	Sone
NN1954	Euref 89	UTM 32

Tabell 3-3: Utførte feltundersøkelser

Borpunkt	Koordinater			Metode	Boret dybde			Kommentar
	X	Y	Z		Løs-masse	Ant. Berg	Totalt	
	[m]	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	
1	589926.63	7033880.04	-7.07	TOT, PR	29,70	-	29,70	
2	589908.44	7033876.00	-11.38	TOT, PR	13,63	-	13,63	
3	589882.12	7033870.09	-18.05	TOT, PR	17,30	-	17,30	
4	589829.39	7033858.70	-25.75	TOT, PR, CPTU	21,02	-	21,02	
5	589777.73	7033846.50	-30.28	TOT	22,15	-	22,15	
6	589999.07	7033728.45	-7.75	TOT, PR	15,65	-	15,65	
7	589971.85	7033722.16	-14.18	TOT, PR, CPTU	15,20	-	15,20	
8	589931.09	7033712.45	-20.78	TOT	24,15	-	24,15	
9	589863.69	7033696.80	-27.88	TOT, PR	22,15	-	22,15	
10	589532.56	7033791.82	-33.52	PR	0,00	-	0,00	
11	589364.68	7033844.51	-36.33	PR	0,00	-	0,00	
12	589646.29	7033757.63	-32.50	PR	0,00	-	0,00	

*TOT=Totalsondering; CPTU=Trykksondering; PR=Prøveserie*

### 3.2.2 Laboratorieundersøkelser

Prøvene er undersøkt i geoteknisk laboratorium, i uke 13 i 2018, med tanke på klassifisering og identifisering av jordartene, samt bestemmelse av prøvenes mekaniske egenskaper.

Ved undersøkelsen er prøvene klassifisert og beskrevet med måling av vanninnhold, tyngdetetthet, samt udrenert og omrørt skjærfasthet i massene.

Følgende laboratorieundersøkelser er utført:

- Rutineundersøkelser av 28 sylinderprøver (54 mm)
- Undersøkelse av organisk innhold i 5 sylinderprøver (54 mm)
- Konsistensgrenser på 5 sylinderprøver (54 mm)
- Korngraderingsanalyser på 6 sylinderprøver (54 mm)
- Treksialforsøk på 2 sylinderprøver

Resultatene fra rutineundersøkelser er presentert som geotekniske data i tegning 415257-02-RIG-TEG-200 til -209. Korngraderingsanalyser er vist i tegning -300 til -304. Resultater fra treksialforsøk er vist på tegning -450.1 til -451.3.

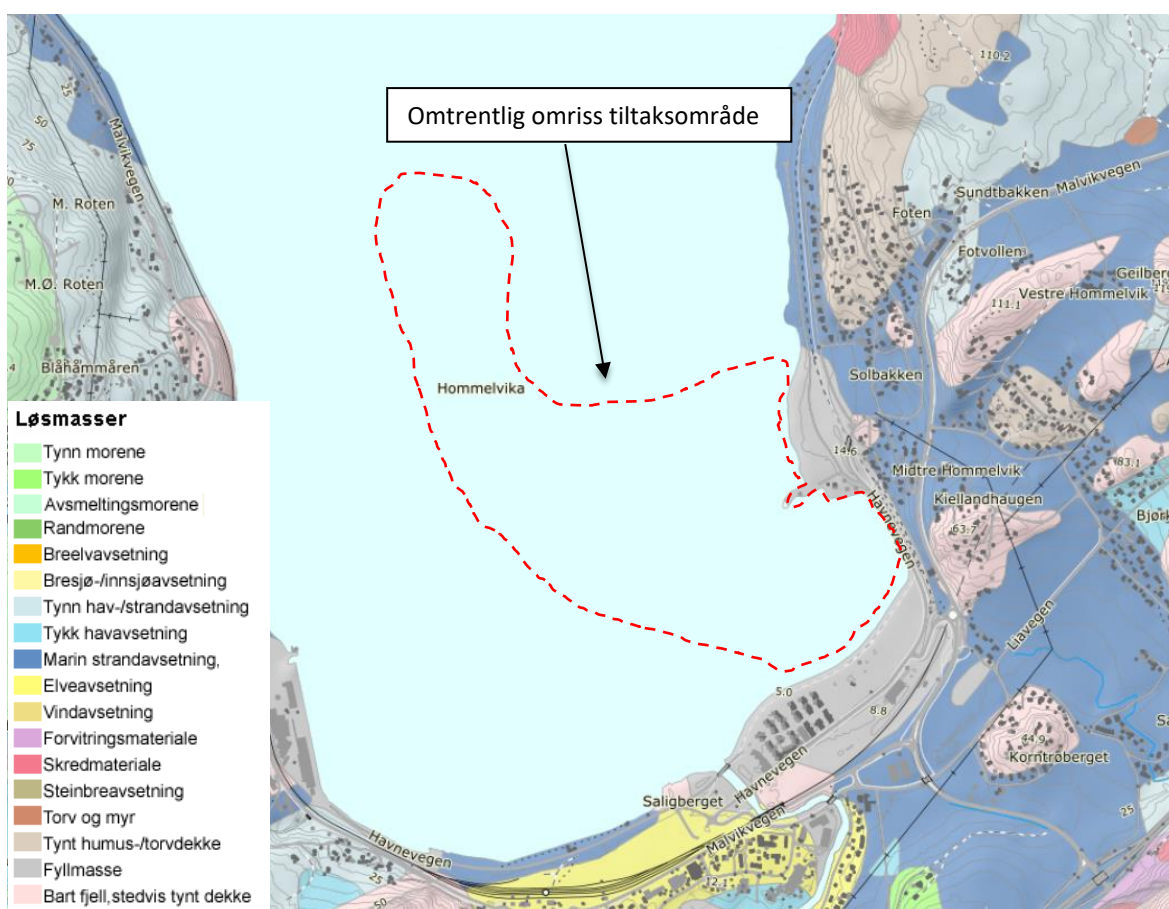
Utførelsen av laboratorieundersøkelser er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 2, mens en oversikt over metodestandarder for utførelse er gitt i geoteknisk bilag 3.

## 4 Grunnforholdsbeskrivelse

### 4.1 Kwartærgeologisk kart

Figur 4-1 viser et utsnitt av kvartærgeologisk kart for det aktuelle området. Kartet indikerer at løsmassene på land ved aktuelt område hovedsakelig består av fyllmasser og marin strandavsetning. For områder med marin avsetning kan det blant annet forventes siltige og leirholdige løsmasser.

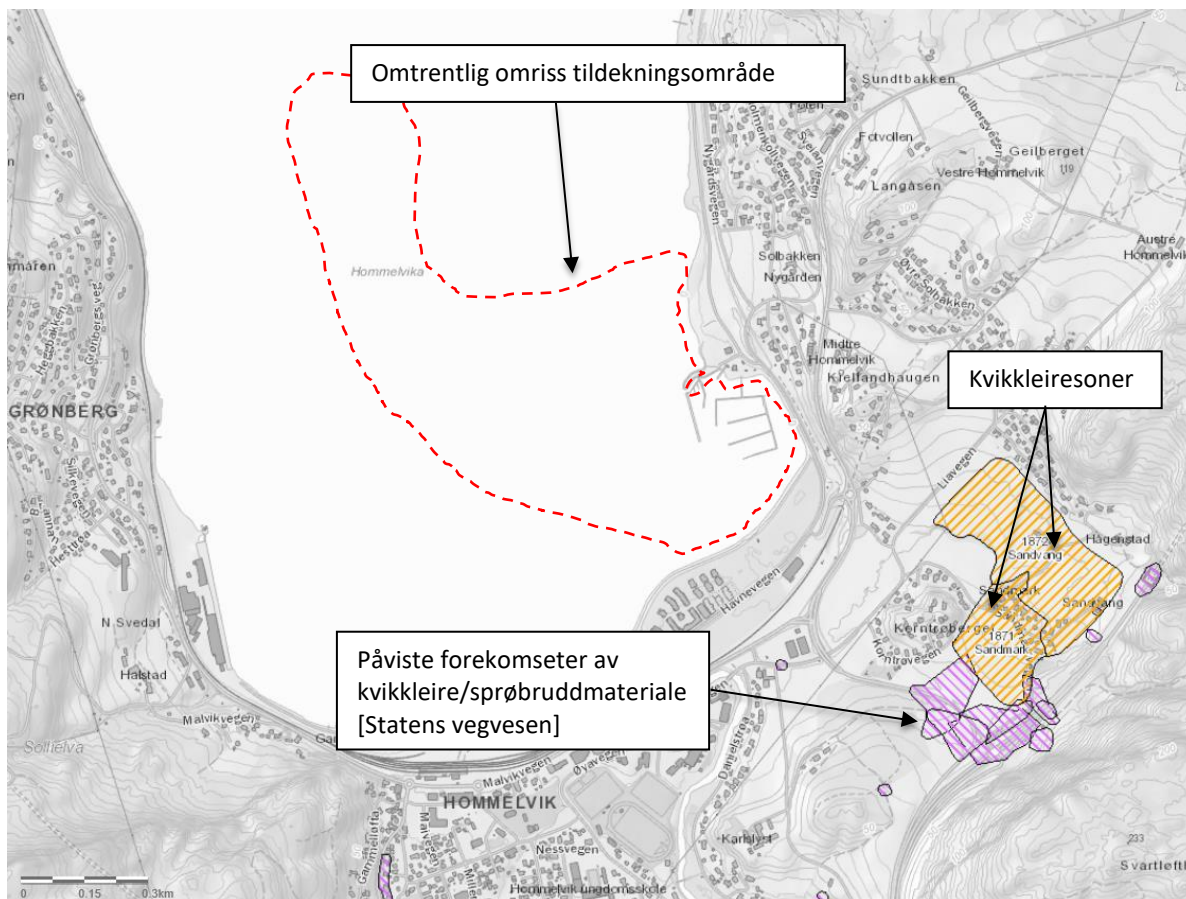
Det kvartærgeologiske kartgrunlaget gir en visuell oversikt over landskapsformende prosesser over tid, samt løsmassenes overordnede fordeling. Utgangspunktet for disse oversiktskartene er i all hovedsak visuell overflatekartlegging, og kun i begrenset omfang fysiske undersøkelser. Kartene gir ingen informasjon om løsmassefordeling i dybden og kun begrenset informasjon om løsmassemekthet. For mer informasjon om kvartærgeologiske kart og anvendelse/kvalitet vises til [www.ngu.no](http://www.ngu.no).



