

---

RAPPORT

# Bergkunstmuséet, Hegra

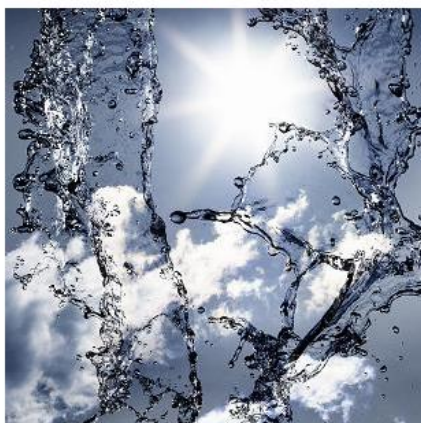
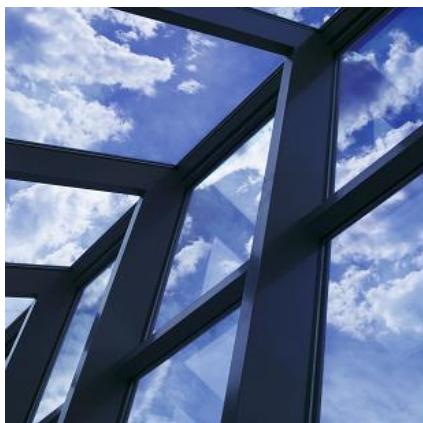
---

OPPDRAGSGIVER  
Stjørdal kommune

EMNE  
Vurdering av områdestabilitet

DATO / REVISJON: 31. oktober 2014 / 02  
DOKUMENTKODE: 413839-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. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

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

## RAPPORT

OPPDRAAG	Bergkunstmuséet, Hegra	DOKUMENTKODE	413839-RIG-RAP-002
EMNE	Vurdering av områdestabilitet	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Stjørdal kommune	OPPDRAAGSLEDER	Roar Skulbørstad
KONTAKTPERSON	Frank Nordby	UTARBEIDET AV	Ann Kristin Selmer/ Roar Skulbørstad
KOORDINATER	SONE: 32V ØST: 6079 NORD: 70396	ANSVARLIG ENHET	3012 Multiconsult AS
GNR./BNR./SNR.	295 / 6 / 0 / Stjørdal		

## SAMMENDRAG

Stjørdal kommune planlegger utbygging av et bergkunstmuseum i forbindelse med helleristningsfeltet ved Leirfall, ca. 2 km øst for Hegra. I utbyggingsplanene inngår et museumsbygg og en gangsti opp til helleristningsfeltet. Det planlagte museumsbygget ligger iht. NVEs kvikkleirekartlegging delvis innenfor kvikkleiresone nr. 662 Trælstad.

Foreliggende rapport inneholder faregradsevaluering av området iht. NVEs retningslinjer. Videre inneholder rapporten grunnlag for geotekniske beregninger og vurderinger samt resultater fra stabilitetsberegninger.

Basert på utførte grunnundersøkelser, registrert berg i dagen og topografiske forhold, er det gjort en ny vurdering av grensa av kvikkleiresona. Videre er det utarbeidet et forslag om å dele kvikkleiresone nr. 622 Trælstad i to separate soner. Det er vurdert faregrad, konsekvens- og risikoklasse for ny avgrensning av kvikkleiresonene før utbygging (lik for begge soner):

- Faregrad: Middels
- Konsekvensklasse: Meget alvorlig
- Risikoklasse: 4

### Områdestabilitet

Beregninger viser at stabiliteten av skråninga fra øst og ned mot museumstomta er for lav. Videre er stabiliteten av bratte skråninger ned mot Leirfallbekken og Solemsbekken for lav.

For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot utglidning er det foreslått å heve bekkeleiene med inntil 2 m. Videre må bekkeleiene erosjonssikres for å hindre initialskred som kan utløse bakovergrepene skred. For skråninga øst for tomta er det foreslått utlegging av motfylling i foten av skråninga.

### Lokalstabilitet

Skråninga nord for museumstomta er bratt med gjennomsnittlig terrenghelning ca. 1:1,6. Slike bratte skråninger ligger omtrent på rasvinket og er stabilisert av et vekstdekke.

Stabilitetsberegningene viser at skråninga må slakes ned til 1:2,5 og avlastes ned til kote +56 for å oppnå tilfredsstillende skråningsstabilitet.

Det må utføres detaljprosjektering av terrengtiltakene.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
			ANKS	HAN	SOH
02	31.10.2014	Revidert etter ny kvikkleireveileder 7/2014	Ann Kristin Selmer/ Roar Skulbørstad	Håvard Narjord fo	Arne Vik
01	27.05.2014	Revidert etter kommentarer fra tredjepartskontroll	Ann Kristin Selmer/ Roar Skulbørstad	Håvard Narjord	Arne Vik
00	04.04.2014	Vurdering områdestabilitet	Ann Kristin Selmer/ Roar Skulbørstad	Håvard Narjord	Arne Vik

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Grunnlag</b> .....	<b>8</b>
2.1	Kort omtale av prosjektet .....	8
<b>3</b>	<b>Topografi og grunnforhold</b> .....	<b>9</b>
3.1	Generelt .....	9
3.2	Helleristningsfeltet.....	9
3.3	Museumstomta.....	10
3.4	Kvikkleirsone Trælstad .....	11
<b>4</b>	<b>Faregradsevaluering av kvikkleiresone</b> .....	<b>13</b>
4.1	Generelt .....	13
4.2	Utbredelse av kvikkleire.....	13
4.3	Skadekonsekvensevaluering .....	13
4.4	Faregradsevaluering .....	13
4.5	Risikoklasseevaluering .....	14
<b>5</b>	<b>Skredtype og maksimal utbredelse av skred</b> .....	<b>14</b>
5.1	Generelt .....	14
5.2	Skredtype.....	14
5.3	Utbredelse av skred .....	15
<b>6</b>	<b>Sikkerhetsprinsipper</b> .....	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>Materialparametere</b> .....	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>Stabilitet</b> .....	<b>18</b>
8.1	Beregningsverktøy .....	18
8.2	Lokalstabilitet museumstomt .....	18
8.3	Kvikkleiresone Trælstad .....	19
<b>9</b>	<b>Geoteknisk vurdering</b> .....	<b>21</b>
9.1	Generelt .....	21
9.2	Områdestabilitet .....	21
9.3	Lokalstabilitet museumstomt .....	21
9.4	Terrengtiltak .....	21
9.5	Kritiske momenter .....	22
<b>10</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>22</b>

## Tegninger

413839-RIG-TEG-000	Oversiktskart
-003, Rev 01	Borplan med klassifisering av grunnundersøkelser
-004, Rev 02	Situasjonsplan med terrengtiltak
-042.6, Rev 01	CPTU BP.31C, udrenert skjærstyrke, $c_{uC}$ , korrelert mot $S_b$ OCR og $I_p$
-042.7, Rev 01	CPTU BP.31C, udrenert skjærstyrke, $c_{uC}$ , SHANSEP-analyse
-042.8	CPTU BP.31C, prekonsolideringsspenning, $p_c'$
-042.9	CPTU BP.31C, overkonsolideringsgrad, OCR
-043.6	CPTU BP.36, udrenert skjærstyrke, $c_{uC}$ , korrelert mot $S_b$ OCR og $I_p$
-043.7	CPTU BP.36, udrenert skjærstyrke, $c_{uC}$ , SHANSEP-analyse
-043.8	CPTU BP.36, prekonsolideringsspenning, $p_c'$
-043.9	CPTU BP.36, overkonsolideringsgrad, OCR
-044.6	CPTU BP.41, udrenert skjærstyrke, $c_{uC}$ , korrelert mot $S_b$ OCR og $I_p$
-044.7	CPTU BP.41, udrenert skjærstyrke, $c_{uC}$ , SHANSEP-analyse
-044.8	CPTU BP.41, prekonsolideringsspenning, $p_c'$
-044.9	CPTU BP.41, overkonsolideringsgrad, OCR



- 075.3 Kontinuerlig ødometerforsøk, PR.31, d=6,25 m med tolkede deformasjonsegenskaper
- 076.3 Kontinuerlig ødometerforsøk, PR.31, d=11,55 m med tolkede deformasjonsegenskaper
- 077.3 Kontinuerlig ødometerforsøk, PR.36, d=7,34 m med tolkede deformasjonsegenskaper
- 078.3 Kontinuerlig ødometerforsøk, PR.36, d=13,45 m med tolkede deformasjonsegenskaper
- 079.3 Kontinuerlig ødometerforsøk, PR.41, d=6,30 m med tolkede deformasjonsegenskaper
- 080.3 Kontinuerlig ødometerforsøk, PR.113, d=10,45 m med tolkede deformasjonsegenskaper
- 090.4 Treksialforsøk, BP. 31, d=6,30 m, spenningssti med tolket styrke
- 091.4 Treksialforsøk, BP. 36, d=7,45 m, spenningssti med tolket styrke
- 092.4 Treksialforsøk, BP. 41, d=6,35 m, spenningssti med tolket styrke
- 094.4 Treksialforsøk, BP. 41, d=10,30 m, spenningssti med tolket styrke
- 095.1 Samleplott treksialforsøk, spenningssti med tolket styrke
- 095.2 Samleplott treksialforsøk, arbeidskurve
- 095.3 Samleplott treksialforsøk, vannutpressing – volumtøyning
- 200 Profil A-A, tolket lagdeling
- 201 Profil B-B, tolket lagdeling
- 202 Profil C-C, tolket lagdeling
- 203 Profil D-D, tolket lagdeling
- 204 Profil E-E, tolket lagdeling
- 205 Profil F-F, tolket lagdeling
- 206 Profil G-G, tolket lagdeling
- 207 Profil H-H, tolket lagdeling
- 250, Rev 01 Poretrykksmåling, BP. 3
- 251, Rev 01 Poretrykksmåling, BP. 31
- 252, Rev 01 Poretrykksmåling, BP. 41
- 260 Aktiv udrenert skjærfasthet,  $s_{uA}$ , profil C-C (BP. 3, 7 og 9)
- 261 Aktiv udrenert skjærfasthet,  $s_{uA}$ , profil C-C (BP. 21)
- 262 Aktiv udrenert skjærfasthet,  $s_{uA}$ , profil D-D
- 263 Aktiv udrenert skjærfasthet,  $s_{uA}$ , profil H-H
- 310.1 Beregningsprofil C-C, stabilitetsberegning, dagens geometri, ADP-analyse
- 310.2 Beregningsprofil C-C, stabilitetsberegning, dagens geometri,  $\alpha\phi$ -analyse
- 310.3 Beregningsprofil C-C, stabilitetsberegning, permanenttilstanden, ADP-analyse
- 310.4 Beregningsprofil C-C, stabilitetsberegning, permanenttilstanden,  $\alpha\phi$ -analyse
- 311.1 Beregningsprofil D-D, stabilitetsberegning, dagens geometri, ADP-analyse
- 311.2 Beregningsprofil D-D, stabilitetsberegning, dagens geometri,  $\alpha\phi$ -analyse
- 311.3, Rev 01 Beregningsprofil D-D, stabilitetsberegning, permanenttilstanden, ADP-analyse
- 311.4, Rev 01 Beregningsprofil D-D, stabilitetsberegning, permanenttilstanden,  $\alpha\phi$ -analyse
- 312.1 Beregningsprofil H-H, stabilitetsberegning, dagens geometri, ADP-analyse
- 312.2 Beregningsprofil H-H, stabilitetsberegning, dagens geometri,  $\alpha\phi$ -analyse
- 312.3, Rev 01 Beregningsprofil H-H, stabilitetsberegning, permanenttilstanden, ADP-analyse
- 312.4, Rev 01 Beregningsprofil H-H, stabilitetsberegning, permanenttilstanden,  $\alpha\phi$ -analyse

## Vedlegg

1. Skadekonsekvens-, faregrads- og risikoklasseevaluering
2. Sikkerhetsprinsipper
3. Materialparametere
4. Oppsummering av ødometerforsøk
5. Oppsummering av treksialforsøk

## 1 Innledning

Stjørdal kommune planlegger utbygging av et bergkunstmuseum i forbindelse med helleristningsfeltet ved Leirfall, ca. 2 km øst for Hegra. I utbyggingsplanene inngår et museumsbygg og en gangsti opp til helleristningsfeltet. Det planlagte museumsbygget ligger iht. NVEs kvikkleirekartlegging delvis innenfor kvikkleiresone nr. 662 *Trælstad*.

Multiconsult AS er engasjert for å utføre grunnundersøkelser, vurdere områdestabiliteten for den planlagte utbygging samt å vurdere fundamenteringsløsning for museumsbygget. Utførte grunnundersøkelser er presentert i rapport nr. 413839-RIG-RAP-001 [11].

Det er ikke registrert kvikkleire på museumstomta ved de utførte grunnundersøkelsene, men kvikkleiresone nr. 662 *Trælstad* ligger høyere enn museumstomta. Videre har NVE kommet med innsigelse på reguleringsplanen om at sikkerheten mot skred må dokumenteres. Iht. NVEs retningslinjer nr. 2/2011 rev 22.mai 2014 «*Flaum- og skredfare i arealplanar*» [1] og veileder nr. 7/2014 «*Sikkerhet mot kvikkleireskred*» [18], må det vurderes om det er risiko for at museumstomta ligger i utløpsområdet for kvikkleireskred.

Utredning av skredfaren utføres stegvis iht. følgende punkter:

1. **Faregradsevaluering**  
Faregradsevaluering omfatter å identifisere fareutsatt areal (utstrekning av faresone) samt å vurdere sannsynlighet for skred.
2. **Vurdering av bruddtype og maksimal utbredelse av skred**  
Vurdering av skredtype og utløsende skredfaktor (for eksempel initialscred og retrogressivt skred eller flaskred utløst ved progressiv bruddutvikling i sprøbruddmateriale). Utredninga omfatter videre vurdering av både løsnedområder og utløpsområder for skredmasser.
3. **Stabilitetsanalyser**  
Beregning av sikkerheten mot utglidning, både for dagens situasjon og for tiltak/ utbygging.
4. **Evt. utredning av stabilitetsforbedrende tiltak**  
Utredning av stabiliserende tiltak som eventuelt må gjennomføres i og utenfor planområdet for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet.

Foreliggende rapport inneholder faregradsevaluering av området iht. NVEs retningslinjer. Videre inneholder rapporten grunnlag for geotekniske beregninger og vurderinger samt resultater fra stabilitetsberegninger. I tillegg er det gitt en vurdering av nødvendige tiltak for å oppnå tilfredsstillende stabilitet iht. NVEs Veileder nr. 7/2014.

*Revisjon 01: Rapporten er revidert etter kommentarer fra tredjepartskontroll utført av Norconsult AS. Det vises til kontrollnotat nr. 5140855-01 og tilsvar i notat nr. 413839-RIG-NOT-004. I revidert rapport er følgende medtatt:*

- *Kvikkleiresone nr. 662 Trælstad er foreslått delt inn i to separate soner med oppdeling langs Leirfallbekken og Solemsbekken. Videre er soneavgrensninga justert noe øst for museumstomta.*
- *Faregrads-, skadekonsekvens- og risikoevaluering for sonene er justert.*
- *Skrivefeil er rettet opp.*
- *Designlinje udrenert skjærfasthet for CPTU BP. 31C er rettet opp.*
- *Nærmere begrunnelse for valgte styrkeprofiler i beregninger er innarbeidet i rapporten.*

*Revisjon 02: Rapporten er revidert etter NVEs retningslinjer nr. 2/2011 rev 22.mai 2014 og veileder nr. 7/2014. I revidert rapport er følgende medtatt:*

- *Nye beregninger med revidert sikkerhetsfaktor.*
- *Revisjon av rapporttekst iht. nye beregningsresultater.*
- *Revisjon av tegninger som viser anbefalte terrengtiltak.*
- *Skrivefeil er rettet opp.*

## 2 Grunnlag

Det er tidligere utført grunnundersøkelser i området og disse fremgår i følgende rapporter:

- NOTEBY AS (2001) rapport nr. 300571-1 [2]
- NGI (1988) rapport nr. 82033-1 [3]

Resultatene fra disse er delvis innarbeidet i rapport nr. 413839-RIG-RAP-001 og foreliggende rapport.

Videre er følgende dokumenter/tegninger benyttet som grunnlag:

Tabell 2.1 Grunnlagsdokumenter

Nr.	Tegning/dokument	Tittel/Kommentar	Mottatt dato
1	413839 RIG 01	Foreløpig geoteknisk vurdering, notat datert 01.10.2009	
2	413839 RIG 02	Risiko for kvikkleireskred, notat datert 15.10.2009	
3	413839 RIG 03	Utbygging i kvikkleireområder, notat datert 20.10.2009	
4	Situasjonsplan	Forprosjekt Bergkunstmuséet utarbeidet av Per Knudsen Arkitektkontor AS. Datert 29.08.2013.	06.11.2013
5	Plan	Forprosjekt Bergkunstmuséet utarbeidet av Per Knudsen Arkitektkontor AS. Datert 29.08.2013.	06.11.2013
6	Perspektiv	Forprosjekt Bergkunstmuséet utarbeidet av Per Knudsen Arkitektkontor AS. Datert 29.08.2013.	06.11.2013
7	Snitt	Forprosjekt Bergkunstmuséet utarbeidet av Per Knudsen Arkitektkontor AS. Datert 29.08.2013.	06.11.2013

### 2.1 Kort omtale av prosjektet

Museumsbygget er planlagt plassert inn i foten av ei skråning øst for Lerfallbekken, se figur 2.1. Helleristningsfeltene er på vestsida av bekken.

Museumsbygget er planlagt med to etasjer pluss kjeller.





Figur 2.1: Perspektiv av planlagt museumsbygg (utarbeider av pka arkitekter)

### 3 Topografi og grunnforhold

#### 3.1 Generelt

Det aktuelle området ligger ved Leirfall, ca. 2,6 km øst for Hegra. Feltet ligger i en skråning opp mot Trælstad. Generelt er området bestående av platåer nord og øst for feltet, og i tillegg ravinert terreng i forbindelse med bekkefar. Sørlige områder er flatere og er for det meste dyrket mark.

Museumsbygget er planlagt plassert i foten av skråningen opp mot Trælstad. Eksisterende terreng for planlagt museumsbygning varierer mellom kote +23 og kote +30. Søndre del av museet ligger på ei elveslette (dyrket mark). Terreng på elvesletta er relativt flatt og varierer mellom kote +23 og +26. Nordre del av bygget er plassert i skråninga opp mot Trælstad. Trælstad er et terrengplatå på ca. kote +70 til +75. Gjennomsnittlig skråningshelning ned mot bergmuseet er ca. 1:4. Lokalt er skråninga brattere og nedre del av skråninga mot museumsbygget har skråningshelning på ca. 1:1,6.

For beskrivelse av grunnforholdene er området delt inn i 3 delområder:

- Helleristningsfelt
- Museumstomt
- Kvikkleiresone Trælstad

#### 3.2 Helleristningsfeltet

Ved helleristningsfeltet er det stedvis berg i dagen, og rundt helleristningsfeltet indikerer utførte sonderinger at løsmasseoverdekninga er liten. Områder med berg i dagen er vist på borplanene, tegning nr. -001 og -002. Sonderinger utført ved helleristningsfeltet er avsluttet mot antatt berg mellom 0,6 og 1,5 m under terreng. Da det ikke er boret i berg er bergpåvisninga usikker.

Leirfallbekken avgrenser helleristningsfeltet mot øst. Bekken renner på berg gjennom feltet. I bunn av skråninga eroderer bekken i yttersvinger.

### 3.3 Museumstomta

Løsmassemektingheten i borpunktene utført ved museumstomta varierer mellom 0 og 14 m. Opptatte prøver viser at løsmassene består i hovedsak av et topplag av tørrskorpeleire på 1 til 2 m over leire med siltlag. Leira er delvis blandet med silt- og sandlag og til dels mye organisk materiale ned til ca. 5 m under terreng. Det høye humusinnholdet stammer trolig fra organisk materiale avsatt fra Stjørdalselva eller fra tidligere ras i området. Over berg er det et fast lagret lag med mektighet på 2 til 8 m. Dette laget er basert på sonderingsmotstanden vurdert til å være sand/grus.

#### Rutinedata

Resultater fra rutineanalyser i laboratoriet på opptatte prøver er oppsummert i tabell 3.1 under.

Tabell 3.1 Oppsummering rutinedata museumstomt

Materiale	w [%]	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$c_{uD}$ [kPa]	$c_{urfc}$ [kPa]	$I_p$ [%]
Tørrskorpe	20 – 25	1,95	123 - 225	71 - 175	
Leire	16 – 45	1,88 – 2,16	34 - 175	6 - 54	
Sand/grus	24	2,08			

w naturlig vanninnhold

$\rho$  densitet

$c_{uD}$  udrenert skjærfasthet (fra konus og enaks)

$c_{urfc}$  omrørt skjærfasthet

$I_p$  plastisitetsindeks

I oppsummeringa av udrenert skjærfasthet er det sett bort fra prøver med synlig prøveforstyrrelse.

#### Grunnvann

Det er satt ned to hydrauliske poretrykksmålere. Disse er satt ned ved BP. 3 i dybde 4 og 7 m under terreng. Målerne er avlest sju ganger i perioden 18. november 2013 til 23. mars 2014. Målt poretrykk er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-250. Tabell 3.2 viser målt poretrykk og tilsvarende grunnvannsnivå.

Tabell 3.2 Poretrykksavlesning

BP.	Kote terreng	Kote piezometerspiss	Løsmasser ved pz-spiss	Høyeste avleste poretrykk [kPa]	Grunnvannsnivå fra poretrykk [kote]*
3	+25,6	+21,6	Leire m/tynne sand- og siltlag	12,0	+22,8
3	+25,6	+18,6	Antatt leire m/siltlag	36,0	+22,2

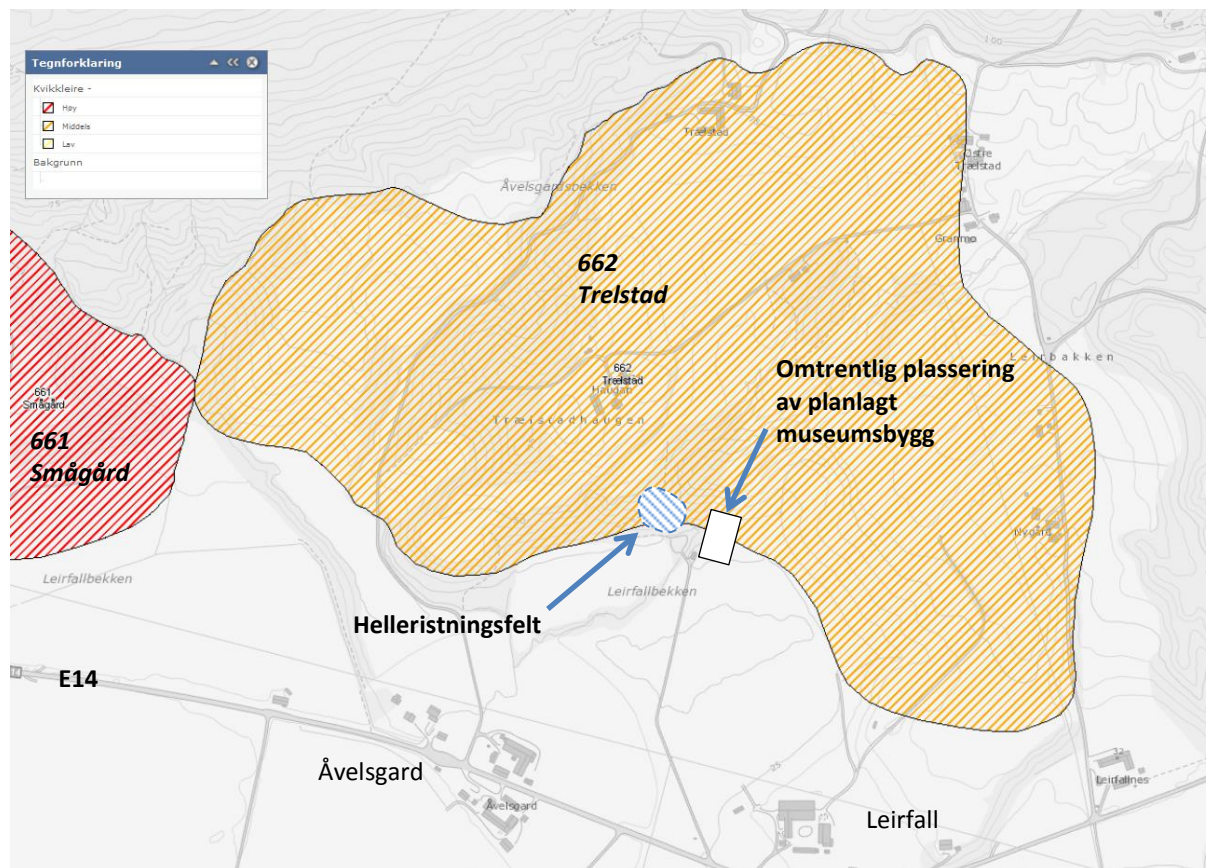
\* Hydrostatisk poretrykksfordeling

Grunnvannstanden varierer normalt med årstider og nedbør. Erfaringsmessig kan grunnvannsnivået stå vesentlig høyere i perioder med nedbør og/eller snøsmelting.

