



Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt for den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult. Enhver bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn de som er godkjent skriftlig av Multiconsult, er forbudt, og Multiconsult påtar seg intet ansvar for slikt bruk. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter.

## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag</b>	DOKUMENTKODE	418771-RIG-RAP-014
EMNE	Sone 605 Flatla - Stabilitetsberegninger	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)</b>	OPPDRAGSLEDER	Guro Torpe Vassenden
KONTAKTPERSON	Ingrid Havnen	UTARBEIDET AV	Pernille Baustad
KOORDINATER	Sone: UTM32 Øst: 293602 Nord: 7047866	ANSVARLIG ENHET	10234016 Geoteknikk, Naturfare Midt
GNR./BNR./SNR.	- / - / - / Stjørdal		

## SAMMENDRAG

NVE engasjerte Multiconsult Norge AS i årene 2017-2019 til å utrede utvalgt kvikkleiresoner i Stjørdal og Steinkjer kommune. Ut fra denne utredningen har NVE gjort en kost/nytte-analyse av sikring, og høsten 2022 ble det utført supplerende grunnundersøkelser som grunnlag for anleggsveger eller andre avklaringer i utvalgte soner.

I sone 605 Flatla er det utført stabilitetsberegning i profil 2-2 for vurdering adkomstvei fra Valstadvegen og ned mot Vollselva. Dette er ett av to mulige alternativer for adkomstvei for etablering av sikringstiltak i kvikkleiresonen.

Utførte stabilitetsberegninger viser en sikkerhetsfaktor på  $F_{cu} = 0,98$  for udrenert tilstand og  $F_{c\phi} = 1,13$  for drenert tilstand.

I samråd med NVE er adkomstvegen plassert i tiltakskategori K2. Krav om sikkerhet oppfylles dersom tiltaket ikke forverrer stabiliteten. Det er foreslått to alternativer for etablering av adkomstveg for å oppnå dette kravet. Masseutskifting med skumglass med adkomstveg i terreng eller kompensert fundamentering med adkomstveg under dagens terreng. Nøyaktig plassering av adkomstveg er foreløpig ikke bestemt, men masseutskifting/kompensert fundamentering må kiles ut etter en viss utbredelse slik at det ikke graves i bunn av skråning.

Adkomstvei fra Valstadvegen og ned mot Vollselva vurderes som gjennomførbart.

00	01.12.2023	Beregningsrapport for profil 2-2 i kvikkleiresone 605 Flatla	Pernille Baustad	Emil Trones	Anders Gylland
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Beregningsprinsipper .....</b>	<b>6</b>
2.1	Generelt .....	6
2.2	Sikkerhetskrav .....	6
2.3	Beregningsprofil .....	6
2.4	Lagdeling .....	6
2.5	Laster .....	6
2.6	Sikrings- og stabilitetstiltak .....	6
<b>3</b>	<b>Tolkning av materialeparametere .....</b>	<b>7</b>
3.1	Generelt .....	7
3.2	Spenningshistorie .....	7
3.3	Udrenerte fasthetsparametere .....	7
3.3.1	$c_u$ fra enaks og konus .....	7
3.3.2	$c_{uA}$ fra treaksialforsøk .....	7
3.3.3	$c_{uA}$ fra CPTU-sonderinger .....	7
3.3.4	SHANSEP .....	7
3.3.5	Anisotropiforhold .....	8
3.4	Drenerte materialparametere .....	8
3.4.1	Materialparametere .....	8
3.4.2	Poretrykksforhold .....	8
<b>4</b>	<b>Kvalitet grunnlagsdata .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Beregningsresultater .....</b>	<b>10</b>
5.1	Beregningsgrunnlag .....	10
5.2	Stabilitet dagens situasjon .....	10
5.3	Stabilitet ved etablering av adkomstveg .....	10
<b>6</b>	<b>Oppsummering .....</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>13</b>

## TEGNINGER

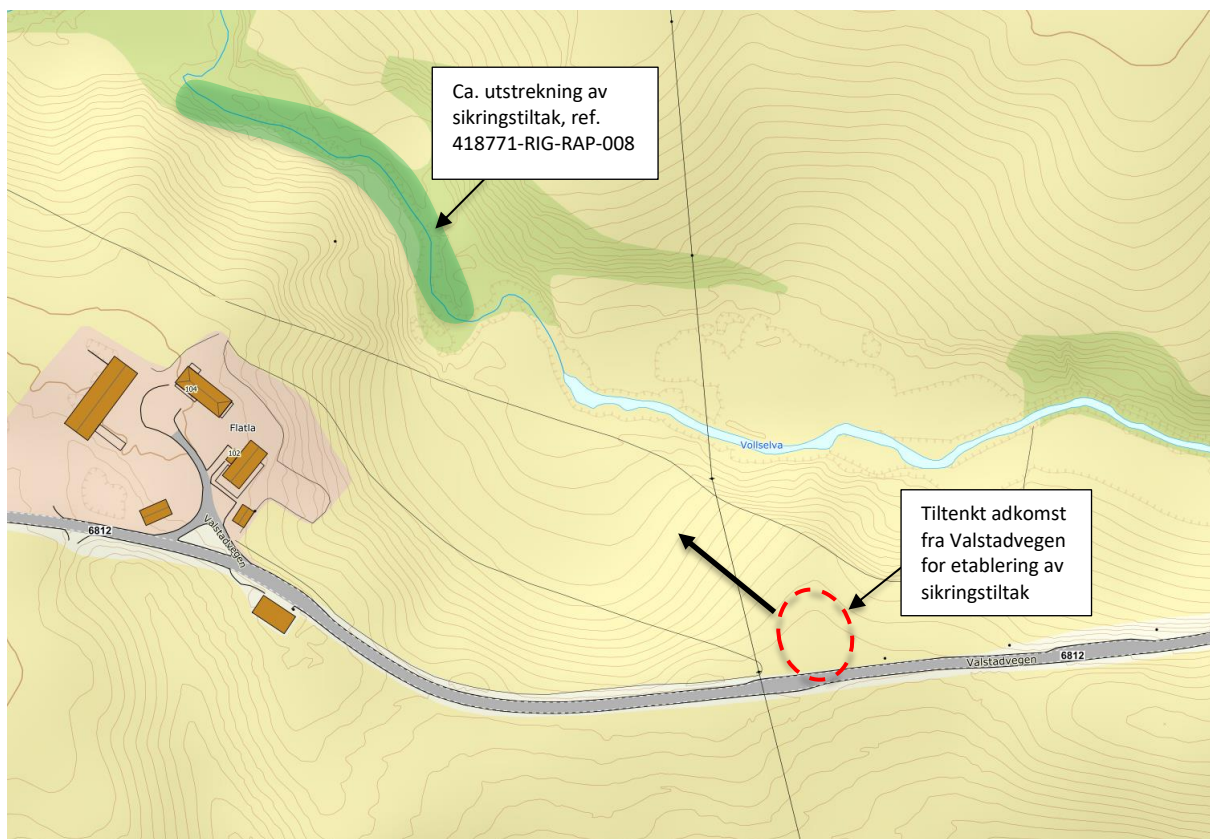
418771-RIG-TEG-605 -001	Oversiktskart
-500.1	CPTU, BP.605-5, Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet
-500.2	CPTU, BP.605-5, In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger
-500.3	CPTU, BP.605-5, Måledata og korrigerede måleverdier
-500.4	CPTU, BP.605-5, Avledede dimensjonsløse forhold
-500.5	CPTU, BP.605-5, Prekonsolideringstrykk, $\sigma'_c$
-500.6	CPTU, BP.605-5, Overkonsolideringsgrad, OCR
-500.7	CPTU, BP.605-5, Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet
-501.1	CPTU, BP.605-6, Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet
-501.2	CPTU, BP.605-6, In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger
-501.3	CPTU, BP.605-6, Måledata og korrigerede måleverdier
-501.4	CPTU, BP.605-6, Avledede dimensjonsløse forhold
-501.5	CPTU, BP.605-6, Prekonsolideringstrykk, $\sigma'_c$
-501.6	CPTU, BP.605-6, Overkonsolideringsgrad, OCR
-501.7	CPTU, BP.605-6, Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet
-700	Lagdeling, profil 2-2
-800	Stabilitetsberegning, profil 2-2

## 1 Innledning

NVE engasjerte Multiconsult Norge AS i årene 2017-2019 til å utrede utvalgt kvikkleiresoner i Stjørdal og Steinkjer kommune. Utredningen var en mellomting mellom den regionale kartleggingen som vanligvis utgjør en boring per sone, og detaljert soneutredning i henhold til NVE-veiledere. Hensikten med oppdraget var å gi grunnlag til prioritering av sikringstiltak i sonene. I sone 605 Flatla ble det foreslått en motfylling i bunn av Vollselva, ref. rapport 418771-RIG-RAP-008\_rev01 [1]. Se Figur 1-1. Figur 1-1

NVE har gått gjennom den utredningen som ble utført av sonene og gjort en kost/nytte-analyse av sikring. Ut fra denne analysen ble det høsten 2022 utført supplerende grunnundersøkelser som grunnlag for anleggsveger eller andre avklaringer i utvalgte soner. Supplerende grunnundersøkelser er rapportert i Mesta rapport nr. 22423 [2].

I sone 605 Flatla i Stjørdal kommune er det utført supplerende grunnundersøkelser med formål om å vurdere stabilitet for en anleggsvei fra Valstadvegen og ned mot Vollselva. Dette er ett av to mulige alternativer for adkomstvei for etablering av sikringstiltak i kvikkleiresonen. Foreliggende rapport presenterer resultater fra stabilitetsberegninger og forslag til tiltak for etablering av adkomstveg.



Figur 1-1 Oversikt over aktuelt område i sone 605 Flatla

## 2 Beregningsprinsipper

### 2.1 Generelt

Beregninger er utført med beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» versjon 22.0.1.0, med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektmetode, og anvender en versjon av lamellmetoden som tilfredsstiller både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet når man utfører beregninger for sammensatte glideflater.

### 2.2 Sikkerhetskrav

I samråd med NVE kan tiltaket om adkomstveg plasseres i tiltakskategori K2 iht. NVE veileder 2019/1. Følgende kriterier ligger til grunn for vurdering av adkomstveg:

- Krav til sikkerhet oppfylles hvis tiltaket ikke forverrer stabiliteten.
- Hvis tiltaket forverrer stabiliteten, skal det kreves absolutt sikkerhet  $F_{cu} \geq 1,4 * f_s$  og  $F_{c\phi} \geq 1,25$ , hvor  $f_s$  er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene.

### 2.3 Beregningsprofil

Det er utført beregninger av profil 2-2 for vurdering av adkomstveg. Tegning nr. 418771-RIG-TEG-605-001 viser plassering av profilet i sonen.

### 2.4 Lagdeling

Lagdeling og parametere i profilet er basert på parametere fra dreietrykksonderinger, CPTU-sondering, laboratorieforsøk.

Generelt er det valgt å tolke lagdelingen på en konservativ måte. Dette gjelder både for skiller mellom sprøbruddmateriale og leire, og dybde til berg. Sonderingene i sonen er avsluttet i løsmasser mellom 15,0 og 25,0 m dybde, og bergdybde er generelt ukjent. Bergdybde er derfor lagt dypt nok til at den ikke påvirker beregningsresultatet.

Tolket lagdeling i beregningsprofiler er vist i tegning 418771-RIG-TEG-605-700.

### 2.5 Laster

En generell trafikklast på 15 kPa (\*1,3) fra fv. 812 Valstadvegen er benyttet på toppen av skråningen i stabilitetsberegningen. I vurdering av adkomstveg er det benyttet dimensjonerende anleggslast på 19,5 kPa.

### 2.6 Sikrings- og stabilitetstiltak

For beregning og beskrivelse av sikringstiltak for sone 605 Flatla vises det til rapport 418771-RIG-RAP-008\_rev01 [3]. Foreliggende rapport presenterer beregninger av profil 2-2 og vurdering av adkomstveg for gjennomføring av sikringstiltaket.

### 3 Tolkning av materialeparametere

#### 3.1 Generelt

Tolkning av beregningsparametere er utført med resultat av utførte CPTU-sonderinger og opptatte 54 mm prøveserier som er presentert i datarapport 10200525-RIG-RAP-001 [4] og rapport 22423 [2]. Ved mangel på datagrunnlag benyttes det i utgangspunktet lokale erfaringsverdier eller erfaringsverdier fra States vegvesenets håndbok V220 [5].