Figur 4-1: Kwartærgeologisk kart over området [5].

### 4.2 Eksisterende faresoner for kvikkleireskred

I følge NVEs kart over kvikkleiresoner [7], se Figur 4-2, er det to kvikkleiresoner sørøst for planområdet, 1872 «Sandvang» og 1871 «Sandmark». Det er også registrert, av Statens vegvesen, enkelte forekomster av kvikkleire i samme område og rundt Hommelvik sentrum i forbindelse med vegutbygging (E6).



Figur 4-2: Registrerte faresoner for kvikkleireskred [7].

### 4.3 Grunnforhold tolket ut fra grunnundersøkelser

#### 4.3.1 Generelt

Vanddybder er loddet ved borpunktene og korrigert for tidevannsvariasjoner.

Beskrivelse av usikkerhet og evaluering av resultatene fra grunnundersøkelsene er angitt i kapittel 5.

#### 4.3.2 Dybde til berg

Det er ikke påvist berg for noen av sonderingene og det antas stor dybde til berg.

#### 4.3.3 Løsmasser

I det bratteste partiet av marbakken, mellom borpunkt 1 og 3 langs profil A-A, se tegning -600, og mellom borpunkt 6 og 8 langs profil B-B, se tegning -601, viser grunnundersøkelsene at løsmassene i området består av et topplag av leirig og sandig silt og sand med mektighet på 1-2 meter langs profil A-A, og 1-3 meter langs profil B-B over leire. Leira kan karakteriseres som siltig, og stedvis homogen eller meget siltig. Totalsonderingene viser at leira ligger over et lag fastere masser, antagelig morenemasser. Mektigheten på leirelaget avtar her markant oppover langs marbakken, fra om lag 7 og 11 meter ved borpunkt 3 og 8 til om lag 4 og 5 meter ved borpunkt 1 og 6.

Videre nedover i marbakken er topplaget av silt og sand fraværende ved borpunkt 4 og 9. Her viser laborieundersøkelser på opptatte prøver fra ned til 5 meters dybde siltig leire, og totalsonderingene her antyder at dette leirelaget strekker seg ned til om lag 17 til 20 meters dybde under sjøbunnen, over antatt morenemasser.

Laboratorieundersøkelser på prøver fra borpunkt 12, 10 og 11 videre utover i det flate partiet av bukta, viser leire i borpunkt 12, og leirig, finsandig silt i borpunkt 10 og 11. Prøvene er tatt ned til 2 meters dybde under sjøbunnen.

Basert på resultatene fra prøveseriene har leira i undersøkt område et naturlig vanninnhold på 26-55 %. Vanninnholdet varierer mellom borhullene og i dybden. Plastisitetsindeksen varierer mellom 7-13 %, og leira kan betegnes som lite til middels plastisk. Udrenert skjærfasthet på leira er målt mellom 6-32 kPa, og varierer mellom meget bløt og middels fast. Konusforsøk på omrørte prøver viser omrørt skjærfasthet mellom 0,6 og 18 kPa. Ett laboratorieforsøk viser en omrørt skjærfasthet på 0,6 kPa, slik at leira her grenser til å være kvikk. Tilhørende sensitiviteter er i størrelsesorden 5-13, varierende mellom borpunktene og i dybden.

#### **4.3.4 Poretrykk og grunnvann**

Det er ikke utført poretrykksmålinger i området i forbindelse med grunnundersøkelsene.

## 5 Geoteknisk evaluering av resultatene

Det er ikke registrert avvik fra standard utførelsesmetoder.

### 5.1 Viktige forutsetninger

Det gjøres oppmerksom på at grunnundersøkelsene kun avdekker lokale forhold i de respektive utførte borpunktene. Dette benyttes videre til å gi en generell beskrivelse av grunnforholdene i området. Grunnforholdene mellom borpunktene kan variere mer enn det som eventuelt kan interpoleres fra utførte grunnundersøkelser.

### 5.2 Undersøkelles- og prøve kvalitet

Kvaliteten på opptatte prøver og utførte undersøkelser er variabel. Noe prøveforstyrrelse må forventes i lagdelte masser, spesielt med siltinnhold.

Treksialforsøkene utført på prøver fra borhull 4 og 6 viser varierende prøve kvalitet, se Tabell 5-1. Kvaliteten på prøven fra borpunkt 4 er klassifisert som «god til brukbar» etter NGF melding 11 [6].

Enaksiale trykkforsøk viser bruddtøyninger fra 4-15 %, se Tabell 5-2. Bruddtøyningene er varierende på prøvene fra de forskjellige borhullene og i dybden.

Tabell 5-1 - Klassifisering av treksialforsøk iht. NGF melding 11 [6] og håndbok V220 [4].

Borpunkt	Dybde [m]	Poretallsendring, $\Delta e/e_0$	Vurdering iht. NGF melding 11	Utpresset porevann, volum-%	Vurdering iht. håndbok V220
4	4,40	0,04	God til brukbar	1,91	Godt forsøk
6	3,30	0,09	Dårlig	4,67	Dårlig forsøk

Tabell 5-2 - Oversikt over skjærfasthet fra enaksialforsøk med tilhørende tøyning ved brudd

Borpunkt	Dybde [m]	Skjærfasthet [kN/m <sup>2</sup> ]	Tøyning [%]
1	1,55	15,5	14,7
	3,60	5,6	5,7
2	2,50	7,5	4,2
3	0,60	15,2	5,9
	4,5	11,8	13,0
4	0,48	8,4	14,2
6	2,50	14,3	13,6
7	0,55	30,5	7,4
9	1,60	5,3	12,7
	2,50	12,6	14,2
11	1,60	35,4	10,9
12	1,55	14,1	14,9

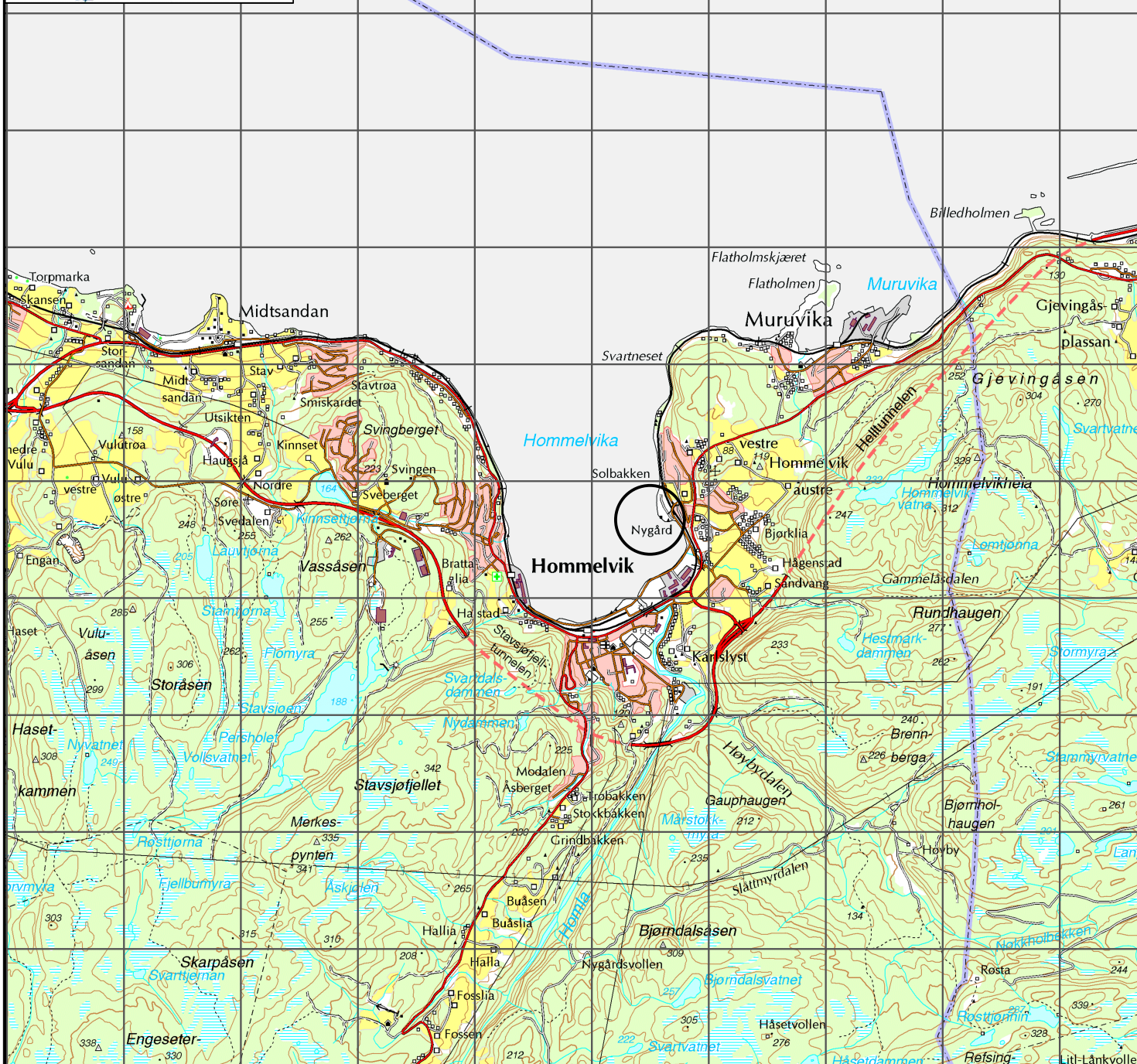
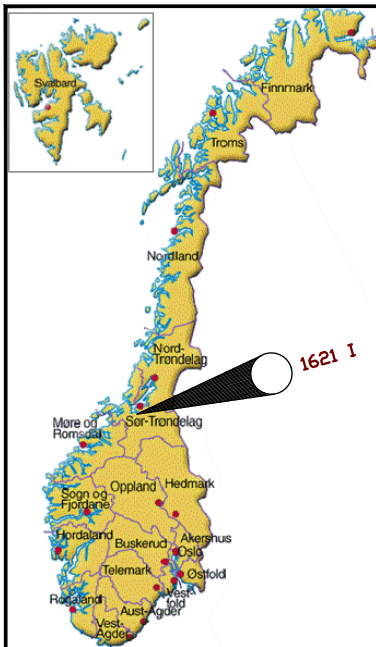