Poretrykksmålingene bør videreføres for å dokumentere poretrykksvariasjoner over tid.

### 3.4 Kvikkleirsone Trælstad

Den aktuelle tomte ligger delvis innenfor kvikkleiresone nr. 662 *Trælstad*, se figur 3.1. Sona er klassifisert med middels faregrad, konsekvensklasse alvorlig og risikoklasse 3.



Figur 3.1: Utsnitt av kvikkleiekart - faregrad (kilde: [www.skrednett.no](http://www.skrednett.no))

Løsmassene i kvikkleiresona består i hovedsak av et topplag av tørrskorpeleire på 1-5 m over leire med enkelte silt- og finsandlag. Det er registrert enkelte innskutte lag med sand og grus i leira. Videre er det registrert mektige lag med kvikkleire i store deler av kvikkleiresona. Størst mektighet med kvikkleire er registrert ved gårdene Trælstad og Trælstadhaugen, hvor sonderingsresultatene indikerer mektighet på over 40 m kvikkleire. Overgangen til kvikkleire ligger på ca. kote +50 til +60 nord i sona, og faller slakt av sørover mot gården Leirfall. I BP. 41, i søndre del av sona, er overgangen til kvikkleire på ca. kote +44.

Bekkeleie for Leirfallbekken og Solemsbekken ligger omtrent i nivå med overgangen til kvikkleire.

**Rutinedata**

Rutinedata er oppsummert i tabell 3.3 under.

Tabell 3.3 Oppsummering rutinedata kvikkleiresone

Materiale	w [%]	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$c_{uD}$ [kPa]	$c_{urfc}$ [kPa]	$I_p$ [%]
Tørrskorpe	20 - 34	2,04	123 - 225	24 - 67	
Sand/grus	8 - 12				
Leire	18 - 36	1,94 – 2,09	43 – 100	1 – 21	7 - 15
Kvikkleire	21 - 34	1,97 – 2,10	30 – 105	<0,5	4 - 5

w	naturlig vanninnhold
$\rho$	densitet
$c_{uD}$	udrenert skjærfasthet (fra konus og enaks)
$c_{urfc}$	omrørt skjærfasthet
$I_p$	plastisitetsindeks

I oppsummeringa av rutinedata er det sett bort fra prøver med synlig prøveforstyrrelser.

**Grunnvann**

Det er satt ned fire hydrauliske poretrykksmålere ved BP. 31 (2 stk) og BP. 41 (2 stk). Videre satte NGI ned to hydrauliske poretrykksmålere (BP. 1-96) i forbindelse med grunnundersøkelsene i 1987 [3]. Målerne er avlest henholdsvis fem og seks ganger i perioden 10. desember 2013 til 23. mars 2014. Målt poretrykk er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-251 og -252. Tabell 3.4 viser målt poretrykk og tilsvarende grunnvannsnivå.

Tabell 3.4 Poretrykksavlesninger

BP.	Kote terreng	Kote piezometerspiss	Løsmasser ved pz-spiss	Høyeste avleste poretrykk [kPa]	Grunnvannsnivå fra poretrykk [kote]*
31	+59,2	+52,2	Leire m/enk. Tynne silt- og finsandlag	41,0	+56,3
31	+59,2	+44,2	Kvikkleire m/enk. Tynne siltlag	77,0	+51,9
41	+55,5	+48,5	Leire m/enk. Tynne silt- og finsandlag	2,0	+48,7
41	+55,5	+40,5	Kvikkleire m/enk. Tynne silt- og finsandlag	17,0	+42,2
1-96	Ca. +70	Ca. +48	Ant. Kvikkleire	**	**
1-96	Ca. +70	Ca. +37	Ant. Kvikkleire	**	**

\*Hydrostatisk poretrykksfordeling

\*\*Måledata er ikke oppgitt i NGI rapport nr. 82033-1, men i rapporten er det angitt at det er målt lavt poretrykk i begge dybdene.



Grunnvannstanden varierer normalt med årstider og nedbørsmengder. Erfaringsmessig kan grunnvannsnivået stå vesentlig høyere i perioder med snøsmelting og/eller nedbør.

Poretrykksmålingene bør videreføres for å dokumentere poretrykksvariasjoner over tid.

## 4 Faregradsevaluering av kvikkleiresone

### 4.1 Generelt

Det planlagte museumsbygget ligger delvis innenfor kvikkleiresonen, og siden det er vurdert at tomten ligger i utløpssonen for et eventuelt skred fra kvikkleiresonen, kreves det i henhold til NVEs Veileder nr. 7/2014, at det bl.a. skal foretas en evaluering av skadekonsekvensklasse og faregradsevaluering.

### 4.2 Utbredelse av kvikkleire

Basert på utførte grunnundersøkelser, registrert berg i dagen og topografiske forhold, er det gjort en vurdering av grensa av kvikkleiresona. Videre er det utarbeidet et forslag om å dele kvikkleiresone nr. 622 *Trælstad* i to separate soner. Forslag til ny kvikkleireavgrensning er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-003. Følgende vurderinger ligger til grunn for grenselinjene:

- Alle kjente grunnundersøkelser i området er tatt med i vurderingen. Plassering av borpunkt er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-003. Boringer hvor det er påvist kvikkleire eller sprøbruddsmateriale er markert med rød farge, boringer hvor det kan antas at det er kvikkleire eller sprøbruddsmateriale er markert med gul farge og boringer uten kvikkleire eller sprøbruddsmateriale er markert med grønn farge.
- Sonene er trukket ut i fra de registrerte boringene med kvikkleire/sprøbruddsmateriale.
- Videre er sonene avgrenset mot området med oppstikkende berg eller områder hvor løsmasseoverdekningen er liten.
- Eksisterende kvikkleiresone er delt langs bekkefare (Leirfallbekken og Solemsbekken) som stekker seg fra helleristningsfeltet og forbi Granmo og mot Solem. Dette pga at skred erfaringsmessig ikke krysser bekkedaler.

### 4.3 Skadekonsekvensevaluering

Det er utført en evaluering av begge sonenes skadekonsekvensklasse for den antatt mest ugunstige delen av sonene etter gjennomføring av planlagt utbygging.

Skadekonsekvensevalueringen er utført i henhold til retningslinjer i NGI-rapport 20001008-2, rev. 3 datert 08.10.2008 «Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire», tabell 1.

Evalueringa av kvikkleiresone nr. 622 *Trælstad* og sone *Trælstad øst* er gitt i tabell 2 og 3 i Vedlegg 1.

Skadekonsekvensevalueringa gir en poengverdi på 25 for både 622 *Trælstad* og *Trælstad øst* og medfører at sonene plasseres i skadekonsekvensklasse «Meget alvorlig». Sonene vil dermed endre skadekonsekvensklasse etter at planlagt bergkunstmuseum er oppført.

### 4.4 Faregradsevaluering

Det er utført faregradsevaluering for den antatt mest ugunstige delen av sonene før og etter gjennomføring av planlagt utbygging.

Faregradsevalueringa er utført i henhold til retningslinjer i NGI-rapport 20001008-2, rev. 3 datert 08.10.2008 «Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire».

Evalueringa av kvikkleiresone nr. 622 *Trælstad* er gitt i tabell 5 og 6 i Vedlegg 1.

Faregradsevalueringa gir poengverdi på 25 for begge sonene og medfører at sonene plasseres i faregradsklasse «Middels», som omfatter soner med poengverdi fra 18 til 25 poeng jfr. [5]. På grunnlag av de oppsatte kriteriene vil dermed sonene, relativt sett, ha høy sannsynlighet for at skred skal inntreffe.

Sonene vil endre faregrad etter utbygging, da det vil foretas stabiliserende tiltak i området.

#### 4.5 Risikoklasseevaluering

Skadekonsekvens og faregradsevaluering er grunnlaget for bestemmelse av risikoklasse:  $risiko = skadekonsekvens \times faregrad$ . Risiko er delt inn i fem klasser, hvor 5 er høyeste risikoklasse.

Risikoklassene er inndelt i 5 klasser iht. [3]:

- Risikoklasse 1: Tallverdi fra 0 til 170
- Risikoklasse 2: Tallverdi fra 171 til 630
- Risikoklasse 3: Tallverdi fra 631 til 1900
- Risikoklasse 4: Tallverdi fra 1901 til 3200
- Risikoklasse 5: Tallverdi fra 3201 til 10000

Hvilken risikoklasse ei sone kommer i vil være bestemmende for prioriteringen av denne sona i det videre arbeidet med sikring mot skred.

Evalueringa av begge sonene gir en poengsum på 2724, og vil falle under risikoklasse 4.

Tabell 4.1 Faregrads-, konsekvens og risikoklasseevaluering av kvikkleiresonen

Sone		Tidligere vurdering (NGI 2004)	Vurdering (2014)	
			Før utbygging	Etter utbygging
Trælstad	Faregrad	Middels	Middels	Lav
	Skadekonsekvens	Alvorlig	Meget alvorlig	Meget alvorlig
	Risikoklasse	3	4	3
Trælstad øst	Faregrad		Middels	Lav
	Skadekonsekvens		Meget alvorlig	Meget alvorlig
	Risikoklasse		4	3

## 5 Skredtype og maksimal utbredelse av skred

### 5.1 Generelt

Formålet med å vurdere skredtype og utbredelse av skred er å belyse hvilken utstrekning et eventuelt skred utløst i sonen kan få, og hvilke følgerisiko for skader på bebyggelse nedstrøms sonen et skred kan medføre.

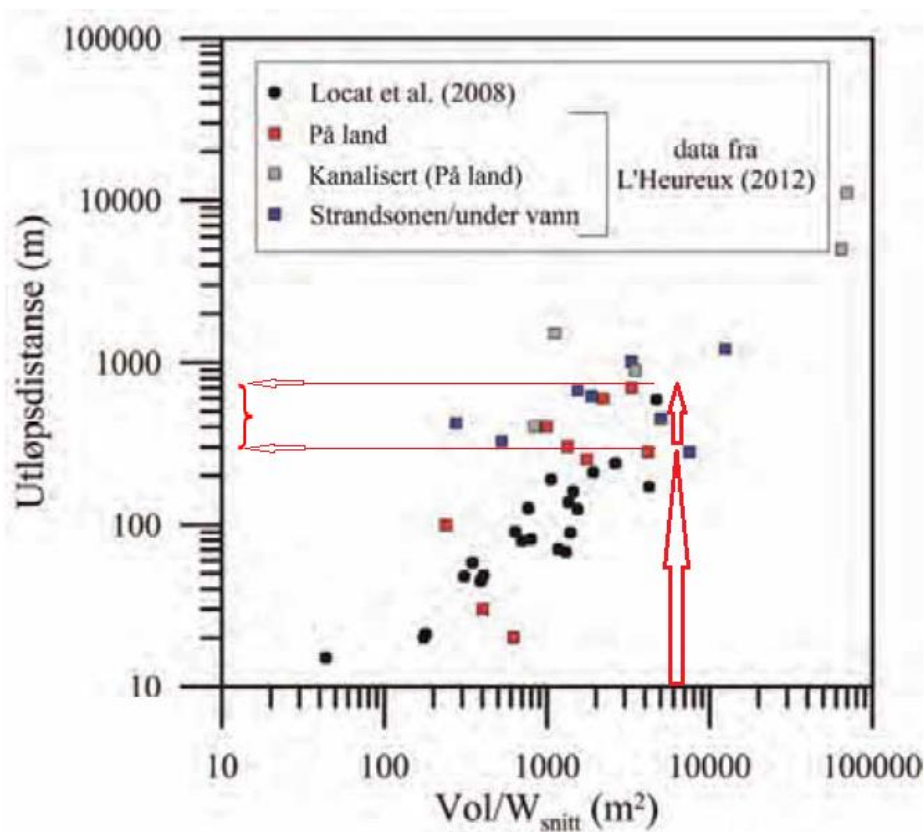
### 5.2 Skredtype

Basert på topografi og grunnforhold vurderer vi at mest sannsynlig skredtype for området Leirfall er et retrogressivt skred. Et retrogressivt skred karakteriseres ved serie av hurtig bakovergripende skred. Det vil si at raset forplanter seg bakover gradvis med påfølgende delras. Retrogressivt skred

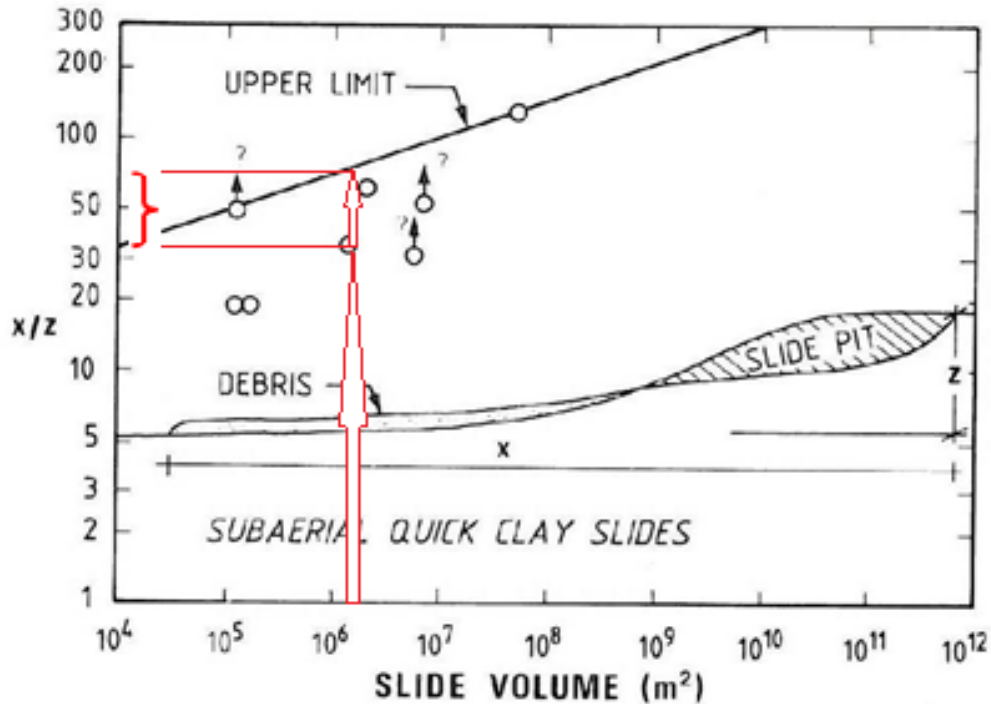
blir ofte utløst ved et monolittisk initialskred (rotasjonsskred). Skred blir enten forårsaket av byggetekniske inngrep eller utløst av naturkrefter.

### 5.3 Utbredelse av skred

Det foreligger lite erfaringsmateriale og beregningsmodeller for å vurdere utbredelse av skred. Vurderingen av utløpsdistanser for Trælstad kvikkleiresone er basert på to metoder. I NGI publikasjon nr. 158, figur [10], er det gitt en sammenstilling av skredvolum, skråningshøyde og utbredelse av skred. Figuren er gjengitt i figur 5.2. NGU rapport nr. 2012.040 [8] gir en estimering av utløpsdistanse basert på mobilisert volum av kollapset sediment pr. breddeenhet. Figuren er gjengitt i figur 5.1.



Figur 5.1 Utløpsdistanse estimert for skred i norske leirer som funksjon av mobilisert volum av kollapset sediment pr. breddeenhet (fra NGU rapport nr. 2012.040, 2014).



Figur 5.2 Normalisert utløpsdistanse fra norske kvikkleireskred i forhold til total skredvolum (fra NGI publikasjon nr. 158, 1985).

Disse erfaringsdataene er benyttet for å estimere utløpsdistanse av eventuelt skred i kvikkleiresone Trælstad øst:

- **Skredvolum pr. breddenhet**

Maksimalt volum pr. breddenhet er estimert til å være ca.  $6300 \text{ m}^2$ .

- **Skredvolum**

Maksimalt skredvolum er estimert til ca.  $1\,600\,000 \text{ m}^3$ . Det stipulerte volumet er basert på at ca. 80 % av sona raser ut. Dette omfanget vurderes som "verste tilfelle", og er trolig vesentlig større enn det som vil inntreffe ved et skred.

- **Skråningshøyde**

Total høydeforskjell fra Leirbakken/ Nygård øverst i sonen og ned til flatt terreng på kote + 25 er ca. 43 m.

#### **Utløpsdistanse mhp. volum pr. breddenhet (NGU)**

Skredvolum pr. lengdeenhet er estimert til ca.  $6300 \text{ m}^3$ . Det vil si at utløpsdistansen fra et skred kan være i størrelsesorden 300 – 700 m.

#### **Utløpsdistanse mhp. volum (NGI)**

Skredvolum på ca.  $1\,600\,000 \text{ m}^3$  ( $1,6 \cdot 10^6$ ) og skråningshøyde,  $z$ , på 43 m gir et forholdstall på utbredelse av skred ( $x$ ) på skråningshøyde ( $z$ ) på ca. 45 m. Det vil si at utløpsstrekninga av et skred er i størrelsesorden 1380 – 3200 m regnet fra bakre skredkant.

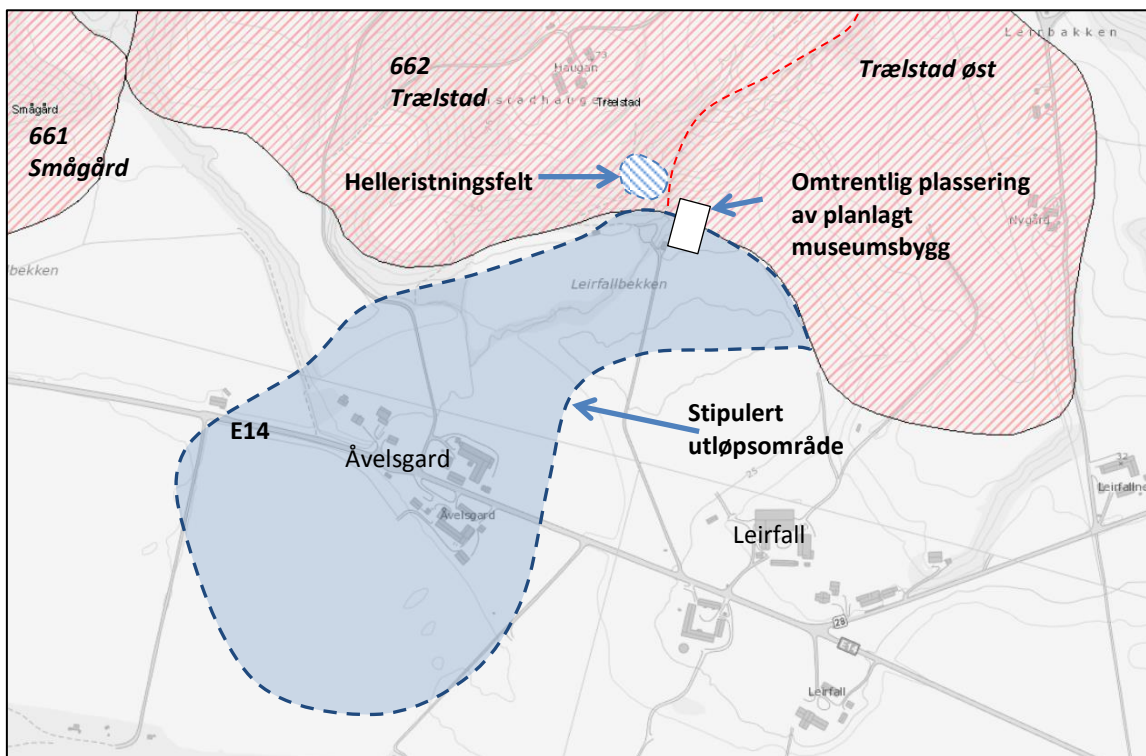
#### **Vurdering**

Det er noe forskjell i beregnet utløpsdistanse med de to overnevnte korrelasjonene. Men begge viser at museumstomta ligger i utløpssona.



I utgangspunktet kan utløsningen av et evt. kvikkleireskred tenkes å ha utløp av skredmasser mot sørvest. Hoveddelen av et skred vil trolig kunne støte ned mot gården Åvelsgard.

Vurderingene viser at det ved et evt. skred er risiko for at bebyggelse ved Åvelsgard samt E14 kan bli berørt av skredmasser. Avgrensning og omtrentlig areal for utløpsområdet ved et evt. skred fra Trælstad kvikkleiresone er vist som skravur i figur 5.3.



Figur 5-3 Omtrentlig utstrekning av utløpsområdet

Det er knyttet stor usikkerhet i forhold til anslaget av utløpsdistansen. Skredvolumet er beregnet meget konservativt.

Det understrekes at vurderingene gitt i dette kapitlet er basert på «verste tilfelle» og viser *potensiell* skredfare. Beregning av *reell* skredfare er vist i kapittel 8.

## 6 Sikkerhetsprinsipper

Prosjektet er vurdert iht. NVEs retningslinjer nr. 2/2011 rev 22.mai 2014 [1], NVEs Veileder nr. 7/2014 [18], Eurokode 0 [16] og Eurokode 7 [17] til:

- Geoteknisk kategori 3
- Pålitelighetsklasse (CC/RC) 3
- Kontrollklasse «Utvidet» for prosjektering og utførelse
- Tiltakskategori K4 iht. NVEs Veileder nr. 7/2014

Nærmere begrunnelse for klassifisering av prosjektet er gitt i vedlegg 2.

## 7 Materialparametere

Vurdering av kvalitet på undersøkelser, opptatte prøver samt tolkning av materialparametere er vist i vedlegg 3. Valgte styrkeprofiler er basert på styrkeparametre fra opptatte prøveserier samt utførte CPTU-sonderinger.

Tolkning styrke og deformasjonsegenskaper av ødometer og treaks er oppsummert i vedlegg 4 og 5.

## 8 Stabilitet

### 8.1 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» versjon 14.0.0 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetode, 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.

I denne fasen er det utført beregninger for:

- Områdestabilitet
- Lokalstabilitet ned mot planlagt museumsbygg

Dagens geometri er beregnet ved udrenert totalspenningsanalyse, ADP-analyse, og drenert effektivspenningsanalyse,  $\alpha\phi$ -analyse.

Stabiliteten i permanenttilstanden er beregnet ved udrenert totalspenningsanalyse samt drenert  $\alpha\phi$ -analyse.

Plassering av beregningsprofilene er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-003.

Der beregningsmessig sikkerhet er for lav, er det vist tiltak som gir prosentvis forbedring av stabiliteten ved vurdering av områdestabilitet (jfr. krav i NVEs Veileder nr. 7/2014). For lokalstabilitet av bygg er tiltakene utformet slik at kravene til absolutte sikkerhetsfaktorer i Eurokode 7 blir tilfredsstilt.

I beregningene før og etter tiltak er det foretatt sammenligning av kritisk skjærflate før tiltak med kritisk skjærflate etter tiltak. I revidert NVE Veileder nr. 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred», datert april 2014 står det bl.a. at «*Det er normalt tilstrekkelig å sammenligne den mest kritiske glideflaten før tiltak med den mest kritiske glideflaten etter tiltak. I enkelte tilfeller kan det likevel være nødvendig å se på økning i sikkerhetsfaktorer for flere alternative glideflater som vurderes av geotekniker som realistiske for utløsning av skred. Behovet for slike analyser må vurderes for hvert enkelt tilfelle*».

Terrengtiltakene som er beskrevet i foreliggende rapport omfatter avlastning av skråningstopp, oppfylling ved skråningsfot samt plastring og heving av bekker. Ut fra skredteknisk vurdering av bruddmekanismer, jf. kap. 5, og omfanget av de stabiliserende tiltakene, vurderes at sammenligning av kritiske skjærflater før og etter tiltak er tilstrekkelig. Vi mener således at de beskrevne tiltakene gir et realistisk uttrykk for stabilitetsforbedring av de undersøkte terrengprofilene.

For beregninger på totalspenningsbasis (ADP-analyser) er det benyttet anisotropisk jordmodell.

### 8.2 Lokalstabilitet museumstomt

Det er utført stabilitetsberegninger for ett utvalgt profil. Profilet er antatt å være mest kritisk på bakgrunn av grunnforhold og topografi.

Profil C-C

Profil for vurdering av lokalstabilitet for planlagt museumsbygg. Profilet går fra toppen av haugen nord for det planlagte museumsbygget og ned tomta. Tolket lagdeling for profil C-C er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-202.

Udrenert skjærfasthet er vurdert ut i fra prøveserier i BP. 3, 7, 9 og 21. Rutinedata og designlinje  $s_{uA}$  er plottet på tegning nr. 413839-RIG-TEG-260 og -261.

Det er tidligere utført jordbruksplanering i skråninga som har bedret stabiliteten av skråninga noe. Da vi ikke kjenner til hvor mye jordbruksplanering det er utført, har vi valgt å se bort fra dette i beregningene.

Beregningsresultater er sammenstilt i tabell 8.1.

