
RAPPORT

ZEB Flexible Lab

OPPDRAUGSGIVER

Veidekke Entreprenør AS

EMNE

Geotekniske grunnundersøkelser – Ny tomt

DATO / REVISJON: 2018-08-23 / 00

DOKUMENTKODE: 418722-RIG-RAP-002



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. 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 | ZEB Flexible Lab | DOKUMENTKODE | 418722-RIG-RAP-002 |
| EMNE | Geotekniske grunnundersøkelser – Ny tomt | TILGJENGELIGHET | Åpen |
| OPPDRAGSGIVER | Veidekke Entreprenør AS | OPPDRAGSLEDER | Håvard Narjord |
| KONTAKTPERSON | Karianne Skrindo | UTARBEIDET AV | Amund Quitzau Growen |
| KOORDINATER | SONE: 10 ØST: 95378 NORD: 1603264 | ANSVARLIG ENHET | 10234011 Geoteknikk Midt |
| GNR./BNR./SNR. | 405 / 177 / - / Trondheim | | |

SAMMENDRAG

Foreliggende rapport presenterer resultater fra utførte geotekniske grunnundersøkelser for ZEB Flexible Lab (Zero Emission Buildings) i Trondheim.

Utførte grunnundersøkelser omfatter:

- 4 stk. dreietrykksonderinger
- 2 stk. trykksonderinger (CPTU)
- 2 stk. prøveserie med poseprøver og Ø54 mm sylindrerprøver

Det er relativt store variasjoner i lagdelingen løsmassene på tomta, noe som tyder på skredmasser. Generelt tolkes lagdelingen å bestå av tørrskorpeleire og fyllmasser over hovedsakelig leire. Topplagets mektighet synes å være rundt 3-4 meter. Fra prøvetaking er det påvist humusrester i leira under topplaget til 8-9 meters dybde. Leira har varierende innslag av sand og grus. Mengden av humusrester i leira stemmer overens med tolkning av løsmassene på tomta som rekonsoliderte skredmasser.

Prøvetaking i borpunkt 2-3 viser at leira har en uforstyrret skjærfasthet mellom 44 og 155 kPa. Videre er omrørt skjærfasthet mellom 14 og 49, og sensitivitet mellom 2 og 3. Ut fra dette kan leira betegnes som middels fast til fast, og lite sensitiv.

Prøvetaking i borpunkt 2-4 viser at leira under topplaget har uforstyrret skjærfasthet mellom 34 og 51 kPa. Omrørt skjærfasthet ligger i intervallet 3-9, med sensitivitet på 5-12. Leira klassifiseres som middels fast til fast, og lite til middels sensitiv.

Prøver tatt opp fra topplaget av fyllmaser/tørrskorpig leire viser at løsmassene har relativt høy fasthet, i størrelsesorden 100 kPa.

| | | | | | |
|------|------------|------------------------|--|---|---|
| | | | | | |
| | | |  |  |  |
| 00 | 2018-08-22 | Geoteknisk datarapport | Amund Q. Growen | Alberto Montafia | Håvard Narjord |
| REV. | DATO | BESKRIVELSE | UTARBEIDET AV | KONTROLLERT AV | GODKJENT AV |

INNHOLDSFORTEGNELSE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Innledning | 6 |
| 1.1 | Formål og bakgrunn | 6 |
| 1.2 | Utførelse | 6 |
| 1.3 | Kvalitetssikring og standardkrav | 6 |
| 1.4 | Innhold og bruk av rapporten | 6 |
| 2 | Områdebeskrivelse | 7 |
| 2.1 | Befaring | 7 |
| 2.2 | Området og topografi | 7 |
| 3 | Geotekniske grunnundersøkelser | 8 |
| 3.1 | Tidligere grunnundersøkelser | 8 |
| 3.2 | Utførte grunnundersøkelser | 8 |
| 3.2.1 | Feltundersøkelser | 8 |
| 3.2.2 | Laboratorieundersøkelser | 9 |
| 4 | Grunnforholdsbeskrivelse | 10 |
| 4.1 | Kvartærgeologisk kart | 10 |
| 4.2 | Eksisterende faresoner for kvikkleireskred | 11 |
| 4.3 | Grunnforhold tolket ut fra grunnundersøkelser | 11 |
| 4.3.1 | Generelt | 11 |
| 4.3.2 | Dybde til berg | 11 |
| 4.3.3 | Løsmasser | 11 |
| 4.3.4 | Poretrykk og grunnvann | 12 |
| 5 | Geoteknisk evaluering av resultatene | 12 |
| 5.1 | Avvik fra standard utførelsesmetoder | 12 |
| 5.2 | Viktige forutsetninger | 12 |
| 5.3 | Undersøkelles- og prøve kvalitet | 12 |
| 5.4 | Måling av poretrykk | 12 |
| 5.5 | Påvisning av bergnivå | 12 |
| 6 | Referanser | 13 |

TEGNINGER

| | | |
|----------------|--------|--|
| 418722-RIG-TEG | -000 | Oversiktskart |
| | -002 | Borplan |
| | -012 | Geotekniske data PR-2-3 |
| | -013 | Geotekniske data PR-2-4 |
| | -043.1 | CPTU-2-3, Spissmotstand $q_{c,t}$, poretrykk u_2 , sidefriksjon $f_{s,t}$ og helning i |
| | -043.2 | CPTU-2-3, Netto spissmotstand q_n og poreovertrykk Δu_2 |
| | -043.3 | CPTU-2-3, Spissmotstandstill N_m , poretrykks- B_q og friksjonsforhold R_f |
| | -043.4 | CPTU-2-3, Jordartsidentifikasjon fra CPTU data – Q og B_q |
| | -044.1 | CPTU-2-4, Spissmotstand $q_{c,t}$, poretrykk u_2 , sidefriksjon $f_{s,t}$ og helning i |
| | -044.2 | CPTU-2-4, Netto spissmotstand q_n og poreovertrykk Δu_2 |
| | -044.3 | CPTU-2-4, Spissmotstandstill N_m , poretrykks- B_q og friksjonsforhold R_f |
| | -044.4 | CPTU-2-4, Jordartsidentifikasjon fra CPTU data – Q og B_q |
| | -078.1 | Ødometerforsøk, CRS-rutine, PR-2-3, $d=4,40m$. Plott A: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, M og C_v |
| | -078.2 | Ødometerforsøk, CRS-rutine, PR-2-3, $d=4,40m$. Plott B: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, k og u_b/σ |
| | -079.1 | Ødometerforsøk, CRS-rutine, PR-2-4, $d=13,45m$. Plott A: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, M og C_v |
| | -079.2 | Ødometerforsøk, CRS-rutine, PR-2-4, $d=13,45m$. Plott B: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, k og u_b/σ |
| | -103 | Profil D-D |
| | -104 | Profil E-E |

VEDLEGG

Vedlegg A1-A2 – Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet CPTU-2-3 og CPTU-2-4

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 for ZEB (Zero Emission Buildings) Flexible Lab i Trondheim.

1.1 Formål og bakgrunn

Veidekke Entreprenør AS planlegger oppføring av ny ZEB Flexible Lab ved NTNU Gløshaugen i Trondheim. Multiconsult Norge AS er engasjert til geotekniske grunnundersøkelser og prosjektering. Multiconsult utførte grunnundersøkelser i 2017 [1] for bygget, men byggets nye plassering har gitt behov for ytterligere undersøkelser.

1.2 Utførelse

Boringenes 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.

Feltarbeidet for geotekniske grunnundersøkelser ble utført i uke 23, 2018. Undersøkelsene ble ledet av borleder Jørgen Forbord, og utført med borerigg av typen Geotech 605HK. Borpunktene er satt ut og innmålt med DGPS utstyr (Trimble GeoExplorer 6000 series GeoXR) av borleder. Systemet opplyses å ha en nøyaktighet på inntil +/- 2,0 cm i horisontalplanet, og +/- 5,0 cm i vertikalplanet.

Laboratorieundersøkelsene er utført ved Multiconsults geotekniske laboratorium i Trondheim i uke 25 og 26 i 2018.

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 [2] og tilgjengelige metodestandarder fra Norsk Geoteknisk Forening [3].

Laboratorieundersøkelsene er utført iht. NS 8000-serien og relevante ISO-standarder. Datarapporten er utarbeidet i henhold til NGF-melding nr. 2 [3] og krav i NS-EN-1997 (Eurokode 7) – Del 2 [4].

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, og vi anbefaler at det engasjeres geoteknisk kompetanse i det videre arbeidet med prosjektet.

Geoteknisk datarapport omhandler ikke data eller vurderinger knyttet til tilstedeværelse av forurenset grunn i det undersøkte området. Multiconsult utførte miljøgeologisk prøvetaking i forbindelse med grunnundersøkelsene. Resultatene vil presenteres i egen rapport.

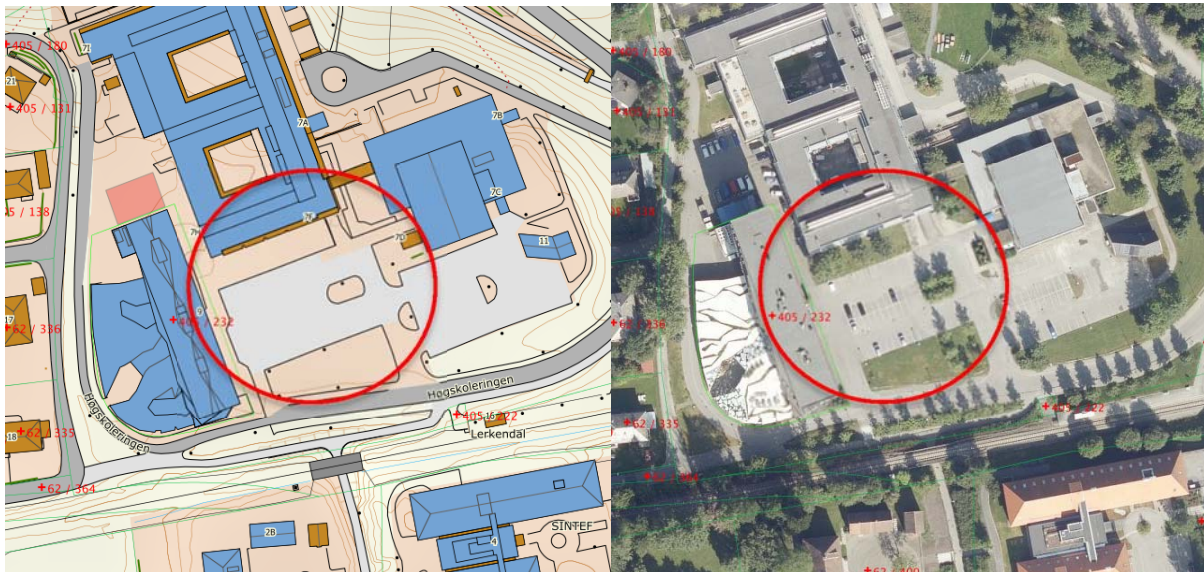
2 Områdebeskrivelse

2.1 Befaring

Befaring ble ikke utført i forkant av grunnundersøkelsene.

2.2 Området og topografi

Det nye bygget skal etableres på eksisterende parkeringsplass på den sørligste delen av NTNU Gløshaugen i Trondheim. Terrenget på parkeringsplassen er tilnærmet flatt og ligger mellom kote +36,0 og +37,0. Nordøstover stiger terrenget ca. 1:2,5 på det kraftigste.



Figur 2-1: Oversiktskart over aktuelt område [www.norgeskart.no]

3 Geotekniske grunnundersøkelser

3.1 Tidligere grunnundersøkelser

Tidligere relevante grunnundersøkelser i området, er vist i Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Relevante tidligere grunnundersøkelsesrapporter

| Rapport-nummer | Utført av | År | Oppdragsgiver | Oppdragsnavn/ rapportnavn |
|--------------------|-----------------------|------|-------------------------|---------------------------|
| 418722-RIG-RAP-001 | Multiconsult Norge AS | 2017 | Veidekke Entreprenør AS | ZEB Flexible Lab |
| 413642-1 | Multiconsult Norge AS | 2009 | NINA | Nytt bygg Gløshaugen |
| 0.669 | Kummeneje | 1968 | NTH | Nybygg NTH |

3.2 Utførte grunnundersøkelser

3.2.1 Feltundersøkelser

Utførte grunnundersøkelser omfatter:

- 4 stk. dreietrykksonderinger
- 2 stk. trykksonderinger (CPTU)
- 2 stk. prøveserie med poseprøver og Ø54 mm sylindrerprøver

Borpunktens plassering er vist på borplan, se tegning -001. Sonderinger er vist i lengdeprofiler på tegning -103 og -104.

Tabell 3-2: Koordinat-/høydesystem

| Høydesystem | Koordinatsystem | Sone |
|-------------|-----------------|--------|
| NN 2000 | Euref 89 | NTM 10 |

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] | |
| 2-3 | 1603264,6 | 95378,4 | 36,2 | DrT | 20,2 | | 20,2 | |
| 2-4 | 1603270,1 | 95397,1 | 36,3 | DrT | 20,2 | | 20,2 | |
| 2-5 | 1603249,1 | 95381,2 | 36,6 | DrT | 20,2 | | 20,2 | |
| 2-6 | 1603250,6 | 95405,3 | 36,4 | DrT | 20,1 | | 20,1 | |
| CPTU-2-3 | 1603264,6 | 95378,4 | 36,2 | CPTU | 13,6 | | 13,6 | |
| CPTU-2-4 | 1603270,1 | 95397,1 | 36,3 | CPTU | 15,2 | | 15,2 | |
| PR-2-3 | 1603264,6 | 95378,4 | 36,2 | PR | 8,5 | | 8,5 | |
| PR-2-4 | 1603270,1 | 95397,1 | 36,3 | PR | 14,0 | | 14,0 | |

TOT=Totalsondering; DrT=Dreietrykksondering; CPTU=Trykksondering; PZ=Poretrykksmåling; PR=Prøveserie;

3.2.2 Laboratorieundersøkelser

Prøvene er undersøkt i geoteknisk laboratorium 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 poseprøver fra 2 borpunkt
- Rutineundersøkelser av sylindrerprøver (54 mm) fra 2 borpunkt
- Kontinuerlig ødometerforsøk fra 2 borpunkt

Resultatene fra rutineundersøkelser er presentert som geotekniske data i tegning -012 og -013.

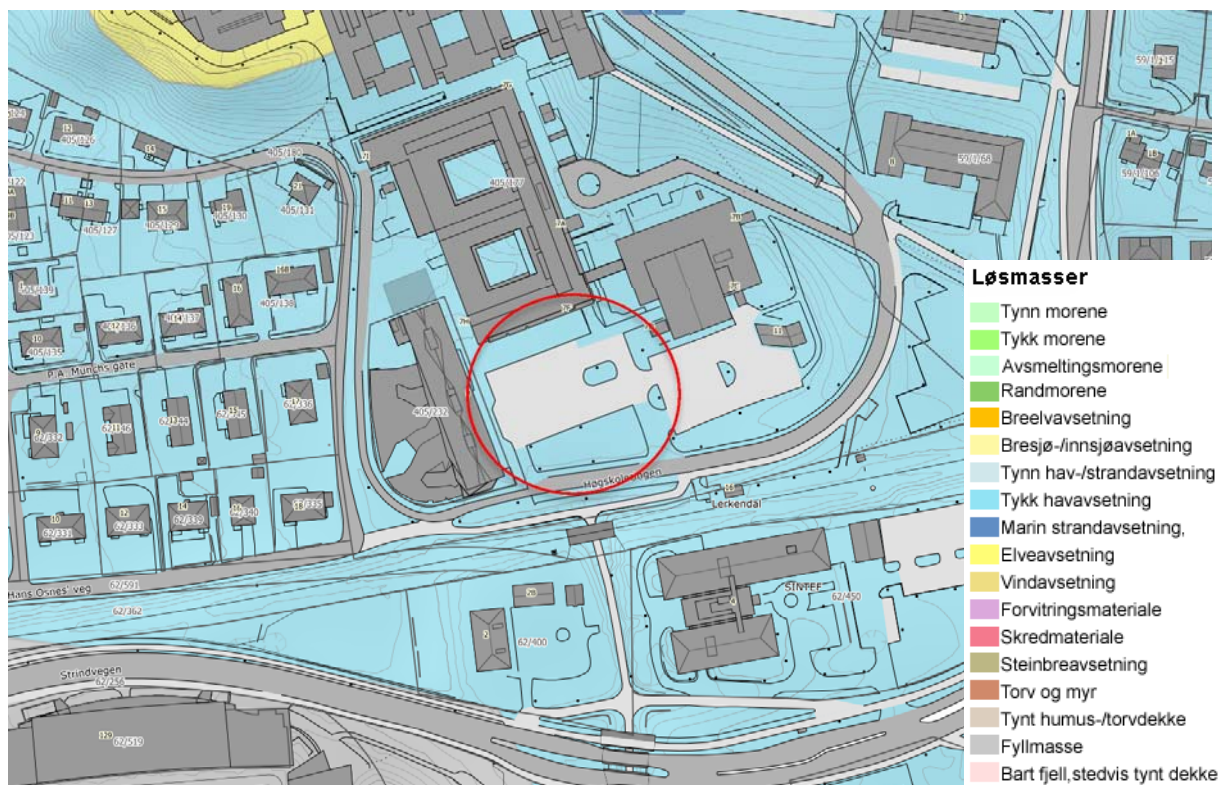
Resultatene fra ødometerforsøkene er vist i tegning -078 og -079.