## 6 Behov for supplerende grunnundersøkelser

For tildekningstiltaket i Hommelvikbukta er det i 2018 utført grunnundersøkelser i hele planområdet. Multiconsult vurderer omfanget grunnundersøkelser som tilstrekkelig for detaljprosjektering av det omtalte tiltaket.

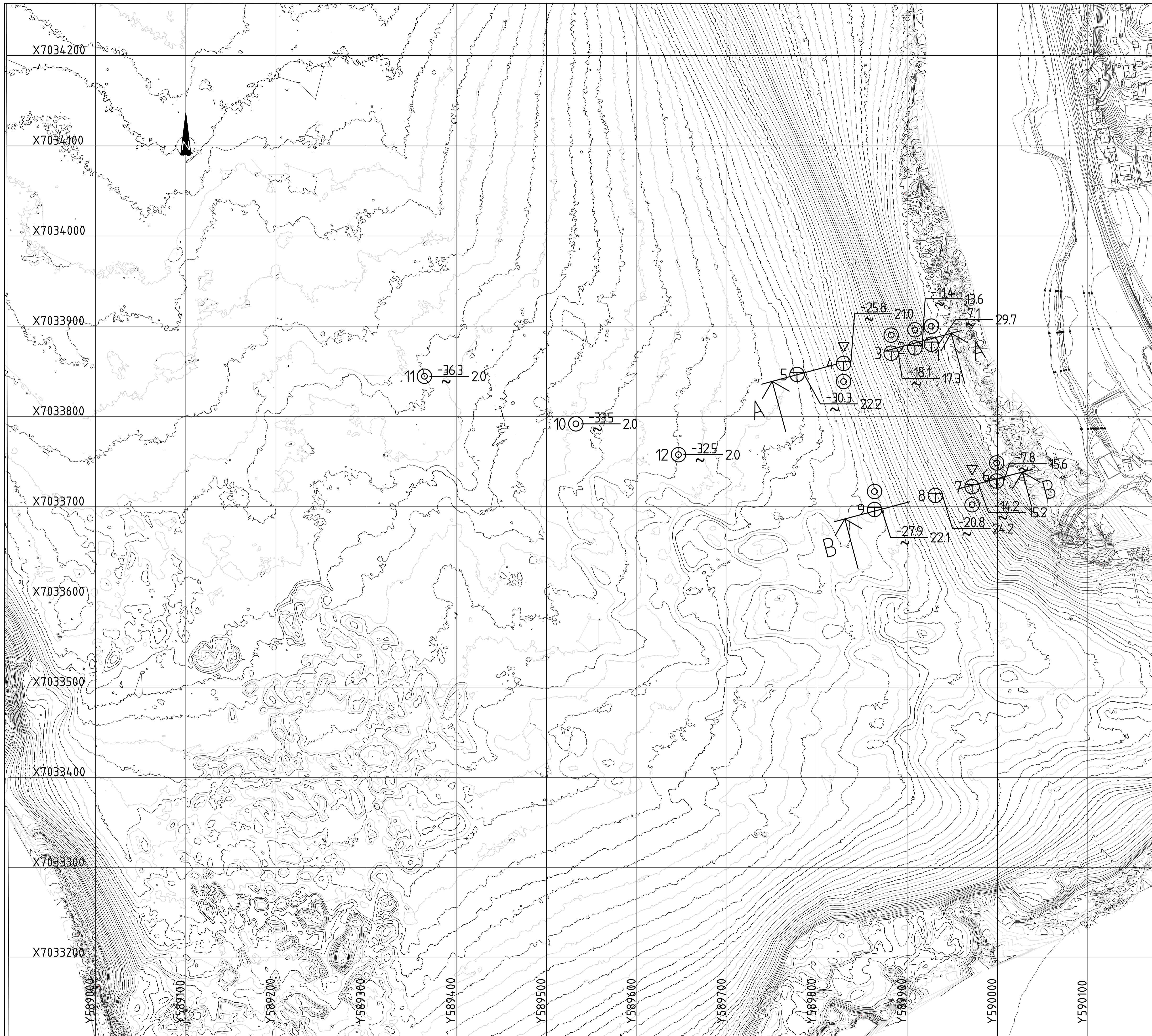
## 7 Referanser

- [1] Standard Norge, «Systemer for kvalitetsstyring. Krav (ISO 9001:2015)», Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN ISO 9001:2015.
- [2] Standard Norge, «Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver (NS-EN 1997-2:2007)», Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1997-2:2007/AC:2010+NA:2008, Mars 2007.
- [3] Standard Norge, «Kvalifikasjonskrav til utførende av grunnundersøkelser – Del 1: Geotekniske feltundersøkelser (NS 8020-1:2016)», Standard Norge, Norsk standard NS 8020-1:2016, Juni 2016
- [4] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Geoteknikk i vegbygging (Håndbok V220)», Vegdirektoratet, Oslo, Veiledning, Juni 2010.
- [5] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase - kvartærgeologiske kart».
- [6] Norsk Geoteknisk Forening (NGF): NGF-Melding nr. 1-11.
- [7] Norges Vassdrags- og energidirektorat(NVE): atlas.nve.no
- [8] NGU, rapport nr. 2005.054 «Skredkartlegging langs kystsonen i Trondheimsområdet, datagrunnlag og morfologi». 18. oktober 2005.
- [9] Multiconsult ASA, rapport nr. 415257-RIGm-RAP-006 rev03. «Hommelvikbukta, Malvik. Sedimentundersøkelser 2016-2018, risiko og tiltaksvurdering». 2018
- [10] Multiconsult ASA, rapport nr. 415257-RIGm-RAP-005. «Hommelvikbukta, Malvik. Sedimentundersøkelser juni 2016». 2016.
- [11] Multiconsult ASA, rapport nr. 415257-RIGm-RAP-004. «Hommelvikbukta Malvik, sedimentundersøkelse ved kreosot «hot spot»». 2016.
- [12] Multiconsult ASA, rapport nr. 413602-1. «Supplerende sedimentundersøkelser». 2009
- [13] Multiconsult ASA, rapport nr. 414404-1. «Hommelvik renseanlegg». 2011
- [14] Rambøll. Oppdrag nr. 6691. «Oppfyllingsområde Nygård nord, Hommelvik». 1988
- [15] Rambøll. Oppdrag nr. 7852. «Tomt siltstasjon, Nygård nord, Hommelvik». 1990
- [16] Rambøll. Oppdrag nr. 4410. «Nygården småbåthavn». 1984.