Tabell 8.1 Sikkerhetsfaktor for kritisk skjærflate for profil C-C

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Sikkerhetsfaktor $\gamma_M$ for kritisk skjærflate
413839-RIG-TEG-310.1	Profil C-C, dagens geometri	ADP-analyse	1,30
413839-RIG-TEG-310.2	Profil C-C, dagens geometri	aφ-analyse	0,98
413839-RIG-TEG-310.3	Profil C-C, nedslaking av skråning og avlastning, permanenttilstanden	ADP-analyse	1,74
413839-RIG-TEG-310.4	Profil C-C, nedslaking av skråning og avlastning, permanenttilstanden	aφ-analyse	1,39

Stabilitetsberegningene viser at stabiliteten for eksisterende skråning nord for museumstomta er for lav.

Med beskrevet/angitt nedslaking og terregavlastning oppnås en beregningsmessig sikkerhet for lokalstabilitet på  $\gamma_M \approx 1,4$ .

### 8.3 Kvikkleiresone Trælstad

Det er utført stabilitetsberegninger for to utvalgte profiler med tanke på vurdering av områdestabilitet. Profilene er antatt å være mest kritisk på bakgrunn av grunnforhold og topografi.

Profil D-D

Profilet går fra veien mellom Nygård og Granmo og ned mot museumstomta. Stabilitetsberegninger er utført for vurdering av områdestabilitet for Trælstad kvikkleirsoner. Tolket lagdeling for profil D-D er vist på tegning nr 413839-RIG-TEG-203. Sonderingene indikerer et sammenhengende sand-/gruslag. I tolket lagdeling har vi valgt å ikke ta med dette som en konservativ antagelse da det er langt mellom borpunktene.

Udrenert skjærfasthet er vurdert ut i fra prøveserier og CPTU-sonderinger i BP. 36 og 41. Styrkeprofil på sletta ved museumstomta er vurdert fra opptatte prøveserier i BP. 3, 7, 9 og 2-PR1. Rutinedata og designlinje  $s_{uA}$  er plottet på tegning nr. 413839-RIG-TEG-262.

Beregningsresultater er sammenstilt i tabell 8.2.

Tabell 8.2 Sikkerhetsfaktor for kritisk skjærflate for profil D-D

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Sikkerhetsfaktor $\gamma_M$ for kritisk skjærflate
413839-RIG-TEG-311.1	Profil D-D, dagens geometri	ADP-analyse	1,22
413839-RIG-TEG-311.2	Profil D-D, dagens geometri	$\alpha\phi$ -analyse	1,76
413839-RIG-TEG-311.3	Profil D-D, terrengtiltak (avlastning og motfylling)	ADP-analyse	1,30
413839-RIG-TEG-311.4	Profil D-D, terrengtiltak (avlastning og motfylling)	$\alpha\phi$ -analyse	1,80

Beregningene for dagens geometri viser for lav sikkerhet mot utglidning for udrenerte analyser ( $\gamma_M=1,22$ ). Figur 5.2 i NVEs Veileder 7/2014 gir da et krav om minimum 4,6 % forbedring ved topografiske endringer.

På tegning nr. -311.3 og -311.4 er det vist terrengtiltak som gir tilfredsstillende prosentvis forbedring. De skisserte terrengtiltakene består av utlegging av motfylling på inntil 2 m mektighet i foten av skrånninga.

#### Profil H-H

Beregningsprofilen går fra Trælstadhaugen og sørøst ned mot Leirfallbekken. Stabilitetsberegninger er utført for vurdering av områdestabilitet for Trælstad kvikkleirsoner. Tolket lagdeling for profil H-H er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-207.

Udrenert skjærfasthet er vurdert ut i fra prøveserier og CPTU-sonderinger i BP. 31. Styrkeprofil ved Leirfallbekken og Trælstadhaugen er vurdert med SHANSEP-formelen. Det er da forutsatt at terreng tidligere har vært på ca. kote +70. I SHANSEP-vurderingene er det lagt mest vekt på målte data (laboratorieundersøkelser og CPTU) i BP. 31. SHANSEP-faktorene  $\alpha$  og  $m$  er justert slik at de tilpasses målte data, se tegning nr. -263.

Tabell 8.3 Sikkerhetsfaktor for kritisk skjærflate for profil H-H

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Sikkerhetsfaktor $\gamma_M$ for kritisk skjærflate
413839-RIG-TEG-312.1	Profil H-H, dagens geometri	ADP-analyse	1,14
413839-RIG-TEG-312.2	Profil H-H, dagens geometri	$\alpha\phi$ -analyse	1,14
413839-RIG-TEG-312.3	Profil H-H, terrengtiltak (heving og erosjonssikring av bekkeløp)	ADP-analyse	1,21
413839-RIG-TEG-312.4	Profil H-H, terrengtiltak (heving og erosjonssikring av bekkeløp)	$\alpha\phi$ -analyse	1,34

Beregningene for dagens geometri viser for lav sikkerhet mot utglidning for udrenerte analyser ( $\gamma_M=1,14$ ). Figur 3.1 i NVEs veileder nr. 7/2014 gir da et krav om minimum 6,5 % forbedring ved topografiske endringer.

På tegning nr. -312.3\_rev01 og -312.4\_rev01 er det vist terrengtiltak som gir tilfredsstillende prosentvis forbedring. De skisserte terrengtiltakene består av heving av Leirfallbekken med 2 m.



## 9 Geoteknisk vurdering

### 9.1 Generelt

Det planlagte museumsbygget ligger i utløpsområdet for et evt. kvikkleireskred i Trælstad kvikkleiresone.

Kritiske forhold i forbindelse med oppføring av museumsbygget vil være relatert områdestabilitet og lokalstabilitet for museumstomta i bygge- og anleggsfasen. Stabiliteten bør ikke forverres i noen fase av utbygginga. Det må gjennomføres stabiliserende tiltak for de mest stabilitetsutsatte området i forkant av utbygginga. Dette vil sette krav til rekkefølge av anleggsarbeidene og utførelse av arbeidene.

### 9.2 Områdestabilitet

Beregninger viser at stabiliteten av skråninga fra øst og ned mot museumstomta er for lav. Videre er stabiliteten av bratte skråninger ned mot Leirfallbekken og Solemsbekken for lav.

For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot utglidning er det foreslått å heve bekkleiene med inntil 2 m. Videre må bekkleiene erosjonssikres for å hindre initialskred som kan utløse bakovergripende skred. For skråninga øst for tomta er det foreslått utlegging av motfylling i foten av skråninga. Omfang av motfylling er skissert på tegning nr. -004\_Rev02.

### 9.3 Lokalstabilitet museumstomt

Skråninga nord for museumstomta er bratt med gjennomsnittlig terrenghelning ca. 1:1,6. Slike bratte skråninger ligger omtrent på rasvinkel og er stabilisert av et vekstdekke.

Stabilitetsberegningene viser at skråninga må slakes ned fra 1:1,6 til 1:2,5 og avlastes ned til kote +56 for å oppnå tilfredsstillende skråningsstabilitet.

### 9.4 Terrengtiltak

Omfang av terrengtiltak er skissert på tegning nr. -004. I tabell 9.1 under er det gitt et overslag volum for de forskjellige terrengtiltakene. Id nr. på tiltakene er vist på tegninga.

Tabell 9.1 Masseoversikt terrengtiltak

Id	Terrengtiltak	Stipulert volum [m <sup>3</sup> ]		Kommentar
		Avlastning	Motfylling	
2	Motfylling		12 000	Volum er vurdert ut i fra gjennomsnittlig fyllingsmektighet på 0,7 m.
3	Avlastning/nedslaking	25 000		Nedslaking og avlastning av skråning/rygg nord for museumstomta for å sikre tilfredsstillende lokalstabilitet for bygget.
4	Motfylling/heving av bekkeløp		10 000	Heving og erosjonssikring av bekkeløp for å bedre stabiliteten samt hindre initialskred forårsaket av erosjon. Volum er vurdert ut i fra gjennomsnittlig heving av bekkeløp med 1 m.

Det må utføres detaljprosjektering av terrengtiltakene og utarbeides kontrollplan for arbeidene.

## 9.5 Kritiske momenter

I områder med kvikkleire med liten overdekning kan selv mindre utglidninger og initialras ett eller annet sted i avsetninga utløse et større skred. Dette faremomentet må ha høy fokus fra entreprenørens side under anleggsarbeidene.

De største risikomomentene knyttet til utførelsen av arbeidene er:

- unøyaktig grave- og fyllingsarbeid
- utilsiktet mellomlagring av masser
- destabiliserende poretrykksoppbygning i grunnen

Alle stabilitetskritiske grunnarbeider må følges opp nøye med jevnlig kontroll og registreringer for å påse at forutsetninger i prosjekteringa blir fulgt.

Utbygging i områder med kvikkleire skal utføres på en slik måte at stabilitetsforholdene etter utbyggingen ikke forverres, men fortrinnsvis forbedres i forhold til dagens situasjon. Dette prinsippet gjelder også for anleggsperioden.

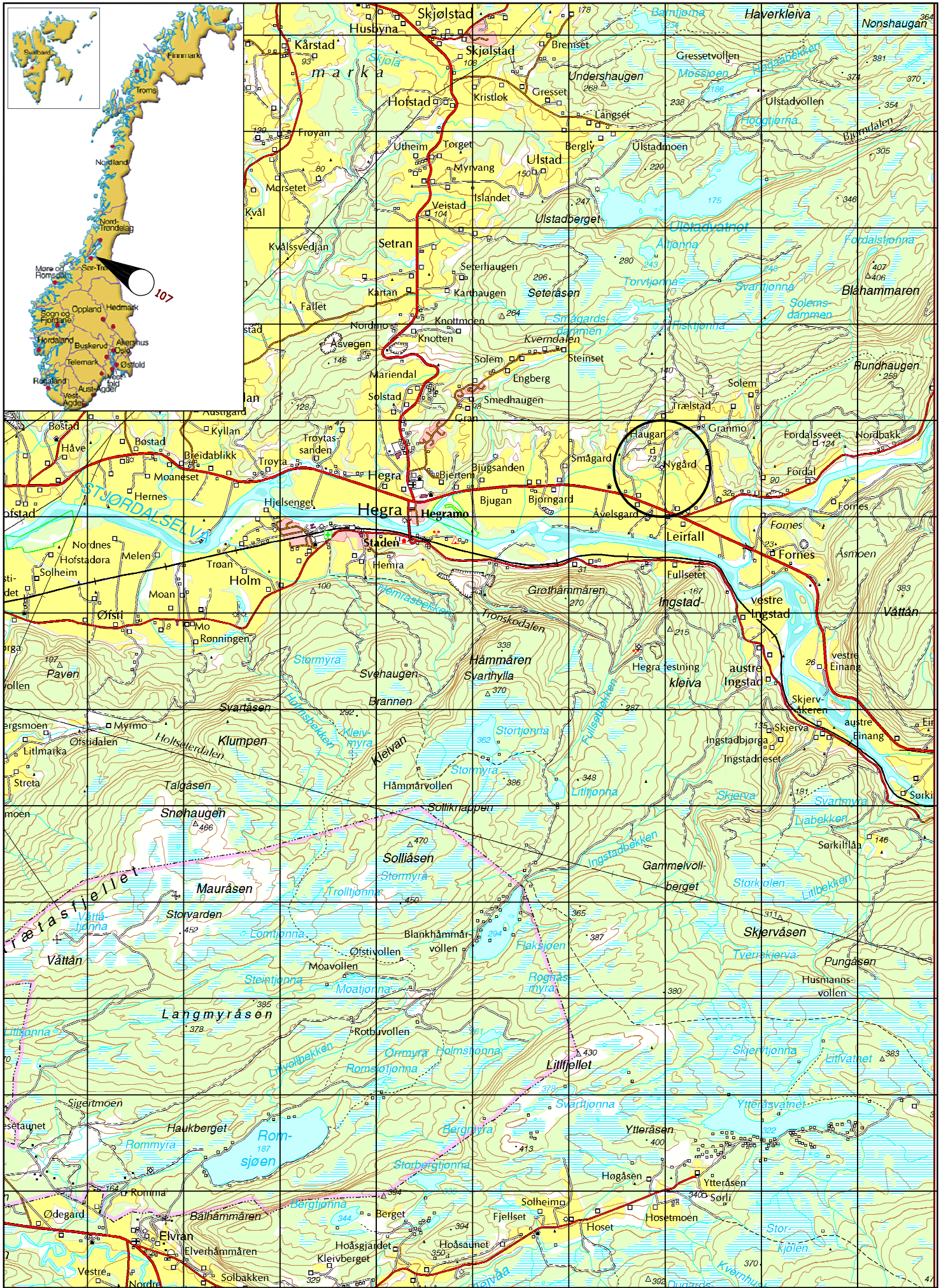
For å ivareta stabiliteten er det beskrevet tiltak som nedslaking og nedplanering av terrengrygger, utlegging av motfylling samt plastring og heving av bekkeløp. Som hovedregel skal stabiliseringstiltakene utføres før arbeider med selve museumsbygget starter opp.

## 10 Referanser

- [1] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), *Flaum- og skredfare i arealplanar*. Retningslinjer nr. 2-2011, rev 22. mai 2014.
- [2] NOTEBY AS (2001), rapport nr. 300751-1, *Helleristningsmuseum, Lerfald, Hegra*.
- [3] Norges Geotekniske Institutt (NGI) (1988) rapport nr. 82033-1. *Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred*, Rapporten omfatter kartbladet Stjørdal.
- [4] Norges Geotekniske Institutt (NGI) (2008) rapport nr. 20001008-2, rev. 3, *Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire*.
- [5] Multiconsult AS (2009), notat nr. 413839 RIG 01, *Foreløpig geoteknisk vurdering*.
- [6] Multiconsult AS (2009), notat nr. 413839 RIG 02, *Risiko for kvikkleireskred*.
- [7] Multiconsult AS (2009), notat nr. 413839 RIG 03, *Utbygging i kvikkleiresoner*.
- [8] Statens vegvesen (2010), Håndbok V220, *Geoteknikk i vegbygging*.
- [9] Norges Geologiske undersøkelse (NGU) (2012), rapport nr. 2012.040. *Utstrekning og utløpsdistanse for kvikkleireskred basert på katalog over skredhendelser i Norge*.
- [10] Naturfare, infrastruktur, flom og skred, NIFS (2014), *En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer*. NIFS-rapport nr. 14/2014. Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire
- [11] Multiconsult AS (2014), rapport nr. 413839-RIG-RAP-001. *Bergkunstmuséet Hegra. Datarapport grunnundersøkelser*.

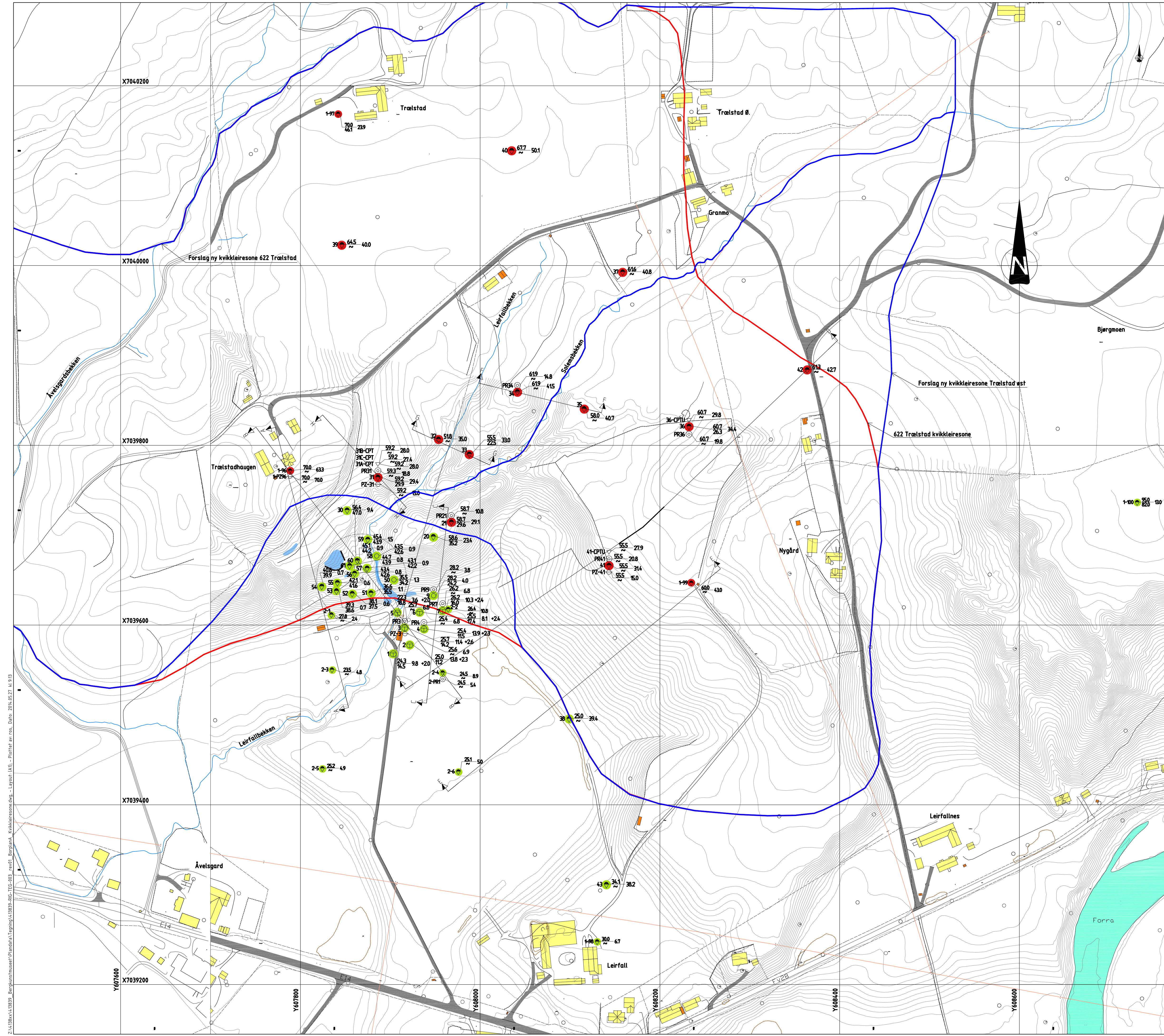
- [12] Karlsrud, K. (2003). *Tolkning og fastlegging av jordparametere. Karakteristisk jordprofil*. NGF-kurs. Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger, innlegg 4.1. 20-22. mai 2003, Hell.
- [13] Lunne, T., Berre, T. & Strandvik, S. (1996) *Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay*, Canadian Geotechnical Journal Volume 43, page 726–750. Også publisert i NGI publikasjon nr. 204.
- [14] Karlsrud, K. et al. (2005). *CPTU correlations for clays*. Proceedings, ICSMGE, Osaka s 693 -702.
- [15] Karlsrud K. Lunne T. & Brattlien K. (1996) *Improved CPTU correlations based on block samples*. Proceedings, NGM 1996, Reykjavik
- [16] Standard Norge (2002). *Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner*. NS-EN 1990-1:2002 + NA:2008
- [17] Standard Norge (2004). *Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler*. NS-EN 1997-1:2004 + NA:2008
- [18] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Veileder nr. 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred», vedlegg nr. 1 til retningslinjer nr. 2-2011 rev 22.mai 2014, april 2014.

Z:\4.138xx\4.13839\_Bergkunstmuseet\Plandata\Tegning\4.13839-RIG-TEG-000\_rev.dwg - Layout: (A4 Stående skjema) - Plottet av: anks, Dato: 2014.02.13 kl 13:59



 www.multiconsult.no	Bergkunstmuseet, Hegra Oversiktskart	Status: Utsendt Konstr./Tegnet: anks Oppdragsnr: 413839	Fag: Geoteknikk Kontrollert: ros Tegningsnr.: RIG-TEG-000	Original format: A4 Godkjent: arv Dato: 13.02.2014 Målestokk: 1:50000 Rev.: 00
-------------------------	---	---	---	--





- FORKLARING:**
- TEGNFORKLARING:**
- DREIESONDERING
  - ⊙ PRØVESERIE
  - ⊖ PORETRYKTMÅLING
  - ENKEL SONDERING
  - PRØVEGROP
  - ⊕ KJERNEBORING
  - ▼ RAMSONDERING
  - ⊖ DREITRYKSONDERING
  - ⊕ FJELLKONTROLLBORING
  - ▽ TRYKKSONDERING
  - ⊗ SKRUPLATEFORSØK
  - ⊕ BERG I DAGEN
  - ⊕ TOTALSONDERING
  - + VINGEBORING
- KARTGRUNNLAG: Digitalt kart UTM Zone 32V N 2000  
 KOORDINATSYSTEM: HØYDEREFERANSE: GPS GLONAS CPDS  
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: 22093, 22555, 22673, 25194  
 BORROR NR: LAB.BOK NR:
- TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE  
 EKSEMPEL BP 1 Ⓢ 430 282  
 14,8 +24 — BORET DYBDE • BORET I BERG  
 \*ANTATT BERGKOTE

- Avgrensning 662 Trælstad kvikkleiresone
- Bart fjell
- Forslag ny avgrensning 662 Trælstad kvikkleiresone
- Forslag ny avgrensning Trælstad øst kvikkleiresone

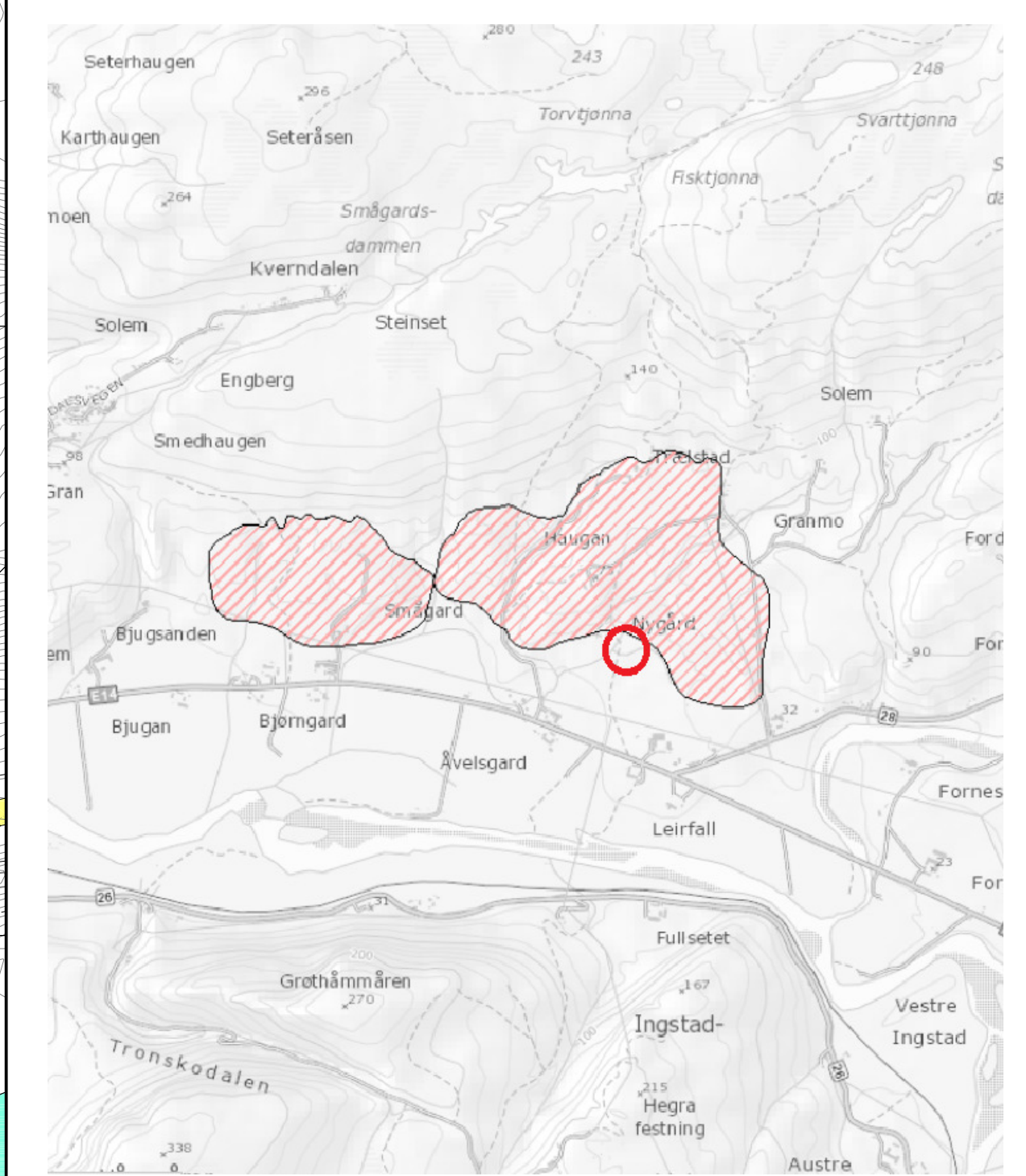
**HENVISNINGER:**

- TIDLIGERE BORINGER:**  
 Tidligere boringer er opplyst fra scannet kopi og kan ha noe avvik. Tidligere boringer er angitt med indikerer foran boringsnr.
- 1-X BORINGER FRA NGI RAPPORT NR. 82033-1 TRÆLSTAD (1987)
  - 2-X BORINGER FRA NOTBY RAPPORT NR. 300571-1 (2001)