4 Grunnforholdsbeskrivelse

4.1 Kvartærgeologisk kart

Figur 4-1 viser et utsnitt av kvartærgeologisk kart for det aktuelle området. Kartet indikerer at løsmassene i området består av tykk havavsetning.

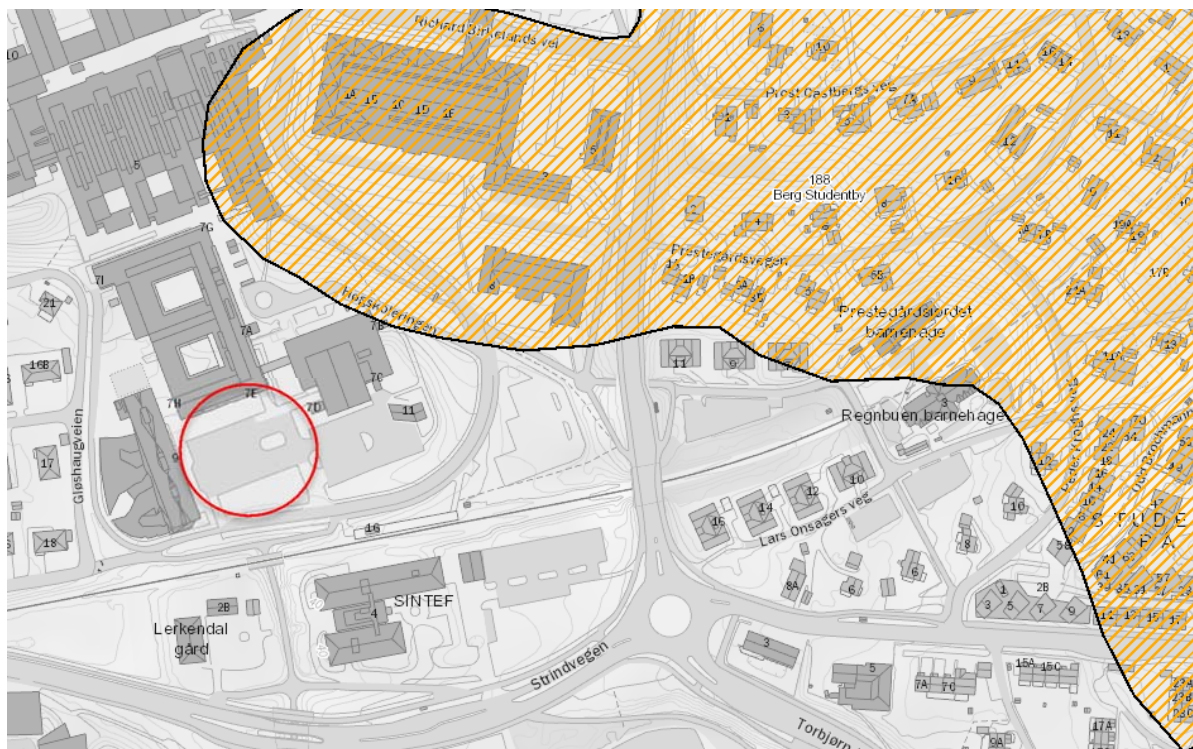
Det kvartærgeologiske kartgrunnlaget gir en visuell oversikt over landskapsformende prosesser over tid, samt løsmassenes overordnede fordeling. Utgangspunktet for disse oversiktskartene er i all hovedsak visuell overflatekartlegging, og kun i begrenset omfang fysiske undersøkelser. Kartene gir ingen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



Figur 4-1: Utsnitt fra kvartærgeologisk kart [atlas.nve.no]

4.2 Eksisterende faresoner for kvikkleireskred

I følge faresonekart på NVE-Atlas [atlas.nve.no] er kvikkleiresone nr. 188 «Berg Studentby» ca. 80 meter nordøst for utførte grunnundersøkelser. Sonen er klassifisert med middels faregrad og risikoklasse 4.



Figur 4-2: Registrerte faresoner for kvikkleireskred

4.3 Grunnforhold tolket ut fra grunnundersøkelser

4.3.1 Generelt

Det er relativt store variasjoner i lagdelingen løsmassene på tomta, noe som tyder på skredmasser. Generelt tolkes lagdelingen å bestå av tørrskorpeleire og fyllmasser over hovedsakelig leire. Topplagets mektighet synes å være rundt 3-4 meter. Fra prøvetaking er det påvist humusrester i leira under topplaget til 8-9 meters dybde. Leira har varierende innslag av sand og grus. Mengden av humusrester i leira stemmer overens med tolkning av løsmassene på tomta som rekonsoliderte skredmasser.

4.3.2 Dybde til berg

Dybde til berg ble ikke påvist i forbindelse med grunnundersøkelsene.

4.3.3 Løsmasser

Prøvetaking i borpunkt 2-3 viser at leira har en uforstyrret skjærfasthet mellom 44 og 155 kPa. Videre er omrørt skjærfasthet mellom 14 og 49, og sensitivitet mellom 2 og 3. Ut fra dette kan leira betegnes som middels fast til fast, og lite sensitiv.

Prøvetaking i borpunkt 2-4 viser at leira under topplaget har uforstyrret skjærfasthet mellom 34 og 51 kPa. Omrørt skjærfasthet ligger i intervallet 3-9, med sensitivitet på 5-12. Leira klassifiseres som middels fast til fast, og lite til middels sensitiv.

Prøver tatt opp fra topplaget av fyllmaser/tørrskorpig leire viser at løsmassene har relativt høy fasthet, i størrelsesorden 100 kPa.

4.3.4 Poretrykk og grunnvann

Det er ble ikke målt poretrykk i forbindelse med grunnundersøkelsene.

5 Geoteknisk evaluering av resultatene

5.1 Avvik fra standard utførelsesmetoder

Samtlige dreietrykksonderinger ble utført med retrekk og tilførsel av vann for å redusere friksjon langs borstengene der hvor det ble registrert større økninger i matekraft over korte dybder. Dette ble gjort for å unngå at lag med høy friksjon kunne «skjule» underliggende bløtere masser. I profiltegninger er dybden hvor denne prosedyren ble utført anmerket.

Laboratorieundersøkelser ble utført i henhold til gjeldende standardprosedyrer, se henvisninger i vedlagt bilag 3.

5.2 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.

5.3 Undersøkelses- og prøve kvalitet

Generelt vurderes kvaliteten på opptatte prøver og utførte undersøkelser som akseptabel.

Dilaterende lag kan ha påvirket poretrykksresponsen av trykksonderingen i BP 2-3 fra ca. 9,3 m dybde, men sonderingen vurderes fremdeles å være representativ.

5.4 Måling av poretrykk

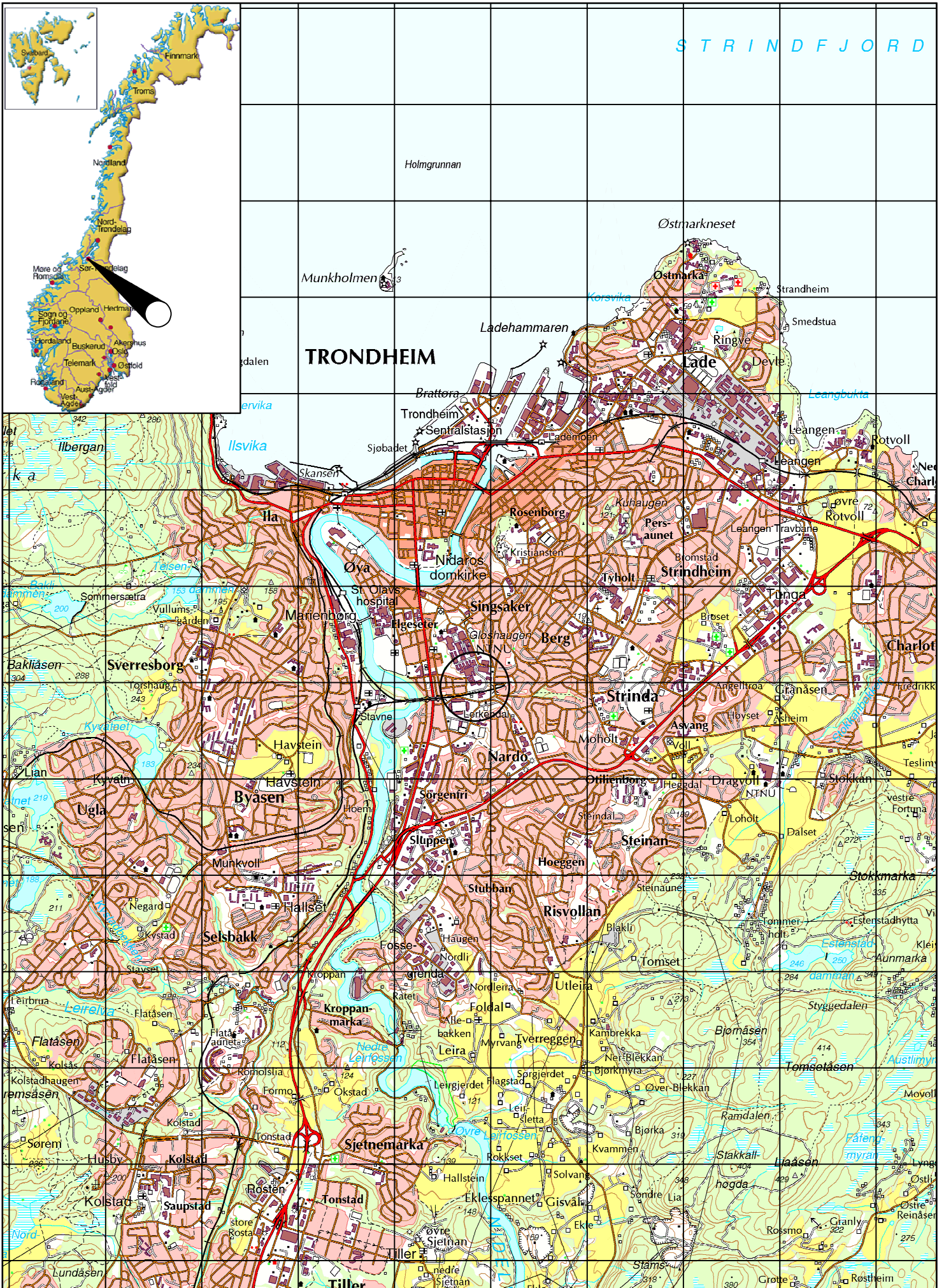
Poretrykk er ikke målt.

5.5 Påvisning av bergnivå

Dybde til berg er ikke påvist.

6 Referanser

- [1] Multiconsult Norge AS, «418722-RIG-RAP-001. ZEB Flexible Lab. Geotekniske grunnundersøkelser,» 1. september 2017.
- [2] Standard Norge, «Systemer for kvalitetsstyring. Krav (ISO 9001:2015),» Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN ISO 9001:2015.
- [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] Norsk Geoteknisk Forening (NGF): NGF-Melding nr. 1-11.
- [5] 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.



X1603300

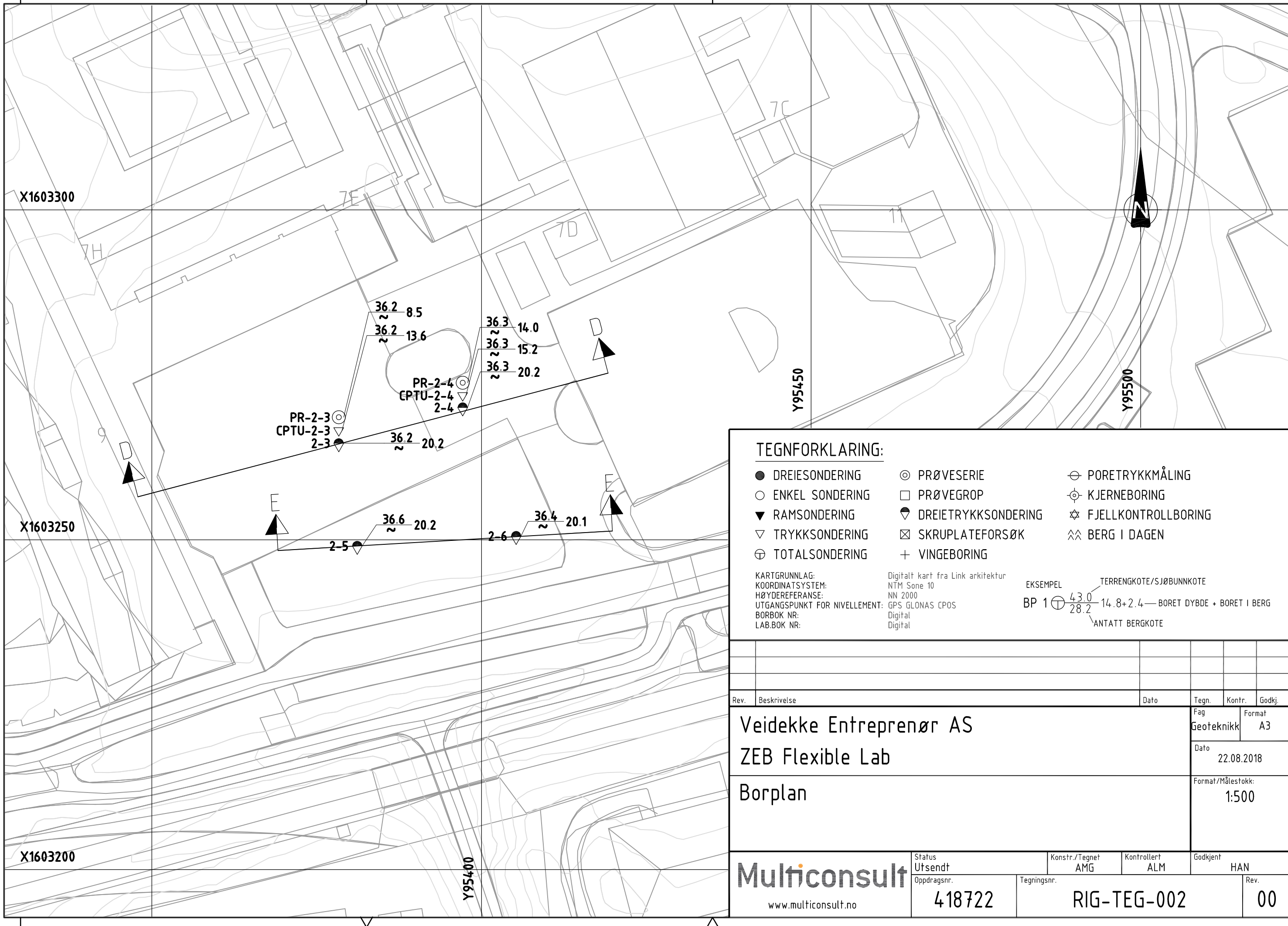
X1603250

X1603200

Y95450

Y95500

Y95400



TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGROP
- ◐ DREIETRYKKSONDERING
- ⊠ SKRUPLATEFORSØK
- + VINGEBORING
- ⊖ PORETRYKKMÅLING
- ⊕ KJERNEBORING
- ⊠ FJELLKONTROLLBORING
- ⊠ BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG:
 KOORDINATSYSTEM: Digitalt kart fra Link arkitektur
 HØYDEREFERANSE: NTM Sone 10
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: NN 2000
 BORBOK NR: GPS GLONAS CPOS
 LAB.BOK NR: Digital

EKSEMPEL
 BP 1 ⊕ $\frac{43.0}{28.2}$ 14.8+2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG
 ANTATT BERGKOTE

| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
|---|-------------|----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|
| Veidekke Entreprenør AS | | | Fag | Format | |
| ZEB Flexible Lab | | | Geoteknikk | A3 | |
| Borplan | | | Dato | 22.08.2018 | |
| | | | Format/Målestokk: | 1:500 | |
| Multiconsult <small>www.multiconsult.no</small> | | Status Utsendt | Konstr./Tegnet AMG | Kontrollert ALM | Godkjent HAN |
| Oppdragsnr. 418722 | | Tegningsnr. RIG-TEG-002 | | Rev. 00 | |

| Dybde (m) | Beskrivelse | Prøve | Test | Vanninnhold (%) og konsistensgrenser | | | | | ρ (g/cm ³) | Poresitet (%) | Organisk innhold (%) | Udrenert skjærfasthet (kPa) | | | | | | | | | | St (-) | | | |
|-----------|---|----------|------|--------------------------------------|----|----|----|------|-----------------------------|---------------|----------------------|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--------|--|---|---|
| | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | | | | | |
| 5 | FYLLMASSE, SILT, finsandig, leirig enk gruskorn | [Symbol] | | | | | | 2,00 | 37 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | FYLLMASSE, LEIRE, noe siltig enk planterester, små teglsteinsbiter | [Symbol] | | | | | | 2,02 | 42 | | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| | LEIRE, enk små planterester LEIRE, enk tørrskorpeflekker ant. FYLLMASSE | [Symbol] | | | | | | 1,90 | 48 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | LEIRE, noe siltig, enk tørrskorpeflekker | [Symbol] | | | | | | 1,96 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 10 | LEIRE, enk humusrester, mye sand-/gruskorn RASMASSE | [Symbol] | | | | | | 2,13 | 37 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| | LEIRE, enk humusrester sandig leire fra 7,90-8,15m | [Symbol] | | | | | | 1,92 | 47 | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