<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no	Hommelvikbukta, Malvik Geotekniske grunnunderøkelser Oversiktskart		Status Utsendt	Fag Geoteknikk	Original format A4	Dato 06.04.2018
			Konstr./Tegnet SIVMH	Kontrollert SSB	Godkjent HAN	Målestokk 1:50000
			Oppdragsnr. 415257-02	Tegningsnr. RIG-TEG-000		Rev. 00





**FORKLARING:**

**TEGNFORKLARING:**

- DRIESONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- ⊕ PORETRYK MÅLING
- ENKEL SONDERING
- PRØVEGROP
- ⊗ KJERNEBORING
- ▼ RAMSONDERING
- ⬇ DREI TRYKSONDERING
- ⊛ FJELLKONTROLLBORING
- ▽ TRYKSONDERING
- ⊠ SKRUPLATEFORSØK
- ⊞ BERG I DAGEN
- ⊕ TOTALSONDERING
- + VINGEBORING

KARTGRUNNLAG:  
Kartgrunnlag: Digitalt kart  
Koordinatsystem: UTM Sone 32V  
Høydereferanse: NN 1956  
Utgangspunkt for nivellement: GPS GLONASS CPDS  
Borrbok nr.: Digital  
Lab.bok nr.: Digital

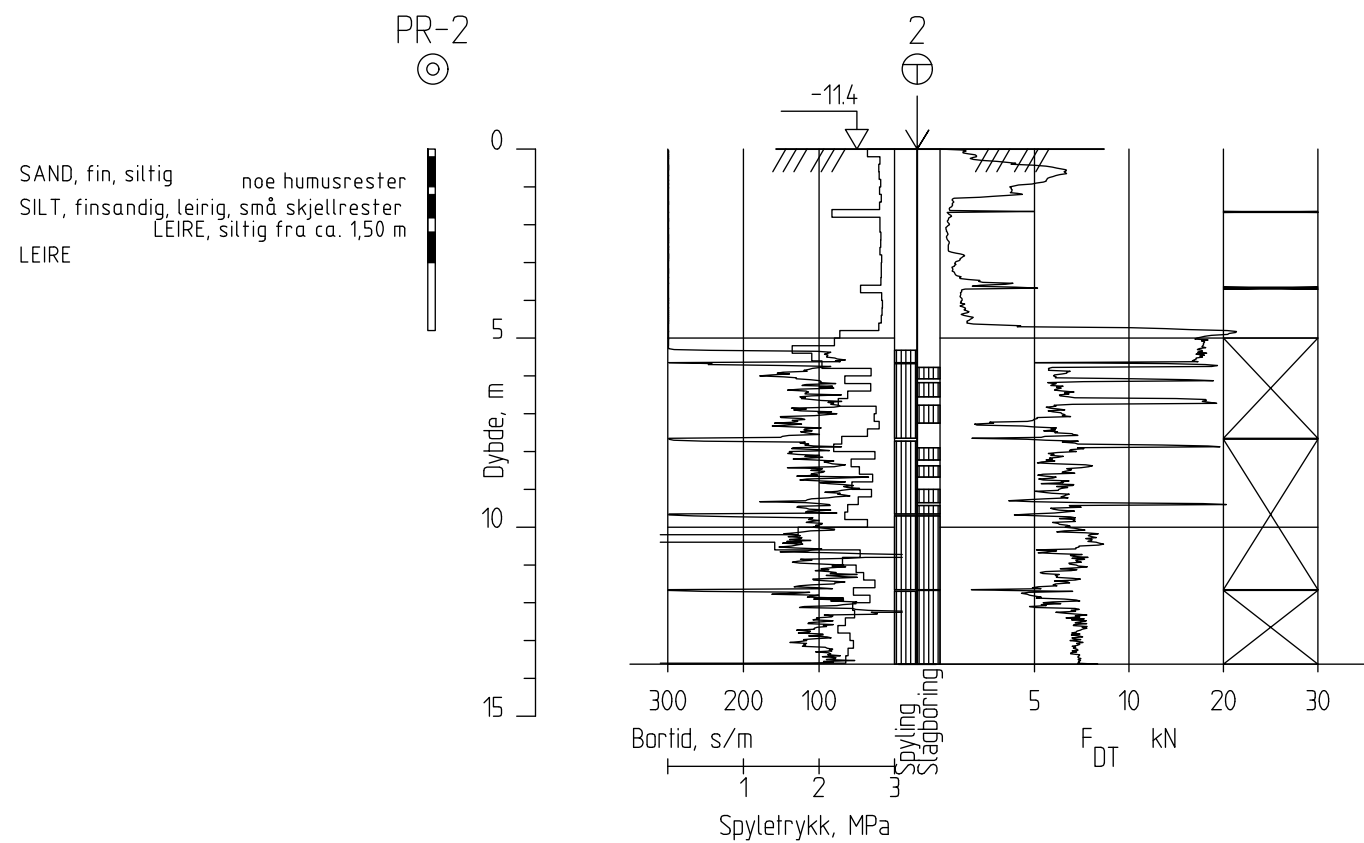
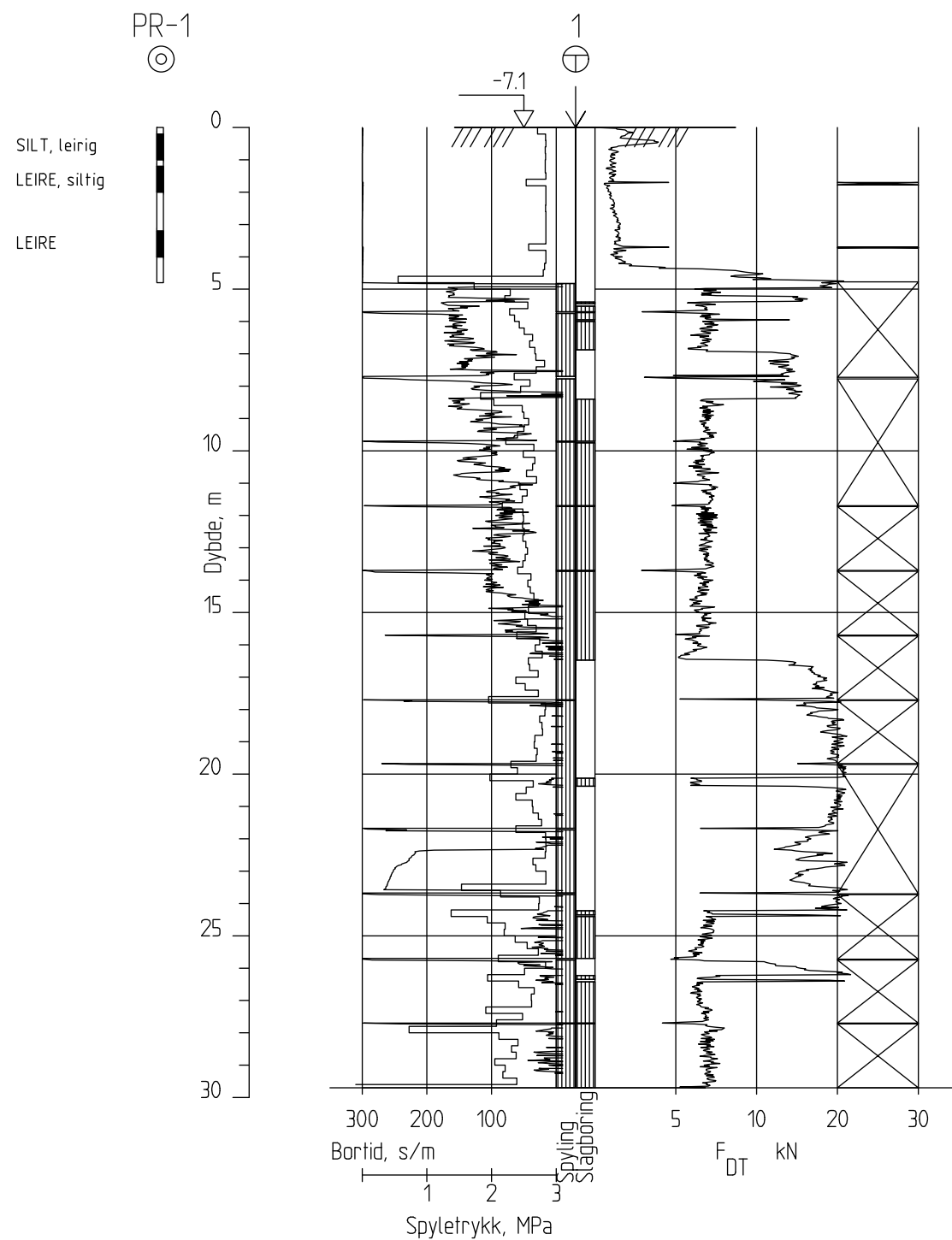
Eksempel: BP 1 ⊕  $\frac{430}{282}$  -14.8 +2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG  
ANTATT BERGKOTE