#### 3.2 Spenningshistorie

Prekonsolideringsspenningen  $\sigma'_c$  og overkonsolideringsforhold OCR er tolket ut fra ødometerforsøk og CPTU-sonderingene. Opptegning av CPTU-sonderingene i tegning 605-500.1 til 605-501.7 viser tolket designprofil for  $\sigma'_c$  og OCR sammen med benyttede tolkningsmetoder i borpunktene der det er utført CPTU.

#### 3.3 Udrenerte fasthetsparametere

##### 3.3.1 $c_u$ fra enaks og konus

Verdier for  $c_u$  fra rutineundersøkelser på opptatte prøver (enaks og konus) er i våre vurderinger betraktet som indikasjoner på gjennomsnittlig skjærfasthet,  $c_{uD}$ . Verdier er oppgitt i plot for  $c_{uA}$ -tolkning uten noen omregning. Verdiene er ikke tillagt særlig vekt i tolkning av profil for opptredende aktiv udrenert skjærfasthet.

##### 3.3.2 $c_{uA}$ fra treaksialforsøk

Det er utført treaksialforsøk i BP 605-5. Forsøket viser en markant verdi for udrenert skjærfasthet, og denne er tatt inn og vist i opptegning av udrenert skjærfasthet fra CPTU-sonderingene i tegning -605-500.7.

##### 3.3.3 $c_{uA}$ fra CPTU-sonderinger

For bestemmelse av udrenert skjærfasthet er CPTU-sonderingene korrelert iht. empirisk baserte tolkningsfaktorer som vist på tegning 605-500.1 til 605-501.7 hvor også laboratorieforsøk og tolket designlinje er inkludert.

##### 3.3.4 SHANSEP

Udrenert skjærfasthet er avhengig av OCR kan modelleres etter SHANSEP-prinsippet (Ladd & Foott 1974) [6]:

$$c_{uA} = \alpha * OCR^m * \sigma'_0$$

Der:

- $\alpha$  = Stigningstall som varierer vanligvis mellom 0,25 og 0,35 for aktiv skjærfasthet
- OCR = Overkonsolideringsgrad =  $\sigma'_c / \sigma'_0$
- m = Eksponent som for norske leirer typisk har vist seg å variere mellom ca. 0,65 og 0,75 avhengig av leire
- $\sigma'_0$  = In situ vertikal effektivspenning

Der hvor det er nødvendig å plassere et fasthetsprofil i stabilitetsberegningene, men det ikke foreligger en CPTU som tolkningsgrunnlag, tolkes aktiv skjærfasthet ut fra SHANSEP-prinsippet. SHANSEP-tolkningen benyttes også som støtte når aktiv skjærfasthet tolkes fra CPTU.

Fasthetsprofiler som plasseres der hvor det ikke er utført CPTU velges ut fra SHANSEP-parametere som best passer området profilet ligger i, eller nærmeste CPTU.

SHANSEP-tolkninger for CPTU-punktene er vist sammen med udrenert skjærfasthet i tegning 605-500.7 og 605-501.7.

### 3.3.5 Anisotropiforhold

Tabell 3-1 oppsummerer anvendte ADP-faktorer i udrenert materiale [7].

Tabell 3-1: Oversikt over valgte ADP-faktorer

Material	$c_{uA}$ -koeffisient	$c_{uD}$ -koeffisient	$c_{uP}$ -koeffisient
Leire	1,00	0,63	0,35
Sprøbruddmateriale	1,00	0,63	0,35

Verdiene for anisotropikoeffisientene ligger på den konservative siden det antas at plastisitetsindeks  $I_p$  alltid er mindre eller lik 10 % (som ofte er tilfellet for utvaskede marine leirer i Trøndelag).

## 3.4 Drenerte materialparametere

### 3.4.1 Materialparametere

Drenerte materialparametere som benyttes i stabilitetsberegningene er basert på verdier benyttet i tidligere fase av prosjekt, og kontrollert opp mot treaksialforsøk som er utført i supplerende grunnundersøkelser i sone 605. Utført treaksialforsøk i BP 605-5 indikerer en friksjonsvinkel i samme størrelsesorden som benyttet tidligere, men med en kohesjon som kan tolkes til å være høyere.

Tabell 3-2 oppsummerer effektivspenningsparametere brukt i beregningen.

Tabell 3-2: Oppsummering av effektivspenningsparametere.

Materiale	Tyngdetetthet $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°); $\tan\phi$	Kohesjon $c$ (kPa)
Leire	19,0	26,5; 0,50	5
Sprøbruddmateriale	19,0	25,6; 0,48	3,8
Tørrskorpe	19,0	31,0; 0,60	0,6

### 3.4.2 Poretrykksforhold

Poretrykksforholdet i topp av skråning er basert på piezometer i BP 605-2 satt ut ved grunnundersøkelser utført av Multiconsult i 2018 [4]. Det er påvist underhydrostatisk poretrykk på topp av skråningen. I bunn er det antatt hydrostatisk poretrykksfordeling med dybden. Benyttede profiler for poretrykk er vist i beregningsprofilet, tegning 418771-RIG-TEG-605-800.



#### 4 Kvalitet grunnlagsdata

Samtlige utførte CPTU havner i anvendelsesklasse 1 for både spissmotstand, friksjon og poretrykk, ref. dokumentasjon måledata i datarapport 10200525-RIG-RAP-001 [4] og datarapport 22423 [2].

Treaksforsøkene viser en markant verdi for udrenert skjærfasthet og vurderes å ha god kvalitet tatt i betraktning at det er  $\varnothing 54$ mm sylindertestprøver. Begge ødometerforsøkene viser en tydelig markering av prekonsolideringsspenning.

Totalt sett vurderes parametergrunnlaget å være tilfredsstillende sett opp mot formålet om stabilitetsberegning for adkomstveg i sone 605 Flatla.

## 5 Beregningsresultater

Situasjonsplan over sone 605 Flatla er vist på tegning 418771-RIG-TEG-605-005.

### 5.1 Beregningsgrunnlag

Benyttede designlinjer for udrenert skjærfasthet er vist på profiltegninger med beregningsresultater 418771-RIG-TEG-605-800. Drenerte parametere og tyngdetetthet er vist i tabell på de samme tegningene.

### 5.2 Stabilitet dagens situasjon

Utførte stabilitetsberegninger og resultater for dagens tilstand er presentert i Tabell 5-1.

Tabell 5-1 Sikkerhetsfaktor for kritiske glideflater

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Sikkerhetsfaktor F for kritisk glideflate
-605-800	Profil 2	ADP (udrenert)	0,98/1,04*
-605-800	Profil 2	aφ (drenert)	1,13/1,67*

\*«Restrict Shear Surfaces» gjennom planlagt adkomstveg

Udrenert analyse gir sikkerhetsfaktor ned mot 1,0 (0,98). Terrenget rundt viser at det er gunstige 3D-effekter i profilet. Disse er ikke tatt hensyn til i beregningen, og det vurderes at resultatet er et realistisk sikkerhetsnivå. I realiteten vurderes sikkerheten noe høyere. Også skjærflater lengere inn i skråningen, opp mot eksisterende vei, har udrenert sikkerhetsfaktor mellom 1,0-1,13.

### 5.3 Stabilitet ved etablering av adkomstveg

I samråd med NVE plasseres tiltaket i tiltakskategori K2. Dermed oppfylles kravet til sikkerhet så lenge tiltaket ikke forverrer stabiliteten. For etablering av adkomstveg foreslås to alternativer;

- Masseutskifting med skumglass, adkomstveg i terreng
- Kompensert fundamentering, adkomstveg under dagens terreng

#### **Masseutskifting med skumglass, adkomstveg i terreng**

Ved å benytte lette fyllmasser (skumglass) kan det masseutskiftes i toppen av skråningen i selve vegkroppen til anleggsvegen slik at en oppnår kompensert fundamentering. For etablering av adkomstveg er det lagt til grunn bærelag av typen pukk på 0,5 m, i tillegg til trafikklast på 15 kPa (\*1,3). Fra utførte grunnundersøkelser har leiren en tyngdetetthet på 19 kN/m<sup>3</sup>. Iht. Statens vegvesen håndbok N200 har skumglass i fylling tyngdetetthet på 3 kN/m<sup>3</sup>.

$$19 \text{ kN/m}^3 * d = 19,5 \text{ kPa} + 9,5 \text{ kPa} + 3 \text{ kN/m}^3 (d - 0,5) \text{ m} \rightarrow d = 1,7 \text{ m}$$

Til venstre i ligningen er vekt før masseutskifting ned til dybde d, til høyre er vekt etter masseutskifting til dybde d.

Det må masseutskiftes 1,7 m under terreng for å legge adkomstveg i dagens terreng. Dette inkluderer 1,2 m med skumglass og 0,5 m med bærelag.

#### **Kompensert fundamentering, adkomstveg under dagens terreng**

Ved å legge adkomstvegen i et lavere nivå enn dagens terreng i toppen av skråningen oppnås kompensert fundamentering uten masseutskifting. Metoden medfører åpne graveskråninger og vil dermed kreve større plass sammenlignet med adkomstveg i terreng.

$$19 \text{ kN/m}^3 * d = 19,5 \text{ kPa} + 9,5 \text{ kPa} \rightarrow d = 1,5 \text{ m}$$

Gravedybde for adkomstveg under dagens terreng er 1,5 m, hvorav 0,5 m av disse er tilbakefytte masser for etablering av bærelag. Ferdig veg ligger dermed 1,0 m under terreng.

Grunnvannstand langs mulig trase av anleggsvegen er ikke kjent, og begge alternativene medfører mulig utgraving under grunnvannsstand. Graving fra topp av skråning kan resultere i oppsamling av vann, enten grunnvann eller overflatevann. Det må påses at vann enten dreneres bort eller pumpes ut fra adkomstvegen ved etablering av adkomstveg. Evt. høytliggende grunnvann vil også påvirke vektberegningene for å oppnå kompensert tiltak. Dvs. at det må forventes økt gravedybde om grunnvann ligger grunnere enn de gravenivå som er estimert over.

Nøyaktig plassering av adkomstveg er foreløpig ikke bestemt, men masseutskiftingen/kompensert fundamentering må kiles ut etter en viss utbredelse ned mot bekken slik at det unngås graving i bunn av skråning inn mot Vollselva.

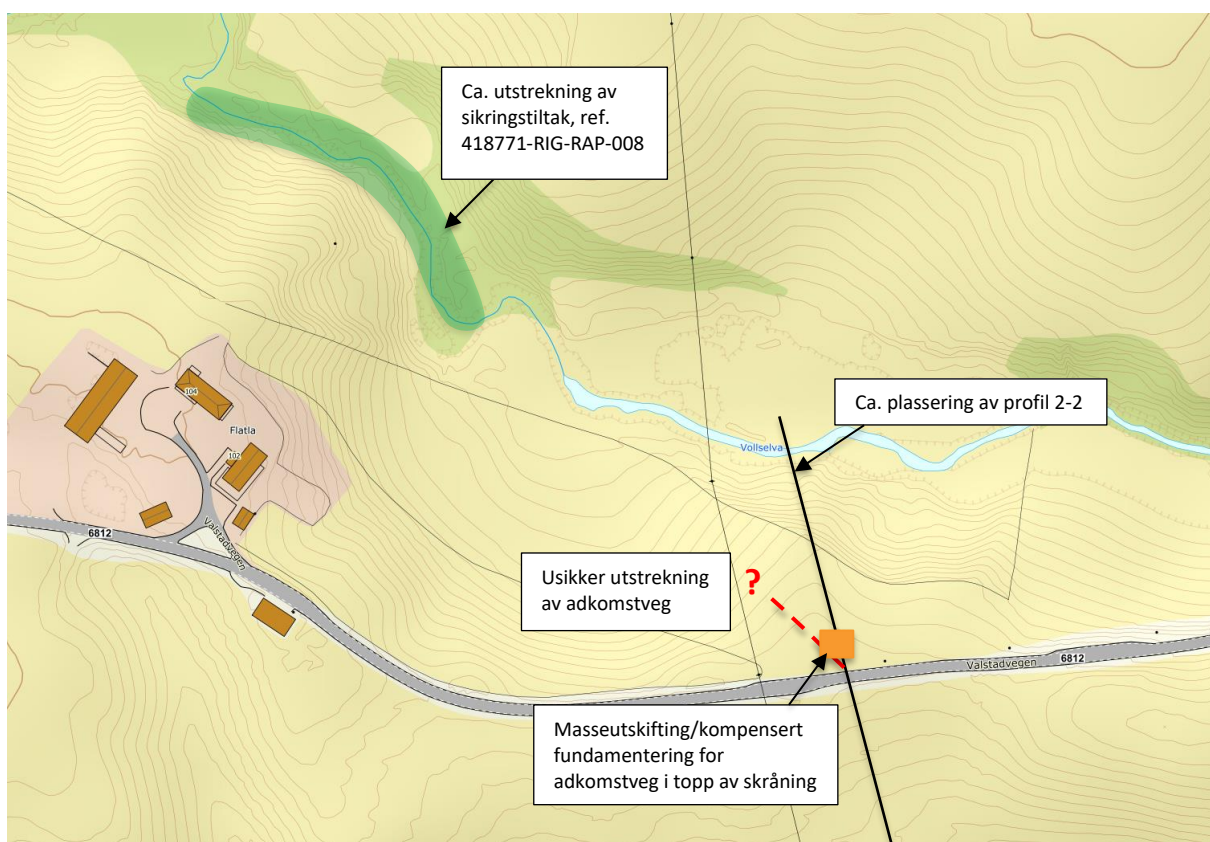
Etablering av adkomstvei vurderes som gjennomførbart. Tiltaket må detaljprosjektertes.