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

○ Vanninnhold ρ = Densitet S_t = Sensitivitet

▼ Omrørt konus ∇ Uomrørt konus

— Plastisitetesindeks, Ip

T = Treaksialforsøk
Ø = Ødometerforsøk
K = Korngradering

ρ_s : 2,75 g/cm³
Grunnvannstand: m
Borrbok:
Lab-bok: Digital

| | | | |
|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------|
| PRØVESERIE | | Borhull: 2-3 | |
| Veidekke Entreprenør AS | | | Dato: 2018-06-26 |
| ZEB Flexible Lab | | | |
| www.multiconsult.no | Konstr./Tegnet: mash | Kontrollert: vt | Godkjent: HAN |
| | Oppdragsnummer: 418722 | Tegningsnr.: RIG-TEG-012 | Rev. nr.: 00 |

| Dybde (m) | Beskrivelse | Prøve | Test | Vanninnhold (%) og konsistensgrenser | | | | | ρ (g/cm ³) | Poresitet (%) | Organisk innhold (%) | Udreneret skjærfasthet (kPa) | | | | | | | | | | St (-) | | | |
|---|--|------------|------|--------------------------------------|----|----|----|----|------------------------|---------------|----------------------|------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|--|-------------------|-----|---|--|
| | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | | | | | |
| 5 | FYLLMASSE, TØRRSKORPELEIRE, noe siltig enk humusflekker | kt. + 36.3 | | | | | | | 2,03 | 42 | | | | | | | | | | | | 260 133 123 | 2 | | |
| | FYLLMASSE, TØRRSKORPELEIRE, noe siltig enk humusflekker | | | | | | | | | | 2,04 | 41 | | | | | | | | | | | 145 | 2 | |
| | FYLLMASSE, TØRRSKORPELEIRE, siltig enk humusrester | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | TØRRSKORPELEIRE, noe siltig, enk gruskorn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LEIRE, noe tørrskorpig/siltig, enk skjellrester | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | LEIRE, enk små gruskorn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | | |
| 15 | LEIRE, enk korn av sand/fin grus | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Symboler:

15-0-5 Enaksialforsøk (strek angir aksial tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold¹⁰

▼ Omrørt konus

ρ = Densitet

T = Treaksialforsøk

ρ_s: 2,75 g/cm³

Ø = Ødometerforsøk

Grunnvannstand: m

Borbok: Lab-bok: Digital

┌ Plastisitetindeks, Ip

▽ Uomrørt konus

S_t = Sensitivitet

K = Korngradering

PRØVESERIE

Borhull: 2-4

Veidekke Entreprenør AS

ZEB Flexible Lab

Dato: 2018-06-26

Multiconsult
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:
mash

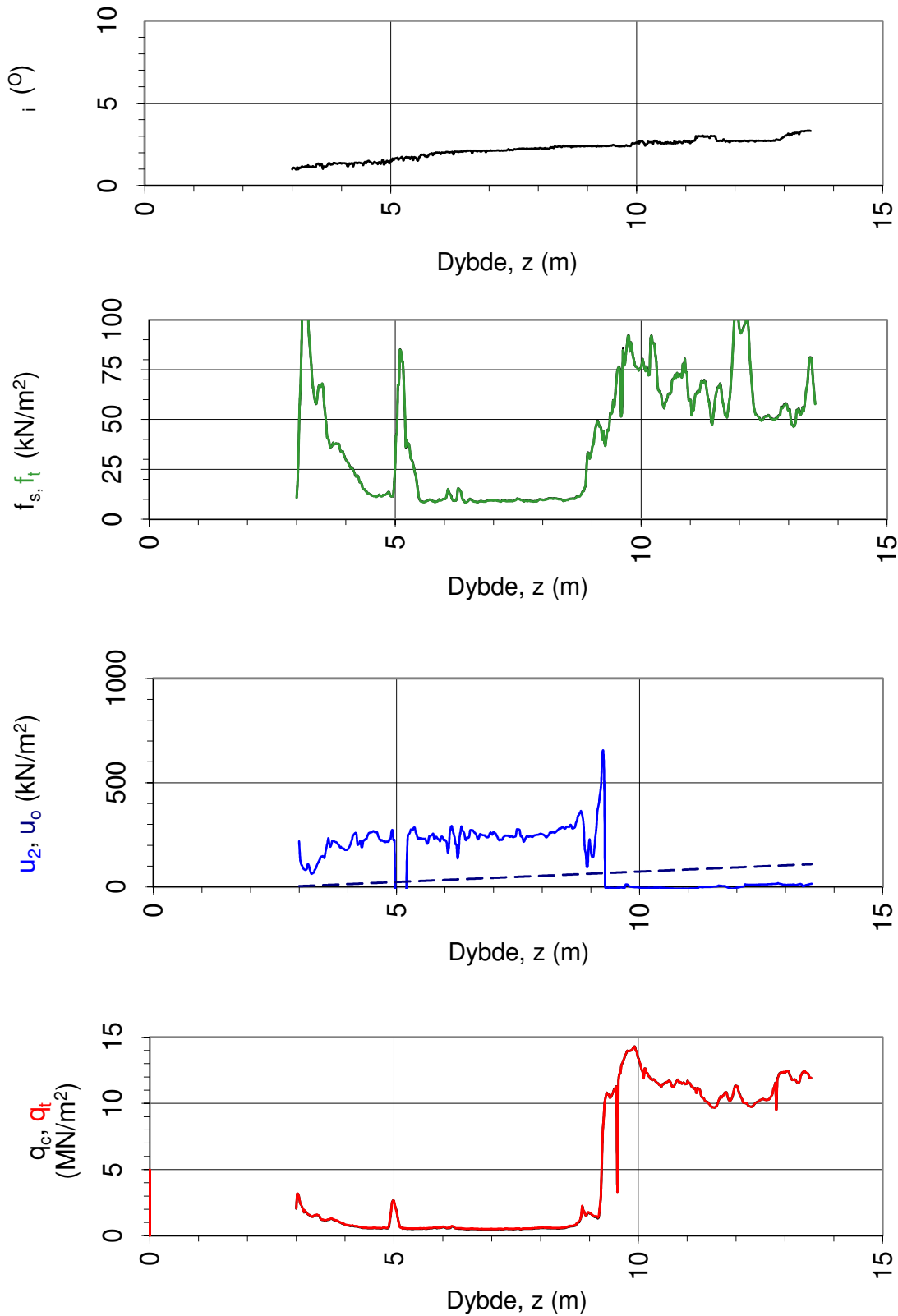
Oppdragsnummer:
418722

Kontrollert:
vt

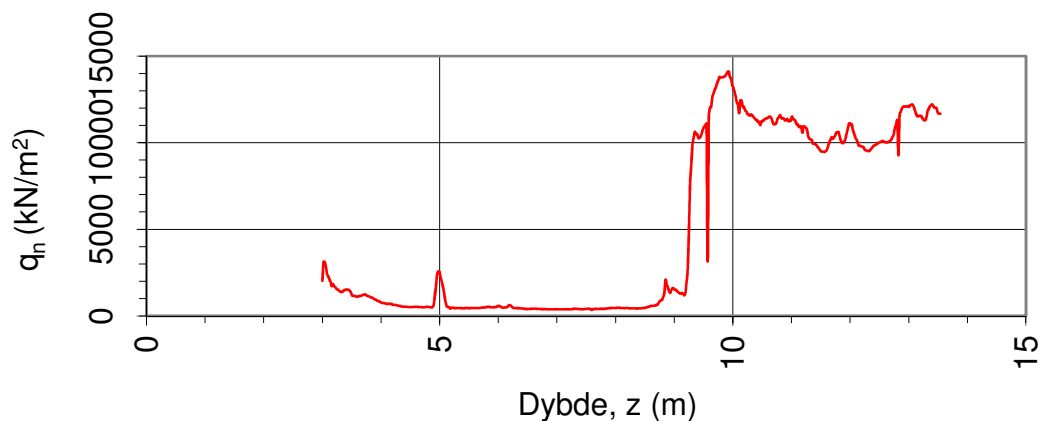
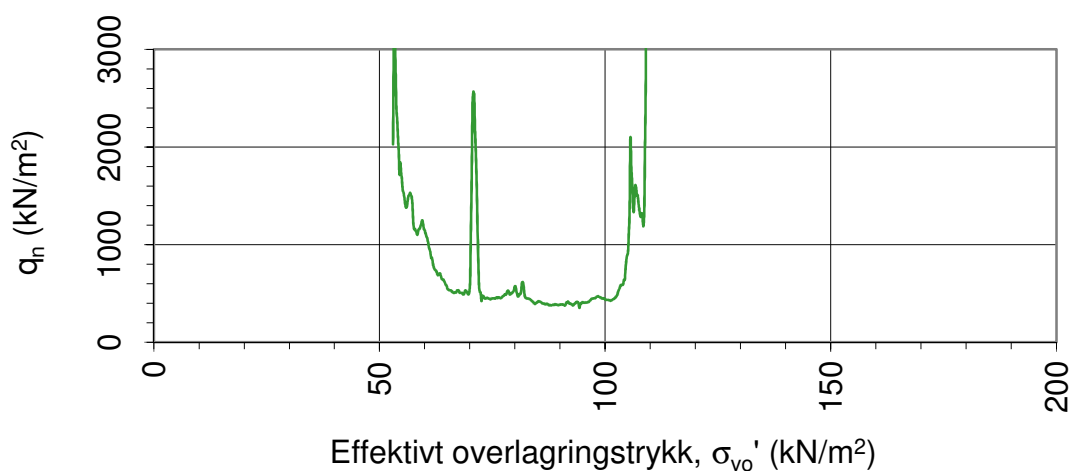
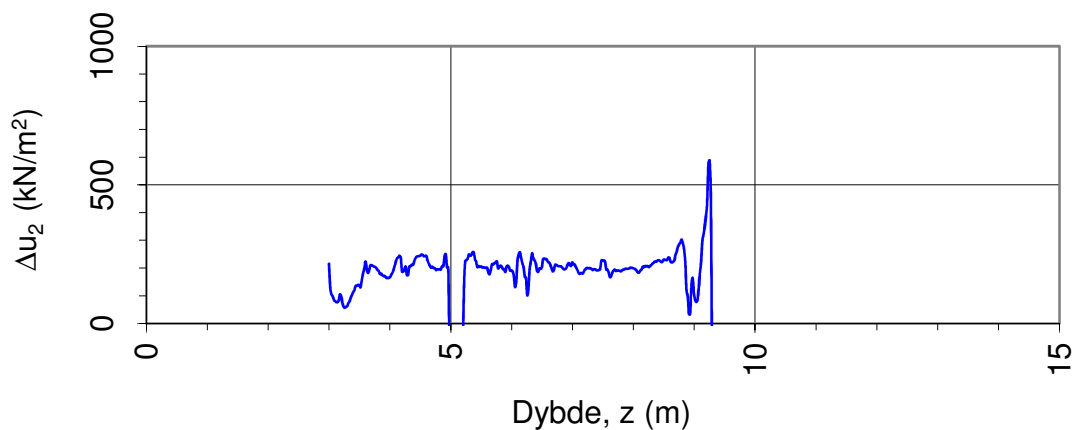
Tegningsnr.:
RIG-TEG-013

Godkjent:
HAN

Rev. nr.:
00



| | | | | |
|---|------------------------|-------------------------------|------------------------|--|
| Oppdragsgiver: Veidekke Entreprenør | | Oppdrag: ZEB-lab | | Tegningens filnavn: 418722 CPTU 2-3 |
| Spissmotstand $q_{c,t}$, poretrykk u_2 , sidefriksjon $f_{s,t}$ og helning i . | | | | Multiconsult |
| CPTU id.: | CPTU-2-3 | Sonde: | 4672 | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 05.06.2018 | Tegnet: ALM | Kontrollert: ALM | Godkjent: HAN |
| | Oppdrag nr.: 418722 | Tegning nr.: RIG-TEG-043.1 | Versjon: 09.03.2016 | Revisjon: 0 |



Oppdragsgiver:

Veidekke Entreprenør

Oppdrag:

ZEB-lab

Tegningens filnavn:

418722 CPTU 2-3

Netto spissmotstand q_n og poreovertrykk Δu_2 .

Multiconsult

CPTU id.:

CPTU-2-3

Sonde:

4672

MULTICONSULT AS

Dato:

05.06.2018

Tegnet:

ALM

Kontrollert:

ALM

Godkjent:

HAN

Oppdrag nr.:

418722

Tegning nr.:

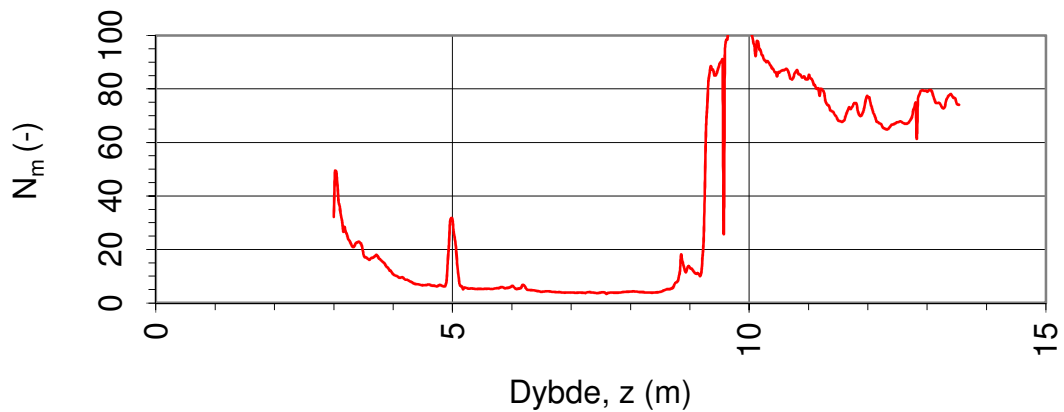
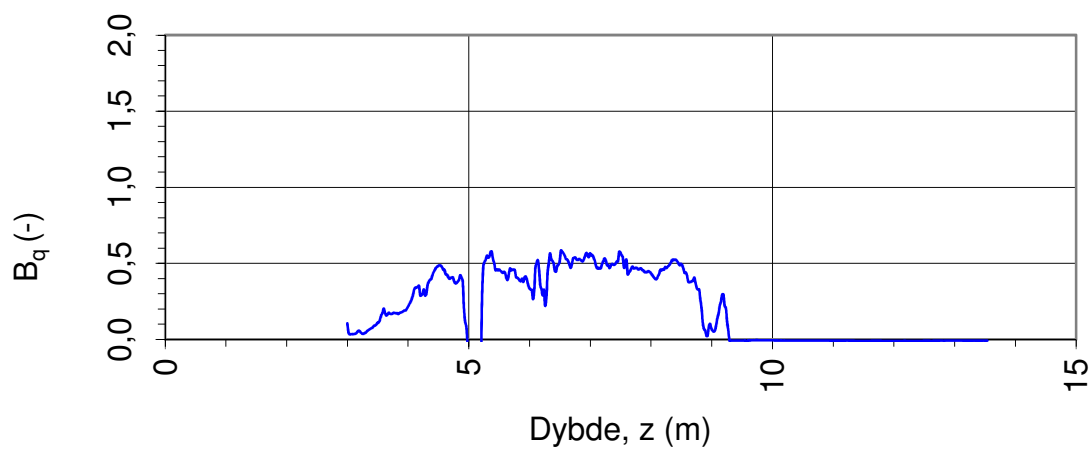
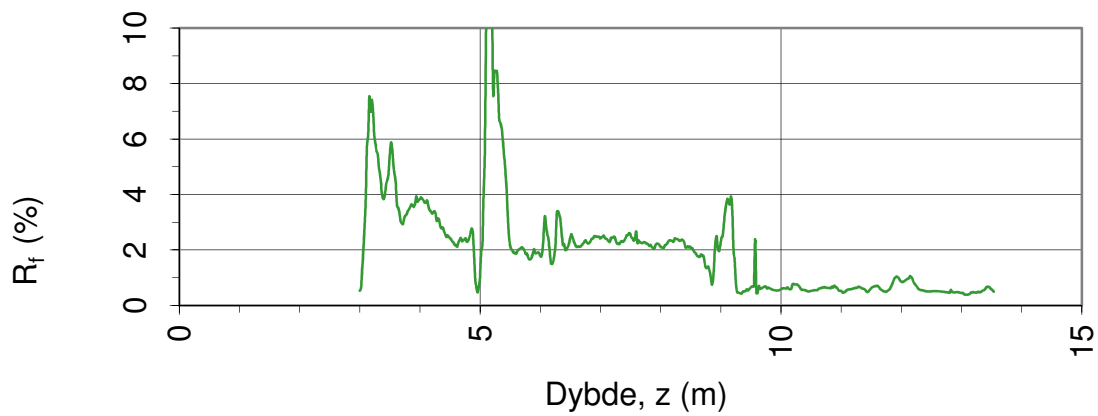
RIG-TEG-043.2

Versjon:

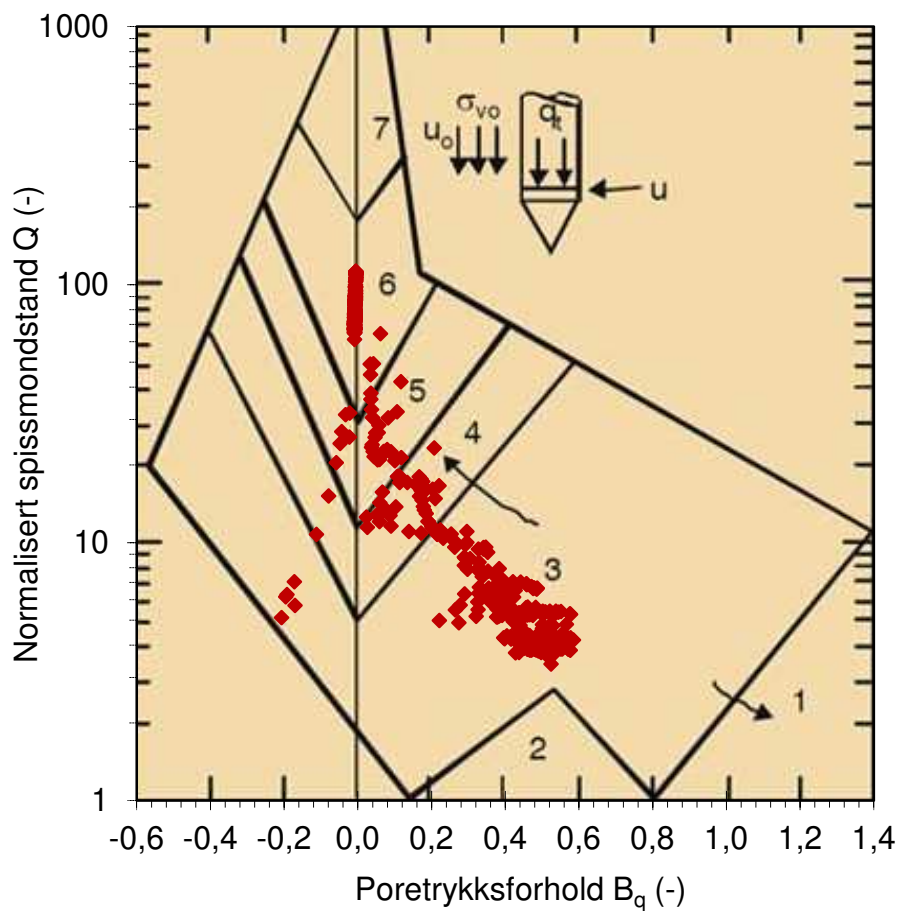
09.03.2016

Revisjon:

0



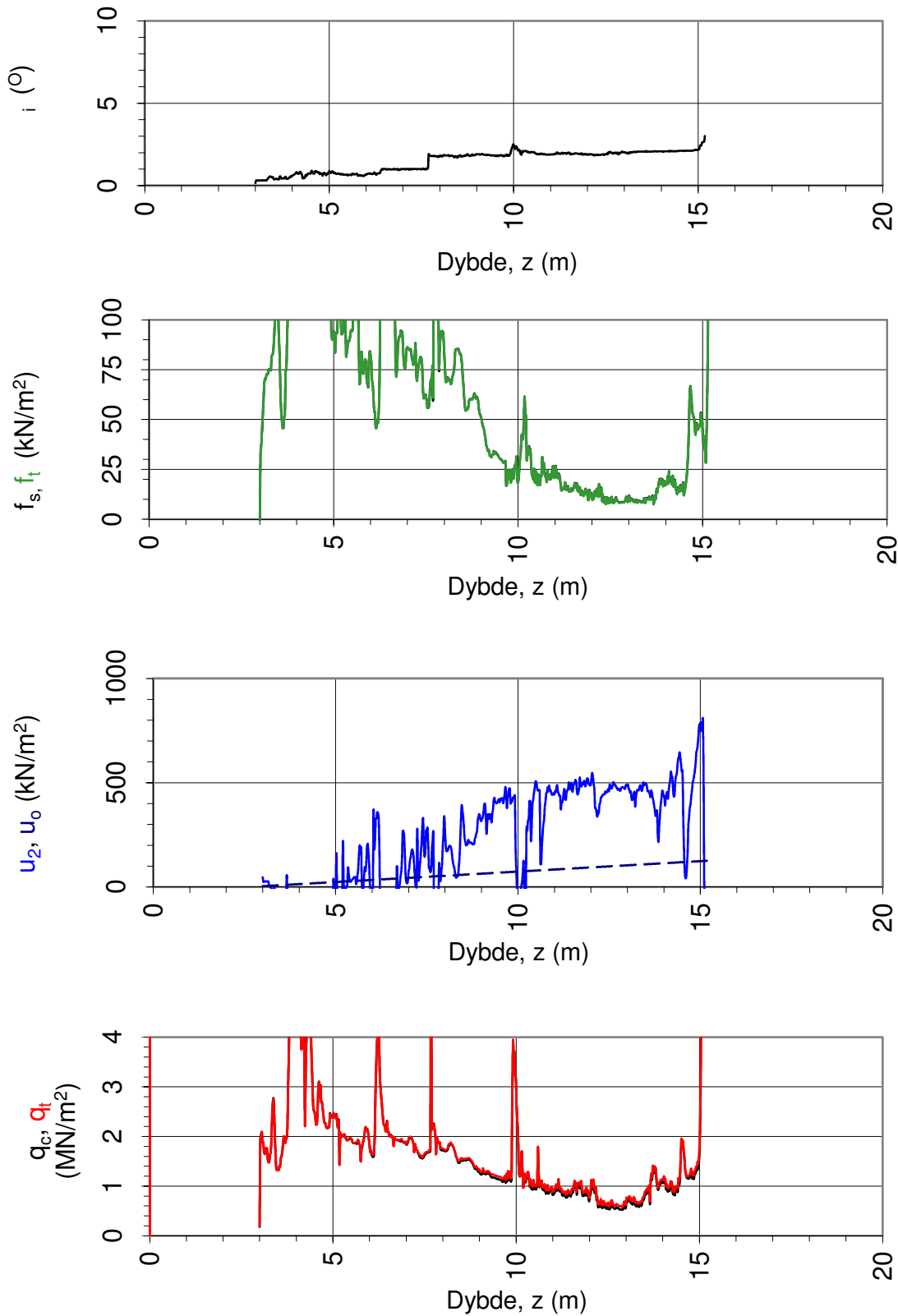
| | | | | | |
|--|------------------------|-------------------------------|------------------------|--|--|
| Oppdragsgiver: Veidekke Entreprenør | | Oppdrag: ZEB-lab | | Tegningens filnavn: 418722 CPTU 2-3 | |
| Spissmotstandstall N_m , poretrykks- B_q og friksjonsforhold R_f . | | | | Multiconsult | |
| CPTU id.: | CPTU-2-3 | Sonde: | 4672 | | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 05.06.2018 | Tegnet: ALM | Kontrollert: ALM | Godkjent: HAN | |
| | Oppdrag nr.: 418722 | Tegning nr.: RIG-TEG-043.3 | Versjon: 09.03.2016 | Revisjon: 0 | |



| Jordartsid. | Beskrivelse | Identifikasjon |
|-------------|---------------------------------|--|
| 1 | Sensitivt, finkornig materiale | |
| 2 | Organisk materiale | |
| 3 | Leire - siltig leire | Ved variasjon i jordartgruppe brukes begge Id-boksene for å beskrive materialet (eks. 5-7) |
| 4 | Leirig silt - siltig leire | |
| 5 | Siltig sand - sandig silt | |
| 6 | Sand - siltig sand | |
| 7 | Grusig sand - sand | |
| 8 | Meget fast, sand - leirig sand | |
| 9 | Meget fast, finkornig materiale | |

Ref. Robertson & Campanella (1990)

| | | | | | |
|--|------------------------|-------------------------------|------------------------|--|--|
| Oppdragsgiver: Veidekke Entreprenør | | Oppdrag: ZEB-lab | | Tegningens filnavn: 418722 CPTU 2-3 | |
| Jordartsidentifikasjon fra CPTU data - Q og B _q . | | | | | |
| CPTU id.: | CPTU-2-3 | Sonde: | 4672 | Multiconsult | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 05.06.2018 | Tegnet: ALM | Kontrollert: ALM | | |
| | Oppdrag nr.: 418722 | Tegning nr.: RIG-TEG-043.4 | Versjon: 09.03.2016 | Revisjon: 0 | |



Oppdragsgiver:

Veidekke Entreprenør

Oppdrag:

ZEB-lab

Tegningens filnavn:

418722 CPTU 2-4

Spissmotstand $q_{c,t}$, poretrykk u_2 , sidefriksjon $f_{s,t}$ og helning i .

Multiconsult

CPTU id.:

CPTU-2-4

Sonde:

4672

MULTICONSULT AS

Dato:

05.06.2018

Tegnet:

ALM

Kontrollert:

ALM

Godkjent:

HAN

Oppdrag nr.:

418722

Tegning nr.:

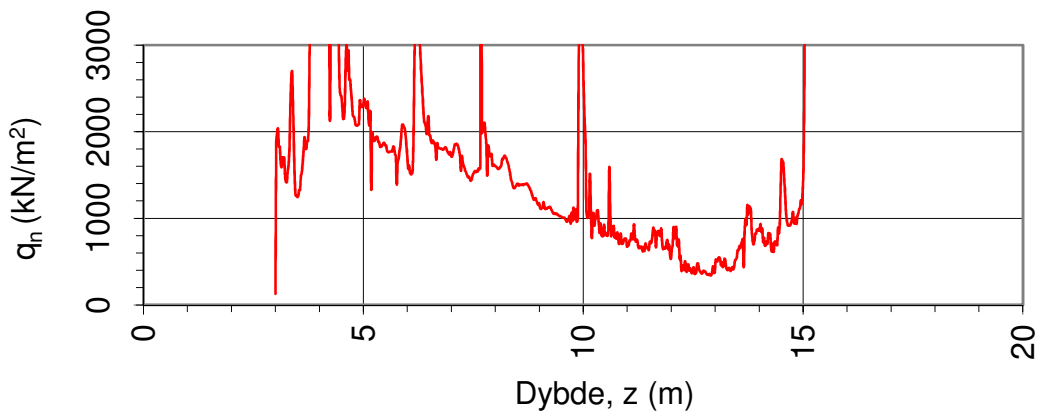
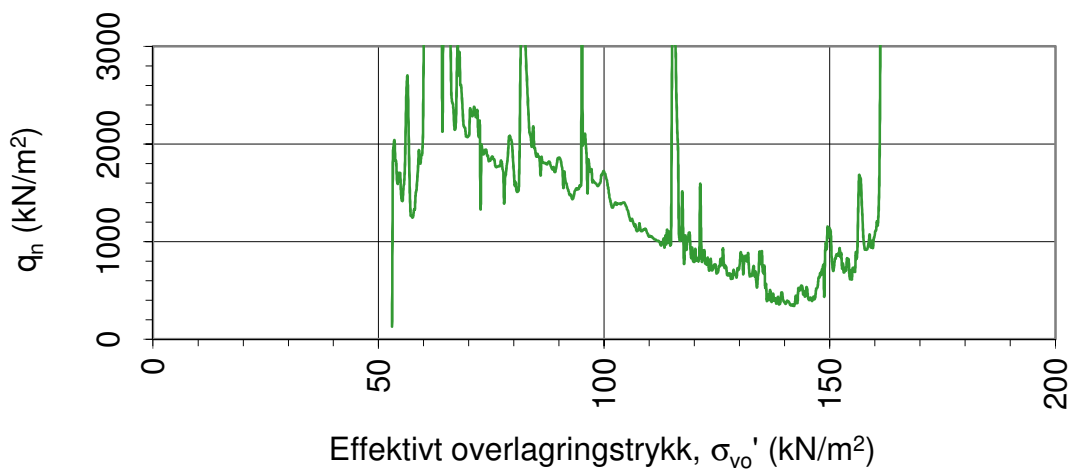
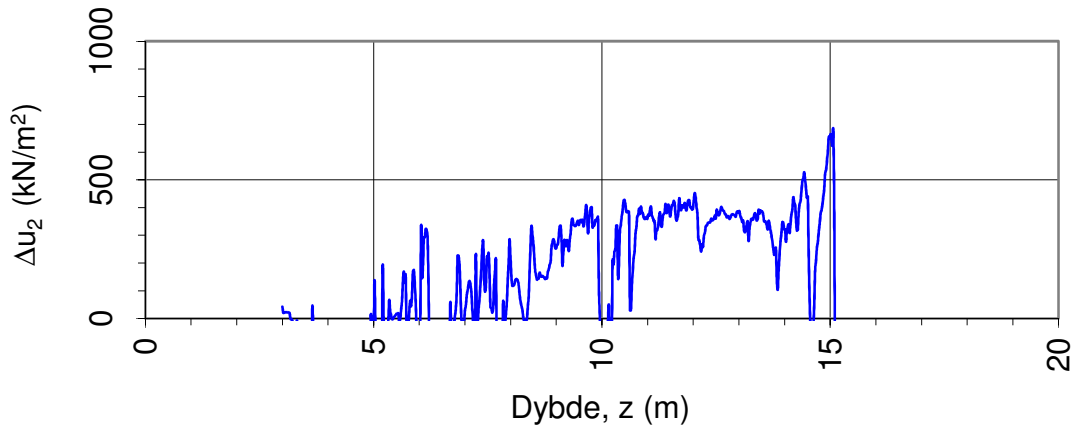
RIG-TEG-044.1

Versjon:

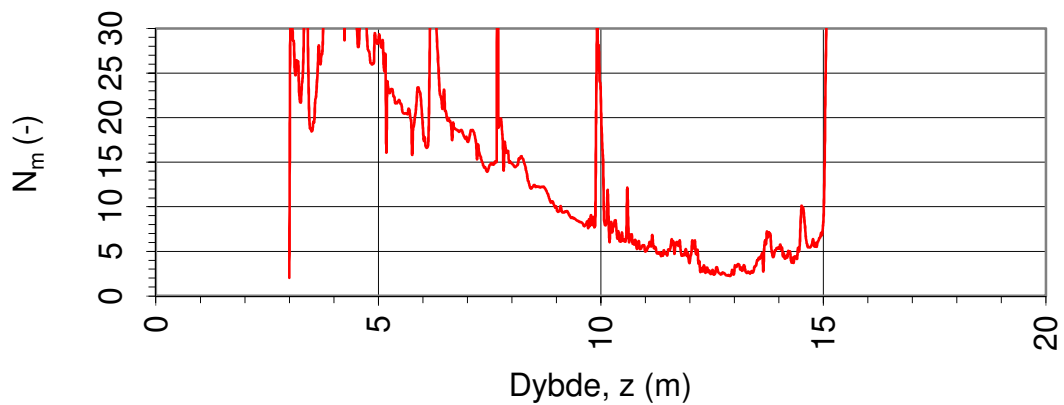
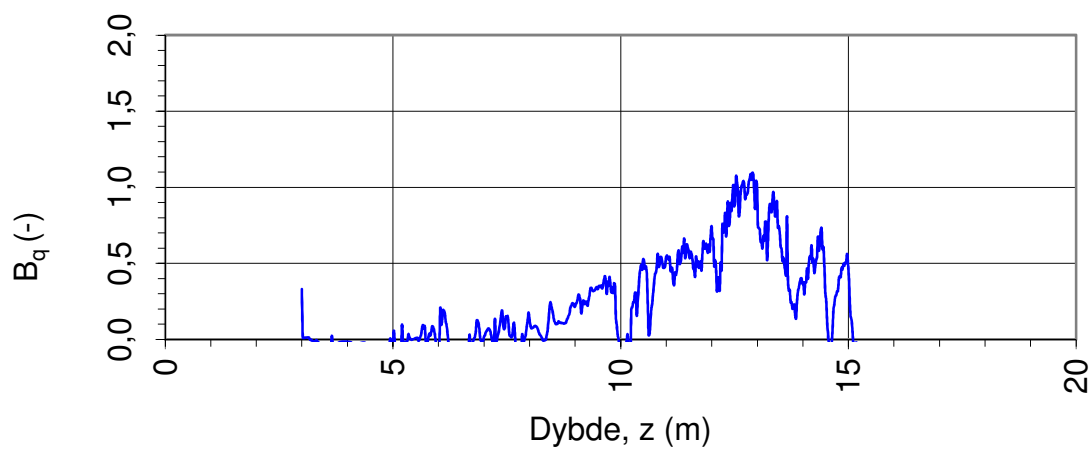
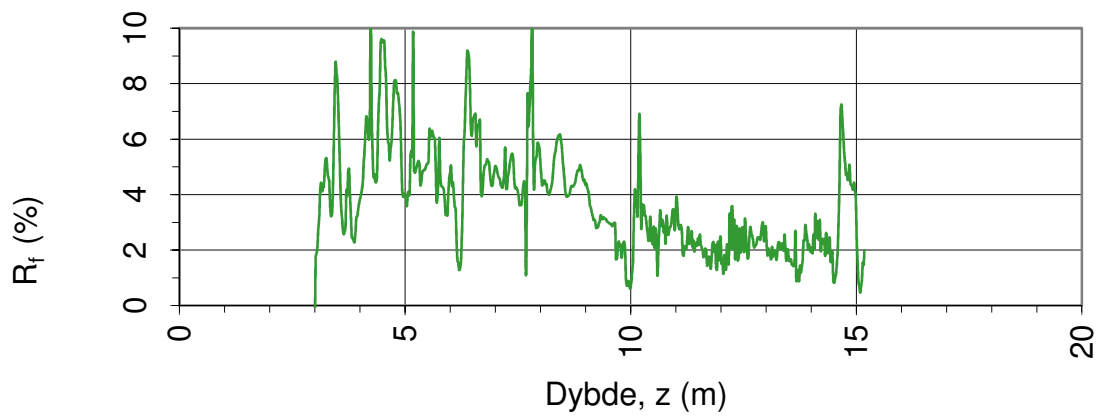
09.03.2016