**KLASSIFISERING AV BORPUNKT:**

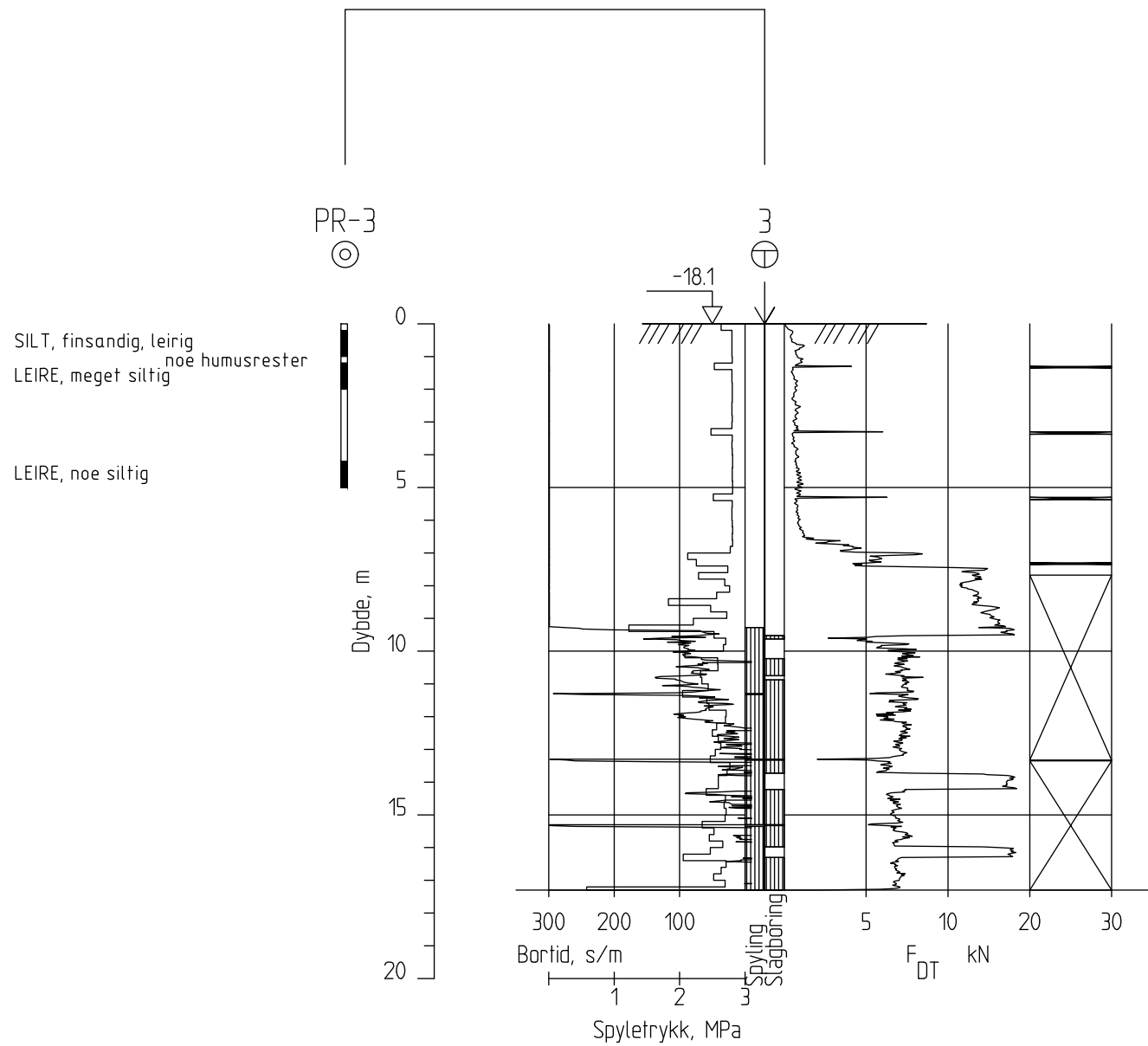
- PÅVIST KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
- MULIG KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
01	Bane NOR SF Hommelvikbukta, Malvik		Fag Geoteknikk	Formal A1	
	Borplan				Format/Beskr. A1/1:2000 A3/1:4000
<b>Multiconsult</b>		Status: Utstedt	Konstr./Tegnet: SIVMH	Kontrollert: SSB	Godkjent: HAN
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.: 415257-02	Tegningsnr.:	RIG-TEG-001	Rev.: 00

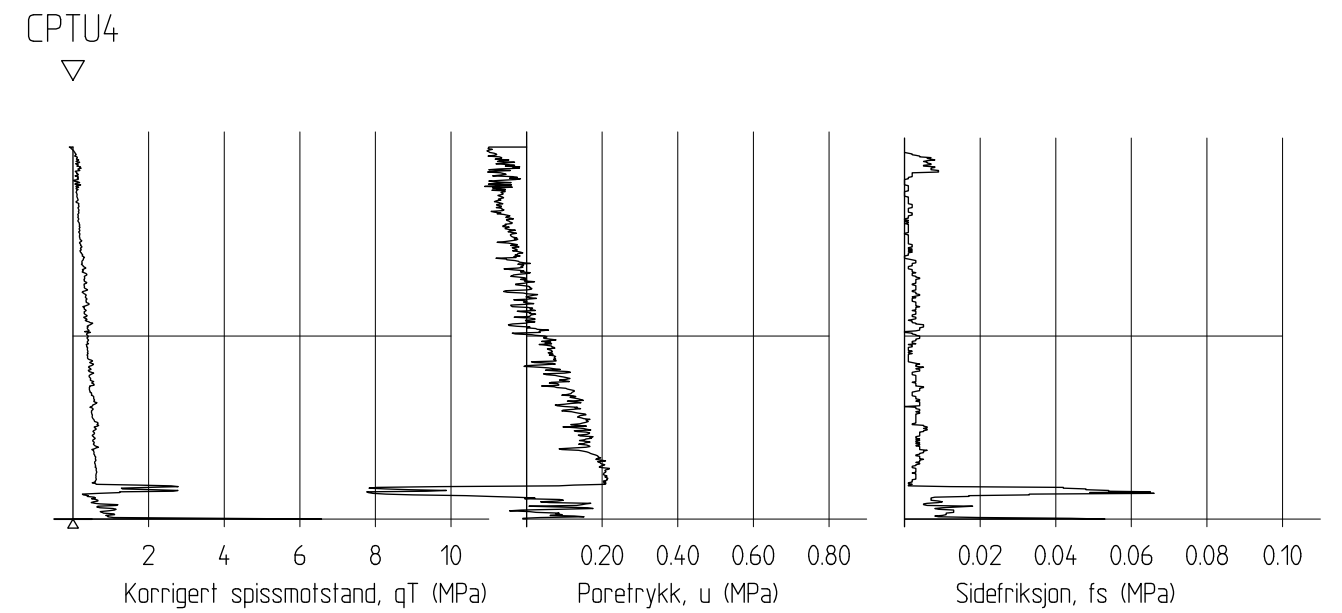
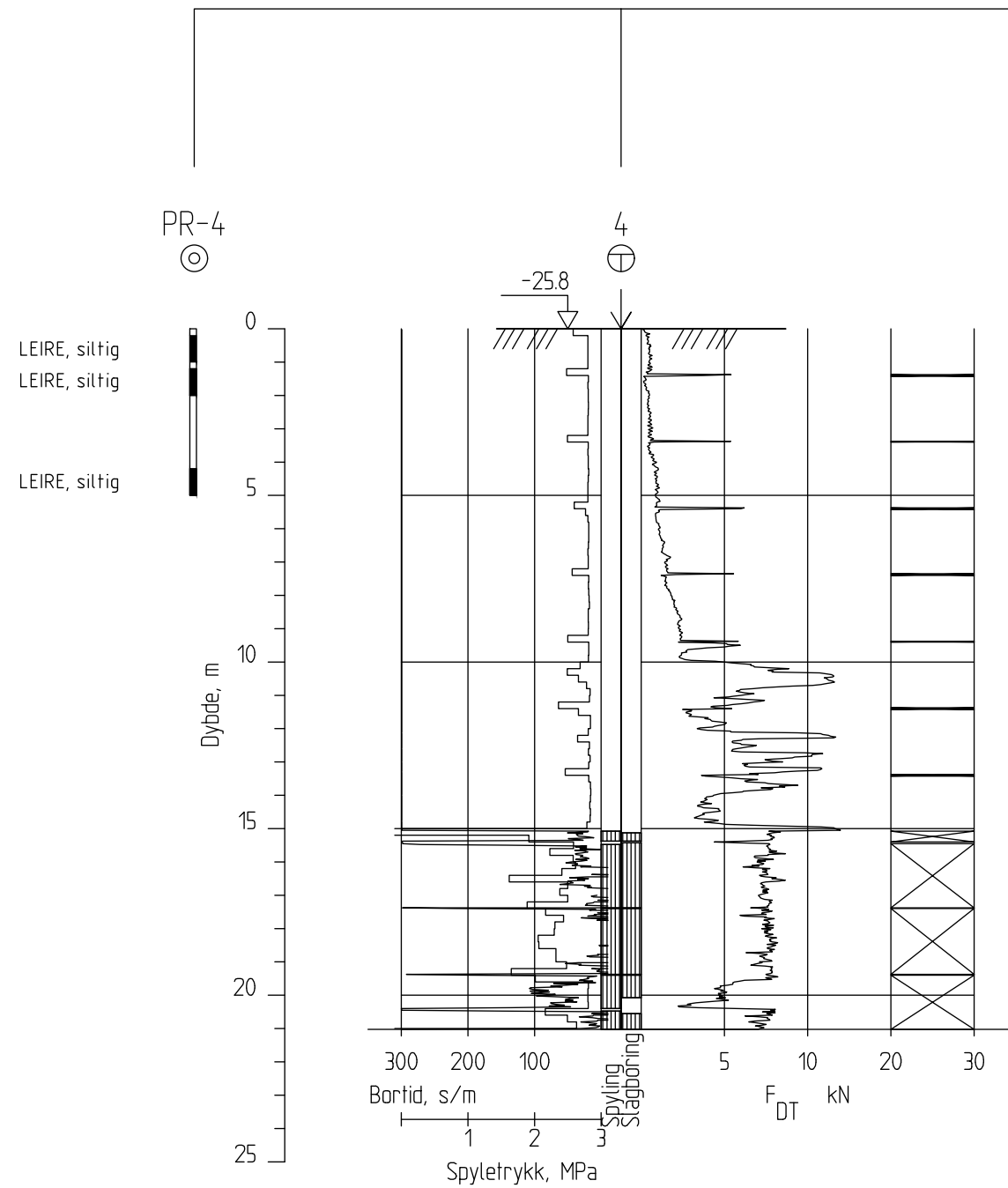