## 6 Oppsummering

For å kunne sikre sone 605 Flatla er det behov for å etablere adkomstveg. Det er utført stabilitetsberegning i profil 2-2, og foreslått tiltak for å kunne etablere veien. Beregnet profil har udrenert sikkerhetsfaktor ned mot (og under) 1,0 og drenert sikkerhetsfaktor på 1,13. Det er lav stabilitet, men anleggssituasjonen har noe robusthet i og med at det er gunstige 3D-effekter og at anleggsvei legger godt trukket tilbake fra skråningskant hvor de kritiske skjærflatene er.

Stabiliteten må ikke forverres ved etablering av adkomstveg. For å oppnå tilstrekkelig stabilitet er det foreslått masseutskifting med skumglass eller kompensert fundamentering i toppen av skråningen, se Figur 6-1. Nøyaktig plassering av adkomstvegen er ikke bestemt, men masseutskiftingen/kompensert fundamentering må kiles ut etter en viss utbredelse slik at det unngås graving i bunn av skråning inn mot Vollselva.

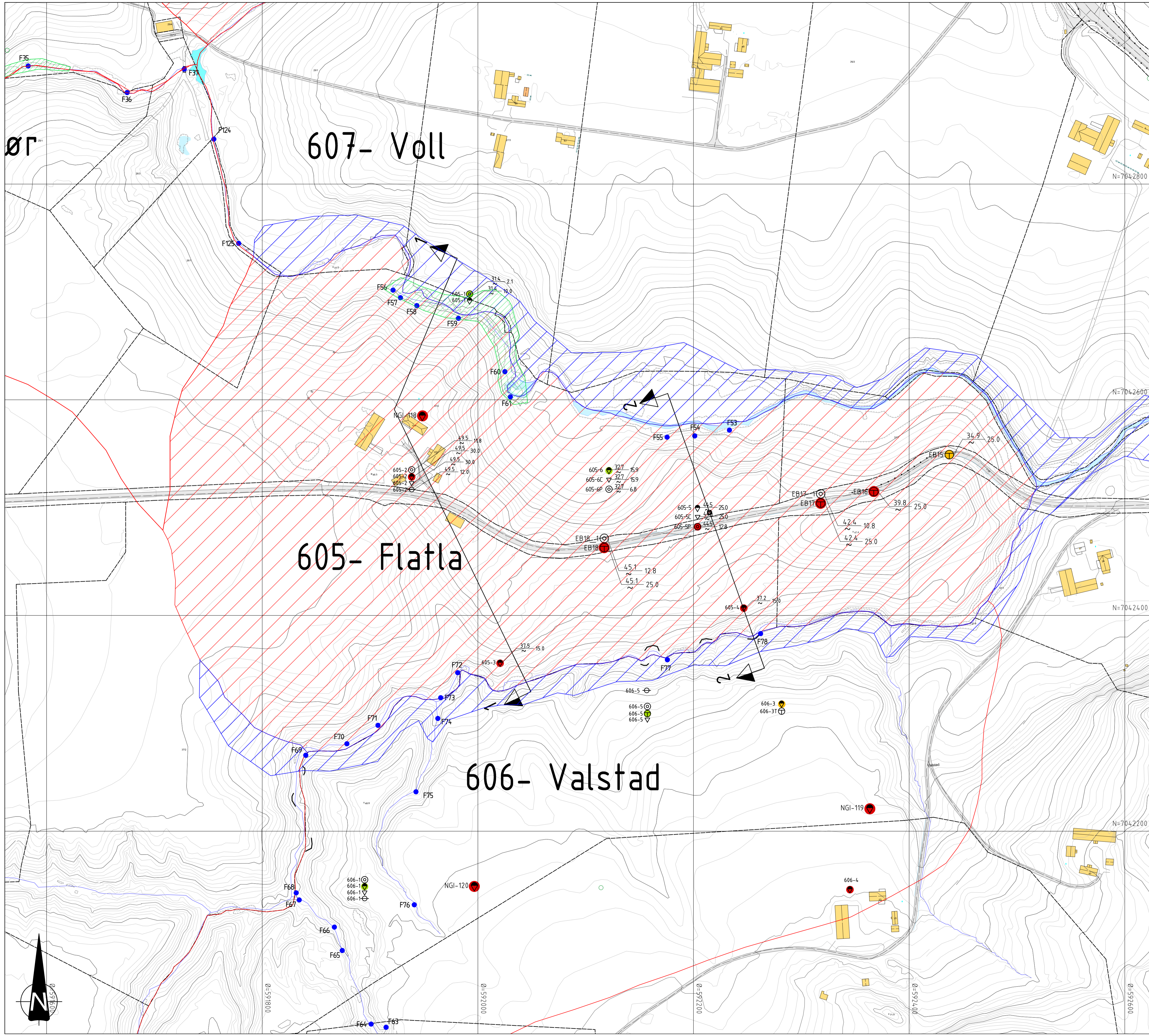
Adkomstvei fra Valstadvegen og ned mot Vollselva vurderes som gjennomførbart.



Figur 6-1 Oppsummering av tiltaket.

## 7 Referanser

- [1] Multiconsult Norge AS, «418771-RIG-RAP-001\_rev00 Kvikkleiresoneutredning 'light', Risiko for kvikkleireskred i Stjørdal kommune», feb. 2019.
- [2] Mesta, «NVE Stjørdal - Steinkjer», 22423 Rapport nr. 1, des. 2022.
- [3] Multiconsult Norge AS, «Delleveranse 5 - Stjørdal», 418771-RIG-RAP-008\_rev01, feb. 2019.
- [4] Multiconsult Norge AS, «Kvikkleiresoneutredning 'light' Trøndelag - Utlysingsområde 2 - Stjørdal - Datarapport», 10200526-RIG-RAP-001, mar. 2018.
- [5] Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, «Geoteknikk i vegbygging (Håndbok V220)», Vegdirektoratet, Oslo, jul. 2022. [Online]. Tilgjengelig på:  
[https://www.vegvesen.no/\\_attachment/70057/binary/1305835?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+V220+Geoteknikk+i+vegbygging+%2818+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/70057/binary/1305835?fast_title=H%C3%A5ndbok+V220+Geoteknikk+i+vegbygging+%2818+MB%29.pdf)
- [6] C. C. Ladd og R. Foott, «New design procedure for stability of soft clays», *Proceedings of the American Society of Civil Engineers. Journal of the Geotechnical Engineering Division*, bd. 100, nr. 7, s. 763–786, jul. 1974.
- [7] Norges Vassdrag- og energidirektorat, Statens vegvesen, Jernbaneverket, «En omforent anbefaling for bruk av anisotropiforhold i prosjektering i norske leirer.», NIFS rapport 14/2014, jan. 2014.



**TEGNFORKLARING:**

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ▽ TRYKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGRØP
- ⬮ DREITRYKKSSONDERING
- ⊠ SKRUPLATEFORSØK
- + VINGEBØRING
- ⊙ PORETRYKKMÅLING
- ⊕ KJERNEBØRING
- ⊠ FJELLKONTROLLBØRING
- ⊠ BERG I DAGEN

**KARTGRUNNLAG:**  
 Kartgrunnlag: Digitalt kart fra NVE  
 Koordinatsystem: UTM, Sone 32V  
 Høydeferanse: NN 2000  
 Utløpspunkt for nivålemning: EPSG:31463, EPSG:31466  
 Børbok nr.: Digital  
 Lab bok nr.: Digital

**EXEMPEL:**  
 BP 1: 43.0, 28.2, 14.8+2.4 — BORET DYBE • BORET I BERG  
 ANTATT BERGKOTE

**FELT OBSERVASJONER:** Se Feltrapport Vedlegg 2 i rapport 418771-RIG-RAP-001 rev 01

- OBSERVASJON/KOMMENTAR
- ⊠ BERG I DAGEN
- EROSJONSKANT
- SKREDGROPER (HENTET FRA NGU)

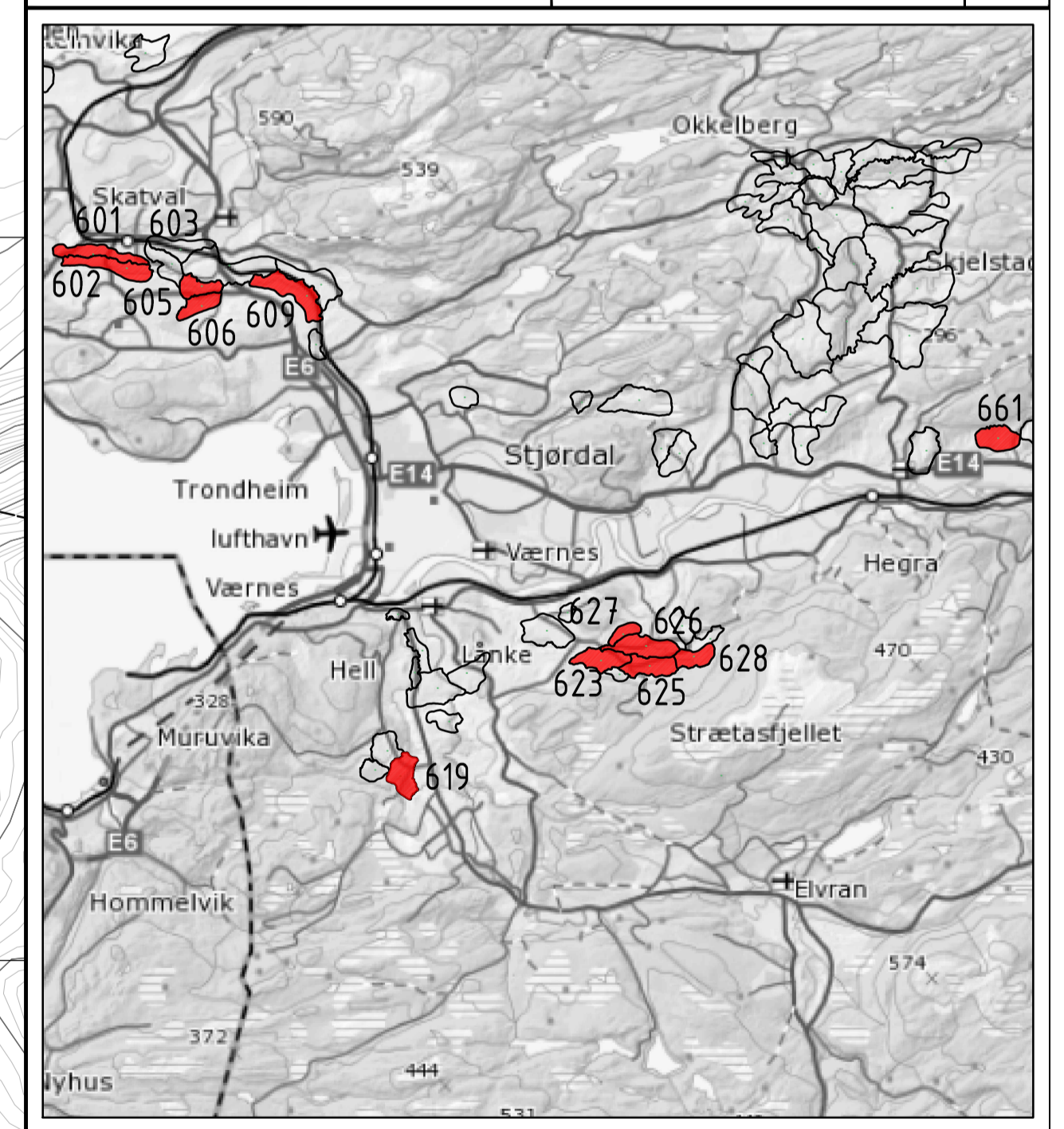
**Løsneområde 605- Flatla** (Red hatched)  
**Nabosone** (White)  
**Anbefalt sikringsiltak, ref 418771-RIG-RAP-008** (Green hatched)  
 Det beregnes at tiltaks utstrøking er å betrakte som et område utenomregulert utløp.  
 Tiltaket må detaljprosjekteres før utførelse.  
**Utløpsområde 605- Flatla** (Blue hatched)