Revisjon:

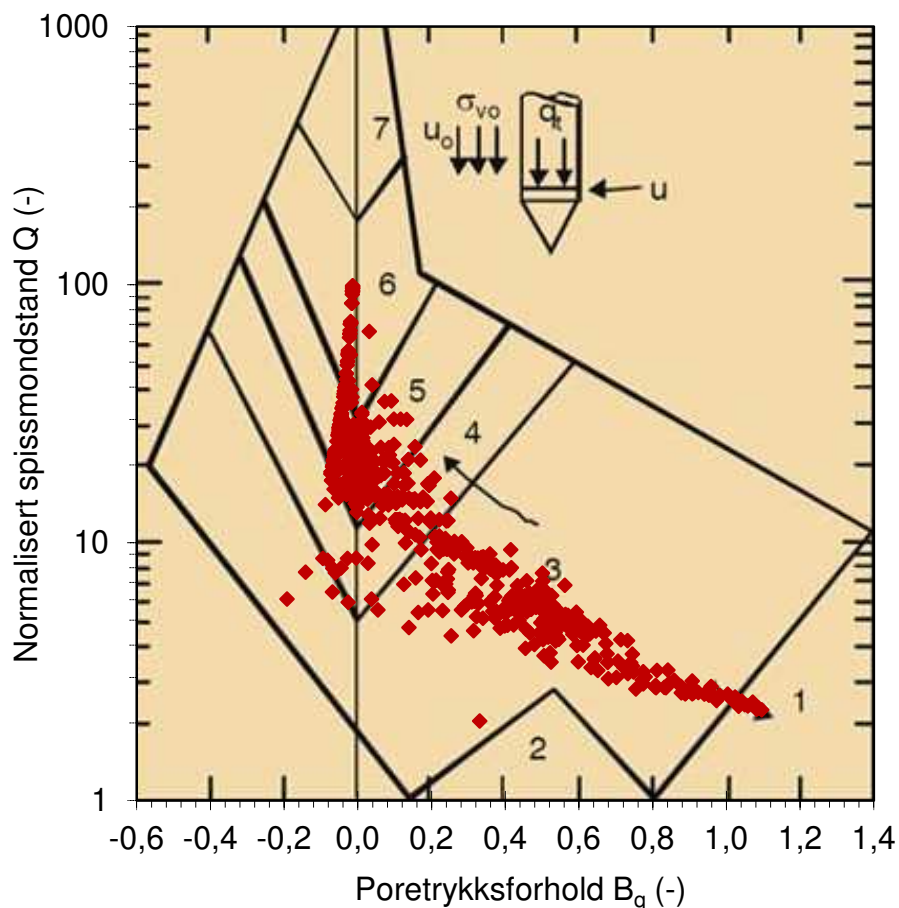
0



| | | | | | |
|---|------------------------|-------------------------------|------------------------|--|--|
| Oppdragsgiver: Veidekke Entreprenør | | Oppdrag: ZEB-lab | | Tegningens filnavn: 418722 CPTU 2-4 | |
| Netto spissmotstand q_n og poreovertrykk Δu_2 . | | | | Multiconsult | |
| CPTU id.: | CPTU-2-4 | Sonde: | 4672 | | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 05.06.2018 | Tegnet: ALM | Kontrollert: ALM | Godkjent: HAN | |
| | Oppdrag nr.: 418722 | Tegning nr.: RIG-TEG-044.2 | Versjon: 09.03.2016 | Revisjon: 0 | |



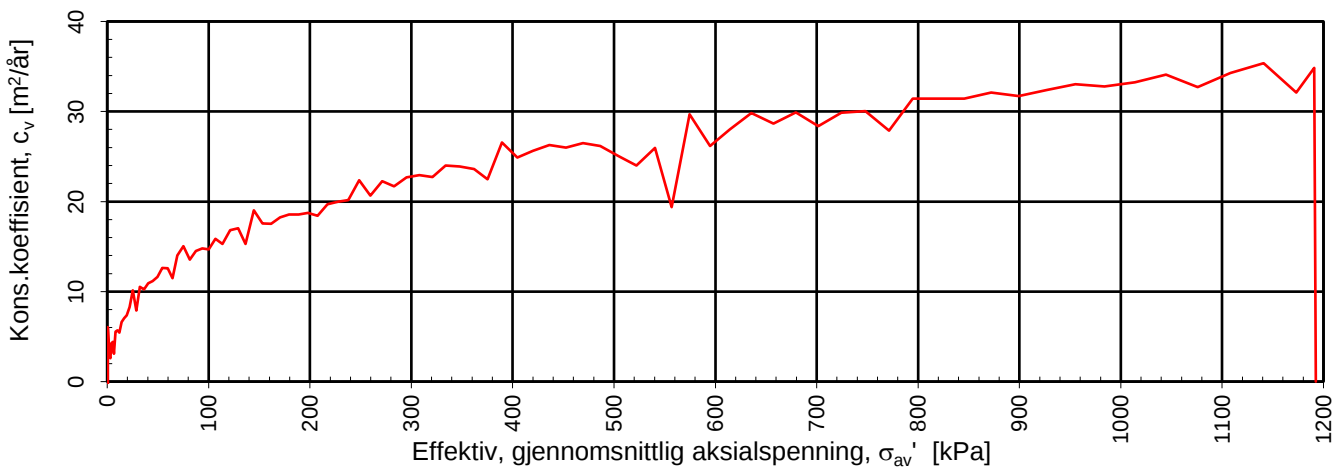
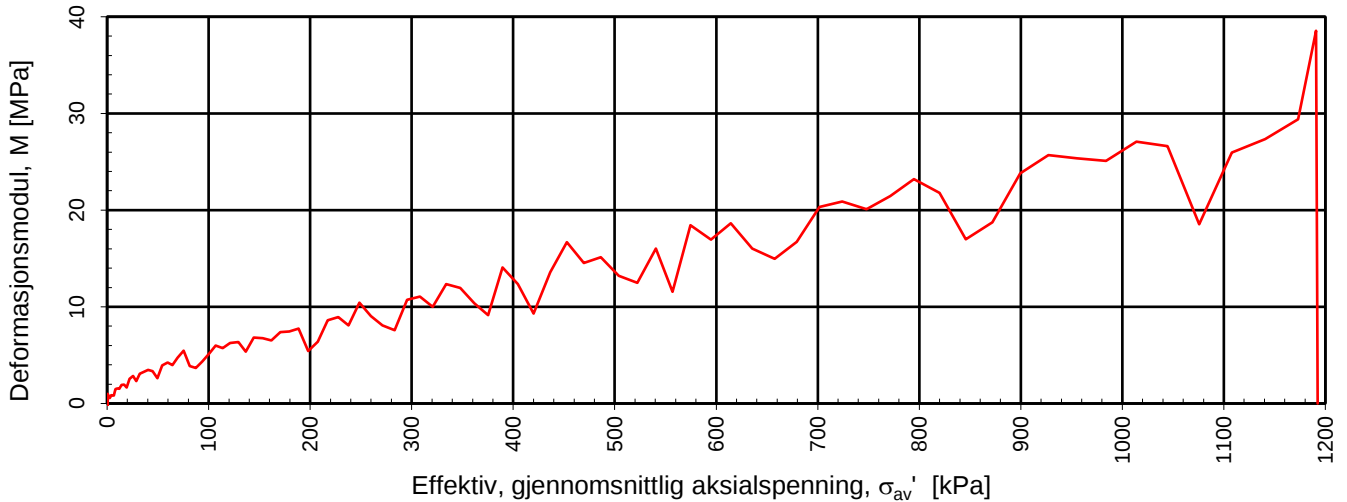
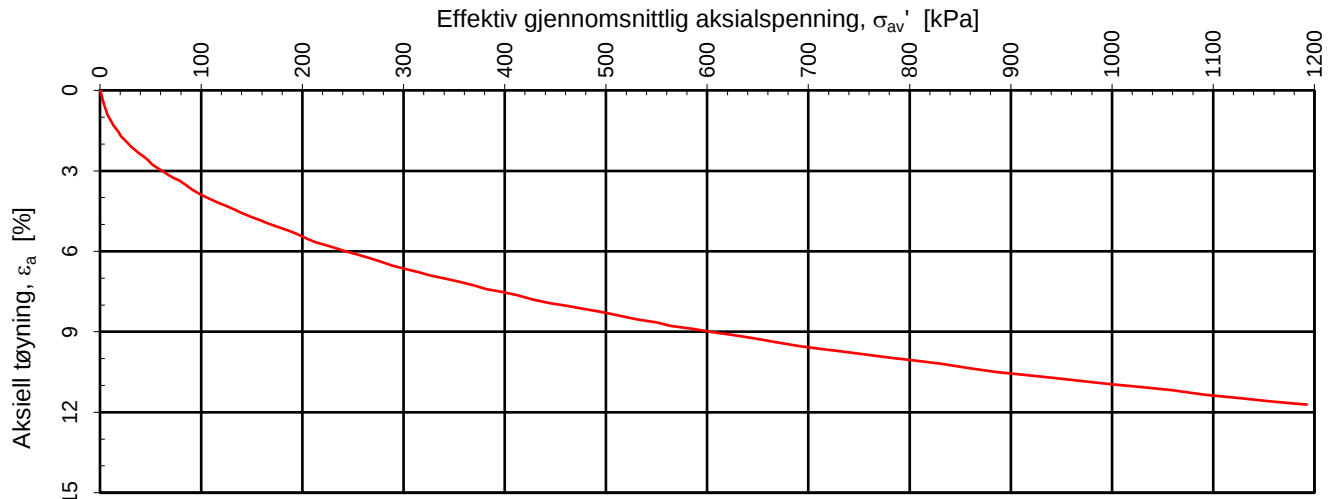
| | | | | | |
|--|------------------------|-------------------------------|------------------------|--|--|
| Oppdragsgiver: Veidekke Entreprenør | | Oppdrag: ZEB-lab | | Tegningens filnavn: 418722 CPTU 2-4 | |
| Spissmotstandstall N_m , poretrykks- B_q og friksjonsforhold R_f . | | | | Multiconsult | |
| CPTU id.: | CPTU-2-4 | Sonde: | 4672 | | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 05.06.2018 | Tegnet: ALM | Kontrollert: ALM | Godkjent: HAN | |
| | Oppdrag nr.: 418722 | Tegning nr.: RIG-TEG-044.3 | Versjon: 09.03.2016 | Revisjon: 0 | |



| Jordartsid. | Beskrivelse | Identifikasjon |
|-------------|---------------------------------|--|
| 1 | Sensitivt, finkornig materiale | |
| 2 | Organisk materiale | |
| 3 | Leire - siltig leire | Ved variasjon i jordartgruppe brukes begge Id-boksene for å beskrive materialet (eks. 5-7) |
| 4 | Leirig silt - siltig leire | |
| 5 | Siltig sand - sandig silt | |
| 6 | Sand - siltig sand | |
| 7 | Grusig sand - sand | |
| 8 | Meget fast, sand - leirig sand | |
| 9 | Meget fast, finkornig materiale | |

Ref. Robertson & Campanella (1990)

| | | | | | |
|--|------------------------|-------------------------------|------------------------|--|--|
| Oppdragsgiver: Veidekke Entreprenør | | Oppdrag: ZEB-lab | | Tegningens filnavn: 418722 CPTU 2-4 | |
| Jordartsidentifikasjon fra CPTU data - Q og B _q . | | | | | |
| CPTU id.: | CPTU-2-4 | Sonde: | 4672 | Multiconsult | |
| MULTICONSULT AS | Dato: 05.06.2018 | Tegnet: ALM | Kontrollert: ALM | | |
| | Oppdrag nr.: 418722 | Tegning nr.: RIG-TEG-044.4 | Versjon: 09.03.2016 | Revisjon: 0 | |



Densitet ρ (g/cm³): **1,96**
 Vanninnhold w (%): **25,40**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **40,57**

Veidekke Entreprenør AS
ZEB Flexible Lab

Tegningens filnavn:
 418722-Rig-TEG-400_h2-3, d4,40m

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \epsilon_a, M$ og c_v .



MULTICONSULT
NORGE AS
 Sluppenveien 15
 7037 Trondheim
 Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato:
 18.06.2018

Dybde, z (m):
 4,40

Borpunkt nr.:
 2-3

Forsøksnr.:
 1

Tegnet av:
 mash

Kontrollert:
 vt

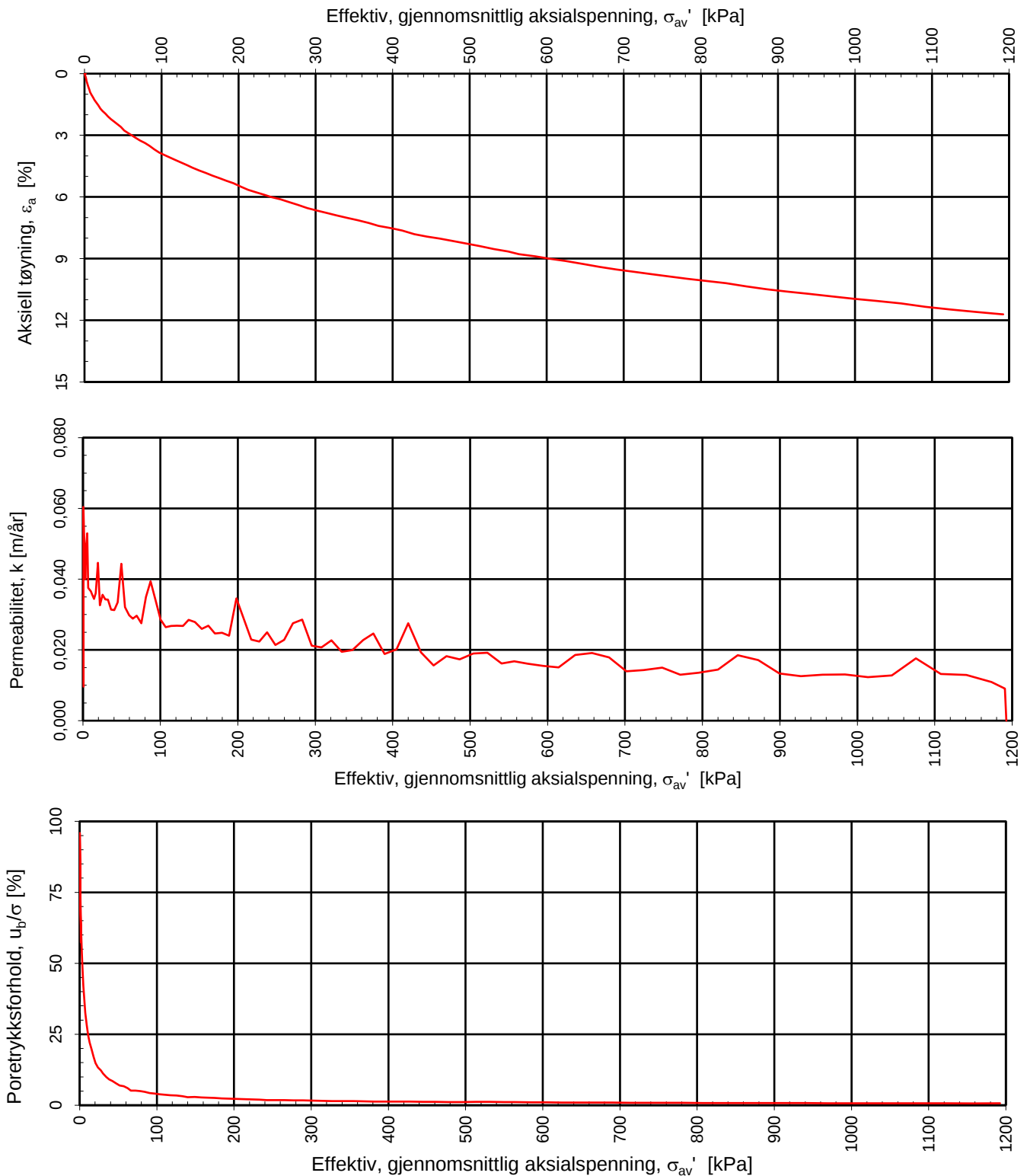
Godkjent:
 HAN

Oppdrag nr.:
 418722

Tegning nr.:
 RIG-TEG-078.1

Prosedyre:
 CRS

Programrevisjon:
 24.06.2016



Densitet ρ (g/cm³):

1,96

Vanninnhold w (%):

25,40

Effektivt overlagingstrykk, σ_{v0}' (kPa):

40,57

Veidekke Entreprenør AS

ZEB Flexible Lab

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, k og u_b/σ .