00					
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Bane NOR SF Hommelvikbukta, Malvik			Fag Geoteknikk	Format A3	
Borutskrift Borpunkt 1-2			Dato 16.04.2018	Format/Målestokk: 1:200	
		Status Utsendt	Konstr./Tegnet SIVMH	Kontrollert SSB	Godkjent HAN
Oppdragsnr. 415257-02		Tegningsnr. RIG-TEG-010			Rev. 00

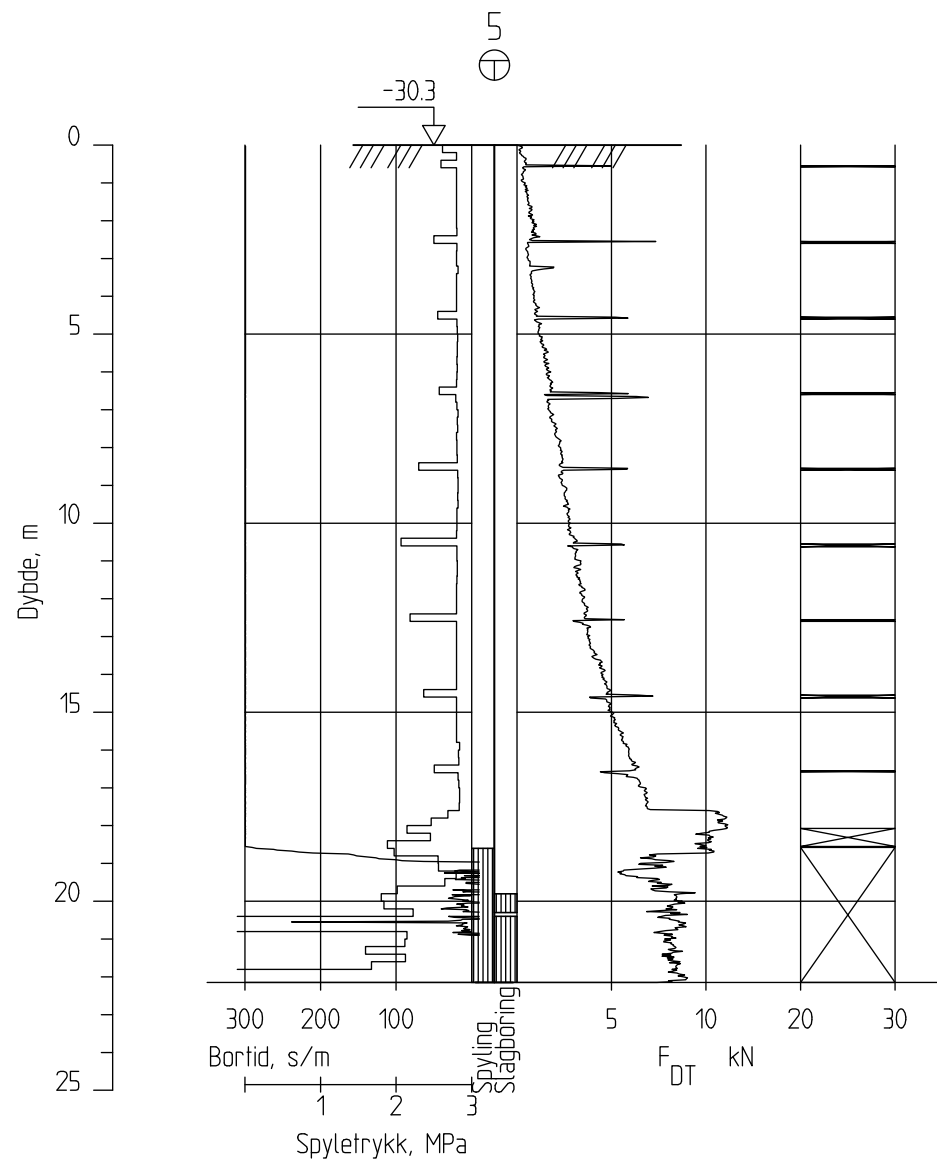


00					
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Bane NOR SF Hommelvikbukta, Malvik			Fag Geoteknikk	Format A3	
Borutskrift Borpunkt 3			Dato 16.04.2018	Format/Målestokk: 1:200	
<b>Multiconsult</b>		Status Utsendt	Konstr./Tegnet SIVMH	Kontrollert SSB	Godkjent HAN
Oppdragsnr. 415257-02		Tegningsnr. RIG-TEG-011			Rev. 00

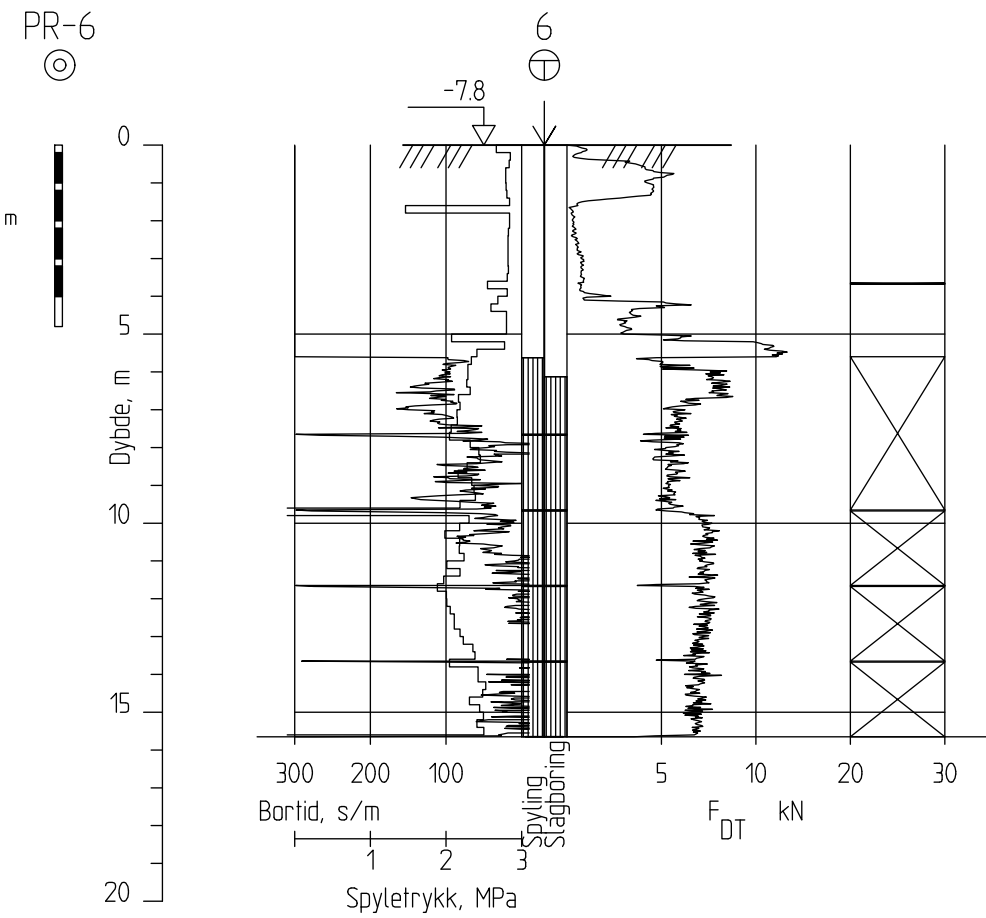


00					
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Bane NOR SF Hommelvikbukta, Malvik		Fag Geoteknikk	Kontr.	Format A3
	Borutskrift Borpunkt 4		Dato 16.04.2018		Format/Målestokk: 1:200
<b>Multiconsult</b>		Status Utsendt	Konstr./Tegnet SIVMH	Kontrollert SSB	Godkjent HAN
	Oppdragsnr. 415257-02	Tegningsnr. RIG-TEG-012			Rev. 00