**● SANNSYNLIG KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATR.**  
**● MULIG KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATR.**  
**● ANTATT IKKE KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATR.**  
**○ IKKE VURDERT**

**TIDLIGERE BØRINGER:**  
 Tidligere borer er opptegnet fra scannet kopi og kan ha noe avvik.  
 Tidligere borer er angitt med indekser foran borthullsnr:

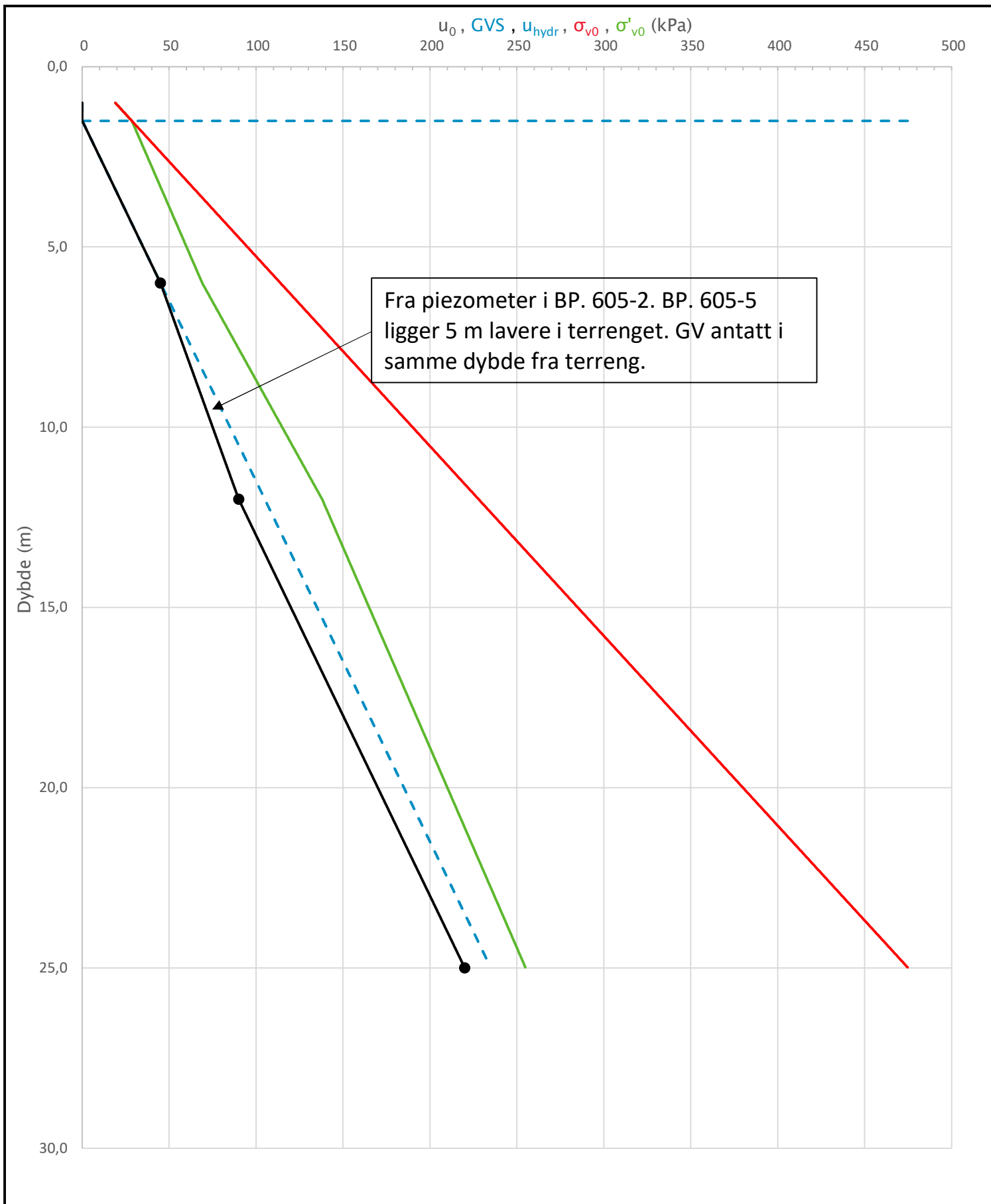
**NGU-X:** 82033-2 "Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred" (1989)  
 681-X: 913074 "Skredfarevurdering av skideterreng" (2016)  
 EB-X: Borer fra Statens vegvesen, Rapport V0371A-01 (2016) Fv 39 Valdalen-Skatval  
 605-1 tom. 605-4 10200526-RIG-RAP-001, Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - utlysingsområde 2 - Stjørdal (2018)  
 605-5 om. 605-6 22423 Rapport nr. 1 NVE Stjørdal - Steinkjer (2022)

SITUASJONSPLAN RIG-TEG-605-001 01



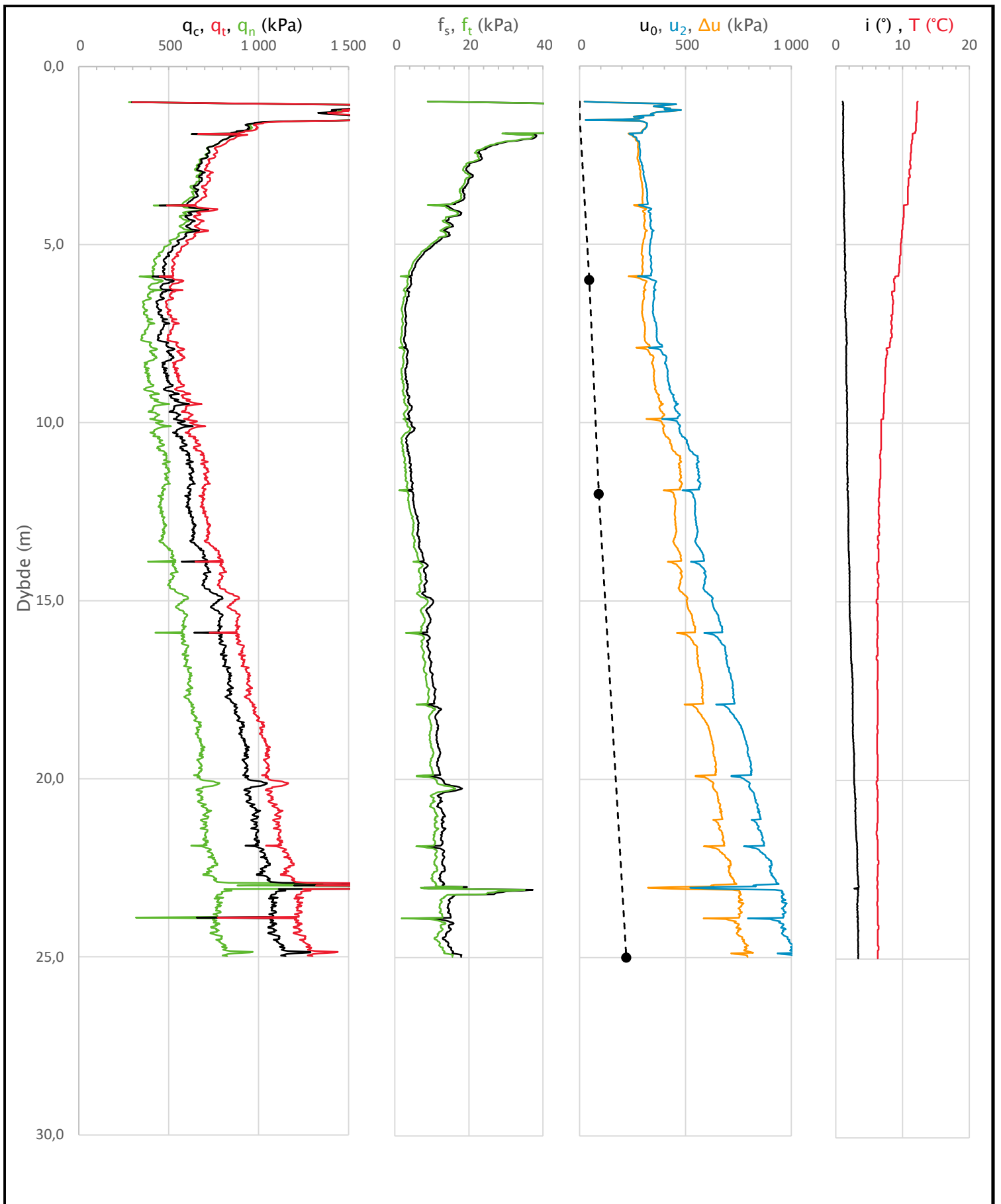
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Konstr.	Godkj.
	NVE		Fag	Form A1	
	Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag	Dato			13.11.2023
	Stjørdal kommune, sone 605 Flatla	Formater/Beskr.			A1: 1:1500 A3: 1:3000
	SITUASJONSPLAN	Status	Konstr./Tegnet	Konstr./Tegnet	Godkjent
		Oppdragsnr.	PERB	EMT	ANG
		418771	RIG-TEG-605-001		01

Sonde og utførelse						
Sondennummer	5310		Boreleder		Audun	
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)		6,2	
Kalibreringsdato	07.07.2022		Maks helning (°)		3,5	
Dato sondering	26.10.2022		Maks avstand målinger (m)		0,02	
Filtertype	Porøst filter					
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1210		3812		3954	
Oppløsning 2 <sup>12</sup> bit (kPa)	-		-		0,0193	
Oppløsning 2 <sup>18</sup> bit (kPa)	-		-		-	
Arealforhold	0,8530		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	-		-		-	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	7853,8		121,0		232,5	
Registrert etter sondering (kPa)	-5,7		-0,1		-6,3	
Avvik under sondering (kPa)	5,7		0,1		6,3	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	0,0		0,0		0,0	
Maksverdi under sondering (kPa)	3917,7		101,0		1038,9	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
<b>Samlet nøyaktighet (kPa)</b>	<b>5,7</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>6,3</b>	<b>0,6</b>
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
<b>Anvendelsesklasse</b>	<b>1</b>					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon		Poretrykk		Helning	
OK	OK		OK		OK	
Kommentarer:						
Prosjekt			Prosjektnummer: 418771		Borhull	
<b>Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag</b>					<b>605-5</b>	
Innhold					Sondennummer	
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					<b>5310</b>	
<b>Multiconsult</b>	Tegnet	Kontrollert	Godkjent		Anvend.klasse	
	PERB	EMT	ANG		1	
	Utførende	Dato sondering	Revisjon		RIG-TEG	
	Mesta	26.10.2022	0		500.1	
			Rev. dato 23.11.2023			