Tegningens filnavn:

418722-Rig-TEG-400_h2-3, d4,40m

Multi
consult

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenveien 15
7037 Trondheim
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

18.06.2018

Dybde, z (m):

4,40

Borpunkt nr.:

2-3

Forsøknr.:

1

Tegnet av:

mash

Kontrollert:

vt

Oppdrag nr.:

418722

Tegning nr.:

RIG-TEG-078.2

Prosedyre:

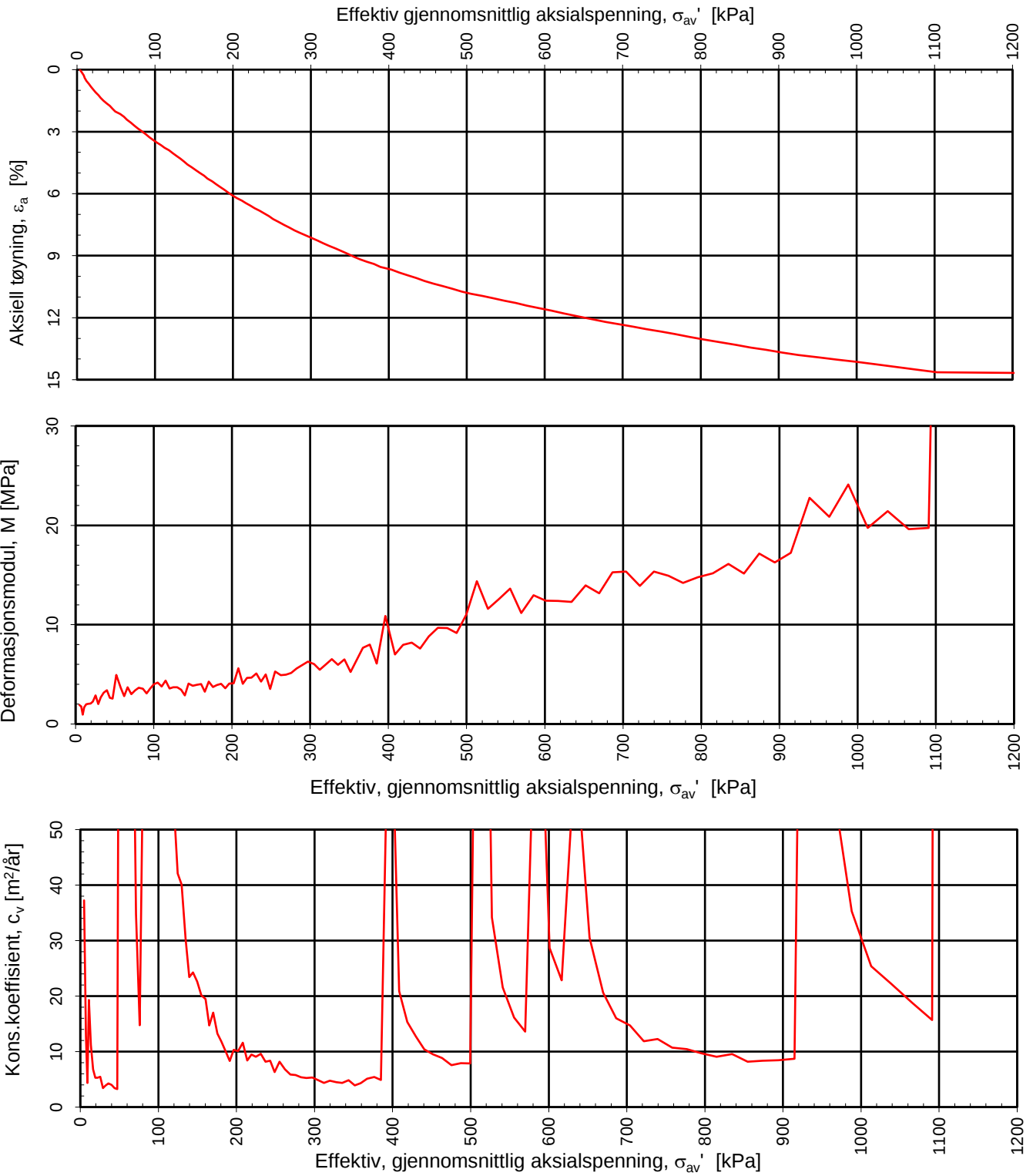
CRS

Godkjent:

HAN

Programrevisjon:

24.06.2016



Densitet ρ (g/cm^3): **2,06**
 Vanninnhold w (%): **25,90**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{v0}' (kPa): **137,19**

Veidekke Entreprenør AS
ZEB Flexible Lab

Tegningens filnavn:

418722-RIG-TEG-401_h2-4, d13,45m

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, M og c_v .

Multi
consult

MULTICONSULT
NORGE AS
 Sluppenveien 15
 7037 Trondheim
 Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato:
18.06.2018

Dybde, z (m):
13,45

Borpunkt nr.:
2-4

Forsøknr.:
2

Tegnet av:
mash

Kontrollert:
vt

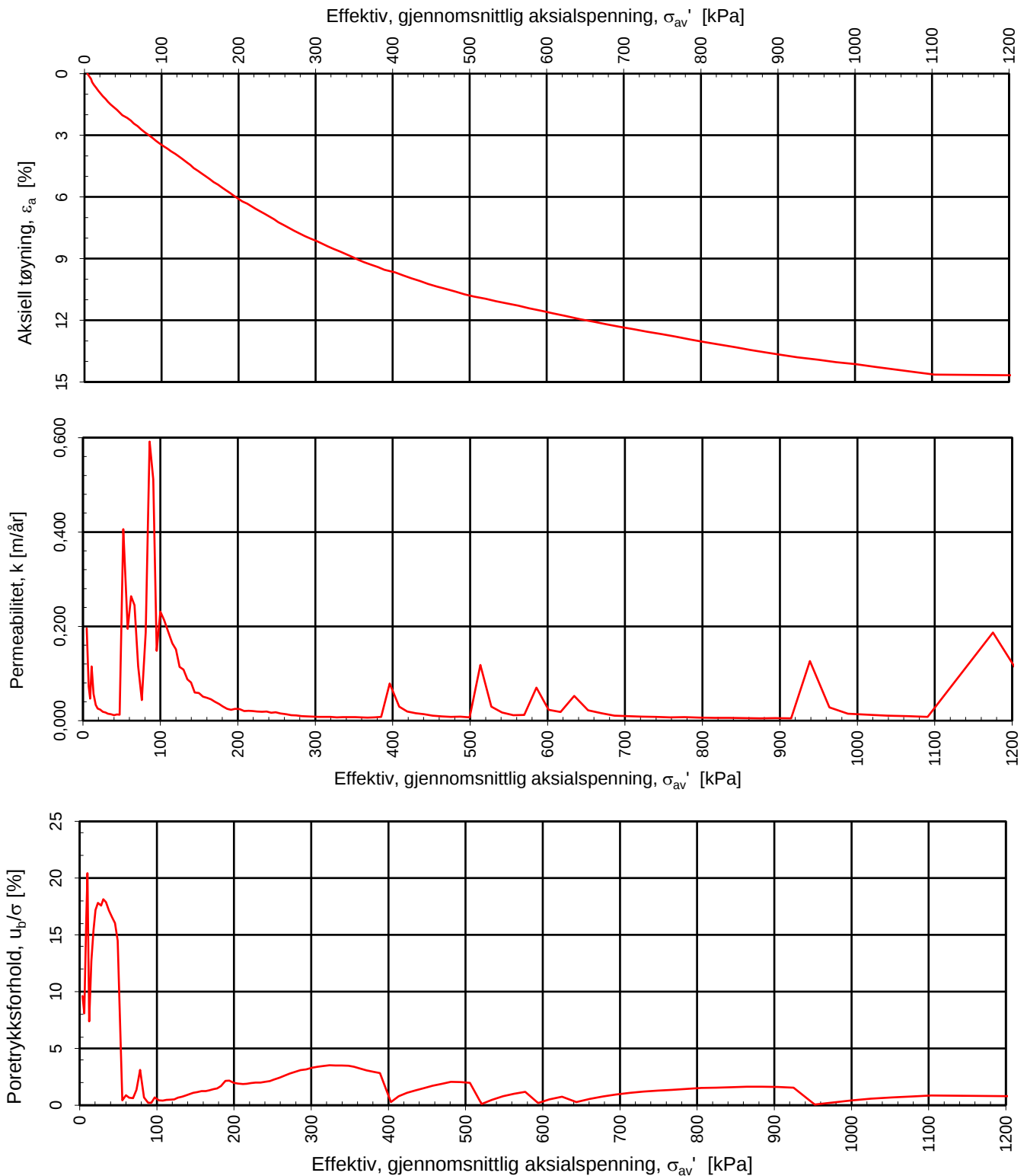
Godkjent:
HAN

Oppdrag nr.:
418722

Tegning nr.:
RIG-TEG-079.1

Prosedyre:
CRS

Programrevisjon:
24.06.2016



Densitet ρ (g/cm³):

2,06

Vanninnhold w (%):

25,90

Effektivt overlagingstrykk, σ_{v0}' (kPa):

137,19

Veidekke Entreprenør AS

ZEB Flexible Lab

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, k og u_b/σ .

Tegningens filnavn:

418722-RIG-TEG-401_h2-4, d13,45m

Multi
consult

MULTICONSULT NORGE AS

Sluppenveien 15
7037 Trondheim
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

18.06.2018

Dybde, z (m):

13,45

Borpunkt nr.:

2-4

Forsøknr.:

2

Tegnet av:

mash

Kontrollert:

vt

Oppdrag nr.:

418722

Tegning nr.:

RIG-TEG-079.2

Prosedyre:

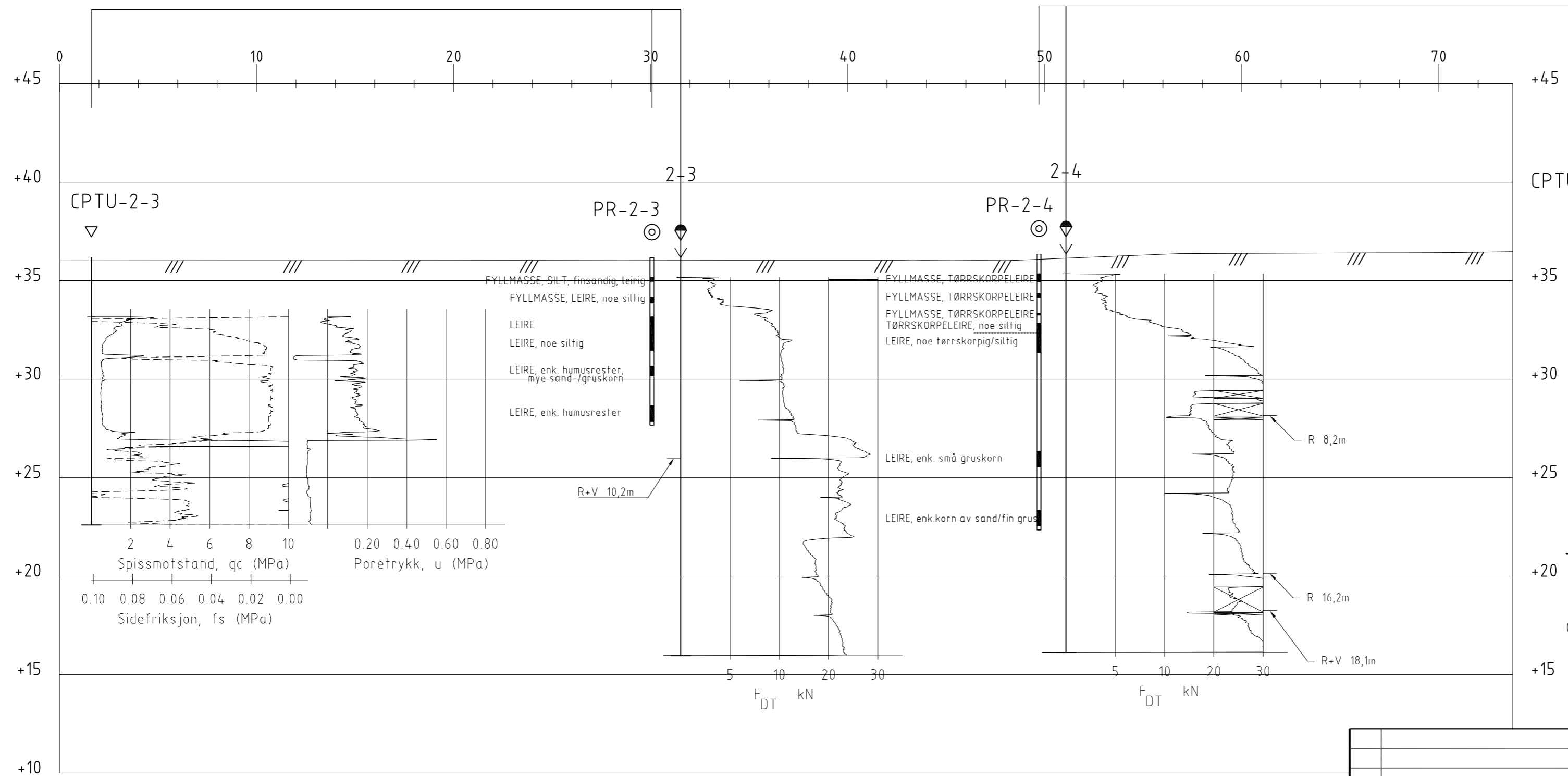
CRS

Godkjent:

HAN

Programrevisjon:

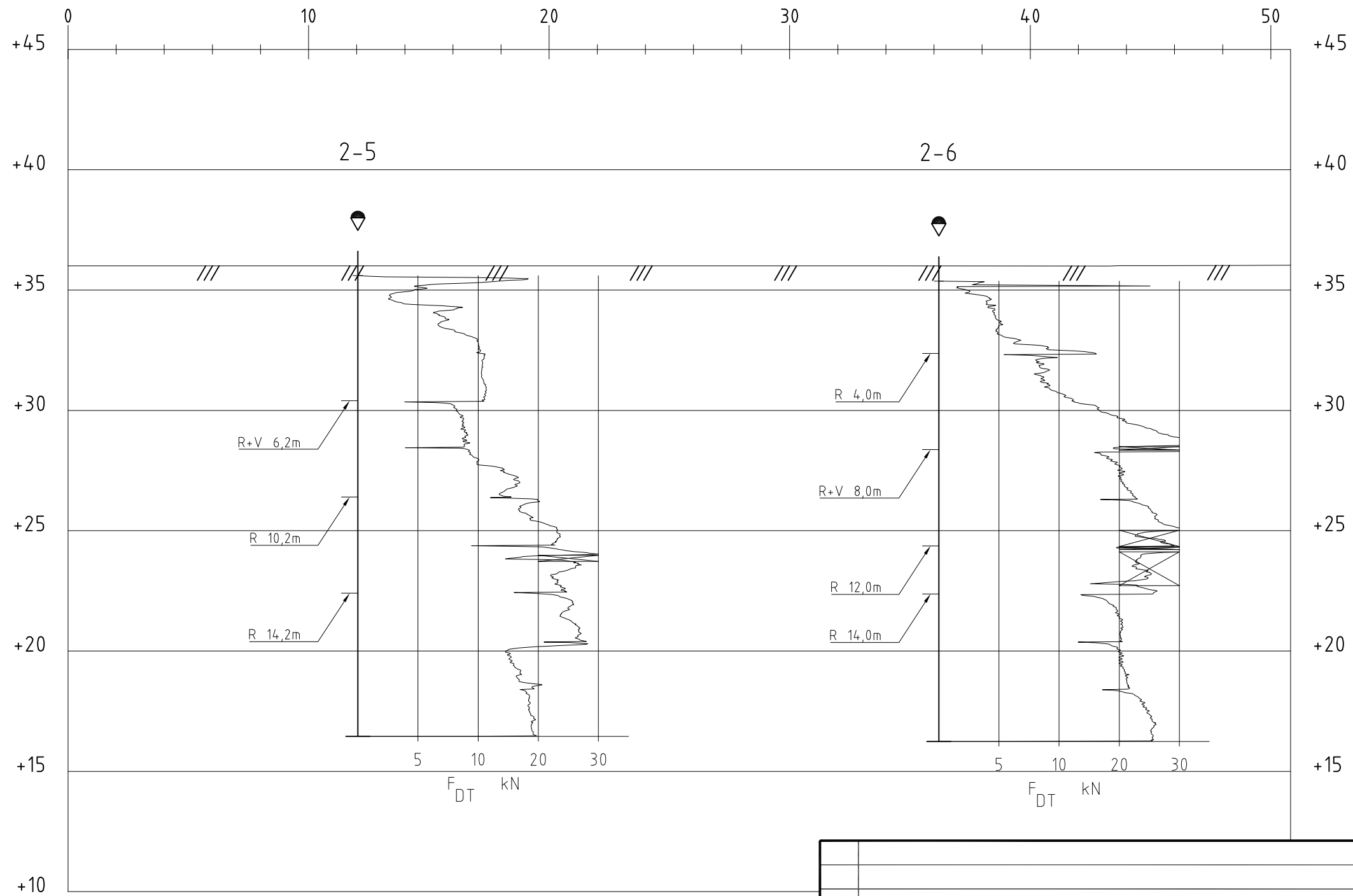
24.06.2016



Profil D-D

R: Retrekk
R+V: Retrekk med spyling

| | | | | | |
|---------------------|-------------------------|-------------------|------------|--------|--------|
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
| | Veidekke Entreprenør AS | | Fag | | Format |
| | ZEB Flexible Lab | | Geoteknikk | | A3L |
| | Profil E-E | Dato | 22.08.2018 | | |
| | | Format/Målestokk: | 1:200 | | |
| Status | Konstr./Tegnet | Kontrollert | Godkjent | | |
| Oppdragsnr. | AMG | HAN | ARV | | |
| 418722 | Tegningsnr. | RIG-TEG-103 | Rev. | | |
| www.multiconsult.no | | | 00 | | |