**KLASSIFISERING AV BORPUNKT:**

- PÅVIST KVIKKEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
- MULIG KVIKKEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
- IKKE PÅVIST KVIKKEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE

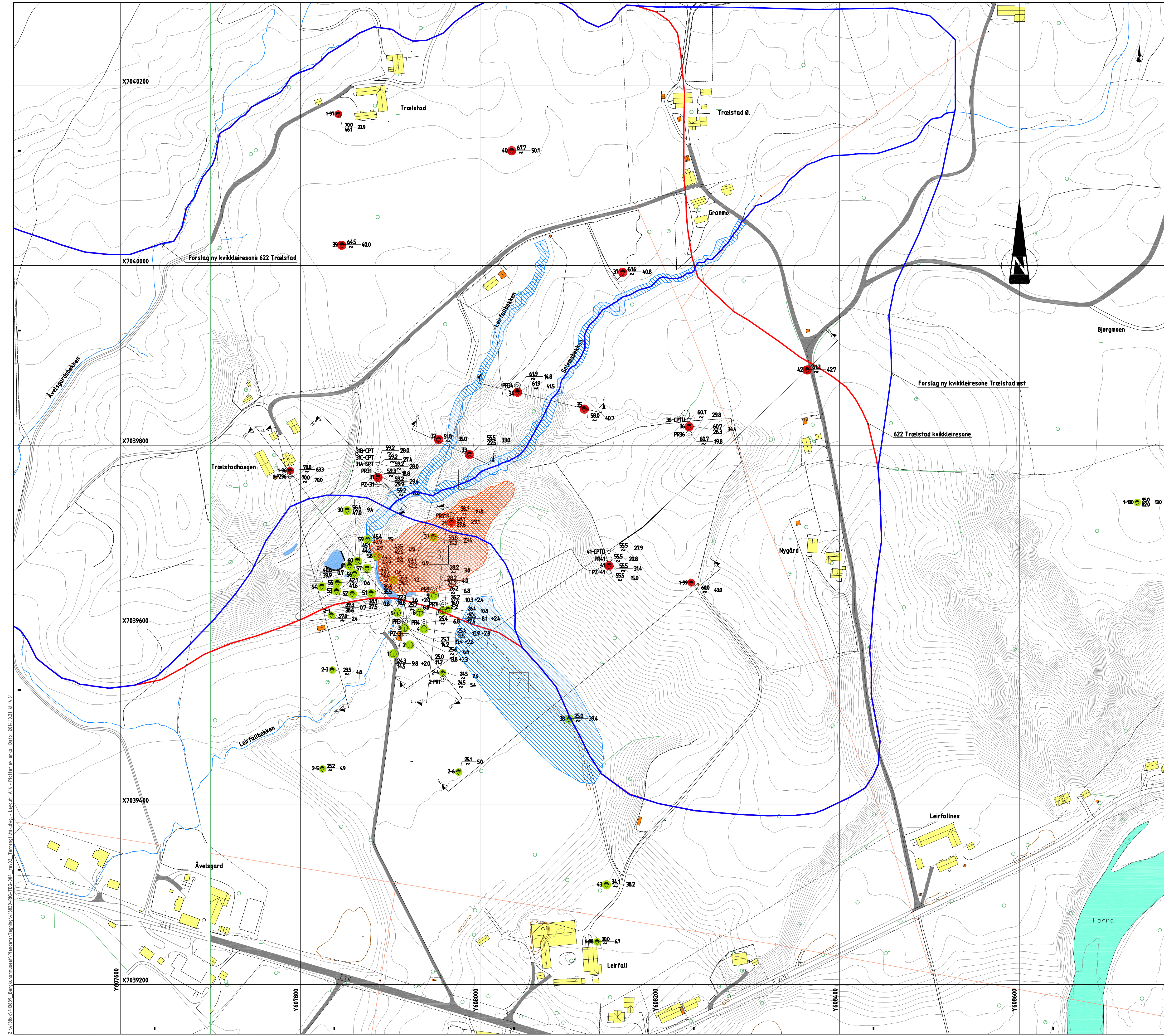
**Kartutsnitt kvikkleiresone:**



01 Kvikkleiresone Trælstad oppdelt i to soner. Soneavgrensning justert øst for museumsfonta	27.05.2014	ANKS	HAN	ÅRV	
Rev. Beskrivelse	Date	Tegn.	Kontr.	Form.	Code
<b>Stjørdal kommune</b> <b>Bergkunstmuseet, Hegra</b>				Geoteknikk	A1
<b>Borplan med klassifisering av boringer</b> <b>Forslag til ny avgrensning kvikkleiresone</b>	Date			02.04.2014	
	Format/Målestokk			1:2000	
<b>Multiconsult</b>	Status	Konstr./Tegnet	Kontr./ros	Godkjent	ÅRV
www.multiconsult.no	Oppdragsnr.	Tegningnr.	43839	RIG-TEG-003	01

Z:\43839\13939\_Bergkunstmuseet\Planer\1\Tegning\13939\_Berg.kvg; Teg. 02; Rev. 01; Bergkunstmuseet\Planer\1\Tegning\13939\_Berg.kvg; Teg. 02; Rev. 01; Bergkunstmuseet\Planer\1\Tegning\13939\_Berg.kvg; Teg. 02; Rev. 01; 2014.05.27 kl. 0:13





- FORKLARING:**
- TEGNFORKLARING:**
- DREIESONDERING
  - ⊙ PRØVESERIE
  - ⊕ PORETRYKKMÅLING
  - ENKEL SONDERING
  - PRØVEGROP
  - ⊗ KJERNEBORING
  - ▼ RAMSONDERING
  - ⊕ DREI TRYKSONDERING
  - ⊗ FJELLKONTROLLBORING
  - ▽ TRYKSONDERING
  - ⊗ SKRUPLATEFORSØK
  - ⊗ BERG I DAGEN
  - ⊕ TOTALSONDERING
  - + VINGEBORING
- KARTGRUNNLAG: Digitalt kart UTM Zone 31V NK 2000  
 KØRDNATSISTEM: UTM  
 HØYDEREFERANSE: GPS GLONASS CPDS  
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: 22693, 22555, 22673, 25194  
 BORRER NR: LAB.BOK NR:
- TERRENGKOTE/SJUBUNKOTE  
 EKSEMPEL: BP 1  $\begin{matrix} 430 \\ 282 \end{matrix}$  14.8 +2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG  
 \*ANTATT BERGKOTE

- Avgrensning 662 Trælstad kvikkleiresone
- Bart fjell
- Forslag ny avgrensning 662 Trælstad kvikkleiresone
- Forslag ny kvikkleiresone Trælstad øst

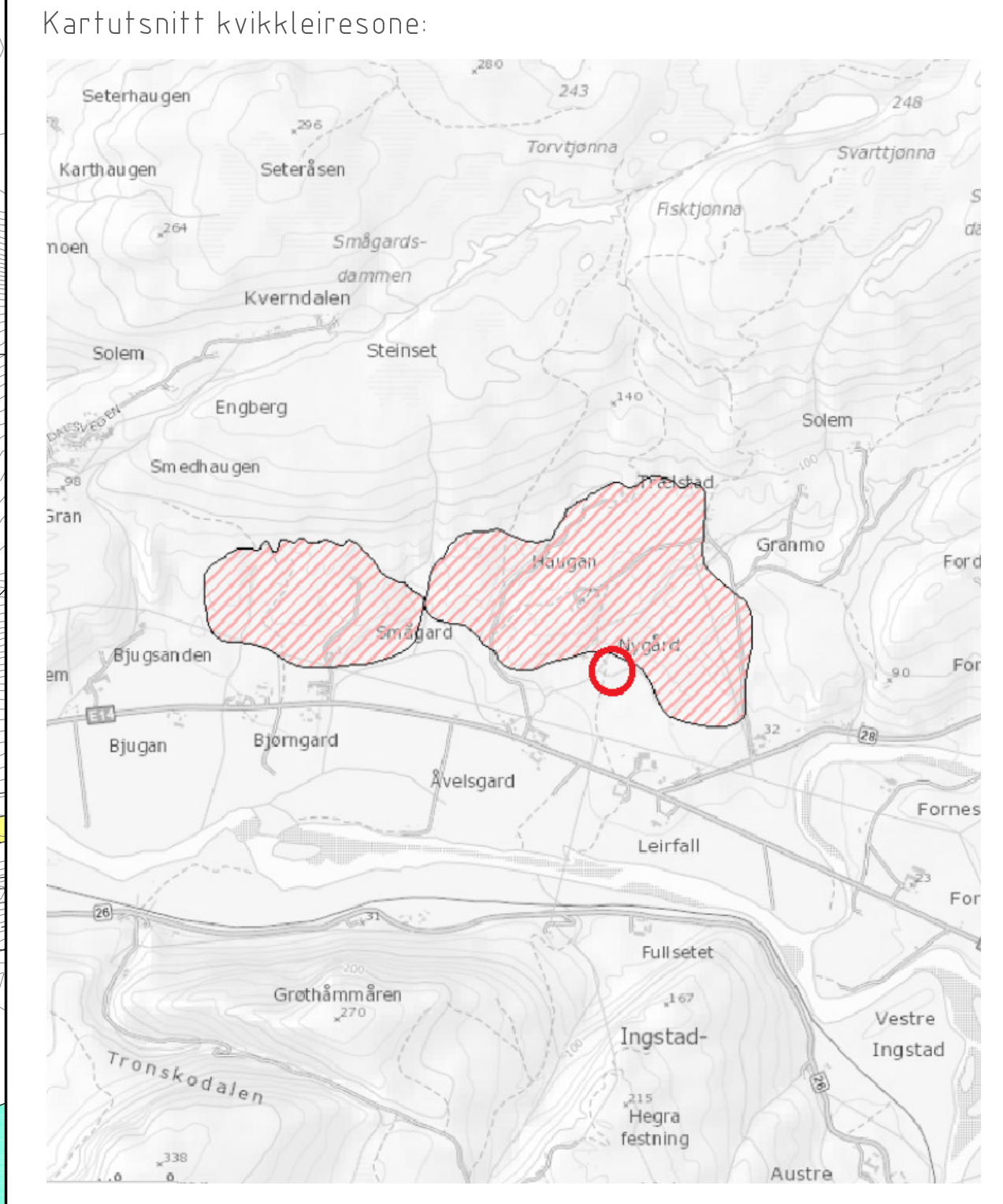
**HENVISNINGER:**

**TIDLIGERE BORINGER:**  
 Tidligere boringer er opplyst fra scannet kopi og kan ha noe avvik. Tidligere boringer er angitt med indekser foran boringsnr.

1-X BORINGER FRA NGI RAPPORT NR. 82033-1 TRÆLSTAD (1987)  
 2-X BORINGER FRA NOTEBY RAPPORT NR. 30571-1 (2001)

- KLASSIFISERING AV BORPUNKT:**
- PÅVIST KVIKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
  - MULIG KVIKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
  - IKKE PÅVIST KVIKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE

- TERRENGTILTAK:**
- TERRENGAVLASTNING
  - MOTFYLLING OG HEVING/EROSJONSSIKRING AV BEKKELOP

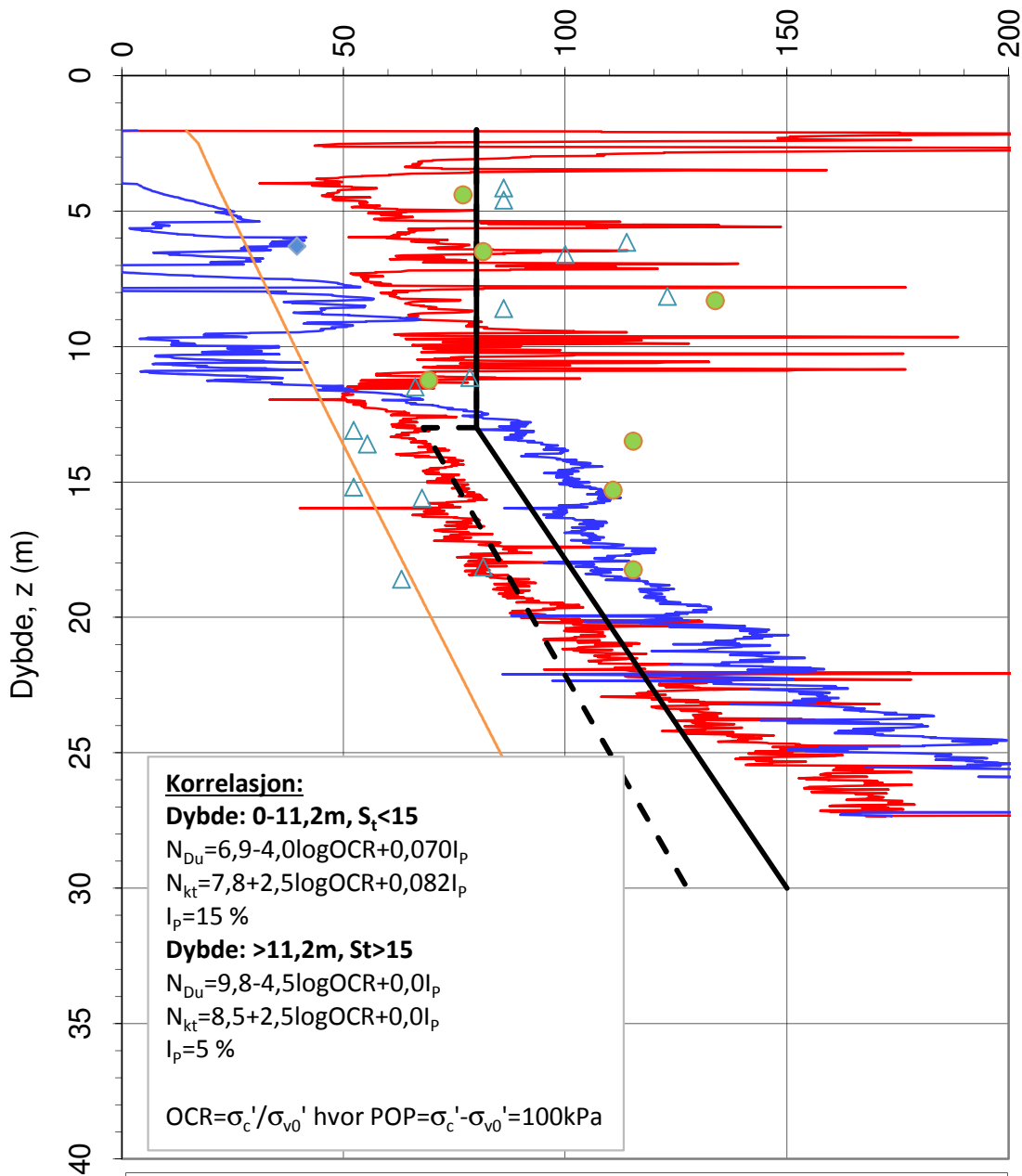


02	Revisjon etter NVEs vellder 7/2014	31.10.2014	anks	ros	arv
01	Kvikkleiresone Trælstad del opp i to soner. Sonavgrensning justert øst for museumstoma	27.05.2014	ANKS	HAN	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godk.
			Fas	Førnat	
<b>Stjørdal kommune</b> Bergkunstmuseet, Hegra			Geoteknikk A1 Dato 31.10.2014		
Situasjonsplan Terrengtittak			Format/Målestokk: 1:2000		
<b>Multiconsult</b> <small>www.multiconsult.no</small>		Status Utseend Oppdragsnr.	Konstr./Tegnet ros	Kontrollert han	Godkjent arv
		413839	RIG-TEG-004		02

Z:\4\Bok\13839\_Bergkunstmuseet\Plan\01\Tegning\13839\_RIG-TEG-004\_Rev02\_Terrengtittak.dwg - Layout (A1) - Plot14 av ark. Dato: 2014.10.31 kl. 14:51



Udrenert skjærfasthet,  $s_{uA}$  (kN/m<sup>2</sup>)



- suA,  $N_{kt} = f(S_t, OCR, I_p)$
- su,  $N_C, a(p_o' + a)$
- sue, enaks
- suA, designlinje
- suA,  $N_{Du} = f(S_t, OCR, I_p)$
- △ suk, konus
- ◆ sutc, treaks
- - - suA, designlinje - 15%

Sensitivitetsvalg:

**St < 15**

$\alpha_c$  valgt:

**0.3**

$N_{kt} = (7.8 + 2.5 \log OCR + 0.082 I_p)$   
 $N_{Du} = (6.9 - 4 \log OCR + 0.07 I_p)$   
 $N_{ke} = (11.5 - 9.05 B_q)$

Oppdragsgiver:

**Stjørdal kommune**

Oppdrag:

**Bergkunstmuseet, Hegra**

Tegningens filnavn:

413839-CPTU BP.31C

Aktiv udrenert skjærfasthet  $s_{uA}$ , korrelert mot  $S_t$ , OCR og  $I_p$ .

**Multiconsult**

CPTU id.:

BP. 31C

Sonde:

4672

**MULTICONSULT AS**

Dato:

19.05.2014

Tegnet:

anks

Kontrollert:

ros

Godkjent:

arv

Oppdrag nr.:

413839

Tegning nr.:

RIG-TEG-042.6

Versjon:

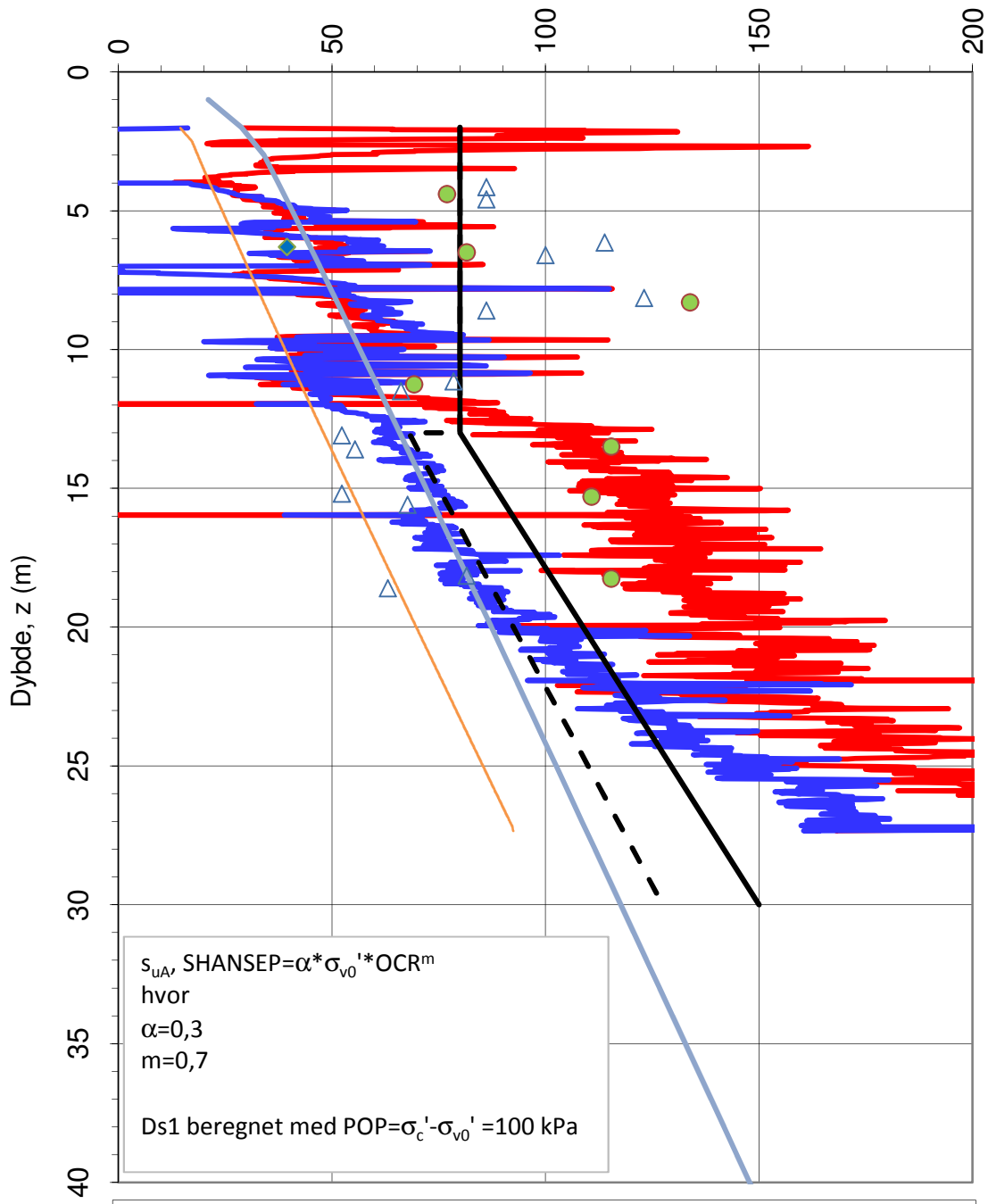
28.11.2013

Revisjon:

01



Udrenert skjærfasthet,  $s_{uA}$  (kN/m<sup>2</sup>)



$s_{uA}, \text{SHANSEP} = \alpha \cdot \sigma_{v0}' \cdot \text{OCR}^m$   
 hvor  
 $\alpha = 0,3$   
 $m = 0,7$   
 Ds1 beregnet med  $\text{POP} = \sigma_c' - \sigma_{v0}' = 100 \text{ kPa}$

- $s_{uA}, N_{kt} = f(B_q)$
- $s_{uA}, N_{du} = f(B_q)$
- △  $s_{uk}, \text{konus}$
- ◆  $s_{utc}, \text{treaks}$
- - -  $s_{uA}, \text{designlinje} - 15\%$
- $s_{ue}, \text{enaks}$
- $s_{uA}, \text{designlinje}$

$N_{kt}$ : (18,7-12,5 $B_q$ )

$\alpha_c$  valgt: **0.3**

$N_{du}$ : (1,8+7,25 $B_q$ )

Referansemetode: Karlsrud et al. (1996)

Oppdragsgiver:

**Stjørdal kommune**

Oppdrag:

**Bergkunstmuseet, Hegra**

Tegningens filnavn:

413839-CPTU BP.31C

Aktiv udrenert skjærfasthet  $s_{uA}$ , verdier fra SHANSEP-analyse.