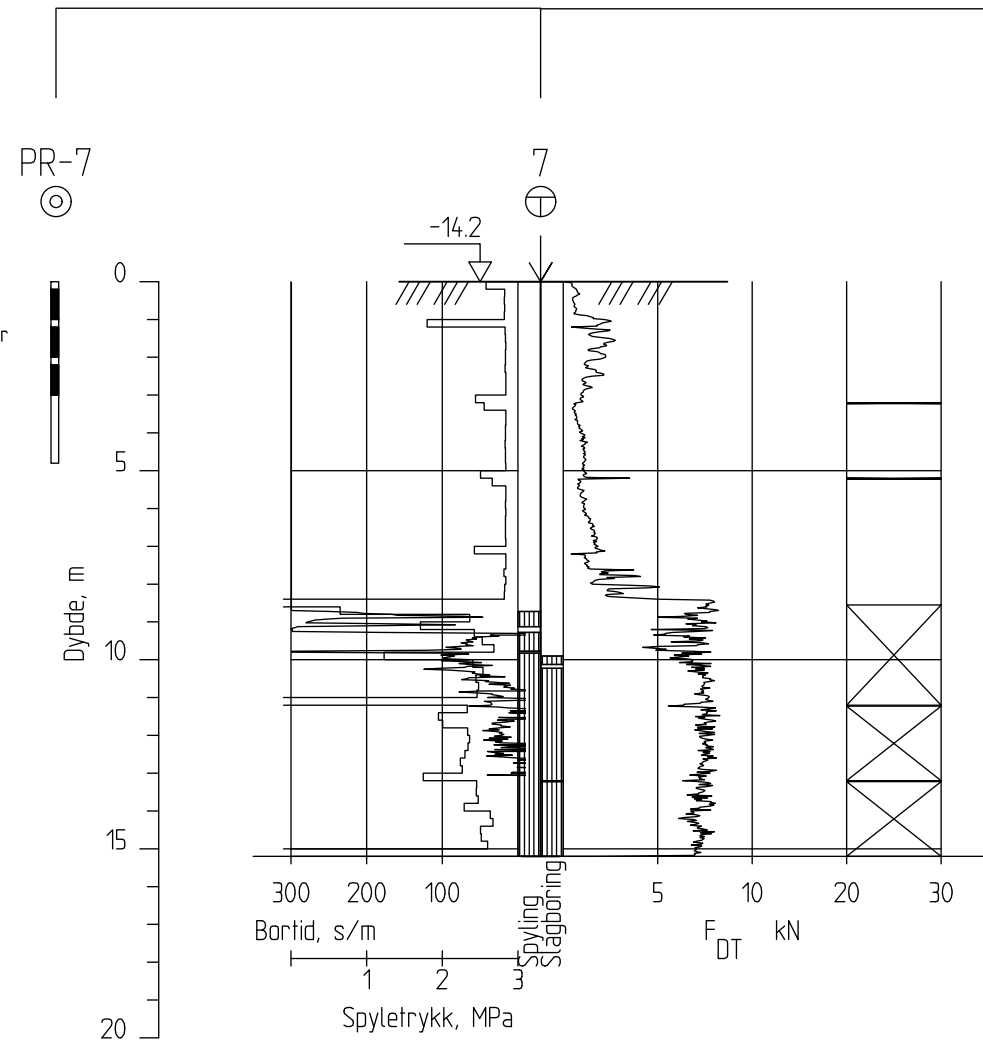


SAND, fin  
 SILT LEIRE, siltig fra ca. 2,60 m  
 LEIRE, siltig  
 LEIRE

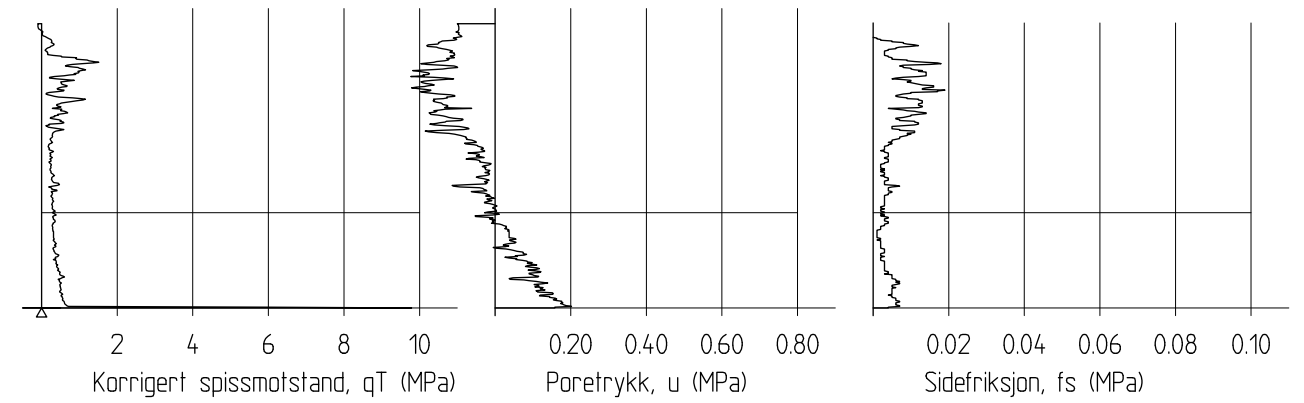


00					
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Bane NOR SF Hommelvikbukta, Malvik			Fag Geoteknikk	Format A3	
			Dato	16.04.2018	
Borutskrift Borpunkt 5-6			Format/Målestokk: 1:200		
<b>Multiconsult</b>		Status Utsendt	Konstr./Tegnet SIVMH	Kontrollert SSB	Godkjent HAN
		Oppdragsnr. 415257-02	Tegningsnr. RIG-TEG-013		Rev. 00

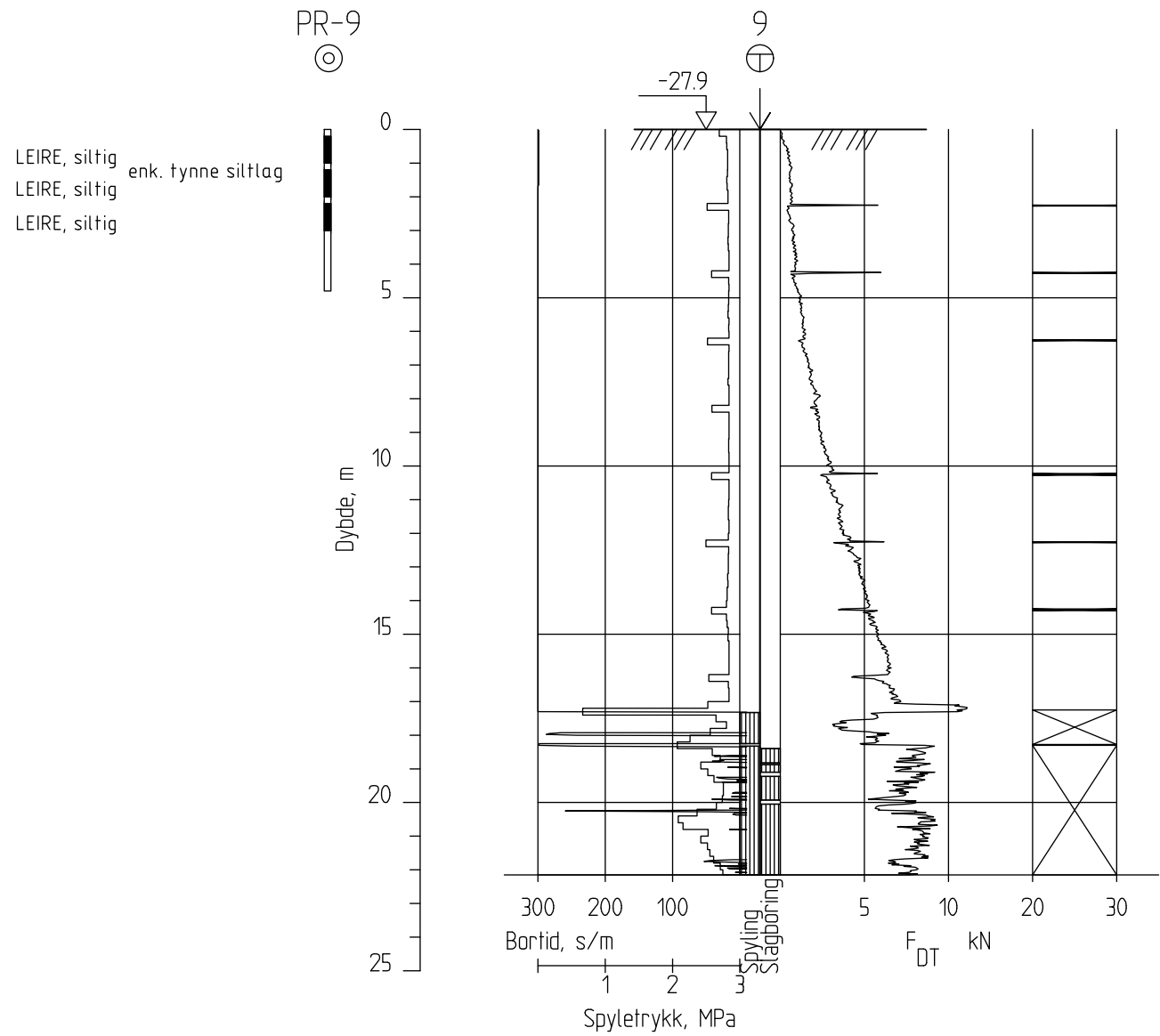
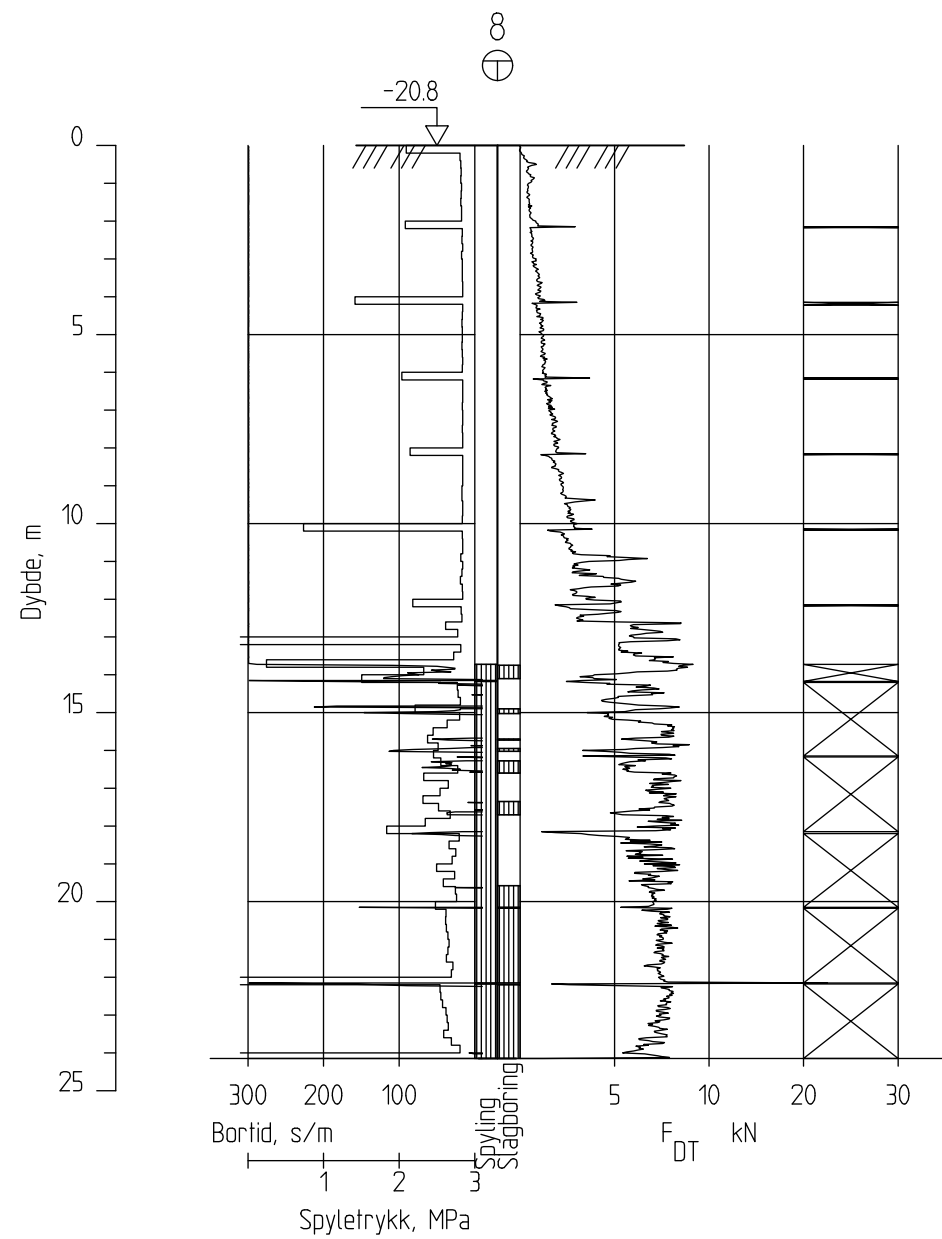
SILT, finsandig, leirig  
 SILT, leirig noe humusrester  
 SILT, leirig