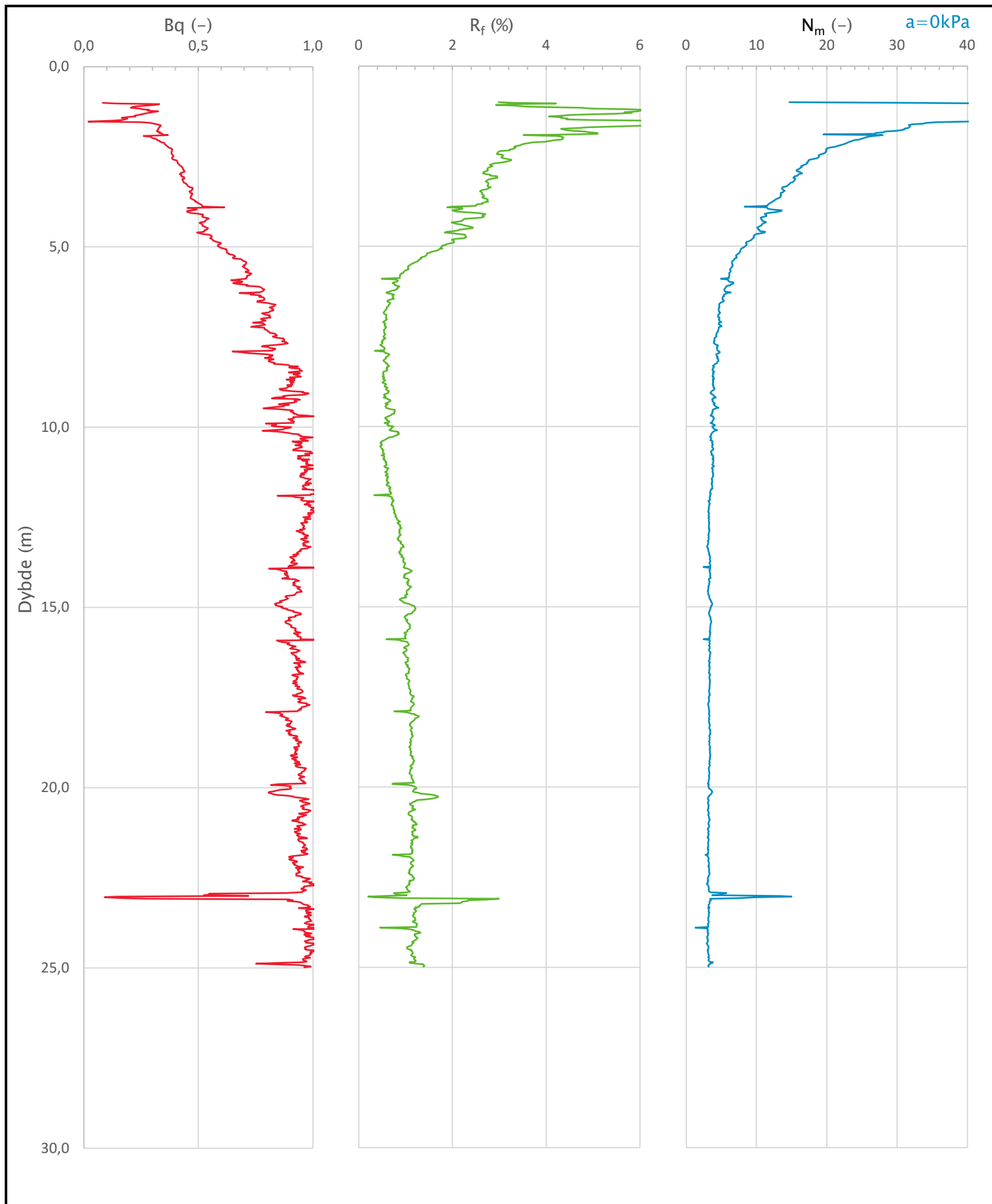


Prosjekt			Prosjektnummer: 418771	Borhull
<b>Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag</b>				<b>605-5</b>
Innhold			Sondennummer	
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger			<b>5310</b>	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	PERB	EMT	ANG	<b>1</b>
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG
	Mesta	26.10.2022	0	<b>500.2</b>
			Rev. dato	
			23.11.2023	



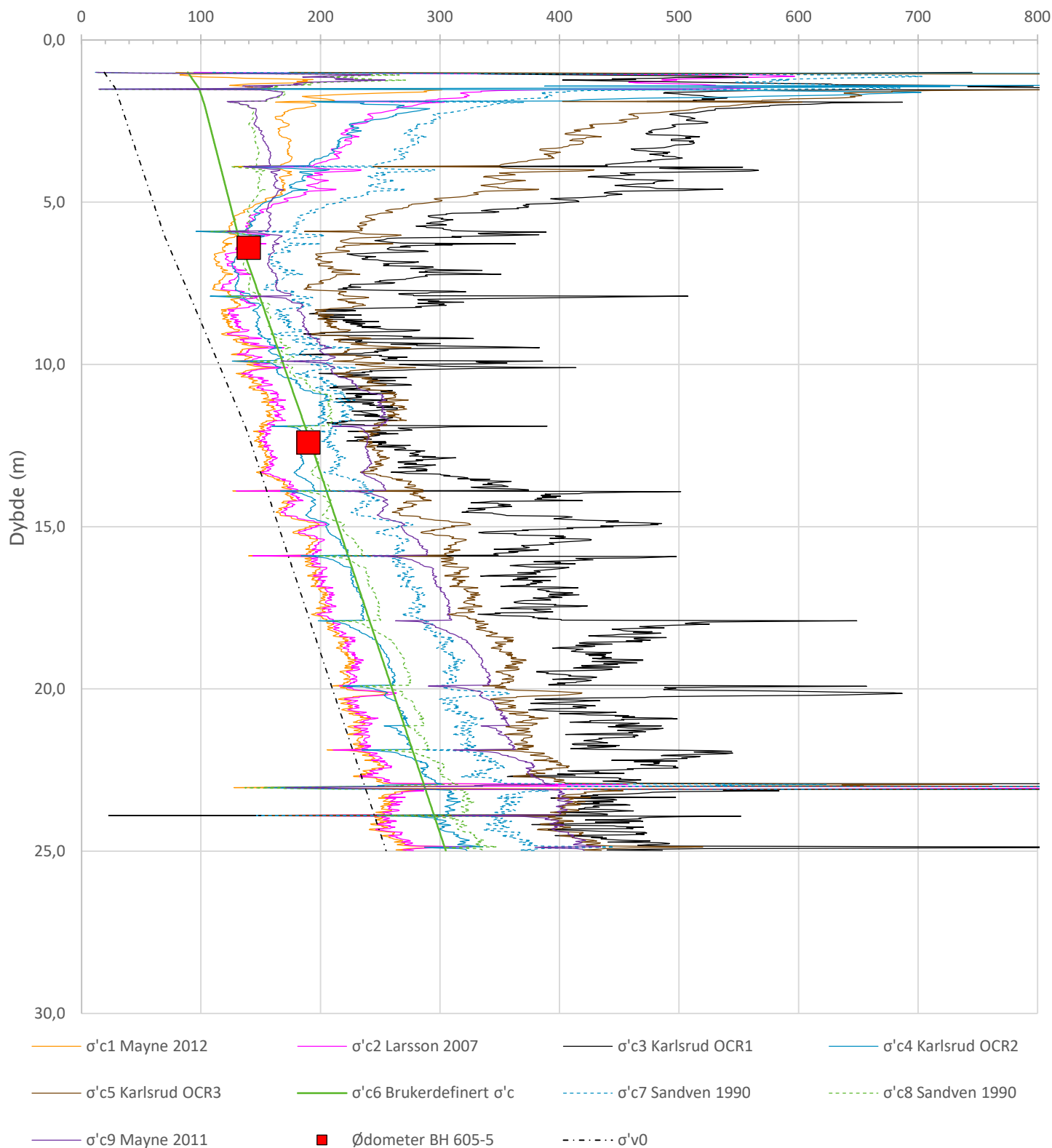


Prosjekt			Prosjektnummer: 418771	Borhull
Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag				605-5
Innhold				Sondennummer
Måledata og korrigerte måleverdier				5310
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	PERB	EMT	ANG	1
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG
	Mesta	26.10.2022	0	500.3
			Rev. dato	
			23.11.2023	



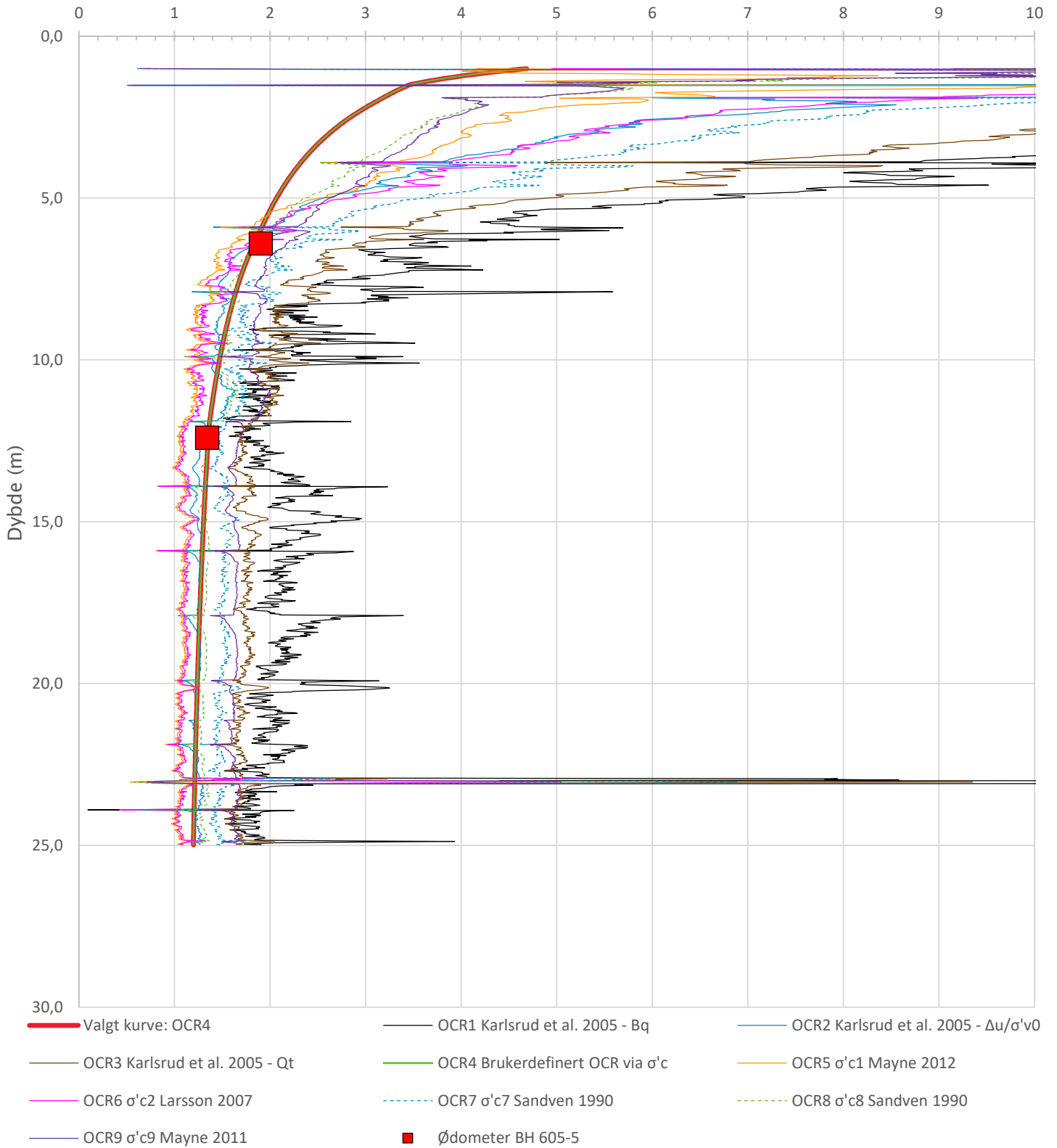
Prosjekt		Prosjektnummer: 418771		Borhull
<b>Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag</b>				<b>605-5</b>
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				<b>5310</b>
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	PERB	EMT	ANG	<b>1</b>
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG
	Mesta	26.10.2022	0	<b>500.4</b>
			Rev. dato	
			23.11.2023	

Prekonsolideringstrykk,  $\sigma'_c$  (kPa)



Prosjekt			Prosjektnummer: 418771	Borhull
Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag				605-5
Innhold				Sondennummer
Prekonsolideringstrykk, $\sigma'c$				5310
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	PERB	EMT	ANG	1
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG
	Mesta	26.10.2022	0	500.5
			Rev. dato 23.11.2023	

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



Prosjekt		Prosjektnummer: 418771		Borhull
<b>Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag</b>				<b>605-5</b>
Innhold				Sondennummer
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5310</b>
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	PERB	EMT	ANG	<b>1</b>
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG
	Mesta	26.10.2022	0	<b>500.6</b>
			Rev. dato	
			23.11.2023	