**Multiconsult**

CPTU id.:

BP. 31C

Sonde:

4672

**MULTICONSULT AS**

Dato:

19.05.2014

Tegnet:

anks

Kontrollert:

ros

Godkjent:

arv

Oppdrag nr.:

413839

Tegning nr.:

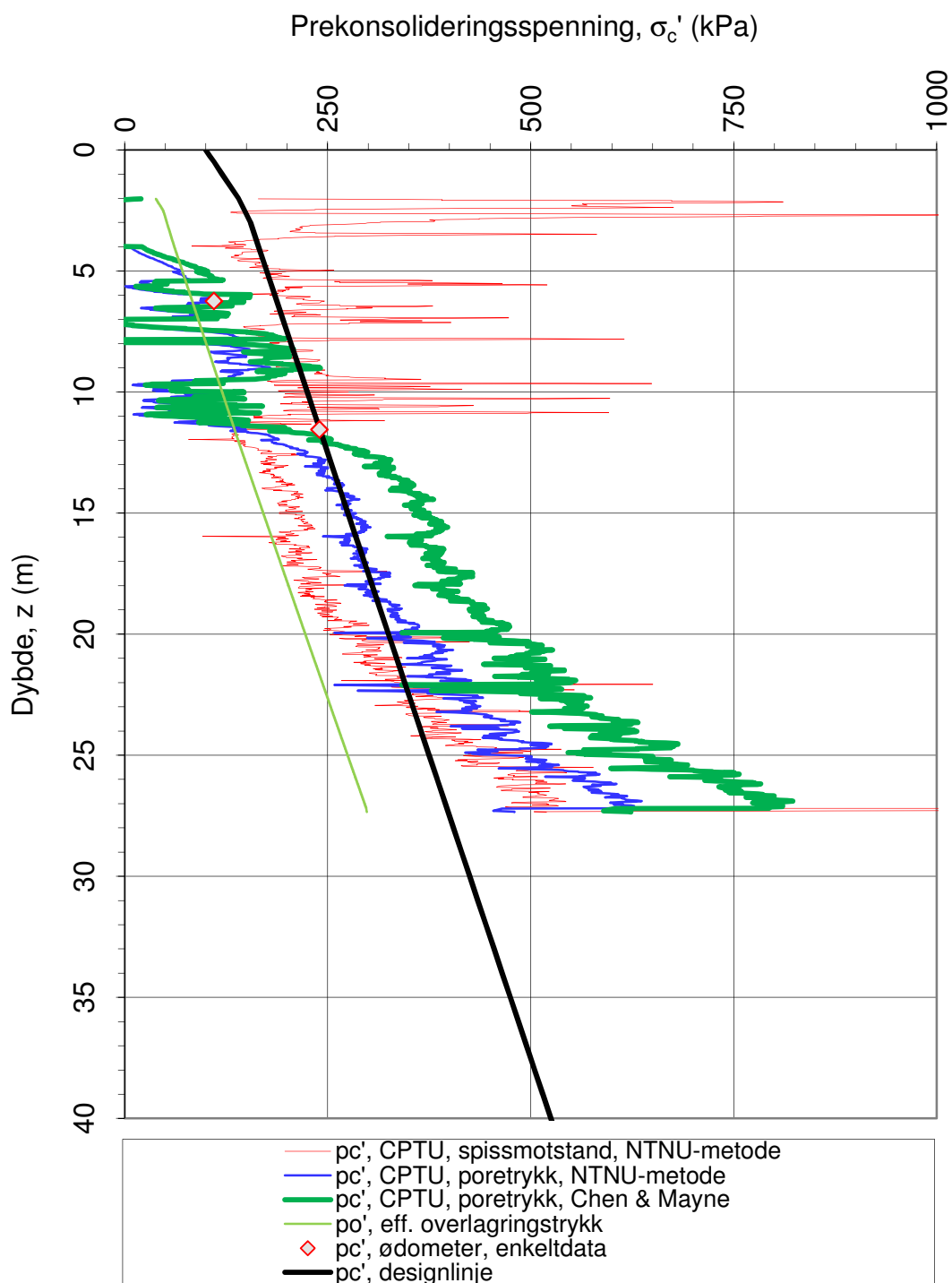
RIG-TEG-042.7

Versjon:

28.11.2013

Revisjon:

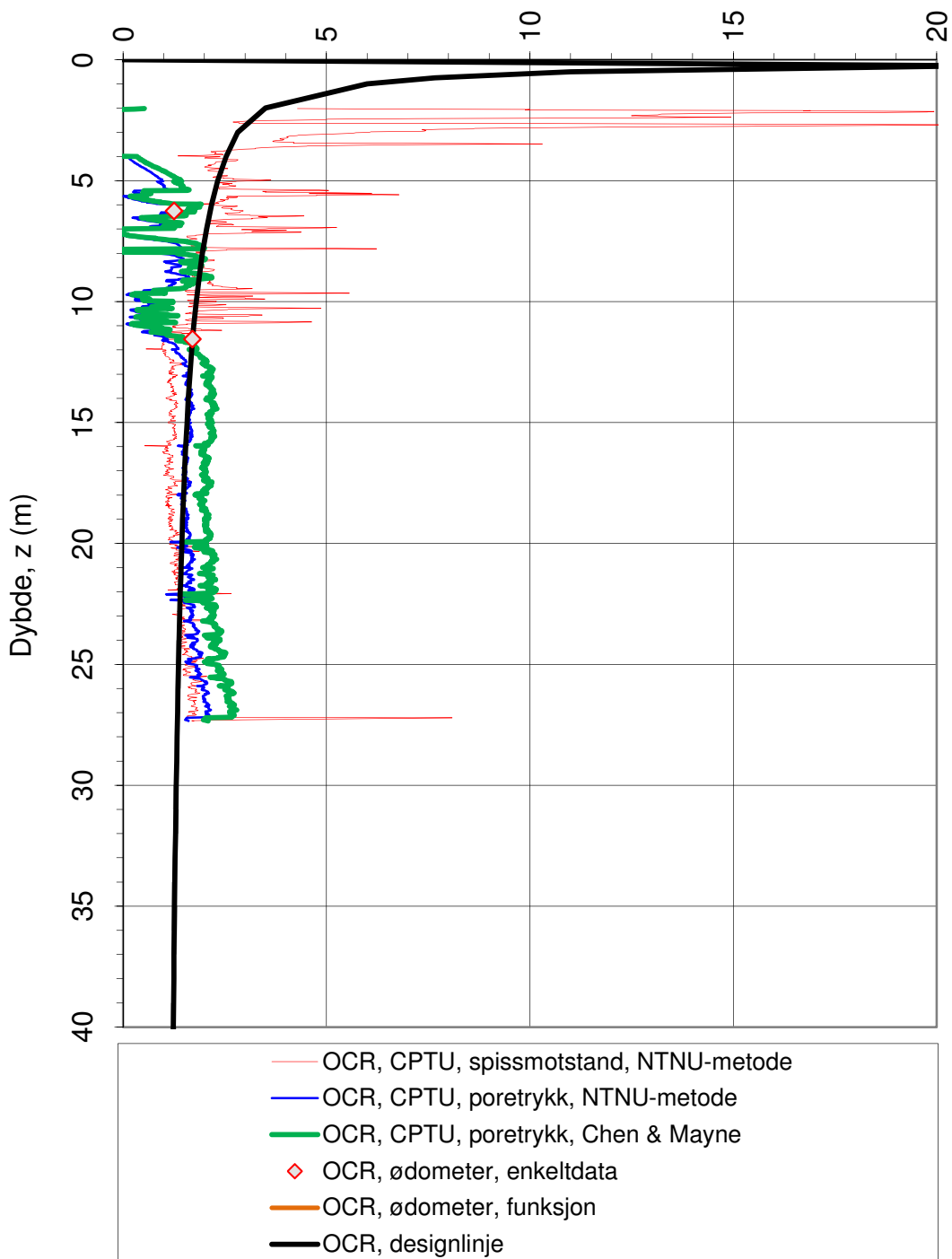
01



Referansemetoder 1 og 2: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989)  
Referansemetode 3: Chen & Mayne (1996)

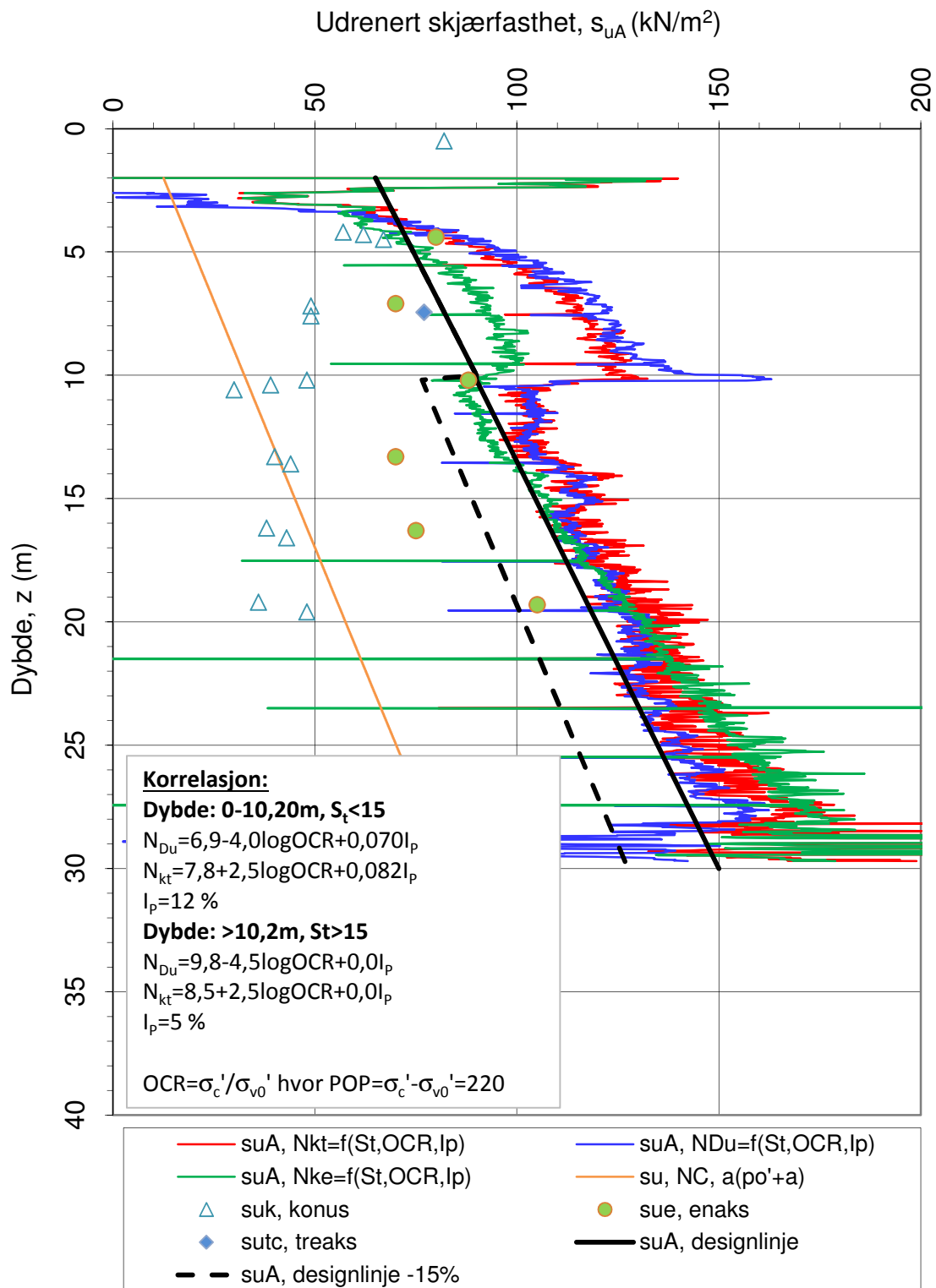
Oppdragsgiver: <b>Stjørdal kommune</b>		Oppdrag: <b>Bergkunstmuseet, Hegra</b>		Tegningens filnavn: 413839-CPTU BP.31C
Prekonsolideringsspenning $\sigma_c'$ .				<b>Multiconsult</b>
CPTU id.:	BP. 31C	Sonde:	4672	
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 01.04.2014	Tegnet: anks	Kontrollert: ros	Godkjent: arv
	Oppdrag nr.: 413839	Tegning nr.: RIG-TEG-042.8	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 0

Prekonsolideringsforhold,  $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$  (-)



Referansemetoder 1 og 2: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989)  
 Referansemetode 3: Chen & Mayne (1996)

Oppdragsgiver: <b>Stjørdal kommune</b>		Oppdrag: <b>Bergkunstmuseet, Hegra</b>		Tegningens filnavn: 413839-CPTU BP.31C
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$ :				<b>Multiconsult</b>
CPTU id.:	BP. 31C	Sonde:	4672	
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 01.04.2014	Tegnet: anks	Kontrollert: ros	Godkjent: arv
	Oppdrag nr.: 413839	Tegning nr.: RIG-TEG-042.9	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 0



Sensitivetsvalg:

**St < 15**

$\alpha_c$  valgt:

**0.25**

$$N_{kt} = (7.8 + 2.5 \log OCR + 0.082 I_p)$$

$$N_{Du} = (6.9 - 4 \log OCR + 0.07 I_p)$$

$$N_{ke} = (11.5 - 9.05 B_q)$$

Oppdragsgiver:

**Stjørdal kommune**

Oppdrag:

**Bergkunstmuséet, Hegra**

Tegningens filnavn:

CPTU\_BP.36.xlsx

Aktiv udrenert skjærfasthet  $s_{uA}$ , korrelert mot  $S_t$ , OCR og  $I_p$ .

**Multiconsult**

CPTU id.:

BP. 36

Sonde:

4446

**MULTICONSULT AS**

Dato:

01.04.2014

Tegnet:

anks

Kontrollert:

ros

Godkjent:

arv

Oppdrag nr.:

413839

Tegning nr.:

RIG-TEG-043.6

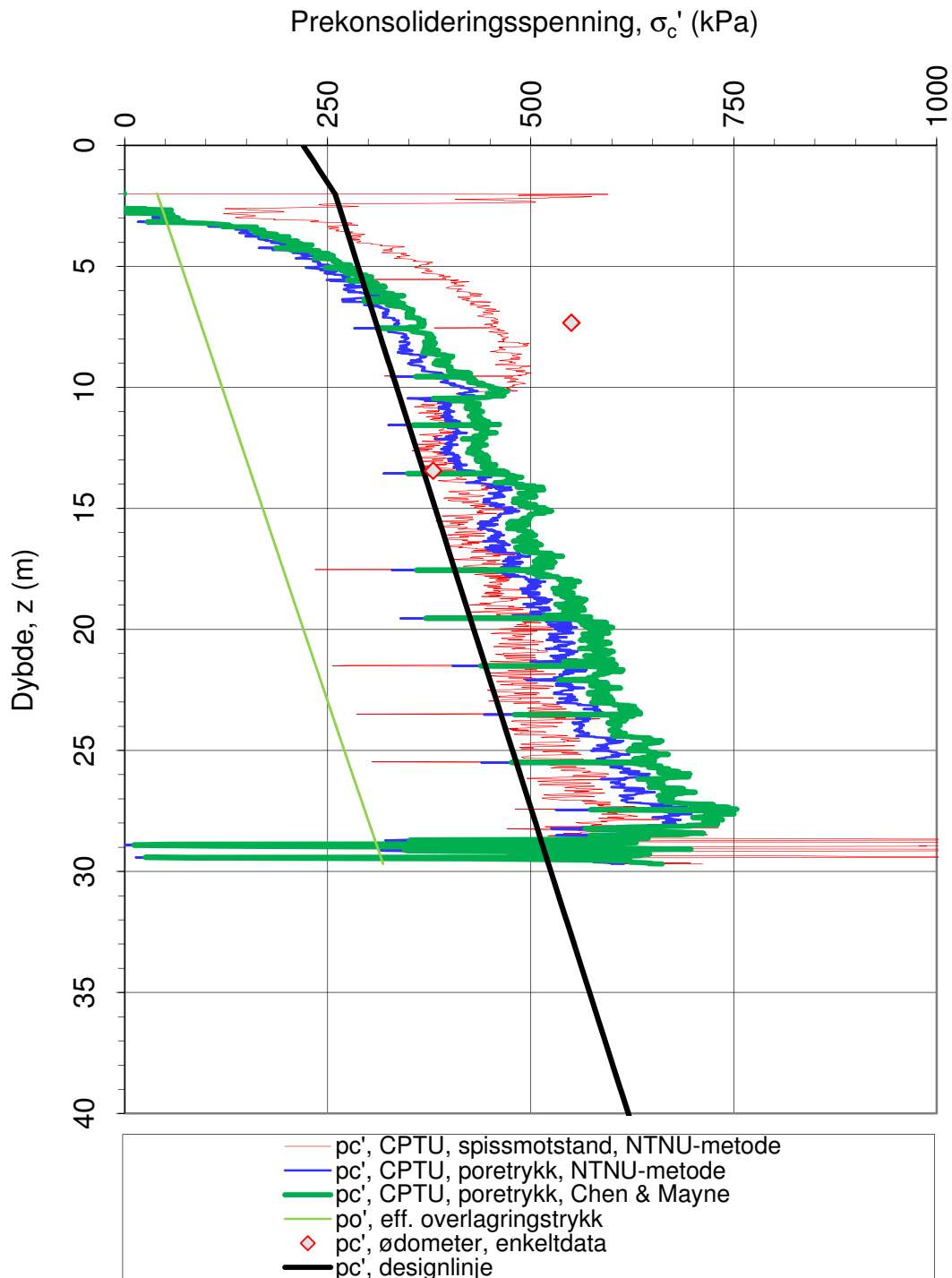
Versjon:

28.11.2013

Revisjon:

0

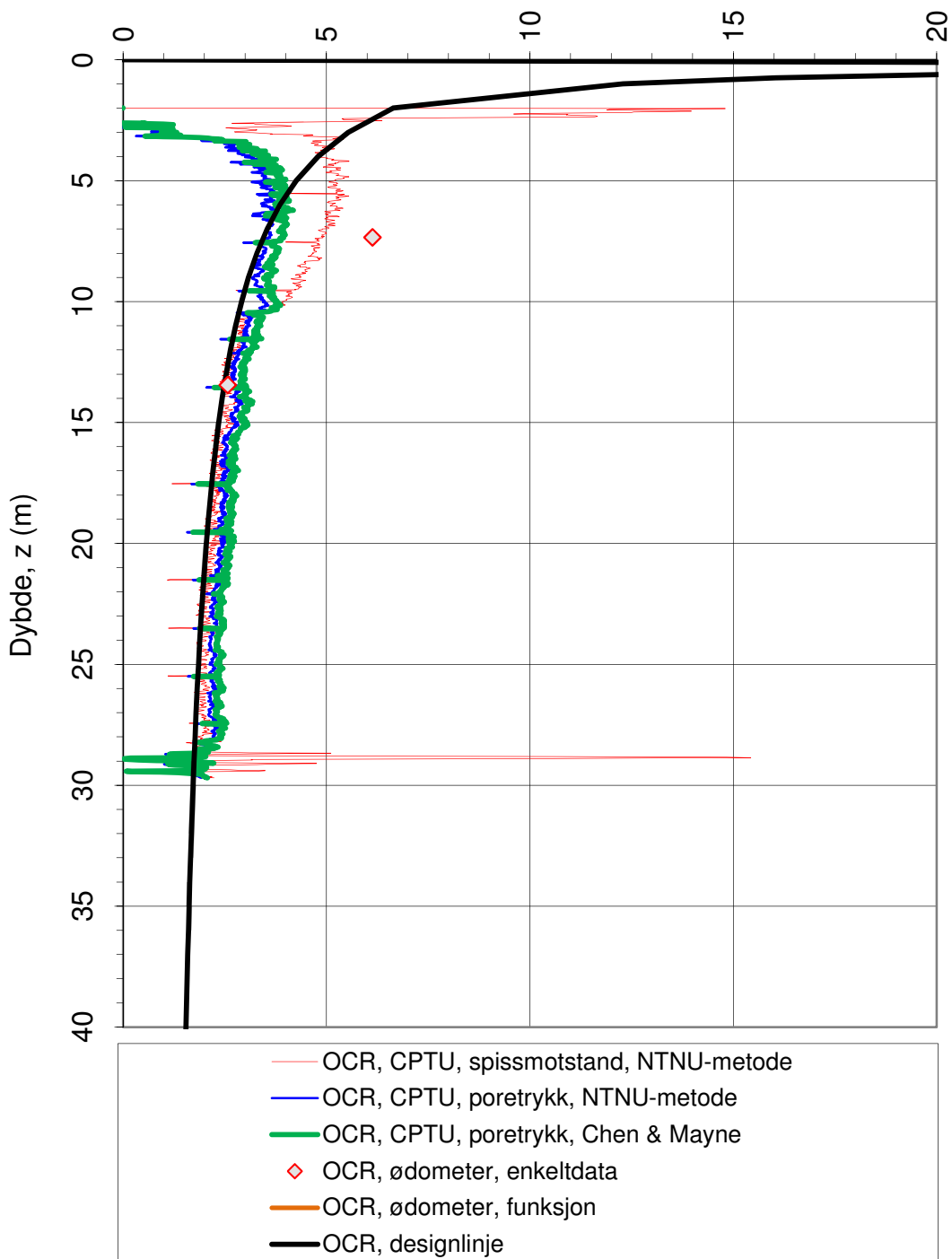




Referansemetoder 1 og 2: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989)  
Referansemetode 3: Chen & Mayne (1996)

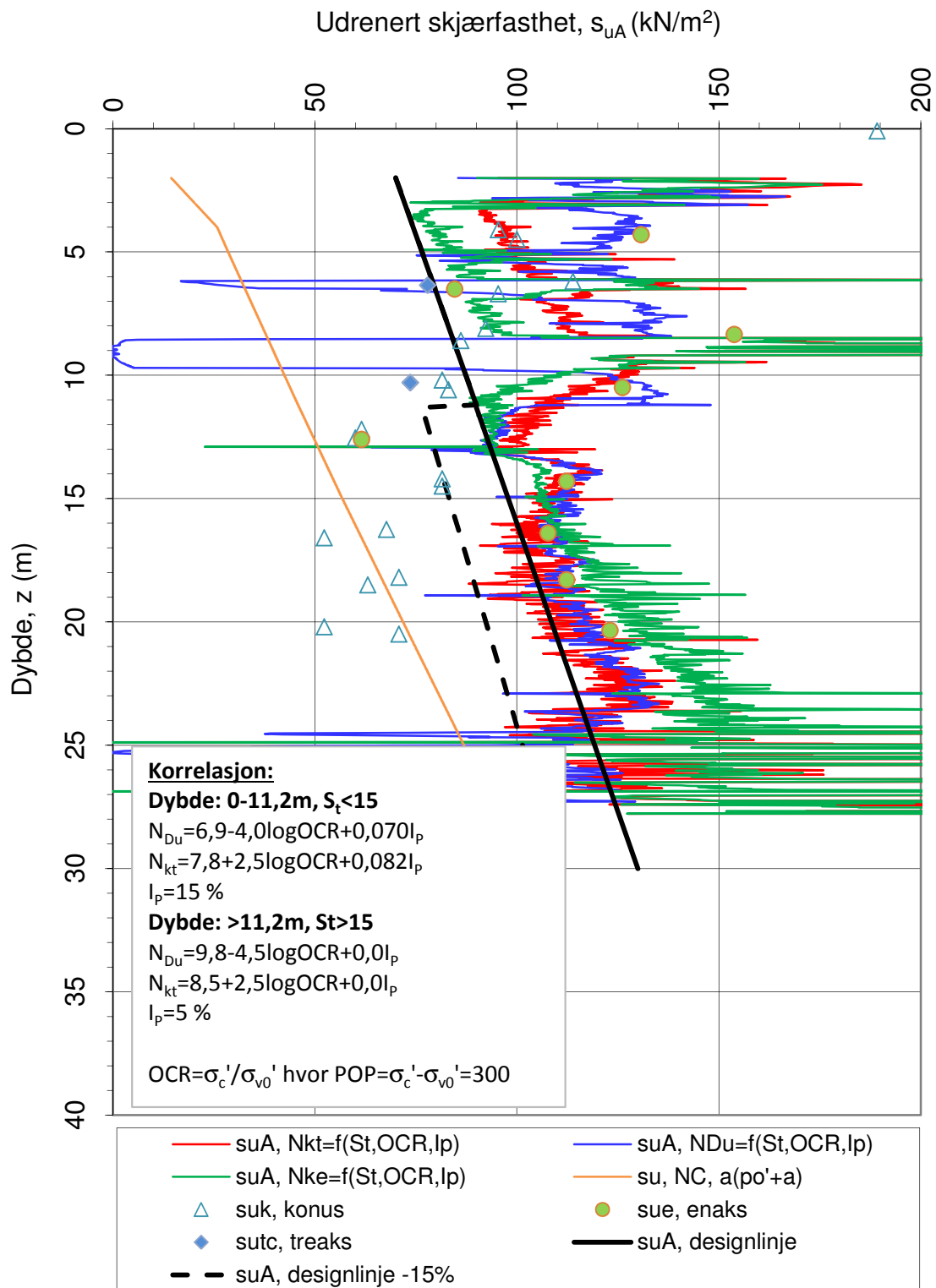
Oppdragsgiver: <b>Stjørdal kommune</b>		Oppdrag: <b>Bergkunstmuséet, Hegra</b>		Tegningens filnavn: CPTU_BP.36.xlsx
Prekonsolideringsspenning $\sigma_c'$ .				<b>Multiconsult</b>
CPTU id.:	BP. 36	Sonde:	4446	
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 01.04.2014	Tegnet: anks	Kontrollert: ros	Godkjent: arv
	Oppdrag nr.: 413839	Tegning nr.: RIG-TEG-043.8	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 0

Prekonsolideringsforhold,  $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$  (-)



Referansemetoder 1 og 2: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989)  
 Referansemetode 3: Chen & Mayne (1996)

Oppdragsgiver: <b>Stjørdal kommune</b>		Oppdrag: <b>Bergkunstmuséet, Hegra</b>		Tegningens filnavn: CPTU_BP.36.xlsx
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$ :				<b>Multiconsult</b>
CPTU id.:	BP. 36	Sonde:	4446	
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 01.04.2014	Tegnet: anks	Kontrollert: ros	Godkjent: arv
	Oppdrag nr.: 413839	Tegning nr.: RIG-TEG-043.9	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 0



Sensitivetsvalg:

**St < 15**

$\alpha_c$  valgt:

**0.3**

$$N_{kt} = (7.8 + 2.5 \log OCR + 0.082 I_p)$$

$$N_{Du} = (6.9 - 4 \log OCR + 0.07 I_p)$$

$$N_{ke} = (11.5 - 9.05 B_q)$$

Oppdragsgiver:

**Stjørdal kommune**

Oppdrag:

**Bergkunstmuséet**

Tegningens filnavn:

CPTU\_BP.41.xlsx

Aktiv udrenert skjærfasthet  $s_{uA}$ , korrelert mot  $S_t$ , OCR og  $I_p$ .