Profil E-E

R: Retrekk
 R+V: Retrekk med spyling


| | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|----------------|--|-------------|------|----------|-------------------|--------|--------|--|
| Rev. | | Beskrivelse | | | Dato | | Tegn. | Kontr. | Godkj. | |
| Veidekke Entreprenør AS | | | | | | | Fag | Format | | |
| ZEB Flexible Lab | | | | | | | Geoteknikk | A3 | | |
| Profil E-E | | | | | | | Dato | | | |
| | | | | | | | 22.08.2018 | | | |
| | | | | | | | Format/Målestokk: | | | |
| | | | | | | | 1:200 | | | |
| Status | | Konstr./Tegnet | | Kontrollert | | Godkjent | | | | |
| Oppdragsnr. | | Tegningsnr. | | ALM | | HAN | | | | |
| 418722 | | RIG-TEG-104 | | | | Rev. | | | | |
| | | | | | | 00 | | | | |

Multiconsult

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

| | | | |
|--|----------------------------|---------------------------|---|
| Sonde nr.: | 4672 | Sondetype: | Nova |
| SONDEDATA | | | |
| Arealforhold, a: | 0,867 | Arealforhold, b: | 0,002 |
| Kalibreringsdato: | 19.03.2014 | Utførende: | Geotech AB |
| EGENSKAP (fra kalibreringsark) | SPISSMOTSTAND | SIDEFRIKSJON | PORETRYKK |
| Maksimum spenning (MPa): | 50,0 | 0,5 | 2,0 |
| Måleområde (MPa): | 50,0 | 0,5 | 2,0 |
| Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa): | 0 | 0 | 0 |
| Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa): | 0,59 | 0,01 | 0,02 |
| Max. temp. effekt, ubelastet (kPa): | 5,92 | 0,13 | 0,68 |
| Temperaturområde (°C): | 0-40 | 0-40 | 0-40 |
| Merknad: | | | |
| UTFØRELSE | | | |
| Borleder: | Jørgen Forbord | Assistent: | |
| Filtertype: | Porøst | Mettemedium: | Glyserin |
| Mettemetode: | Forhåndsmettet | Lufttemperatur (°C): | 8,2 |
| Forankring: | | Max. helning (°): | 3,4 |
| Merknad: | | | |
| MÅLEVARIABLE | | | |
| EGENSKAP | SPISSMOTSTAND | SIDEFRIKSJON | PORETRYKK |
| Maksimal temperatureffekt (kPa): | 0,33 | 0,01 | 0,04 |
| NULLPUNKTKONTROLL | | | |
| Faktor | NA (q) | NB (f) | NC (u) |
| Før sondering (DOS): | | | |
| Etter sondering (DOS): | | | |
| Avvik (DOS) (kPa): | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Før sondering (Windows): | 7,446 | 124,500 | 268,100 |
| Etter sondering (Windows): | 0,015 | 0,000 | -0,600 |
| Avvik (Windows) (kPa): | 15,0 | 0,0 | -0,6 |
| NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE | | | |
| Målestørrelse | Spissmotstand | Friksjon | Poretrykk |
| Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa) | 15,92 | 0,02 | 0,66 |
| Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k (kPa) | 35,0 | 5,0 | 10,0 |
| Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k (kPa) | 100,0 | 15,0 | 25,0 |
| Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k (kPa) | 200,0 | 25,0 | 50,0 |
| Vurdering profil | 1 | | |
| ANVENDELSESKLASSE | 1 | 1 | 1 |
| Oppdragsgiver: Veidekke Entreprenør Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet. | Oppdrag: ZEB-lab | |  |
| CPTU id.: | CPTU-2-3 | Sonde: | 4672 |
| MULTICONSULT AS | Dato: 05.06.2018 | Tegnet: ALM | Kontrollert: ALM |
| | Oppdrag nr.: 418722 | Tegning nr. Vedlegg A1 | Versjon: 09.03.2016 |



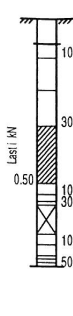

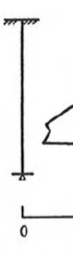

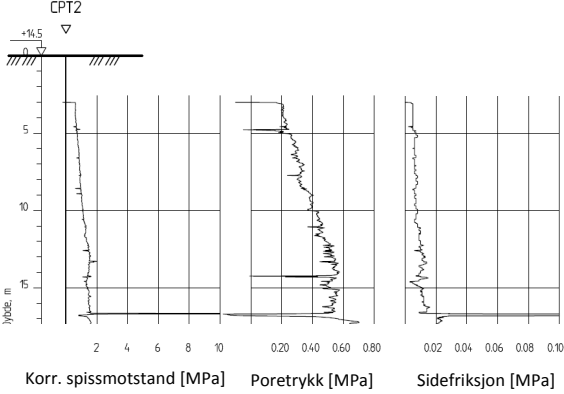
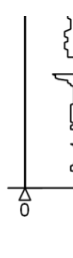
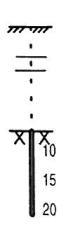
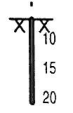
DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

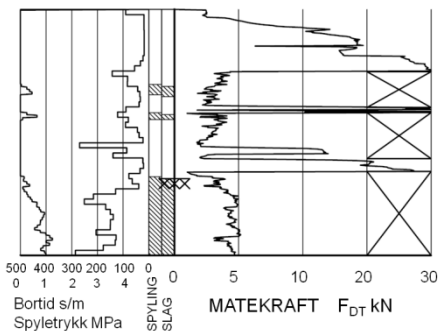
| | | | |
|--|----------------------------|---|------------------------|
| Sonde nr.: | 4672 | Sondetype: | Nova |
| SONDEDATA | | | |
| Arealforhold, a: | 0,867 | Arealforhold, b: | 0,002 |
| Kalibreringsdato: | 19.03.2014 | Utførende: | Geotech AB |
| EGENSKAP (fra kalibreringsark) | SPISSMOTSTAND | SIDEFRIKSJON | PORETRYKK |
| Maksimum spenning (MPa): | 50,0 | 0,5 | 2,0 |
| Måleområde (MPa): | 50,0 | 0,5 | 2,0 |
| Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa): | 0 | 0 | 0 |
| Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa): | 0,59 | 0,01 | 0,02 |
| Max. temp. effekt, ubelastet (kPa): | 5,92 | 0,13 | 0,68 |
| Temperaturområde (°C): | 0-40 | 0-40 | 0-40 |
| Merknad: | | | |
| UTFØRELSE | | | |
| Borleder: | Jørgen Forbord | Assistent: | |
| Filtertype: | Porøst | Mettemedium: | Glyserin |
| Mettemetode: | Forhåndsmettet | Lufttemperatur (°C): | 8,2 |
| Forankring: | | Max. helning (°): | 3,0 |
| Merknad: | | | |
| MÅLEVARIABLE | | | |
| EGENSKAP | SPISSMOTSTAND | SIDEFRIKSJON | PORETRYKK |
| Maksimal temperatureffekt (kPa): | 0,33 | 0,01 | 0,04 |
| NULLPUNKTKONTROLL | | | |
| Faktor | NA (q) | NB (f) | NC (u) |
| Før sondering (DOS): | | | |
| Etter sondering (DOS): | | | |
| Avvik (DOS) (kPa): | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Før sondering (Windows): | 7,449 | 125,100 | 268,400 |
| Etter sondering (Windows): | 0,011 | -0,600 | -0,900 |
| Avvik (Windows) (kPa): | 11,4 | -0,6 | -0,9 |
| NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE | | | |
| Målestørrelse | Spissmotstand | Friksjon | Poretrykk |
| Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa) | 12,32 | 0,62 | 0,96 |
| Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k (kPa) | 35,0 | 5,0 | 10,0 |
| Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k (kPa) | 100,0 | 15,0 | 25,0 |
| Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k (kPa) | 200,0 | 25,0 | 50,0 |
| Vurdering profil | | | |
| ANVENDELSESKLASSE | 1 | 1 | 1 |
| Oppdragsgiver: Veidekke Entreprenør Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet. | Oppdrag: ZEB-lab |  | |
| CPTU id.: | CPTU-2-4 | Sonde: | 4672 |
| MULTICONSULT AS | Dato: 05.06.2018 | Tegnet: ALM | Kontrollert: ALM |
| | Oppdrag nr.: 418722 | Tegning nr. Vedlegg A2 | Versjon: 09.03.2016 |

BILAG 1

Geotekniske bilag - feltundersøkelser

(2 sider)

| | |
|---|---|
|  <p>Avsluttet mot stein, blokk eller fast grunn</p>  <p>Avsluttet mot antatt berg</p> | <p>Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn. For utførelsesstandarder henvises det til «Geoteknisk bilag – Oversikt over metodestandarder og retningslinjer».</p> |
|  <p>Forboret</p> <p>Middels stor motstand</p> <p>Meget liten motstand</p> <p>Meget stor motstand</p> <p>Avsluttet uten å nå fast grunn eller berg</p>  <p>Forboret</p> <p>Slått med slegge</p> <p>Halve omdreininger pr. m synk</p> | <p>DREIESONDERING</p> <p>Utføres med skjøtbare $\phi 22$ mm borstenger med 200 mm vridd spiss. Boret dreies manuelt eller maskinelt ned i grunnen med inntil 1 kN (100 kg) vertikalbelastning på stengene. Hvis det ikke synker for denne lasten, dreies boret maskinelt eller manuelt. Antall $\frac{1}{2}$-omdreininger pr. 0,2 m synk registreres.</p> <p>Boremotstanden presenteres i diagram med vertikal dybdeskala og tverrstrek for hver 100 $\frac{1}{2}$-omdreininger. Skravur angir synk uten dreining, med påført vertikallast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.</p> |
|  <p>Middels stor motstand</p> <p>Liten motstand</p> <p>Stor motstand</p> <p>0 50 100 150 kNm/m</p>  <p>0 50 Q_0 kNm/m</p> | <p>RAMSONDERING</p> <p>Boringen utføres med skjøtbare $\phi 32$ mm borstenger og spiss med normert geometri. Boret rammes med en rammeenergi på 0,38 kNm. Antall slag pr. 0,2 m synk registreres. Boremotstanden illustreres ved angivelse av rammemotstanden Q_0 pr. m nedramming.</p> <p>$Q_0 = \text{loddets tyngde} \cdot \text{fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)}$</p> |
| <p>CPT2</p>  <p>Korr. spissmotstand [MPa] Poretrykk [MPa] Sidefriksjon [MPa]</p> | <p>TRYKKSONDERING (CPT - CPTU)</p> <p>Utføres ved at en sylindrisk, instrumentert sonde med konisk spiss presses ned i grunnen med konstant penetrasjonshastighet 20 mm/s. Under nedpressingen måles kraften mot konisk spiss og friksjonshylse, slik at spissmotstand q_c og sidefriksjon f_s kan bestemmes (CPT). I tillegg kan poretrykket u måles like bak den koniske spissen (CPTU). Målingene utføres kontinuerlig for hver 0,02 m, og metoden gir derfor detaljert informasjon om grunnforholdene.</p> <p>Resultatene kan benyttes til å bestemme lagdeling, jordart, lagringsbetingelser og mekaniske egenskaper (skjærfasthet, deformasjons- og konsolideringsparametre).</p> |
|  <p>0 5 10 20 30 F_{DT} kN</p> | <p>DREIETRYKKSONDERING</p> <p>Utføres med glatte skjøtbare $\phi 36$ mm borstenger med en normert spiss med hardmetallsveis. Borstengene presses ned i grunnen med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min.</p> <p>Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig (markeres med kryss på høyre side). Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.</p> <p>Metoden er spesielt hensiktsmessig ved påvisning av kvikkleire i grunnen, men den gir ikke sikker dybde til bergoverflaten.</p> |
|  <p>Stein</p>  <p>Borsynk i berg cm/min.</p> | <p>BERGKONTROLLBORING</p> <p>Utføres med skjøtbare $\phi 45$ mm stenger og hardmetall borkrone med tilbakeslagsventil. Det benyttes tung slagborhammer og vannspyling med høyt trykk. Boring gjennom lag med ulike egenskaper, for eksempel grus og leire, kan registreres, likedan penetrasjon av blokker og større steiner. For verifisering av berginntrengning bores 3 m ned i berget, eventuelt med registrering av borsynk for sikker påvisning.</p> |



TOTALSONDERING

Kombinerer metodene dreietrykksondring og bergkontrollboring. Det benyttes $\phi 45$ mm borstenger og $\phi 57$ mm stiftborkrone med tilbakeslagsventil. Under nedboring i bløte lag presses boret ned i bakken med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min. Når faste lag påtreffes økes først rotasjonshastigheten (markeres som kryss til høyre). Gir ikke dette synk av boret benyttes spyling og slag på borkronen.

Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres kontinuerlig og vises på diagrammets høyre side, mens markering av spyletrykk, slag og bortid vises til venstre.



Prøvemarkering



PRØVETAKING

Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet.

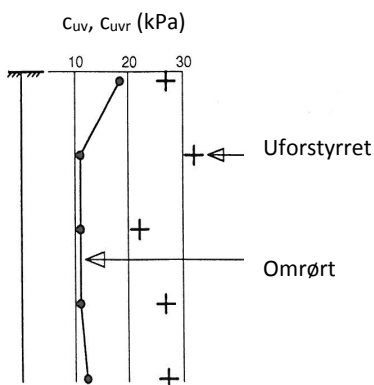
Maskinell naverboring (forstyrrede poseprøver):

Utføres med hul borstang påsveiset en metallspiral med fast stighøyde (auger). Med borrigg kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet mellom spiralskivene. Det er også mulig å benytte enklere håndholdt utstyr som for eksempel skovlprøvetaking.

Sylinder/blokkprøvetaking (Uforstyrrede prøver):

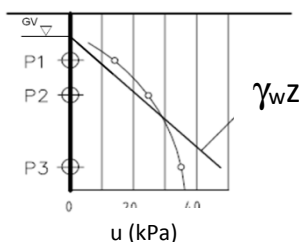
Vanligvis benyttes stempel-prøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylinderen kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På ønsket dybde skjæres det ut en jordprøve som trekkes opp til overflaten, der den blir forseglet for transport til laboratoriet. Prøvediameteren kan variere mellom $\phi 54$ mm (vanligst) og $\phi 95$ mm. Det er også mulig å benytte andre typer prøvetakere, som for eksempel ramprøvetakere og blokkprøvetakere.

Prøvekvaliteten inndeles i Kvalitetsklasse 1-3, der 1 er høyeste kvalitet.



VINGEBORING

Utføres ved at et vingekorset med dimensjoner $b \times h = 55 \times 110$ mm eller 65×130 mm presses ned i grunnen til ønsket målenivå. Her blir vingekorset påført et økende dreiemoment til jorden rundt vingen når brudd. Det tilhørende dreiemomentet blir registrert. Dette utføres med jorden i uforstyrret ved første gangs brudd og omrørt tilstand etter 25 gjentatte omdreininger av vingekorset. Udrenert skjærfasthet C_{uv} og C_{ur} beregnes ut fra henholdsvis dreiemomentet ved brudd og etter omrøring. Fra dette kan også sensitiviteten $S_t = C_{uv}/C_{ur}$ bestemmes. Tolkede verdier må vanligvis korrigeres empirisk for opptredende effektivt overlagingstrykk i måledybden, samt for jordartens plastisitet.



PORETRYKSMÅLING

Målingene utføres med et standrør med filterspiss eller med hydraulisk (åpent)/elektrisk piezometer (poretrykksmåler). Filteret eller piezometerspissen påmontert piezometerrør presses ned i grunnen til ønsket dybde. Stabilt poretrykk registreres fra vannets stighøyde i røret, eller ved avlesning av en elektrisk trykkmåler i spissen. Valg av utstyr vurderes på bakgrunn av grunnforhold og hensikten med målingene.

Grunnvannstand observeres eller peiles direkte i borhullet.

BILAG 2

Geotekniske bilag - laboratorieforsøk

(4 sider)

Laboratorieundersøkelser utføres for sikker klassifisering og bestemmelse av mekaniske egenskaper. Forsøkene utføres på prøver som er tatt opp i felt. For utførelsesstandarder henvises det til «Geoteknisk bilag 3 – Oversikt over metodestandarder og retningslinjer».

MINERALSKE JORDARTER

Ved prøveåpning klassifiseres og indentifiseres jordarten. Mineralske jordarter klassifiseres vanligvis på grunnlag av korngraderingen. Betegnelse og kornstørrelser for de enkelte fraksjonene er:

| Fraksjon | Leire | Silt | Sand | Grus | Stein | Blokk |
|--------------------|--------|-------------|---------|------|--------|-------|
| Kornstørrelse [mm] | <0,002 | 0,002-0,063 | 0,063-2 | 2-63 | 63-630 | >630 |

En jordart kan inneholde en eller flere av fraksjonene over. Jordarten benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den fraksjon som har dominerende betydning for jordartens egenskaper og adjektiv for medvirkende fraksjoner (for eksempel siltig sand). Leirinnholdet har størst betydning for benevnelse av jordarten. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle fraksjoner fra leir til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen etter egne benevningsregler, for eksempel grusig morene.