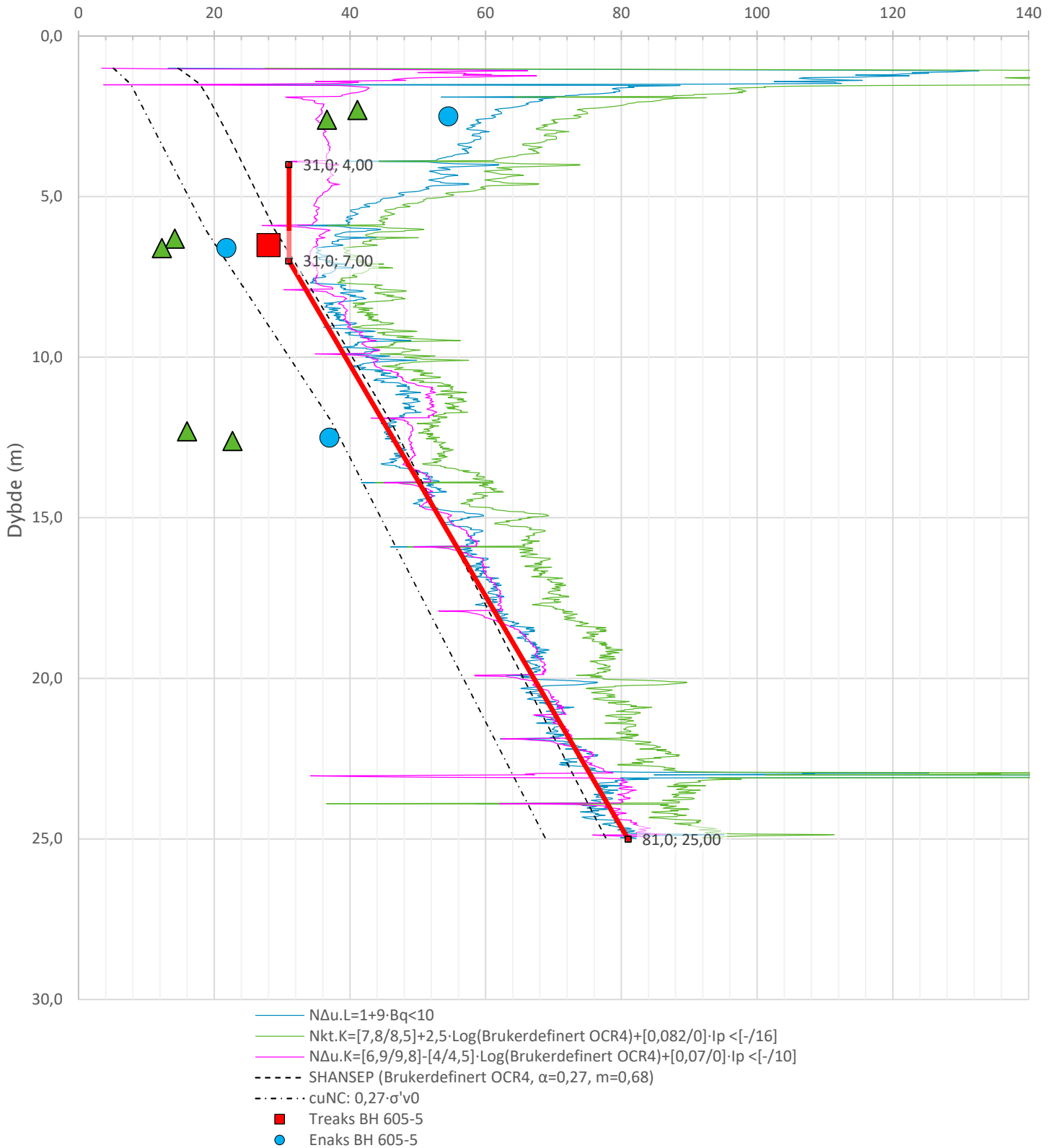
Anisotropiforhold i figur:

Treaks BH 605-5:  $c_uC/c_{ucptu} = 1,000$

Enaks BH 605-5:  $c_{uuc}/c_{ucptu} = 1,000$

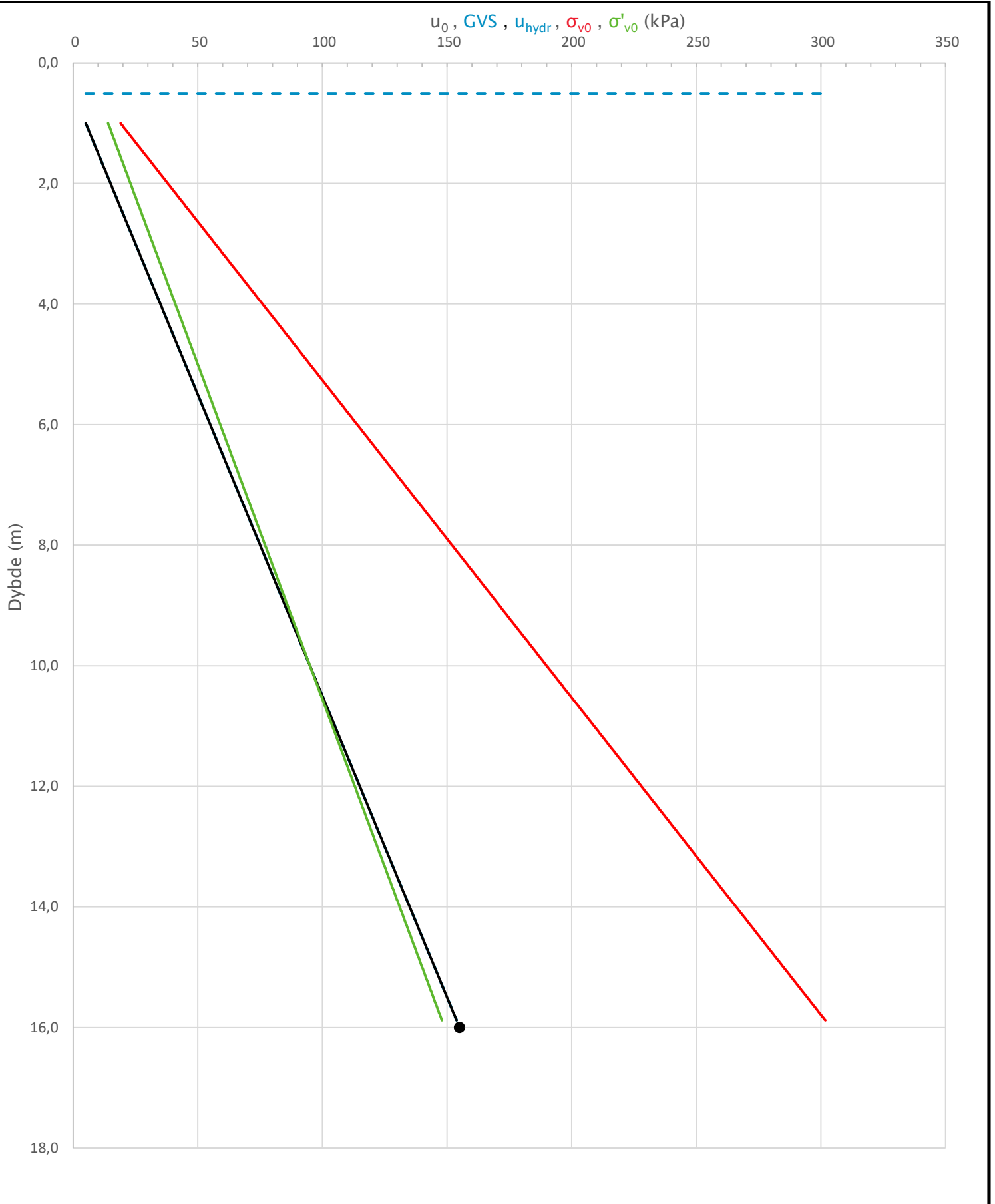
Konus BH 605-5:  $c_{ufc}/c_{ucptu} = 1,000$

Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)

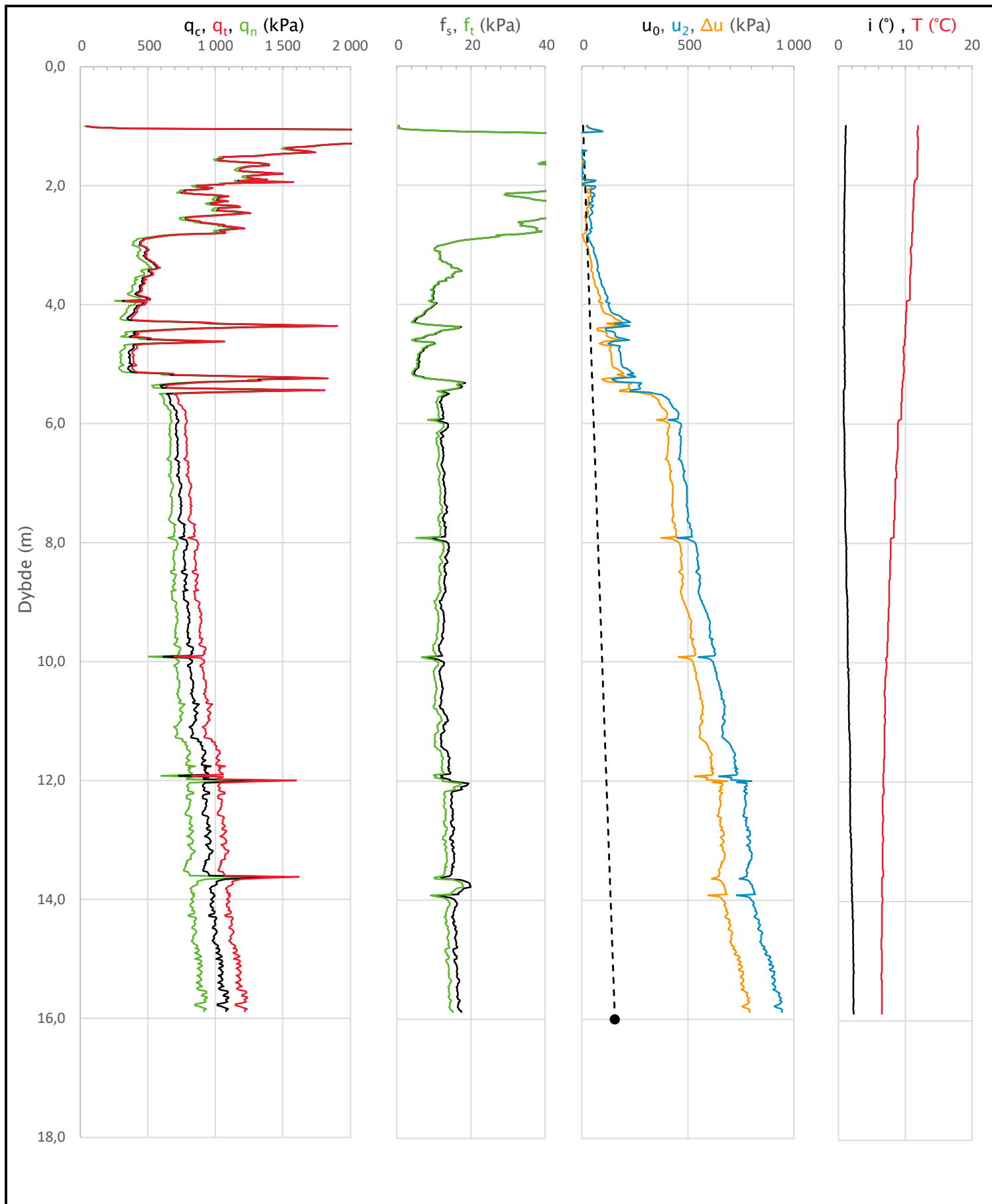


Prosjekt		Prosjektnummer: 418771		Borhull
<b>Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag</b>				<b>605-5</b>
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>5310</b>
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	PERB	EMT	ANG	<b>1</b>
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG
	Mesta	26.10.2022	0	<b>500.7</b>
			Rev. dato 23.11.2023	

Sonde og utførelse						
Sondennummer	5310		Boreleder		Audun	
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)		5,5	
Kalibreringsdato	07.07.2022		Maks helning (°)		2,3	
Dato sondering	26.10.2022		Maks avstand målinger (m)		0,02	
Filtertype	Porøst filter					
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1210		3812		3954	
Oppløsning 2 <sup>12</sup> bit (kPa)	-		-		0,0193	
Oppløsning 2 <sup>18</sup> bit (kPa)	-		-		-	
Arealforhold	0,8530		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	-		-		-	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	7862,6		121,7		232,6	
Registrert etter sondering (kPa)	-7,6		-0,3		5,5	
Avvik under sondering (kPa)	7,6		0,3		5,5	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	0,0		0,0		0,0	
Maksverdi under sondering (kPa)	3000,2		112,7		945,6	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
<b>Samlet nøyaktighet (kPa)</b>	<b>7,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>5,5</b>	<b>0,6</b>
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
<b>Anvendelsesklasse</b>	<b>1</b>					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur		
OK	OK	OK	OK	OK		
Kommentarer:						
Prosjekt			Prosjektnummer: 418771		Borhull	
<b>Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag</b>					<b>605-6</b>	
Innhold					Sondennummer	
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					<b>5310</b>	
<b>Multiconsult</b>	Tegnet	Kontrollert	Godkjent		Anvend.klasse	
	PERB	EMT	ANG		1	
	Utførende	Dato sondering	Revisjon		RIG-TEG	
	Mesta	26.10.2022	0		501.1	
			Rev. dato 23.11.2023			