CPTU7  
 ▽



00					
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Bane NOR SF Hommelvikbukta, Malvik			Fag Geoteknikk	Format A3	
Borutskrift Borpunkt 7			Dato 16.04.2018	Format/Målestokk: 1:200	
<b>Multiconsult</b>		Status Utsendt	Konstr./Tegnet SIVMH	Kontrollert SSB	Godkjent HAN
Oppdragsnr. 415257-02		Tegningsnr. RIG-TEG-014			Rev. 00



00					
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Bane NOR SF Hommelvikbukta, Malvik			Fag Geoteknikk	Format A3	
Borutskrift Borpunkt 8-9			Dato 16.04.2018		
			Format/Målestokk: 1:200		
<b>Multiconsult</b>		Status Utsendt	Konstr./Tegnet SIVMH	Kontrollert SSB	Godkjent HAN
Oppdragsnr. 415257-02		Tegningsnr. RIG-TEG-015			Rev. 00

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Porøsitet (%)		Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)		
				10	20	30	40	50		Organisk innhold (%)		10	20	30	40	50			
				kt. -7,1															
	SILT, leirig		K			○			1,85	49	▽	0,8							
	LEIRE, siltig		K			○	○		2,05	42	▽	0,9	▽	▽	○				4
	LEIRE						○				▽	1,0	▽	▽				4	
5																			
10																			
15																			
20																			

**Symboler:** Enaksialforsøk (strek angir akseial tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold  $\rho$  = Densitet T = Treaksialforsøk  $\rho_s$ : 2,75 g/cm<sup>3</sup>

▽ Omrørt konus  $S_t$  = Sensitivitet Ø = Ødometerforsøk Grunnvannstand: m

┌ Plastisitetsindeks, Ip ▽ Uomrørt konus K = Korngradering Borbok: Lab-bok: Digital

PRØVESERIE		Borhull: 1	
Bane NOR SF			Dato: 2018-04-04
Hommelvikbukta, Malvik			
 www.multiconsult.no	Konstr./Tegnet: vt/mash	Kontrollert: SIVMH	Godkjent: HAN
	Oppdragsnummer: 415257-02	Tegningsnr.: RIG-TEG- 200	Rev. nr.: 00

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Porsisitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
5	SAND, fin, siltig	noe humusrester							2,04	41							
	SILT, finsandig, leirig, små skjellrester		K						2,01	43	1,4						
	LEIRE	LEIRE, siltig fra ca. 1,50m							1,85	54	1,1	1,7					5
10																	
15																	
20																	

**Symboler:**



Enaksialforsøk (strek angir akseil tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold

▼ Omrørt konus

$\rho$  = Densitet

T = Treaksialforsøk

$\rho_s$ : 2,75 g/cm<sup>3</sup>

┌ Plastisitetsindeks, Ip

▽ Uomrørt konus

S<sub>t</sub> = Sensitivitet

Ø = Ødometerforsøk

Grunnvannstand: m

K = Korngradering

Borbok:

Lab-bok: Digital

PRØVESERIE

Borhull:

2

Bane NOR SF

Dato:

2018-04-04

Hommelvikbukta, Malvik

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

vt/mash

Kontrollert:

SIVMH

Godkjent:

HAN

Oppdragsnummer:

415257-02

Tegningsnr.:

RIG-TEG- 201

Rev. nr.:

00

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)	
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50		
5	SILT, finsandig, leirig	noe humusrester	K						1,98	45	1,3							
	LEIRE, meget siltig									1,92	46	1,4						
	LEIRE, noe siltig										1,98	44						
10																	6	
15																		
20																		

**Symboler:**



Enaksialforsøk (strek angir aksial tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold

▼ Omrørt konus

$\rho$  = Densitet

T = Treaksialforsøk

$\rho_s$ : 2,75 g/cm<sup>3</sup>

┌ Plastisitetsindeks, Ip

▽ Uomrørt konus

$S_t$  = Sensitivitet

Ø = Ødometerforsøk

Grunnvannstand: m

K = Korngradering

Borbok:

Lab-bok: Digital

PRØVESERIE

Borhull:

3

Bane NOR SF

Dato:

2018-04-04

Hommelvikbukta, Malvik

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

vt/mash

Kontrollert:

SIVMH

Godkjent:

HAN

Oppdragsnummer:

415257-02

Tegningsnr.:

RIG-TEG- 202

Rev. nr.:

00

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Porsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
5	LEIRE, siltig							1,93	48								7
	LEIRE, siltig							1,81	52								9
	LEIRE, siltig		T					1,94	46								6
10																	
15																	
20																	

**Symboler:**



Enaksialforsøk (strek angir aksjell tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold

▼ Omrørt konus

$\rho$  = Densitet

T = Treaksialforsøk

$\rho_s$ : 2,75 g/cm<sup>3</sup>

Grunnvannstand: m

— Plastisitetesindeks, Ip

▽ Uomrørt konus

$S_t$  = Sensitivitet

Ø = Ødometerforsøk

Borbok:

K = Korngradering

Lab-bok:

Digital

PRØVESERIE

Borhull:

4

Bane NOR SF

Dato:

2018-04-04

Hommelvikbukta, Malvik

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

vt/mash

Kontrollert:

SIVMH

Godkjent:

HAN

Oppdragsnummer:

415257-02

Tegningsnr.:

RIG-TEG- 203

Rev. nr.:

00



Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Porsitet (%)		Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50					10	20	30	40	50	
	SAND, fin																	
	SILT																	
	LEIRE, siltig							2,01	43	1,2							4	
	LEIRE		T					1,81	53	1,1							3	
5																	2	
10																	7	
15																		
20																		

**Symboler:**



Enaksialforsøk (strek angir aksial tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold

▼ Omrørt konus

$\rho$  = Densitet

T = Treaksialforsøk

$\rho_s$ : 2,75 g/cm<sup>3</sup>

┌ Plastisitetesindeks, Ip

▽ Uomrørt konus

S<sub>t</sub> = Sensitivitet

Ø = Ødometerforsøk

Grunnvannstand: m

K = Korngradering

Borbok:

Lab-bok: Digital

PRØVESERIE

Borhull:

6

Bane NOR SF

Dato:

2018-04-04

Hommelvikbukta, Malvik

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

vt/mash

Kontrollert:

SIVMH

Godkjent:

HAN

Oppdragsnummer:

415257-02

Tegningsnr.:

RIG-TEG- 204

Rev. nr.:

00