**Multiconsult**

CPTU id.:

BP. 41

Sonde:

4446

**MULTICONSULT AS**

Dato:

01.04.2014

Tegnet:

anks

Kontrollert:

ros

Godkjent:

arv

Oppdrag nr.:

413839

Tegning nr.:

RIG-TEG-044.6

Versjon:

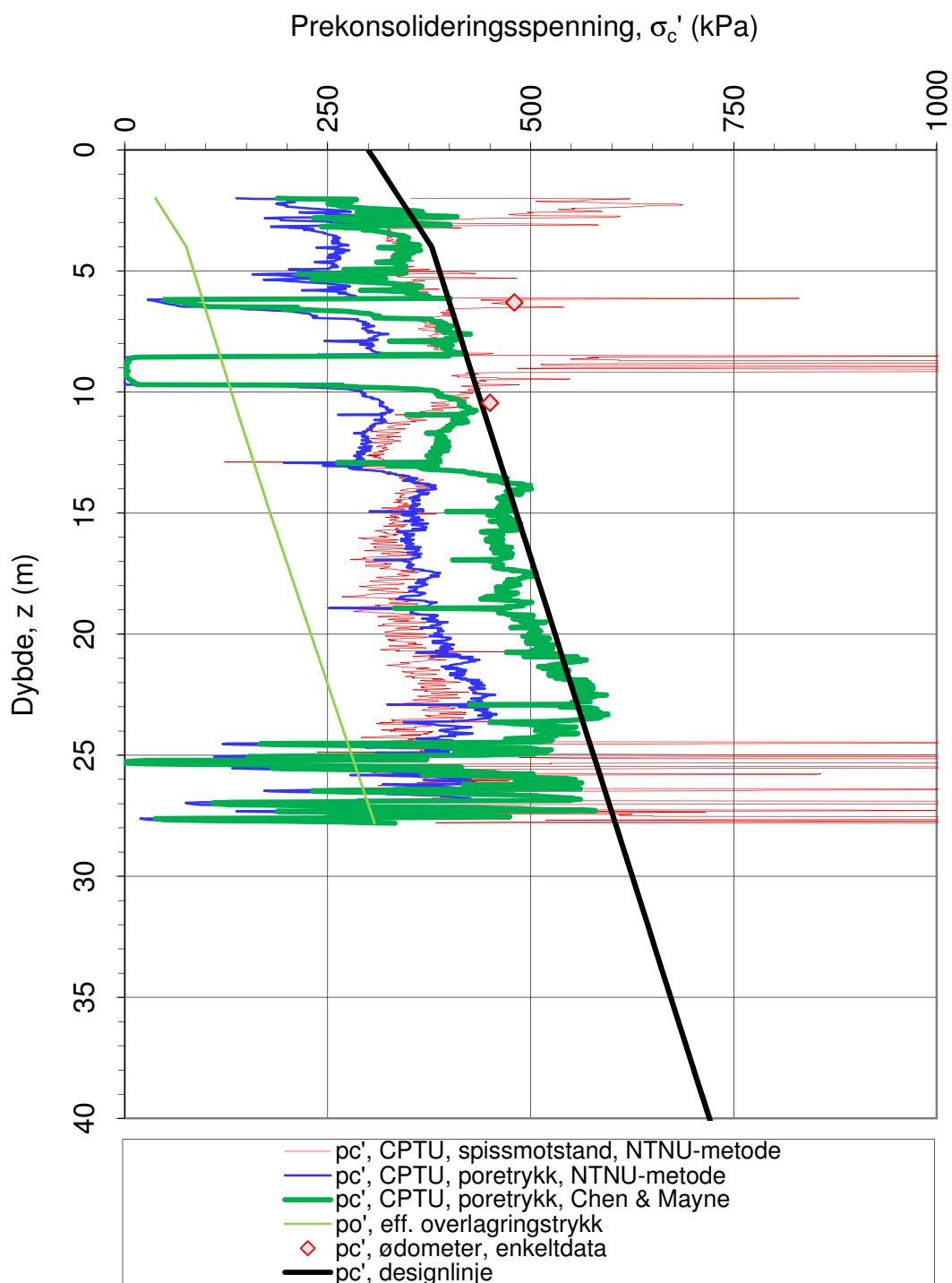
28.11.2013

Revisjon:

0



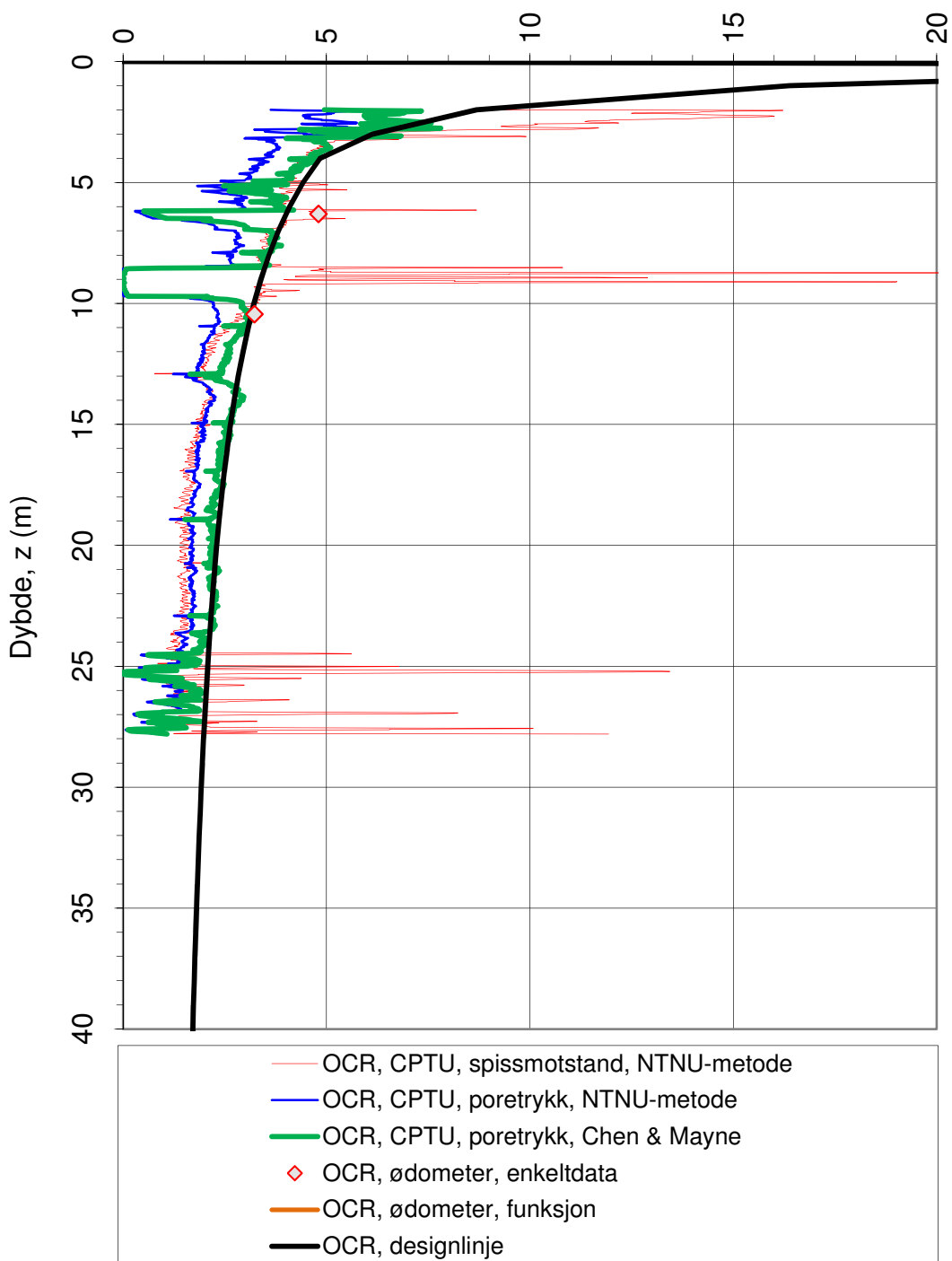




Referansemetoder 1 og 2: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989)  
Referansemetode 3: Chen & Mayne (1996)

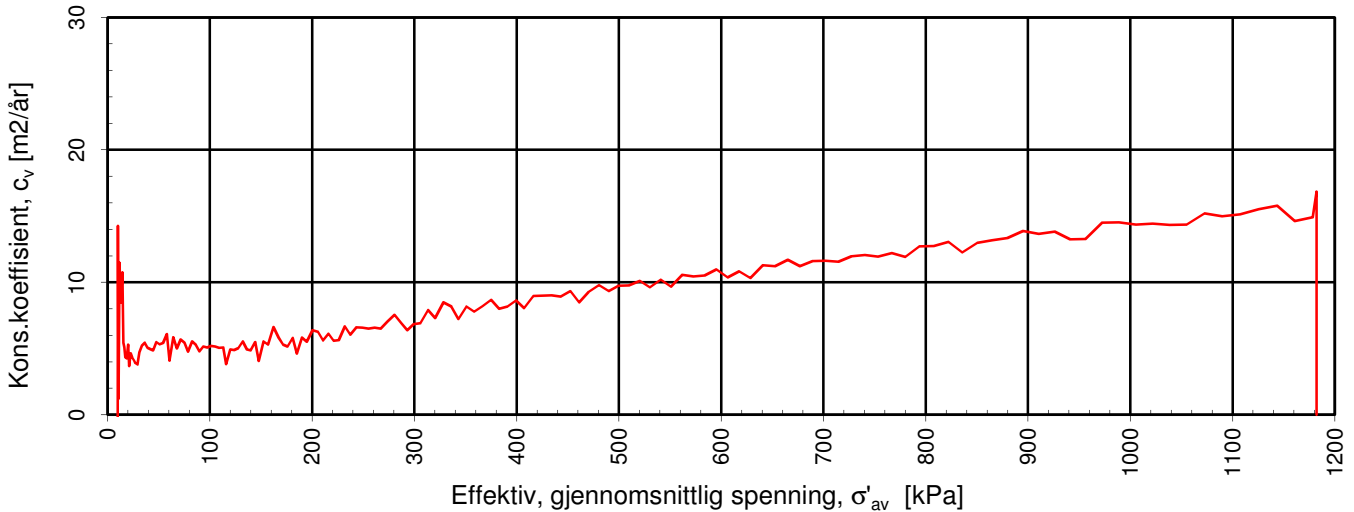
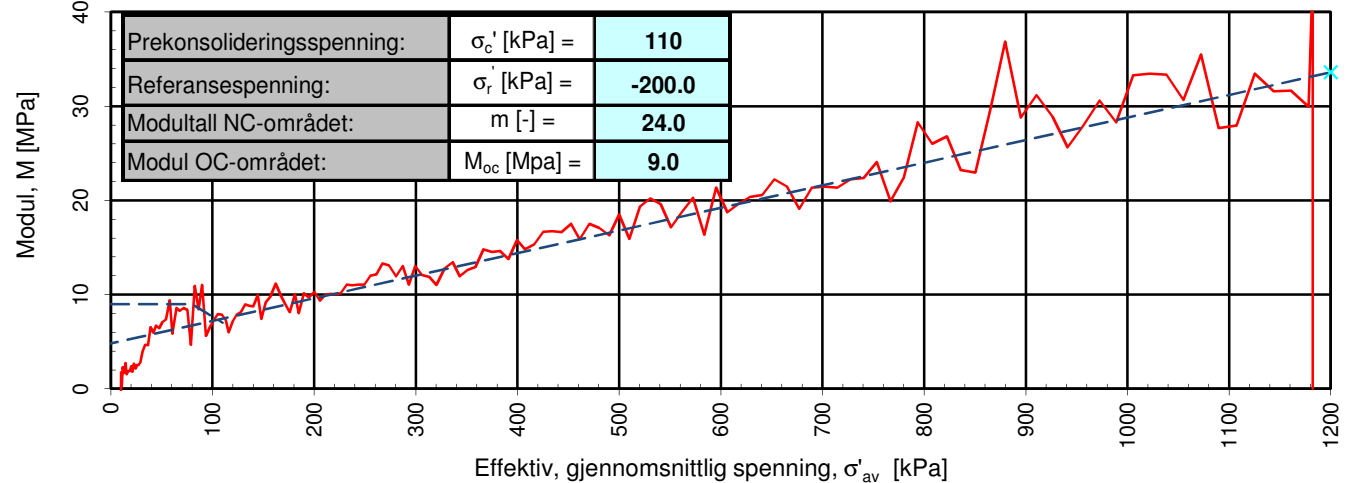
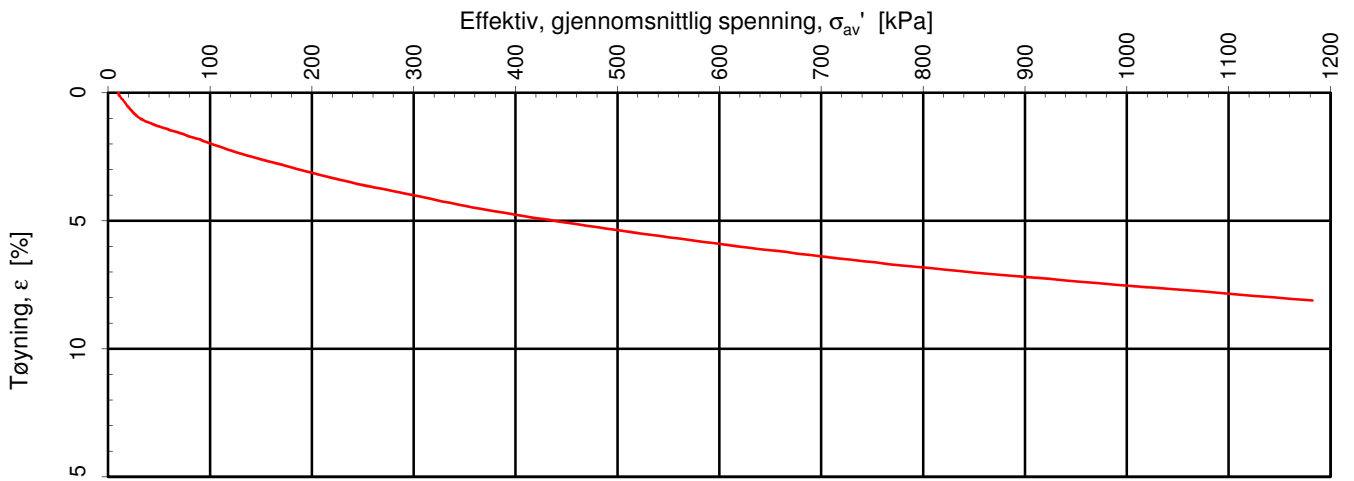
Oppdragsgiver: <b>Stjørdal kommune</b>		Oppdrag: <b>Bergkunstmuséet</b>		Tegningens filnavn: CPTU_BP.41.xlsx
Prekonsolideringsspenning $\sigma_c'$ .				<b>Multiconsult</b>
CPTU id.:	BP. 41	Sonde:	4446	
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 01.04.2014	Tegnet: anks	Kontrollert: ros	Godkjent: arv
	Oppdrag nr.: 413839	Tegning nr.: RIG-TEG-044.8	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 0

Prekonsolideringsforhold,  $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$  (-)



Referansemetoder 1 og 2: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989)  
 Referansemetode 3: Chen & Mayne (1996)

Oppdragsgiver: <b>Stjørdal kommune</b>		Oppdrag: <b>Bergkunstmuséet</b>		Tegningens filnavn: CPTU_BP.41.xlsx
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$ :				<b>Multiconsult</b>
CPTU id.:	BP. 41	Sonde:	4446	
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 01.04.2014	Tegnet: anks	Kontrollert: ros	Godkjent: arv
	Oppdrag nr.: 413839	Tegning nr.: RIG-TEG-044.9	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 0



Densitet  $\rho$  (g/cm<sup>3</sup>): **2.01**  
 Vanninnhold  $w$  (%): **27.44**

Effektivt overlagingstrykk,  $\sigma'_{vo}$  (kPa): **72.50**

**Stjørdal kommune**  
**Bergkunstmuséet Hegra**

Tegningens filnavn:  
 413839-RIG-TEG-075-h31,d6,25.xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Tolkning:  $\sigma'_{av}$  -  $\epsilon_a$ ,  $M$  og  $c_v$ .

**Multiconsult**

**Multiconsult**  
 Sluppenvegen 23,  
 7486 TRONDHEIM  
 Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato:  
 10.01.2014

Dybde,  $z$  (m):  
 6.25

Borpunkt nr.:  
 31

Forsøknr.:  
 1

Tegnet av:  
 kjt

Kontrollert:  
 ros

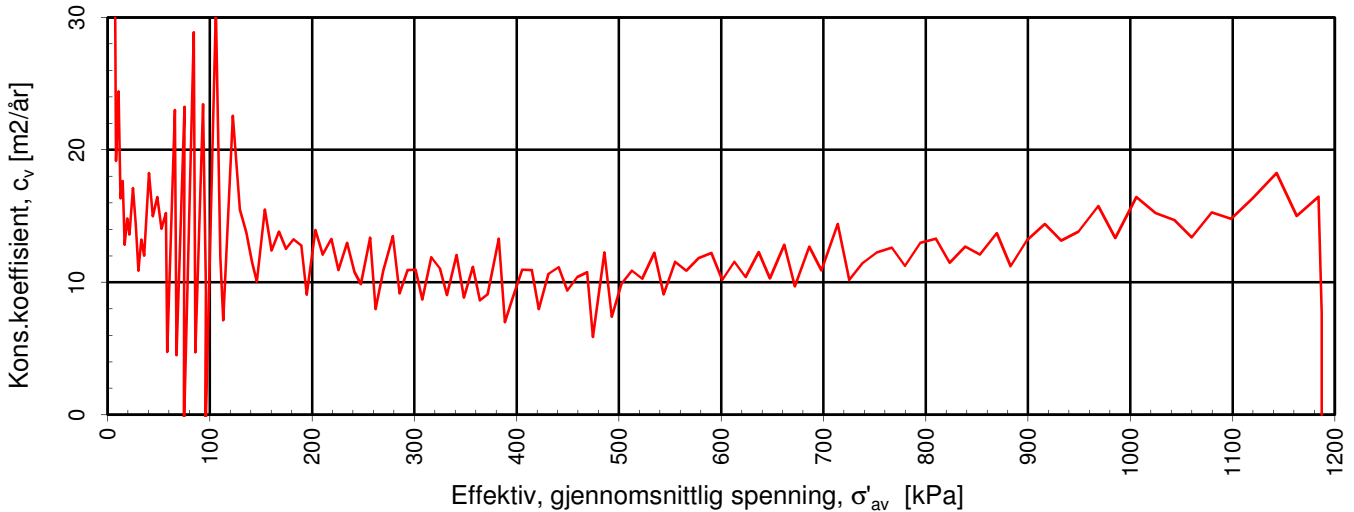
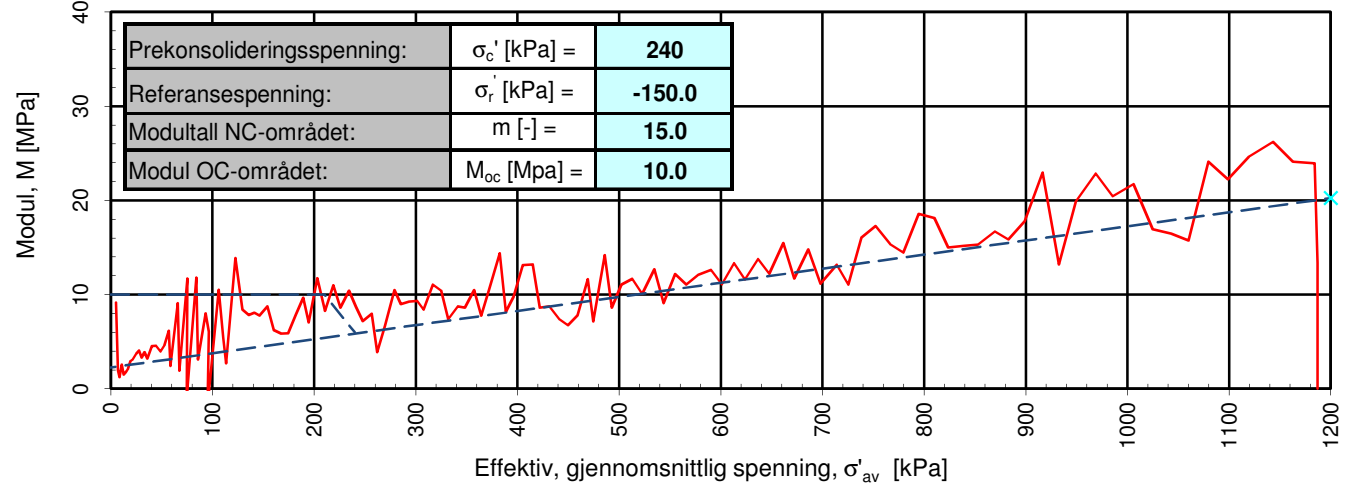
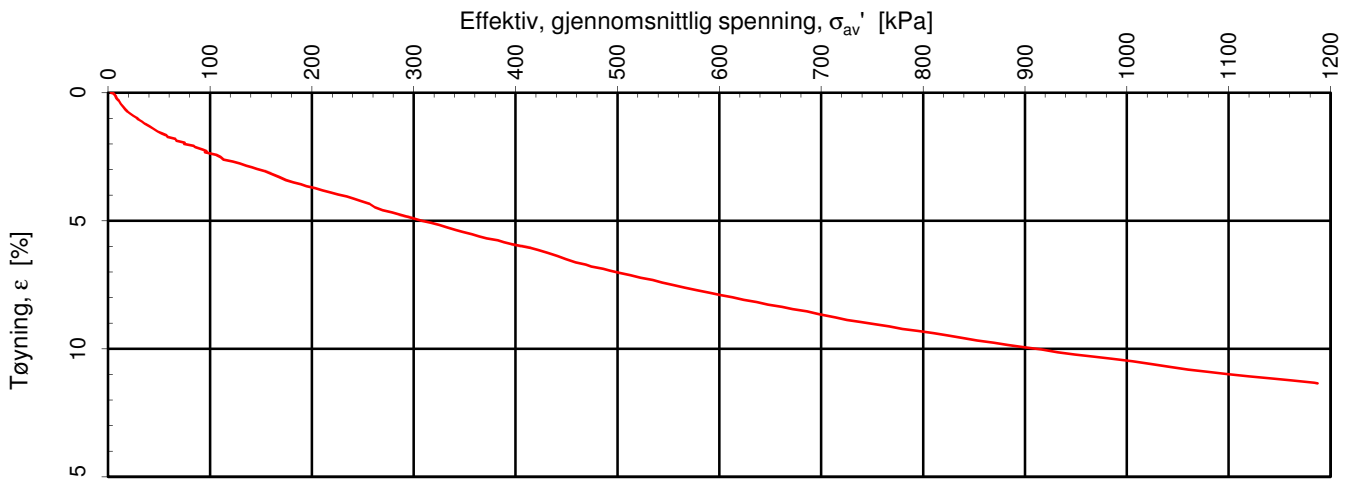
Godkjent:  
 arv

Oppdrag nr.:  
 413839

Tegning nr.:  
 RIG-TEG-075.3

Prosedyre:  
 CRS

Programrevisjon:  
 11.12.2012



Densitet  $\rho$  (g/cm<sup>3</sup>): **2.01**  
 Vanninnhold  $w$  (%): **25.34**

Effektivt overlagingstrykk,  $\sigma'_{vo}$  (kPa): **122.04**

**Stjørdal kommune**  
**Bergkunstmuséet, Hegra**

Tegningens filnavn:  
 413839-RIG-TEG-076-h31,d11.55.xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Tolkning:  $\sigma'_{av}$  -  $\epsilon_a$ ,  $M$  og  $c_v$ .