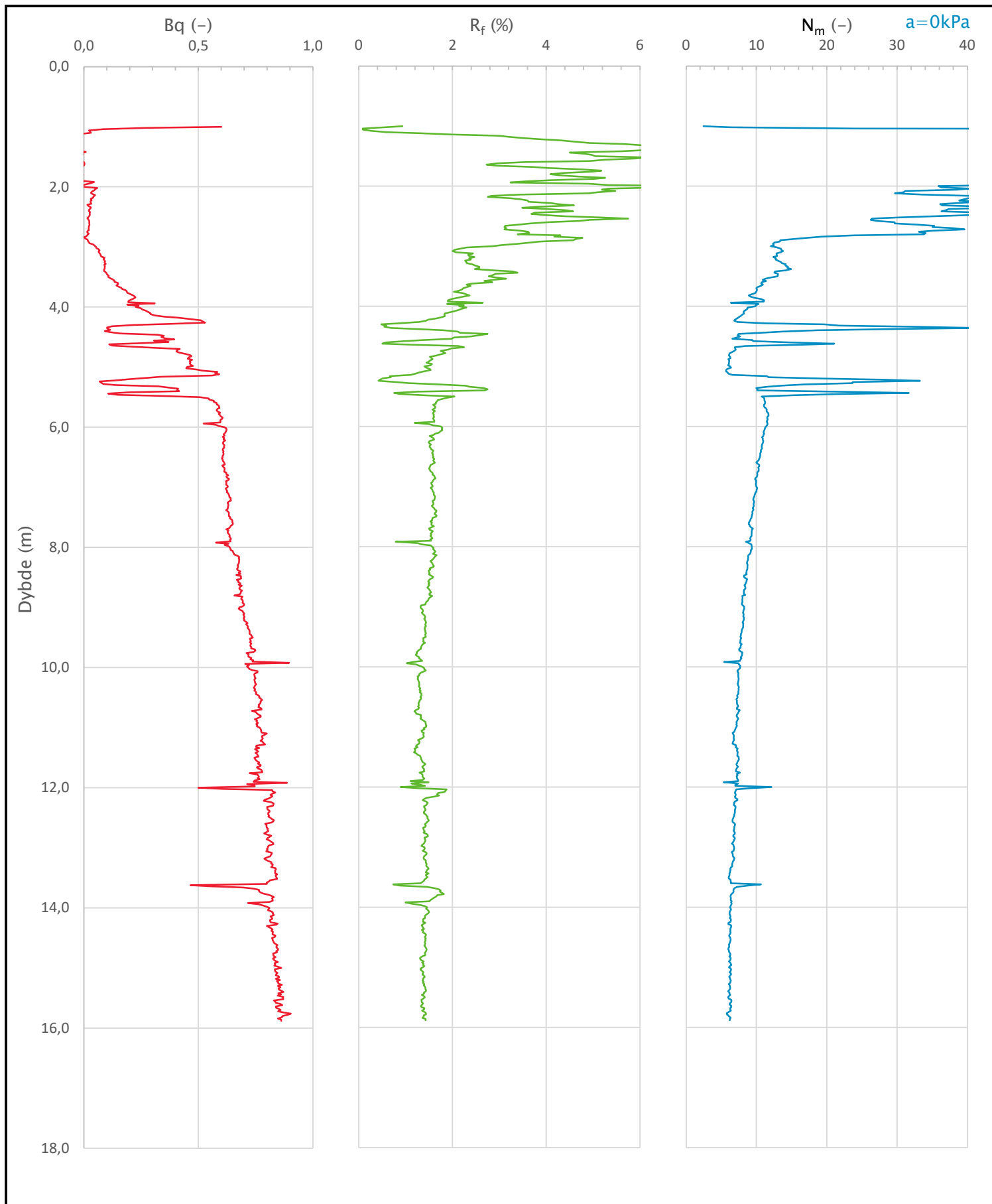


Prosjekt			Prosjektnummer: 418771	Borhull
<b>Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag</b>				<b>605-6</b>
Innhold				Sondennummer
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger				<b>5310</b>
<b>Multiconsult</b>	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	PERB	EMT	ANG	<b>1</b>
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG
	Mesta	26.10.2022	0 Rev. dato 23.11.2023	
				<b>501.2</b>



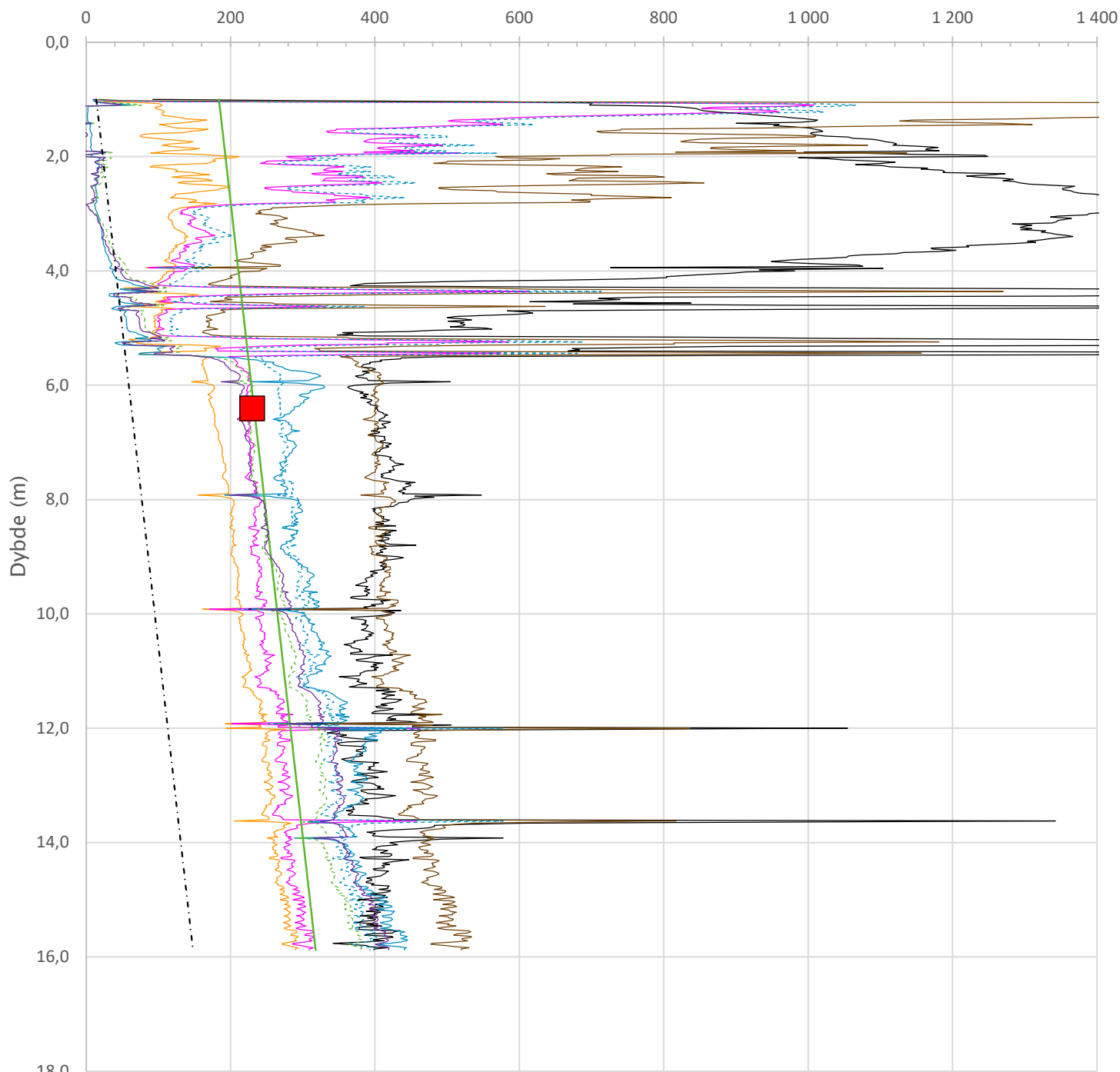
Prosjekt			Prosjektnummer: 418771	Borhull
<b>Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag</b>				<b>605-6</b>
Innhold				Sondennummer
Måledata og korrigerte måleverdier				<b>5310</b>
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	PERB	EMT	ANG	<b>1</b>
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG
	Mesta	26.10.2022	0	<b>501.3</b>
			Rev. dato 23.11.2023	





Prosjekt			Prosjektnummer: 418771	Borhull
<b>Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag</b>				<b>605-6</b>
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				<b>5310</b>
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	PERB	EMT	ANG	<b>1</b>
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG
	Mesta	26.10.2022	0	<b>501.4</b>
			Rev. dato	
			23.11.2023	

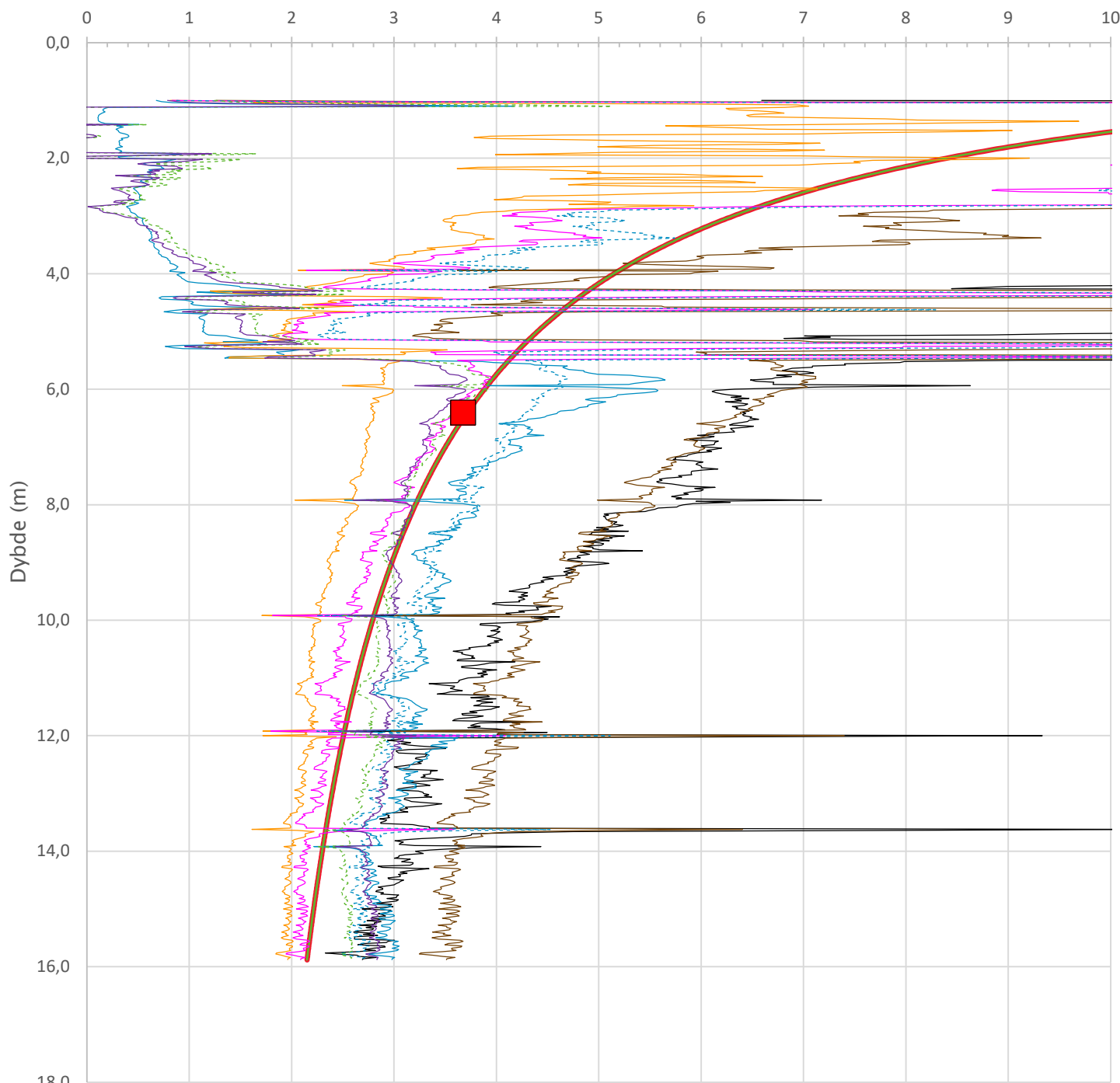
Prekonsolideringstrykk,  $\sigma'_c$  (kPa)