ORGANISKE JORDARTER

Organiske jordarter klassifiseres på grunnlag av jordartens opprinnelse og omdanningsgrad. De viktigste typer er:

| Benevnelse | Beskrivelse |
|--|---|
| Torv | Myrplanter, mer eller mindre omdannet |
| <ul style="list-style-type: none"> Fibrig torv Delvis fibrig torv, mellomtorv Amorf torv, svarttorv | Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene Ingen synlig plantestruktur, svampig konsistens |
| Gytje og dy | Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske bestanddeler |
| Humus | Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold |
| Mold og matjord | Sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det øvre jordlaget |

KORNFORDELINGSANALYSER

En kornfordelingsanalyse utføres ved våt eller tørr sikting av fraksjonene med diameter $d > 0,063$ mm. For mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameteren ved slemmeanalyse og bruk av hydrometer. I slemmeanalysen slemmes materialet opp i vann og densiteten av suspensjonen måles ved bestemte tidsintervaller. Kornfordelingen kan da bestemmes fra Stokes lov om sedimentering av kuleformede partikler i vann. Det vil ofte være nødvendig med en kombinasjon av metodene.

VANNINNHOOLD

Vanninnholdet angir masse av vann i % av masse tørt (fast) stoff i massen og bestemmes fra tørking av en jordprøve ved 110°C i 24 timer.

KONSISTENSGRENSER

Konsistensgrensene (Atterbergs grenser) for en jordart angir vanninnholdsområdet der materialet er plastisk (formbart). Flytegrensen angir vanninnholdet der materialet går fra plastisk til flytende tilstand. Plastisitetsgrensen (utrullingsgrensen) angir vanninnholdet der materialet ikke lenger kan formes uten at det sprekker opp. Plastisitetsindeksen $I_p = w_f - w_p$ (%) angir det plastiske området for jordarten og benyttes til klassifisering av plastisiteten. Er det naturlige vanninnholdet høyere enn flytegrensen blir materialet flytende ved omrøring (vanlig for kvikkleire).

HUMUSINNHOOLD

Humusinnholdet kan bestemmes ved kolorimetri og bruk av natronlut (NaOH-forbindelse), glødning av jordprøve i varmeovn eller våt-oksidasjon med hydrogenperoksyd. Metoden angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala.

DENSITET, TYNGDETETHET, PORETALL OG PORØSITET

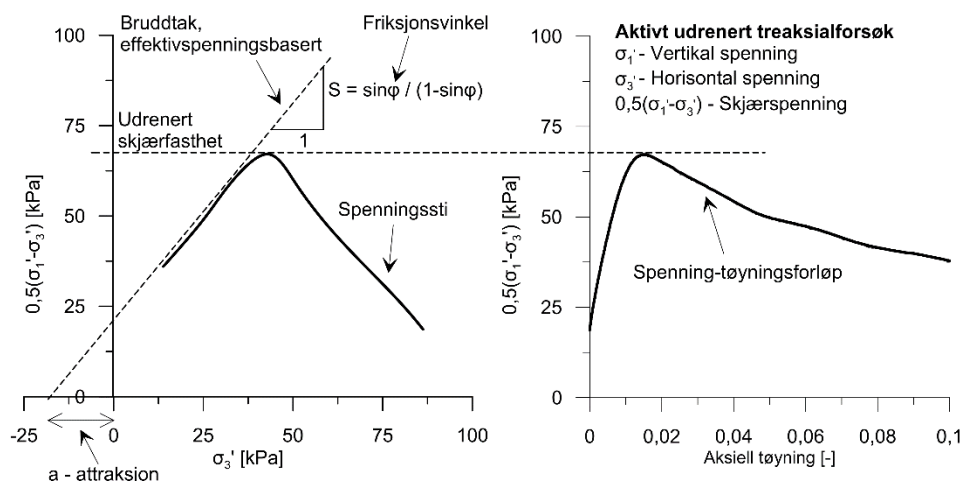
| Navn | Symbol | Enhet | Beskrivelse |
|-------------------------|------------|----------|--|
| Densitet | ρ | g/cm^3 | Masse av prøve per volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del |
| Korndensitet | ρ_s | g/cm^3 | Masse av fast stoff per volumenhet fast stoff |
| Tørr densitet | ρ_d | g/cm^3 | Masse tørt stoff per volumenhet |
| Tyngdetetthet | γ | kN/m^3 | Tyngde av prøve per volumenhet ($\gamma = \rho g = \gamma_s(1+w/100)(1-n/100)$, der g er tyngdeakselerasjonen) |
| Spesifikk tyngdetetthet | γ_s | kN/m^3 | Tyngde av fast stoff per volumenhet fast stoff ($\gamma_s = \rho_s g$) |
| Tørr tyngdetetthet | γ_d | kN/m^3 | Tyngde av tørt stoff per volumenhet ($\gamma_d = \rho_d g = \gamma_s(1-n/100)$) |
| Poretall | e | - | Volum av porer dividert med volum av fast stoff ($e = n/(1-n)$, n som desimaltall) |
| Porøsitet | n | % | Volum av porer i % av totalt volum av prøven ($n = e/(1+e)$) |

SKJÆRFASTHET

Skjærfastheten beskriver jordens styrke og benyttes bla. til beregning av motstand mot utglidninger og grunnbrudd. Skjærfasthet benyttes i beregninger av skråningsstabilitet og bæreevne. For korttidsbelastninger i finkornige materialer (leire) oppfører jorden seg udrenert og skjærfastheten beskrives ved udrenert skjærfasthet. Over lengre tidsintervaller vil oppførselen karakteriseres som drenert. Det benyttes da effektivspenningsparametere.

Effektive skjærfasthetsparametre a (attraksjon) og $\tan \phi$ (friksjon) bestemmes ved treaksiale belastningsforsøk på uforstyrrede (leire) eller innbyggede prøver (sand). Skjærfastheten er avhengig av effektiv normalspenning (totalspenning – poretrykk) på kritisk plan. Forsøksresultatene fremstilles som spenningsstier som viser spenningsutvikling og tilhørende tøyningutvikling i prøven frem mot brudd. Fra disse, samt fra annen informasjon, bestemmes karakteristiske verdier for skjærfasthetsparametre for det aktuelle problemet.

Udrenert skjærfasthet c_u (kPa) bestemmes som den maksimale skjærspenning et materiale kan påføres før det bryter sammen i en situasjon med raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk. I laboratoriet bestemmes denne egenskapen ved enaksiale trykkforsøk (c_{ut}), konusforsøk (uforstyrret c_{ufc} , omrørt c_{urfc}), udrenerte treaksialforsøk (kompresjon/aktiv c_{uA} , avlastning/passiv c_{uP}) og direkte skjærforsøk (c_{uD}). Udrenert skjærfasthet kan også bestemmes i felt ved for eksempel trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) ($c_{u\text{CPTU}}$) eller vingebor (uforstyrret c_{uv} , omrørt c_{uvr}).

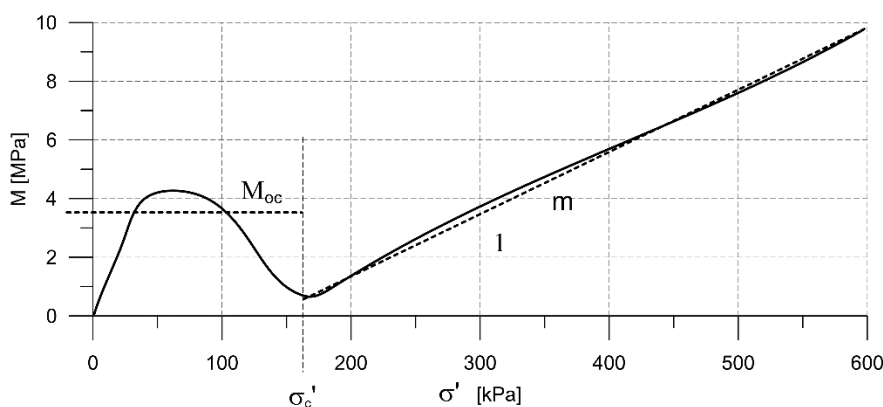


SENSITIVITET

Sensitiviteten $St = c_u/c_r$ uttrykker forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og omrørt tilstand. Denne størrelsen kan bestemmes fra konusforsøk i laboratoriet eller ved vingeborforsøk i felt. Kvikkleire har for eksempel meget lav omrørt skjærfasthet ($c_r < 0,5$ kPa), og viser derfor som regel meget høye sensitivitetsverdier.

DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER

Jordartens deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved beregning av setninger og deformasjoner. Disse mekaniske egenskapene bestemmes ved hjelp av belastningsforsøk i ødometer. Jordprøven bygges inn i en stiv ring som forhindrer sideveis deformasjon. Belastningen skjer vertikalt med trinnvis eller kontinuerlig økende last/spenning (σ'). Sammenhørende verdier for spenning og deformasjon (tøyning ϵ) registreres, og materialets stivhet (deformasjonsmodul) kan beregnes som $M = \Delta\sigma'/\Delta\epsilon$. Denne presenteres som funksjon av vertikalspenningen. En sentral parameter som tolkes i sammenheng med ødometerforsøk er forkonsolideringsspenningen (σ'_c). Dette er det største lastnivået som jorda har opplevd tidligere (f.eks. tidligere overlaging eller islast). Deformasjonsmodulen viser typisk forskjellig oppførsel under og over forkonsolideringsspenningen. I leire vil stivheten for spenningsnivåer under σ'_c representeres ved en konstant stivhetsmodul M_{oc} . For spenningsnivåer over σ'_c vil stivheten øke med økende spenning. Denne økningen kan beskrives ved modultallet m .

**TELEFARLIGHET**

En jordarts telefarlighet bestemmes ut i fra kornfordelingskurven eller ved å måle den kapillære stighøyde for materialet. Telefarligheten klassifiseres i gruppene T1 (Ikke telefarlig), T2 (Litt telefarlig), T3 (Middels telefarlig) og T4 (Meget telefarlig) etter SVV Håndbok N200.

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

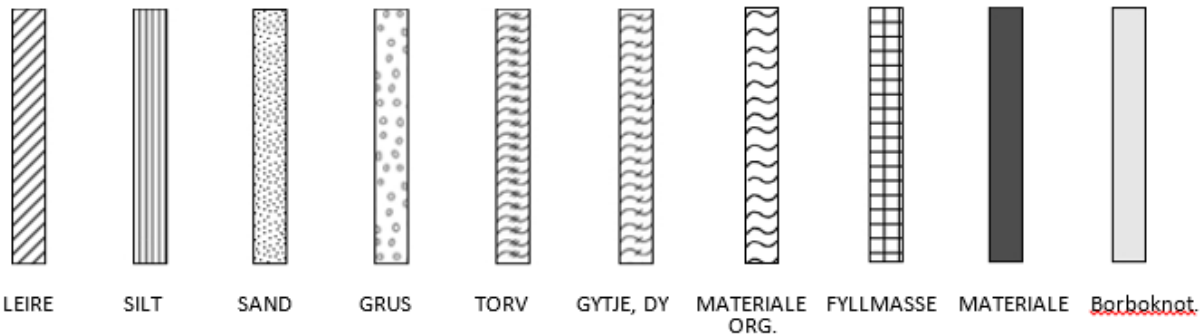
Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineralkornene. Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Standard eller Modifisert Proctor). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet ρ_d som funksjon av innbyggingsvanninnhold w_i . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås (ρ_{dmax}) benyttes ved spesifikasjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider. Det tilhørende vanninnhold benevnes optimalt vanninnhold (w_{opt}).

PERMEABILITET

Permeabiliteten defineres som den vannmengden q som under gitte betingelser vil strømme gjennom et jordvolum pr. tidsenhet. Generelt bestemmes permeabiliteten fra følgende sammenheng: $q = kiA$, der A er bruttoareal av tverrsnittet normalt på vannets strømningsretning og i = hydraulisk gradient i strømningsretningen (= potensialforskjell pr. lengdeenhet). Permeabiliteten kan bestemmes ved strømningsforsøk i laboratoriet, ved konstant eller fallende potensial, eventuelt ved pumpe- eller strømningsforsøk i felt samt ødometerforsøk.

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - PRØVESKRAVERING

Analyserte prøver skraveres på prøveserietegningen i henhold til hovedbenevnelsen av materialet. Det er i tillegg en egen skravering for eventuelle notater hentet fra borbok til den gjeldende prøveserien. De ulike skraveringene er som følger:



NB: Med mindre en kornfordelingsanalyse er utført, er dette kun en subjektiv og veiledende klassifisering som er basert på laborantens visuelle vurdering av materialet.

LEIRE: Leirinnholdet er større enn 15 %

SILT: Siltinnholdet er større enn 45 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

SAND: Sandinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

GRUS: Grusinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

MATERIALE: Brukes når materialet har en slik sammensetning at ingen av de ovennevnte betegnelse kan benyttes. Dette fremkommer normalt fra en kornfordelingsanalyse

TORV: Mer eller mindre omvandlede planterester

GYTJE/DY: Består av vannavsatte plante- og dyrerester. De kan virke fete og elastiske

MATERIALE ORG.: Sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur

FYLLMASSE: Avsetninger som ikke er naturlige (utlagte masser)

Borboknotat: Merknader fra borleder (hentet fra borbok), f.eks. «tom sylinder», «foringsrør», «forboring» osv.

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SPESIALFORSØK – Korngradering (K) / Treksialforsøk (T) / Ødometerforsøk (Ø)

Eventuelt utførte spesialforsøk på en prøveserie markeres med K, T eller Ø ved tilhørende prøve. Markeringene indikerer ikke nøyaktig dybde for spesialforsøkene, men er referanse til at det foreligger egne tegninger for forsøket inkludert resultater og ytterlig forsøksinformasjon.

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SYMBOLFORKLARING - Vanninnhold og konsistensgrenser

Vanninnhold og konsistensgrenser utført ved rutineundersøkelsen fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. Dersom et vanninnhold overstiger grafens maksimum vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.

| | | | |
|-----------------|--|--------------------------|--|
| Vanninnhold w | | Plastisitetsgrense w_p | |
| | | Flytegrense w_f | |

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SYMBOLFORKLARING - Udrenert skjærfasthet

Resultatene fra utførte konus- og enaksiale trykkforsøk ved rutineundersøkelsen fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. Dersom en skjærfasthetverdi overstiger grafens maksimum vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.

| | | | |
|---|--|--|-----|
| Uomrørt konus c_{urfc} | | Omrørt konus c_{urfc} | |
| Enaksialt trykkforsøk Strek angir aksial tøyning (%) ved brudd | | Omrørt konus $c_{urfc} \leq 2,0 \text{ kPa}$ | 0,9 |

BILAG 3

Oversikt over metodestandarder og retningslinjer

(2 sider)

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – FELTUNDERSØKELSER

Feltundersøkelsesmetoder beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på gjeldende versjon av følgende standarder og referansedokumenter:

| Dokument | Tema |
|--|--|
| NGF Melding 1 | SI-enheter |
| NGF Melding 2, NS-EN ISO 14688-1 og -2 | Symboler og terminologi |
| NGF Melding 3 | Dreiesondering |
| NGF Melding 4 | Vingeboring |
| NGF Melding 5, NS-EN ISO 22476-1 | Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) |
| NGF Melding 6 | Grunnvanns- og poretrykksmåling |
| NGF Melding 7 | Dreietrykksondering |
| NGF Melding 8 | Kommentarkoder for feltundersøkelser |
| NGF Melding 9 | Totalsondering |
| NS-EN ISO 22476-2 | Ramsondering |
| NGF Melding 10 | Beskrivelsestekster for grunnundersøkelser |
| NGF Melding 11, NS-EN ISO 22475-1 | Prøvetaking |
| Statens vegvesen Håndbok R211 | Feltundersøkelser |
| NS 8020-1 | Kvalifikasjonskrav til utførende av grunnundersøkelser |

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – LABORATORIEUNDERSØKELSER

Laboratorieundersøkelser beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på følgende standarder og referansedokumenter:

| Dokument | Tema |
|---------------------------------|---|
| NS8000 | Konsistensgrenser – terminologi |
| NS8001 | Støtflytegrense |
| NS8002 | Konusflytegrense |
| NS8003 | Plastisitetsgrense (utrullingsgrense) |
| NS8004 | Svinggrense |
| NS8005, NS-EN ISO 17892-4 | Kornfordelingsanalyse |
| NS8010, NS-EN ISO 14688-1 og -2 | Jord – bestanddeler og struktur. Klassifisering og indentifisering. |
| NS8011, NS-EN ISO 17892-2 | Densitet |
| NS8012, NS-EN ISO 17892-3 | Korndensitet |
| NS8013, NS-EN ISO 17892-1 | Vanninnhold |
| NS8014 | Poretall, porøsitet og metningsgrad |
| NS8015 | Skjærfasthet ved konusforsøk |
| NS8016 | Skjærfasthet ved enaksialt trykkforsøk |
| NS8017 | Ødometerforsøk, trinnvis belastning |
| NS8018 | Ødometerforsøk, kontinuerlig belastning |
| NS-EN ISO/TS 17892-8 og -9 | Treaksialforsøk (UU, CD) |
| Statens vegvesen Håndbok R210 | Laboratorieundersøkelser |