**Multiconsult**

**Multiconsult**  
 Sluppenvegen 23,  
 7486 TRONDHEIM  
 Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato:  
 09.01.2014

Dybde,  $z$  (m):  
 11.55

Borpunkt nr.:  
 31

Forsøksnr.:  
 2

Tegnet av:  
 kjt

Kontrollert:  
 ros

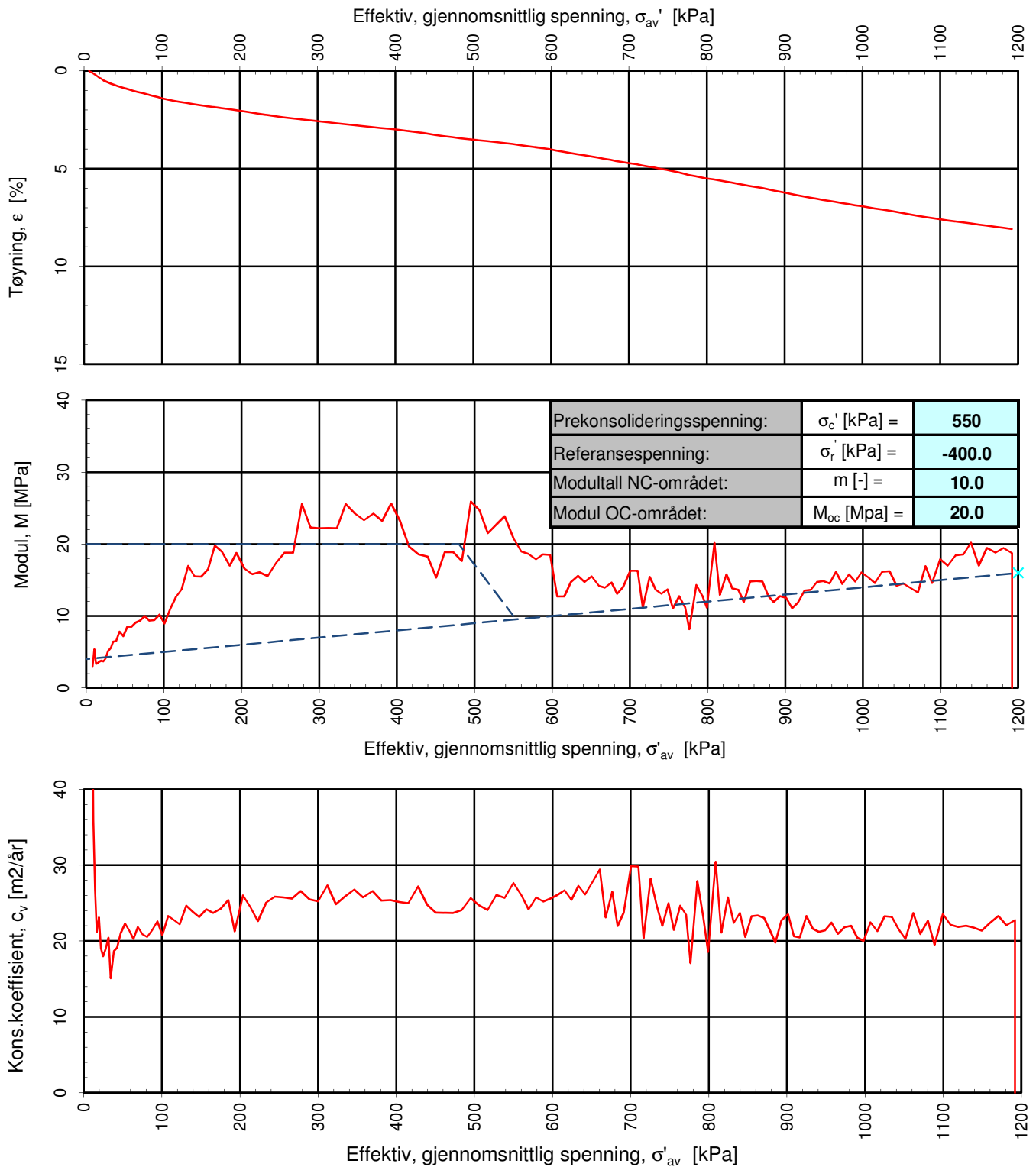
Godkjent:  
 arv

Oppdrag nr.:  
 413839

Tegning nr.:  
 RIG-TEG-076.3

Prosedyre:  
 CRS

Programrevisjon:  
 11.12.2012



Densitet  $\rho$  (g/cm<sup>3</sup>):  
Vanninnhold  $w$  (%):

**2.02**  
**26.64**

Effektivt overlagingstrykk,  $\sigma'_{vo}$  (kPa):

**83.40**

**Stjørdal kommune**  
**Bergkunstmuséet, Hegra**

Tegningens filnavn:

413839-RIG-TEG-077-h36,d7,34.xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Tolkning:  $\sigma'_{av}$  -  $\varepsilon_a$ ,  $M$  og  $c_v$ .

**Multiconsult**

**Multiconsult**  
Sluppenvegen 23,  
7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato:  
03.01.2014

Dybde,  $z$  (m):  
7.34

Borpunkt nr.:  
36

Forsøknr.:  
3

Tegnet av:  
kjt

Kontrollert:  
ros

Godkjent:

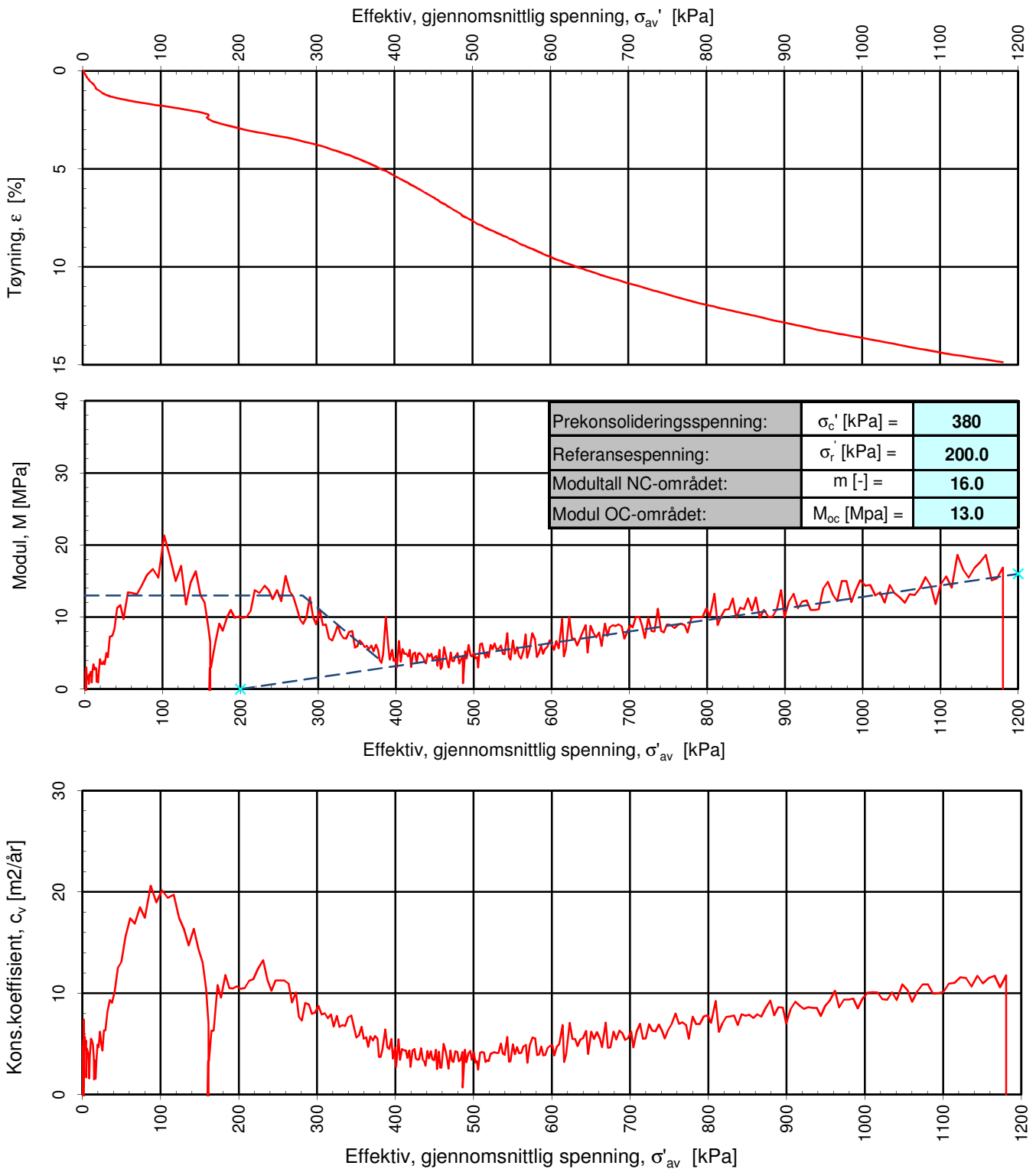
arv

Oppdrag nr.:  
413839

Tegning nr.:  
RIG-TEG-077.3

Prosedyre:  
CRS

Programrevisjon:  
11.12.2012



Densitet  $\rho$  (g/cm<sup>3</sup>): **2.04**  
 Vanninnhold  $w$  (%): **28.86**  
 Effektivt overlagingstrykk,  $\sigma'_{vo}$  (kPa): **144.50**

**Stjørdal kommune**  
**Bergkunstmuséet, Hegra**

Tegningens filnavn:  
 413839-RIG-TEG-078-h36,d13,45.xlsx

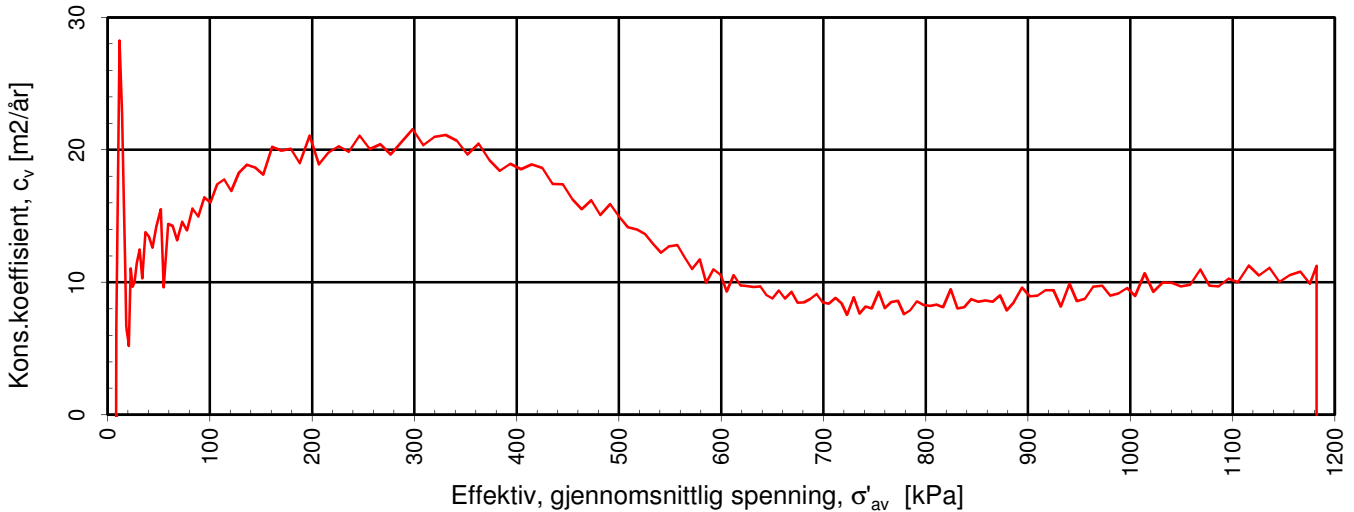
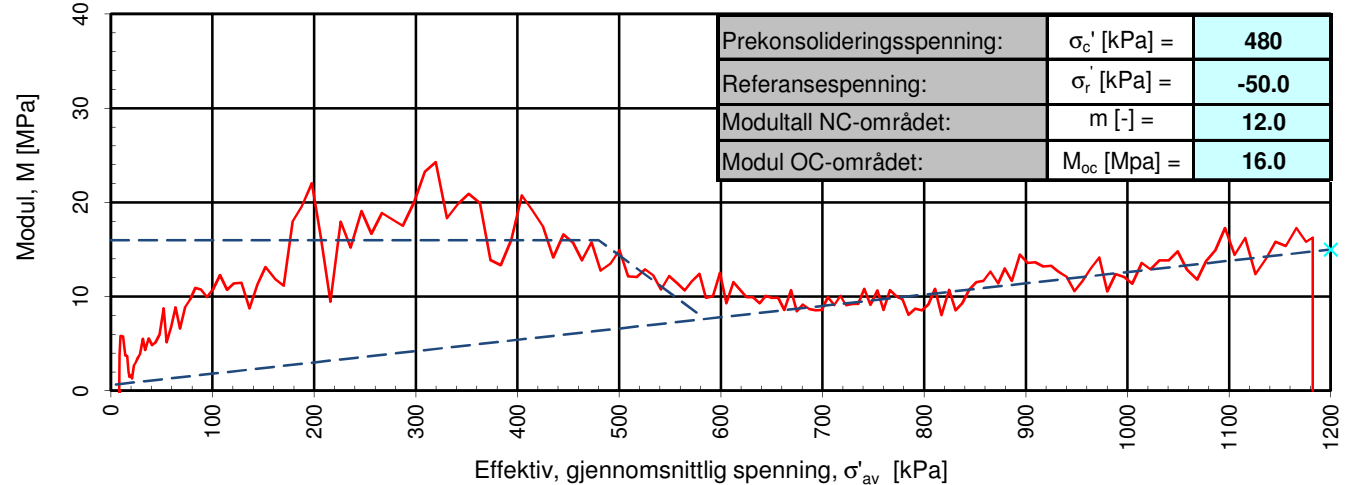
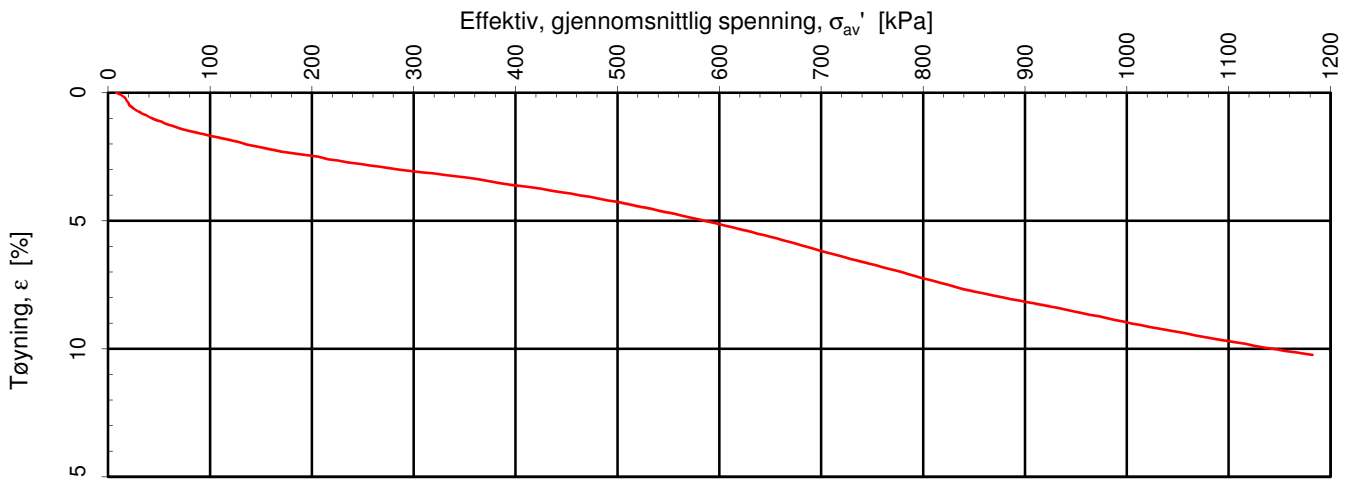
Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Tolkning:  $\sigma'_{av}$  -  $\epsilon_a$ , M og  $c_v$ .

**Multiconsult**

**Multiconsult**  
 Sluppenvegen 23,  
 7486 TRONDHEIM  
 Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato: 08.01.2014	Dybde, z (m): 13.45	Borpunkt nr.: 36
Forsøknr.: 4	Tegnet av: kjt	Kontrollert: ros
Oppdrag nr.: 413839	Tegning nr.: RIG-TEG-078.3	Prosedyre: CRS

Godkjent:  
arv  
 Programrevisjon:  
11.12.2012



Densitet  $\rho$  (g/cm<sup>3</sup>): **1.95**  
 Vanninnhold  $w$  (%): **32.50**  
 Effektivt overlagingstrykk,  $\sigma'_{vo}$  (kPa): **73.00**

**Stjørdal kommune**  
**Bergkunstmuséet, Hegra**

Tegningens filnavn:  
 413839-RIG-TEG-079-h41,d6,30.xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Tolkning:  $\sigma'_{av}$  -  $\epsilon_a$ ,  $M$  og  $c_v$ .

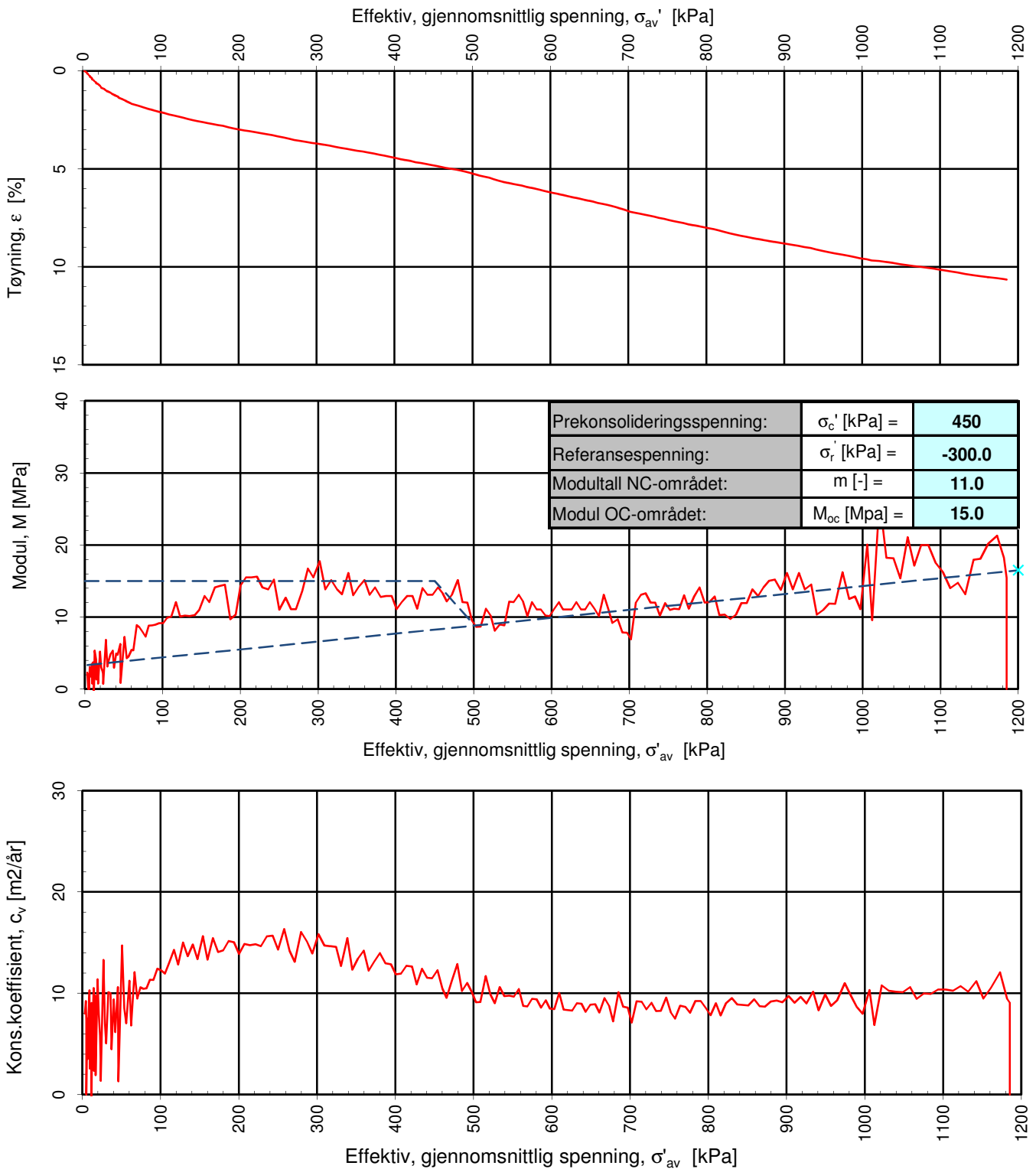
**Multiconsult**

**Multiconsult**  
 Sluppenvegen 23,  
 7486 TRONDHEIM  
 Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato: 19.12.2013	Dybde, z (m): 6.30	Borpunkt nr.: 41
Forsøknr.: 5	Tegnet av: kjt	Kontrollert: ros
Oppdrag nr.: 413839	Tegning nr.: RIG-TEG-079.3	Prosedyre: CRS

Godkjent:  
arv  
 Programrevisjon:  
11.12.2012





Densitet  $\rho$  (g/cm<sup>3</sup>): **1.98**  
 Vanninnhold  $w$  (%): **29.60**

Effektivt overlagingstrykk,  $\sigma'_{vo}$  (kPa): **114.50**

**Stjørdal Kommune**  
**Bergkunstmuseet Hegra**

Tegningens filnavn:  
 413839-RIG-TEG-080-h41,d10.45.xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Tolkning:  $\sigma'_{av}$  -  $\varepsilon_a$ ,  $M$  og  $c_v$ .

**Multiconsult**

**Multiconsult**  
 Sluppenvegen 23,  
 7486 TRONDHEIM  
 Tlf.: 73 10 62 00  
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:  
 08.01.2014

Dybde,  $z$  (m):  
 10.45

Borpunkt nr.:  
 41

Forsøknr.:  
 6

Tegnet av:  
 kjt

Kontrollert:  
 ros

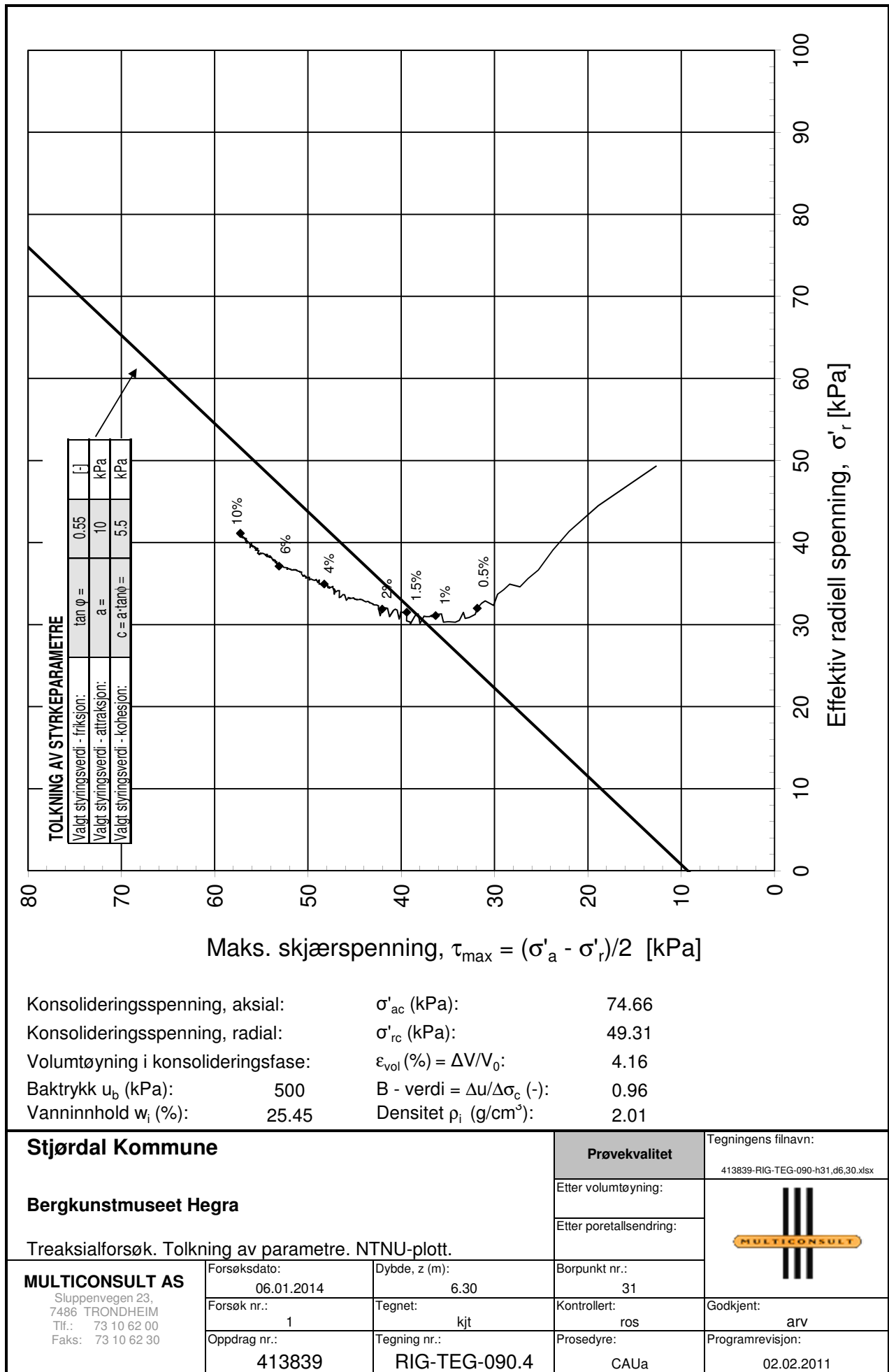
Godkjent:  
 arv

Oppdrag nr.:  
 413839

Tegning nr.:  
 RIG-TEG-080.3

Prosedyre:  
 CRS

Programrevisjon:  
 11.12.2012



**Stjørdal Kommune**

**Bergkunstmuseet Hegra**

Treaksialforsøk. Tolkning av parametre. NTNU-plott.