- $\sigma'_c$ 1 Mayne 2012
- $\sigma'_c$ 2 Larsson 2007
- $\sigma'_c$ 3 Karlsrud OCR1
- $\sigma'_c$ 4 Karlsrud OCR2
- $\sigma'_c$ 5 Karlsrud OCR3
- $\sigma'_c$ 6 Brukerdefinert  $\sigma'_c$
- $\sigma'_c$ 7 Sandven 1990
- $\sigma'_c$ 8 Sandven 1990
- $\sigma'_c$ 9 Mayne 2011
- Ødometer BH 605-6
- - - -  $\sigma'_v0$

Prosjekt			Prosjektnummer: 418771	Borhull
Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag				605-6
Innhold				Sondennummer
Prekonsolideringstrykk, $\sigma'_c$				5310
<b>Multiconsult</b>	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	PERB	EMT	ANG	1
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG <b>501.5</b>
	Mesta	26.10.2022	Rev. dato 23.11.2023	

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



- Valgt kurve: OCR4
- OCR1 Karlsrud et al. 2005 - Bq
- OCR2 Karlsrud et al. 2005 -  $\Delta u/\sigma'v0$
- OCR3 Karlsrud et al. 2005 - Qt
- OCR4 Brukerdefinert OCR via  $\sigma'c$
- OCR5  $\sigma'c1$  Mayne 2012
- OCR6  $\sigma'c2$  Larsson 2007
- OCR7  $\sigma'c7$  Sandven 1990
- OCR8  $\sigma'c8$  Sandven 1990
- OCR9  $\sigma'c9$  Mayne 2011
- Ødometer BH 605-6

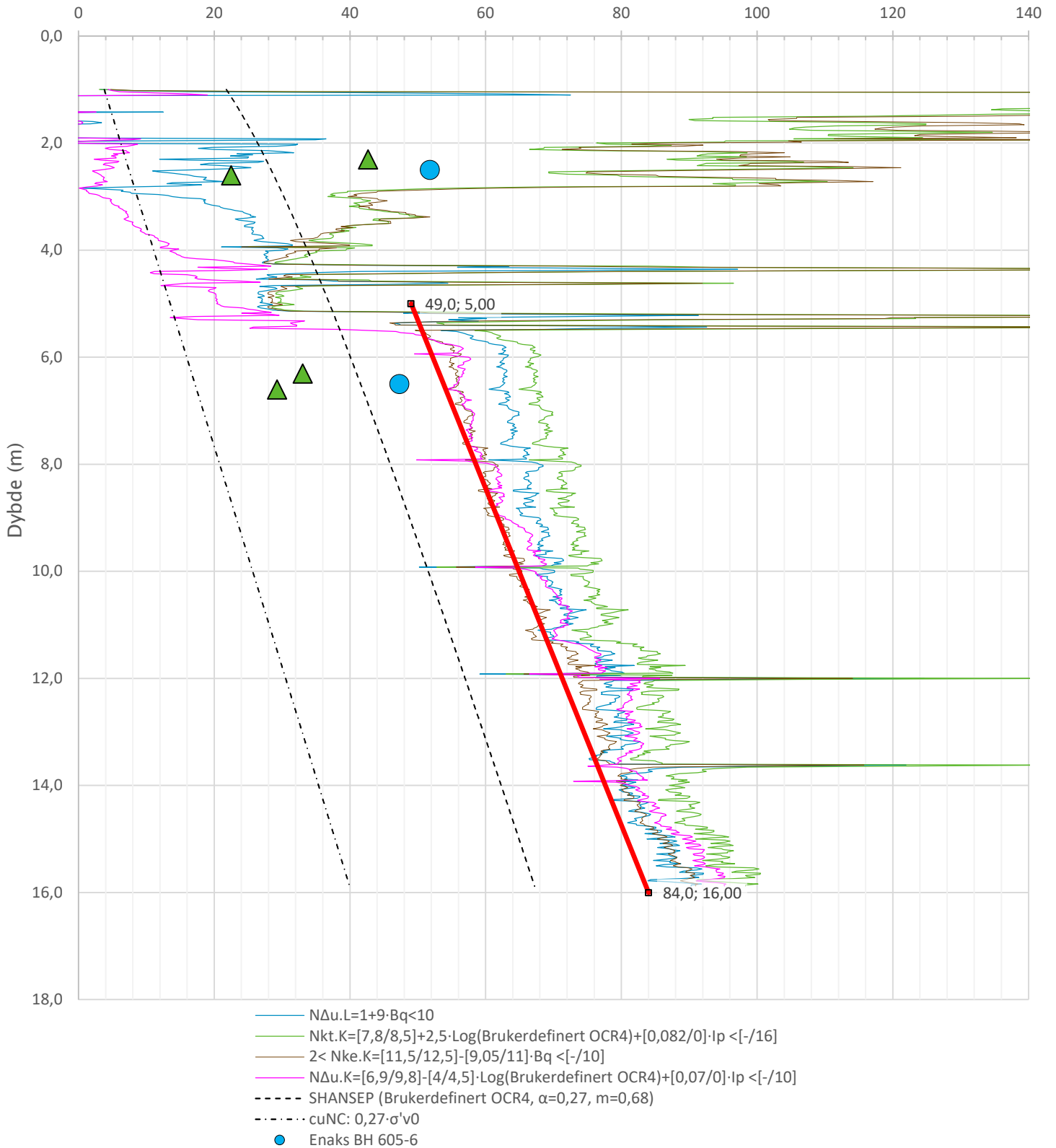
Prosjekt		Prosjektnummer: 418771		Borhull
<b>Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag</b>				<b>605-6</b>
Innhold				Sondennummer
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>5310</b>
<b>Multiconsult</b>	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	PERB	EMT	ANG	<b>1</b>
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG <b>501.6</b>
	Mesta	26.10.2022	0 Rev. dato 23.11.2023	

Anisotropiforhold i figur:

Enaks BH 605-6:  $c_{uc}/c_{ucptu} = 1,000$

Konus BH 605-6:  $c_{ufc}/c_{ucptu} = 1,000$

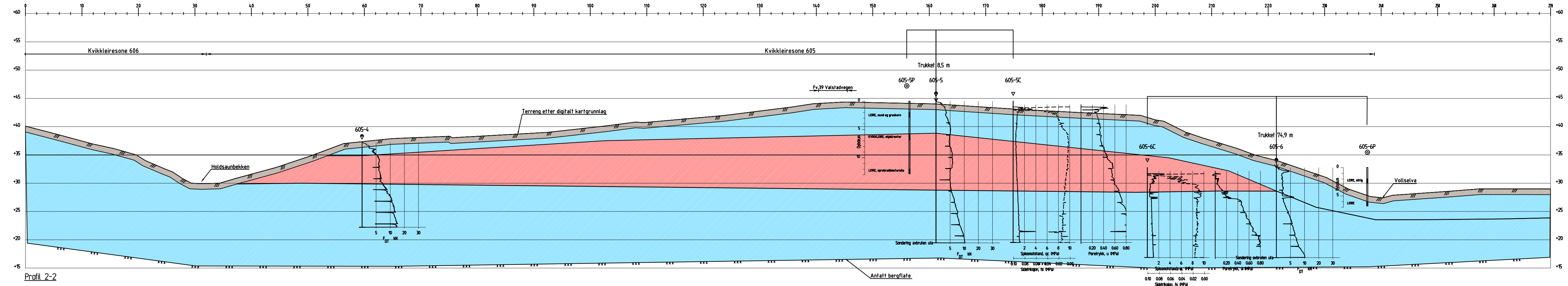
Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



Prosjekt		Prosjektnummer: 418771		Borhull
<b>Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag</b>				<b>605-6</b>
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>5310</b>
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	PERB	EMT	ANG	<b>1</b>
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG
	Mesta	26.10.2022	0	<b>501.7</b>
			Rev. dato	
			23.11.2023	

Z:\04\18771\4\18771-03 ARBEIDSMÅLE 4\18771 RIG\_ \_Supplende grus og vurdering adkomstvegen\Stabilitet\Flatla\4\18771-RIG-TEG-605-700\_rev00\_PROFIL 2-2-Stjørdal.dwg, - Layout: 1600 (A3LL), - Plottet av: perb, Dato: 2023.11.22 kl. 15:26

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	19.00	9.00	31.0	0.6				
Leire	19.00	9.00	26.5	5.0		10	0.63	0.35
Sprøbruddmateriale	19.00	9.00	25.6	3.8		10	0.63	0.35



Profil 2-2

KARTGRUNNLAG: DIGITALT KART FRA HØYDEDATA  
HØYDEREFERANSE: NN2000

00	-				
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

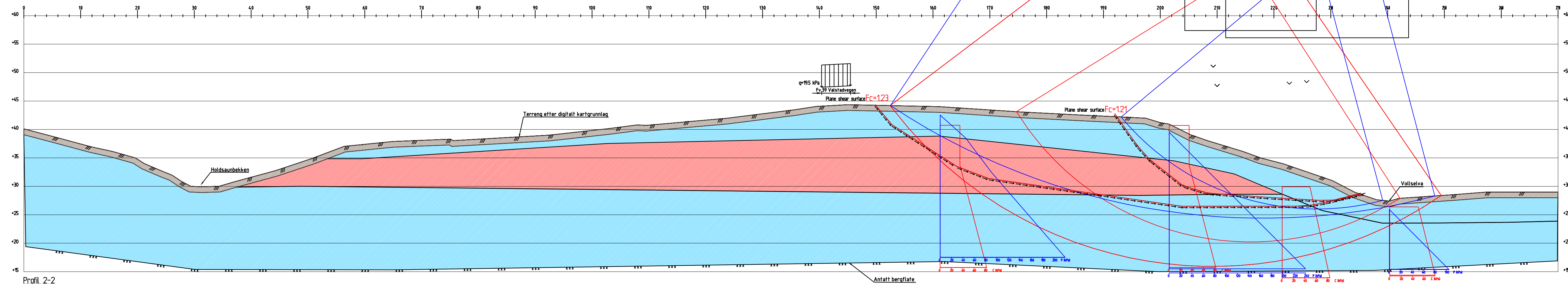


NVE  
Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag  
Stjørdal kommune, sone 605 Flatla  
Lagdeling profil 2-2

Status	Godkjent	Fag	RIG	Originalt format	A3LL	Dato	22.11.2023
Konstr./Tegnet	PERB	Kontrollert	EMT	Godkjent	ANG	Målestokk	1:400
Oppdragsnr.	418771	Tegningsnr.	RIG-TEG-605-700	Rev.	00		

\\mckonsern\tra\vaasum\TRH\_Projekt\04\8771\418771-03\_ARBEDSOmråde\418771\_RIG\_TEG-605-800\_rev00\_PROFIL\_2-2\_Sjærdal.dwg - Layout: 1600 (A3.LL); - Plottet av: perb, Dato: 2023.12.01 kl. 10:17

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	19.00	9.00	31.0	0.6				
Leire	19.00	9.00	26.5	5.0		10	0.63	0.35
Sprøbruddmateriale	19.00	9.00	25.6	3.8		10	0.63	0.35



Profil 2-2

KARTGRUNNLAG: DIGITALT KART FRA NORGESKART  
 HØYDEREFERANSE: NN2000

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
00	-				

**Multiconsult**  
 www.multiconsult.no

NVE  
 Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag  
 Stjørdal kommune, sone 605 Flatla  
 Stabilitetsberegning, profil 2-2

Status	Godkjent	Fag	RIG	Originalt format	A3LL	Dato	22.11.2023
Konstr./Tegnet	PERB	Kontrollert	EMT	Godkjent	ANG	Målestokk	1:400
Oppdragsnr.	418771	Tegningsnr.	RIG-TEG-605-800	Rev.	00		