**MULTICONSULT AS**

Sluppenvegen 23,  
7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00  
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:  
06.01.2014

Forsøk nr.:  
1

Oppdrag nr.:  
413839

Dybde, z (m):  
6.30

Tegnet:  
kjt

Tegning nr.:  
RIG-TEG-090.4

**Prøvekvalitet**

Etter volumtøyning:

Etter poretallsending:

Borpunkt nr.:  
31

Kontrollert:  
ros

Prosedyre:  
CAUa

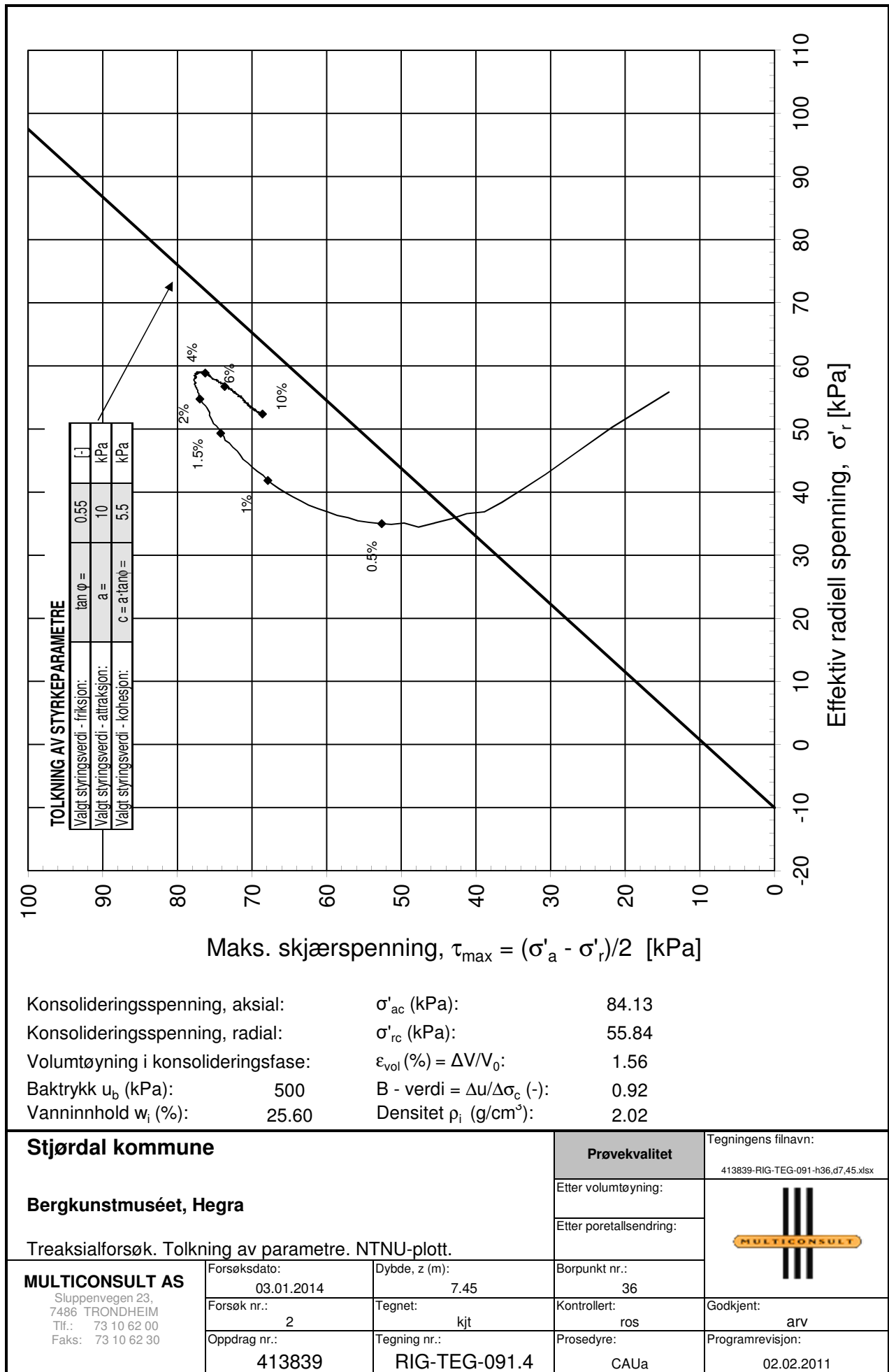
Tegningens filnavn:

413839-RIG-TEG-090-h31,d6,30.xlsx



Godkjent:  
arv

Programrevisjon:  
02.02.2011



**Stjørdal kommune**

**Bergkunstmuséet, Hegra**

Treaksialforsøk. Tolkning av parametre. NTNU-plott.

**MULTICONSULT AS**

Sluppenvegen 23,  
7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00  
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:  
03.01.2014

Forsøk nr.:  
2

Oppdrag nr.:  
413839

Dybde, z (m):  
7.45

Tegnet:  
kjt

Tegning nr.:  
RIG-TEG-091.4

**Prøvekvalitet**

Etter volumtøyning:

Etter poretallsending:

Borpunkt nr.:  
36

Kontrollert:  
ros

Prosedyre:  
CAUa

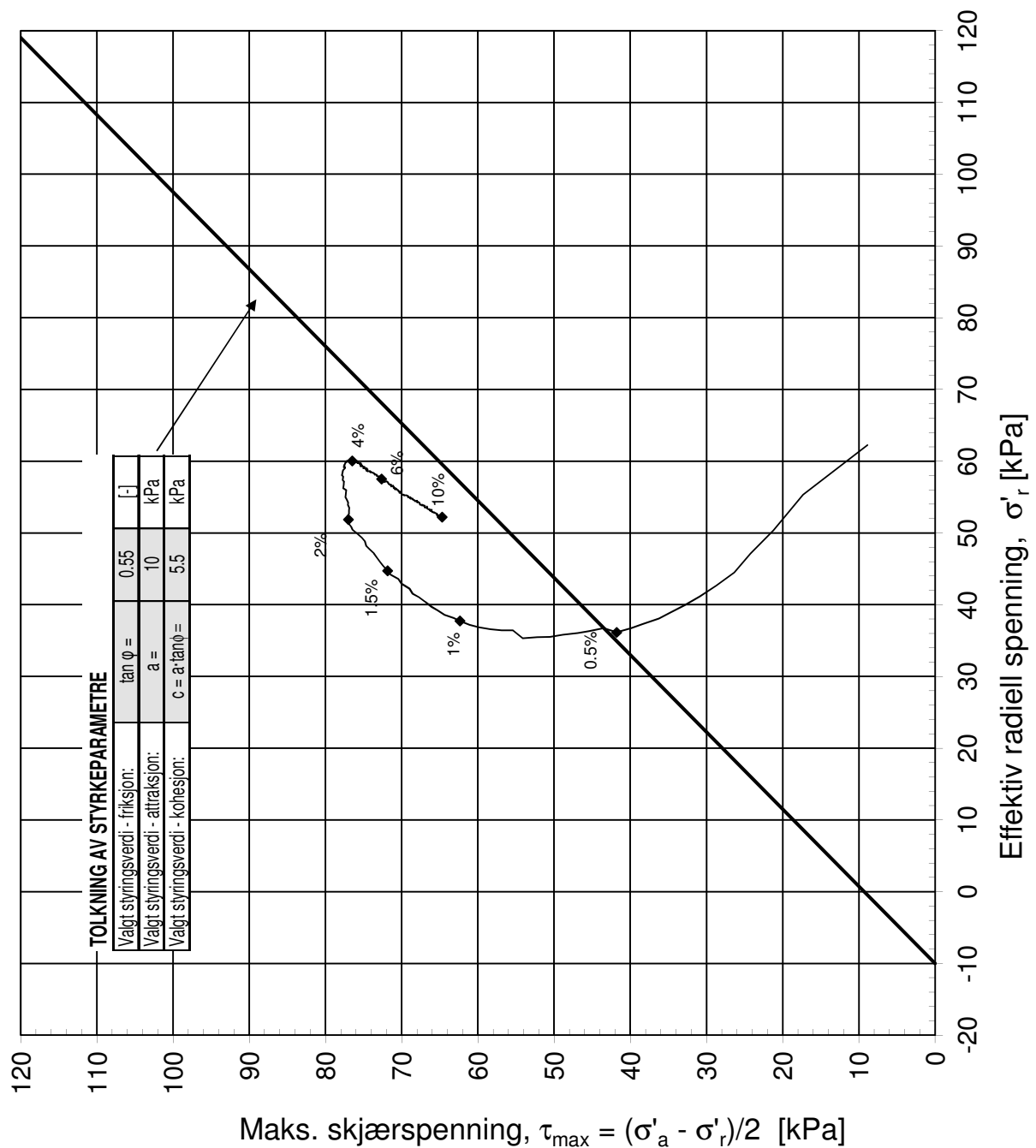
Tegningens filnavn:

413839-RIG-TEG-091-h36,d7,45.xlsx



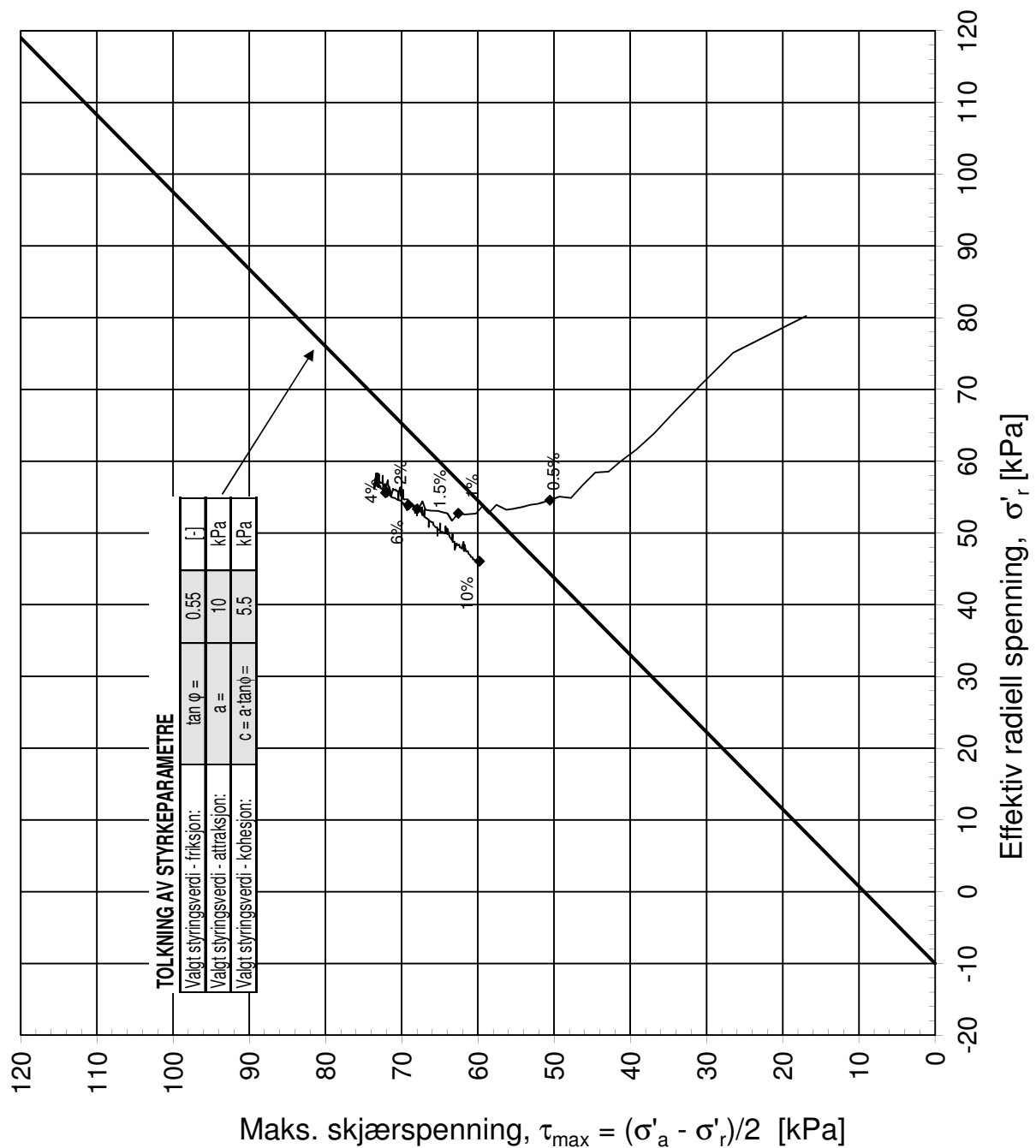
Godkjent:  
arv

Programrevisjon:  
02.02.2011



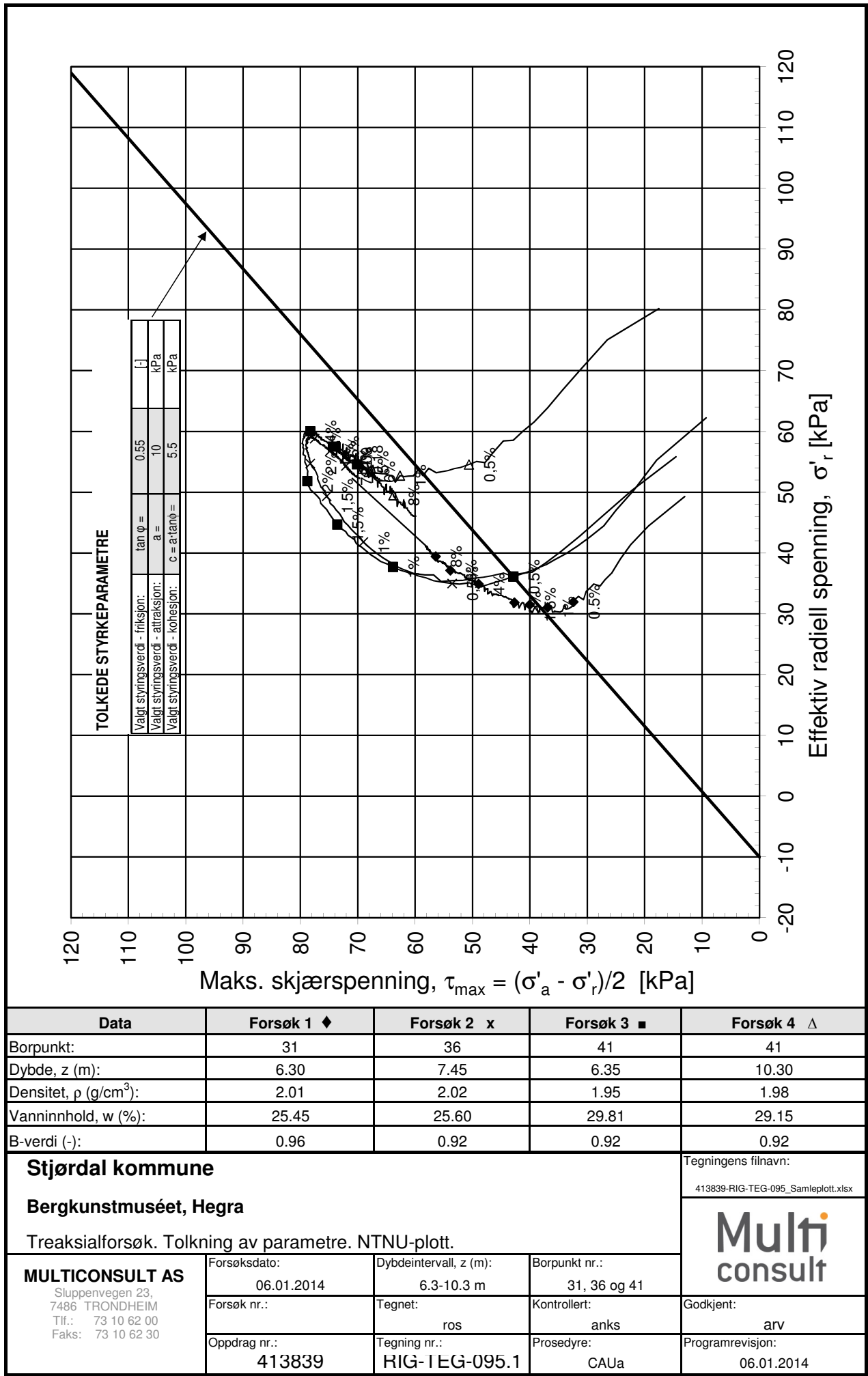
Konsolideringsspenning, aksial:	$\sigma'_{ac}$ (kPa):	79.99
Konsolideringsspenning, radial:	$\sigma'_{rc}$ (kPa):	62.25
Volumtøyning i konsolideringsfase:	$\epsilon_{vol}$ (%) = $\Delta V/V_0$ :	1.79
Baktrykk $u_b$ (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0.92
Vanninnhold $w_i$ (%):	29.81	Densitet $\rho_i$ (g/cm <sup>3</sup> ): 1.95

<b>Stjørdal kommune</b>		<b>Prøvekvalitet</b>	Tegningens filnavn:	
<b>Bergkunstmuséet, Hegra</b>		Etter volumtøyning:	413839-RIG-TEG-092-h41,d6,35.xlsx	
Treaksialforsøk. Tolkning av parametre. NTNU-plott.		Etter poreallsending:		
<b>MULTICONSULT AS</b> Sluppenvegen 23, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato: 19.12.2013	Dybde, z (m): 6.35		Borpunkt nr.: 41
	Forsøk nr.: 3	Tegnet: kjt	Kontrollert: ros	Godkjent: arv
	Oppdrag nr.: 413839	Tegning nr.: RIG-TEG-092.4	Prosedyre: CAUa	Programrevisjon: 02.02.2011



Konsolideringsspenning, aksial:	$\sigma'_{ac}$ (kPa):	114.09
Konsolideringsspenning, radial:	$\sigma'_{rc}$ (kPa):	80.22
Volumtøyning i konsolideringsfase:	$\varepsilon_{vol}$ (%) = $\Delta V/V_0$ :	2.00
Baktrykk $u_b$ (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0.73
Vanninnhold $w_i$ (%):	29.15	Densitet $\rho_i$ (g/cm <sup>3</sup> ): 1.98

<b>Stjørdal kommune</b>		<b>Prøvekvalitet</b>	Tegningens filnavn: 413839-RIG-TEG-094-h41,d10.30.xlsx
<b>Bergkunstmuséet, Hegra</b>		Etter volumtøyning:	
Treaksialforsøk. Tolkning av parametre. NTNU-plott.		Etter poreallsending:	
<b>MULTICONSULT AS</b> Sluppenvegen 23, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato: 08.01.2014	Dybde, z (m): 10.30	Borpunkt nr.: 41
	Forsøk nr.: 5	Tegnet: kjt	Kontrollert: ros
	Oppdrag nr.: 413839	Tegning nr.: RIG-TEG-094.4	Prosedyre: CAUa
			Programrevisjon: 02.02.2011

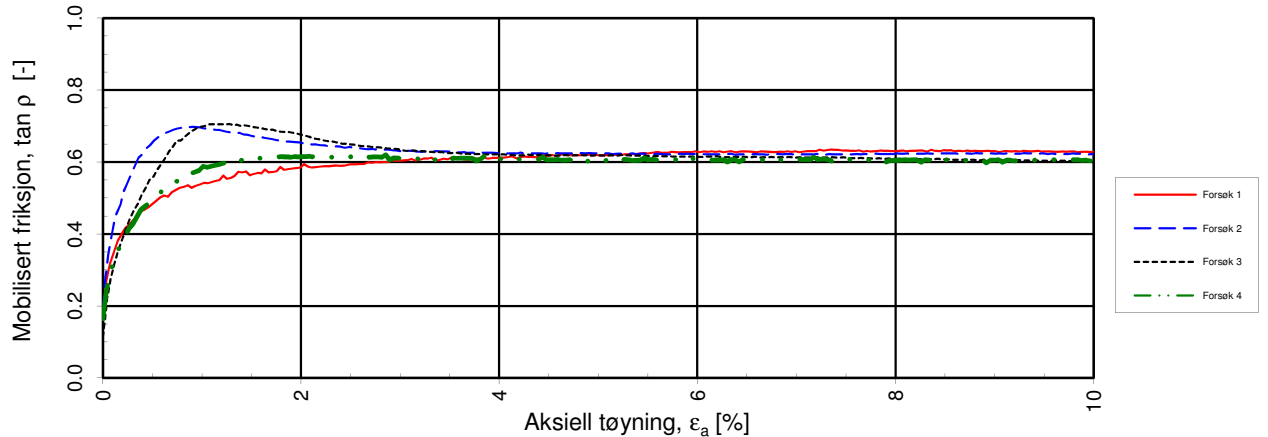
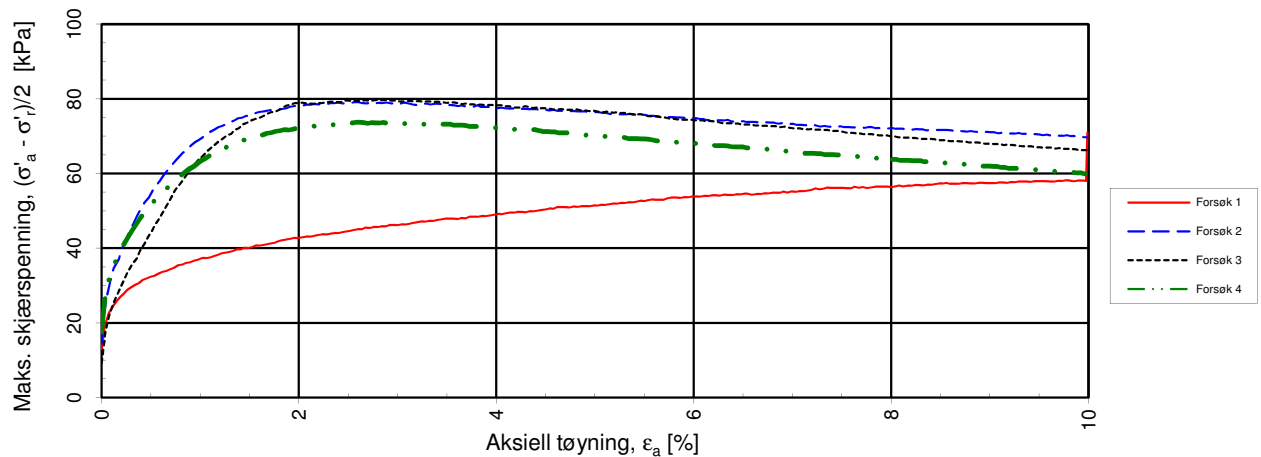
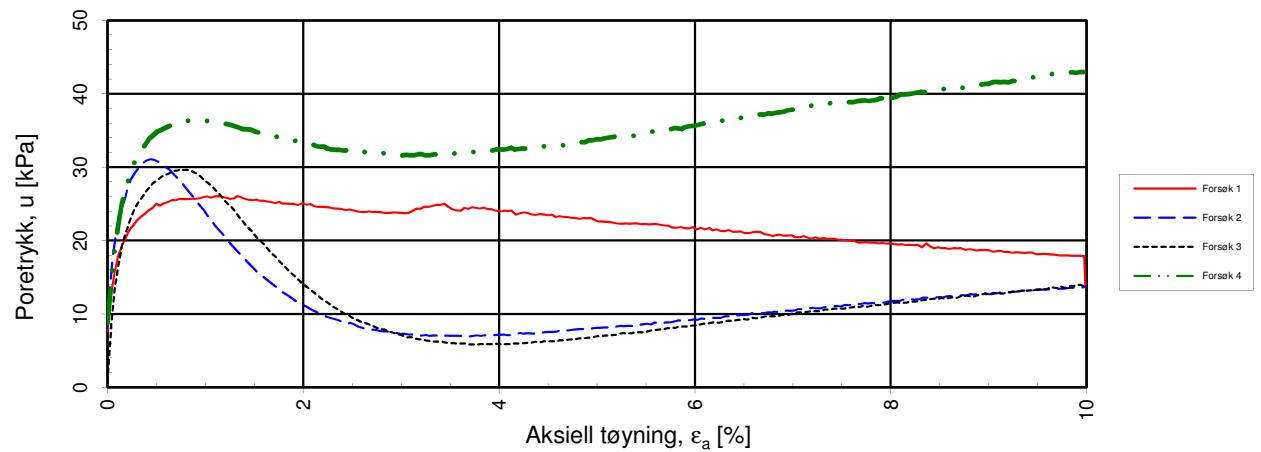


Data	Forsøk 1 ◆	Forsøk 2 x	Forsøk 3 ■	Forsøk 4 △
Borpunkt:	31	36	41	41
Dybde, z (m):	6.30	7.45	6.35	10.30
Densitet, ρ (g/cm <sup>3</sup> ):	2.01	2.02	1.95	1.98
Vanninnhold, w (%):	25.45	25.60	29.81	29.15
B-verdi (-):	0.96	0.92	0.92	0.92

**Stjørdal kommune**  
**Bergkunstmuséet, Hegra**  
 Treaksialforsøk. Tolkning av parametre. NTNU-plott.

<b>MULTICONSULT AS</b> Sluppenvegen 23, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato:	Dybdeintervall, z (m):	Borpunkt nr.:		
	06.01.2014	6.3-10.3 m	31, 36 og 41		
	Forsøk nr.:	Tegnet:	Kontrollert:		Godkjent:
		ros	anks		arv
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:	
	413839	RIG-TEG-095.1	CAUa	06.01.2014	

Tegningens filnavn:  
413839-RIG-TEG-095\_Samleplott.xlsx



$a = 10 \text{ kPa}$  benyttet for tolkning av  $\tan \rho$

**Stjørdal kommune**

**Bergkunstmuseet, Hegra**

Treksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

**MULTICONSULT AS**

Sluppenvegen 23,  
7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00  
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 06.01.2014	Dybdeintervall, $z$ (m): 6.3-10.3 m	Borpunkt nr.: 31, 36 og 41
Forsøk nr.:	Tegnet: ros	Kontrollert: anks
Oppdrag nr.: 413839	Tegning nr.: RIG-TEG-095.2	Prosedyre: CAUa

Tegningens filnavn:

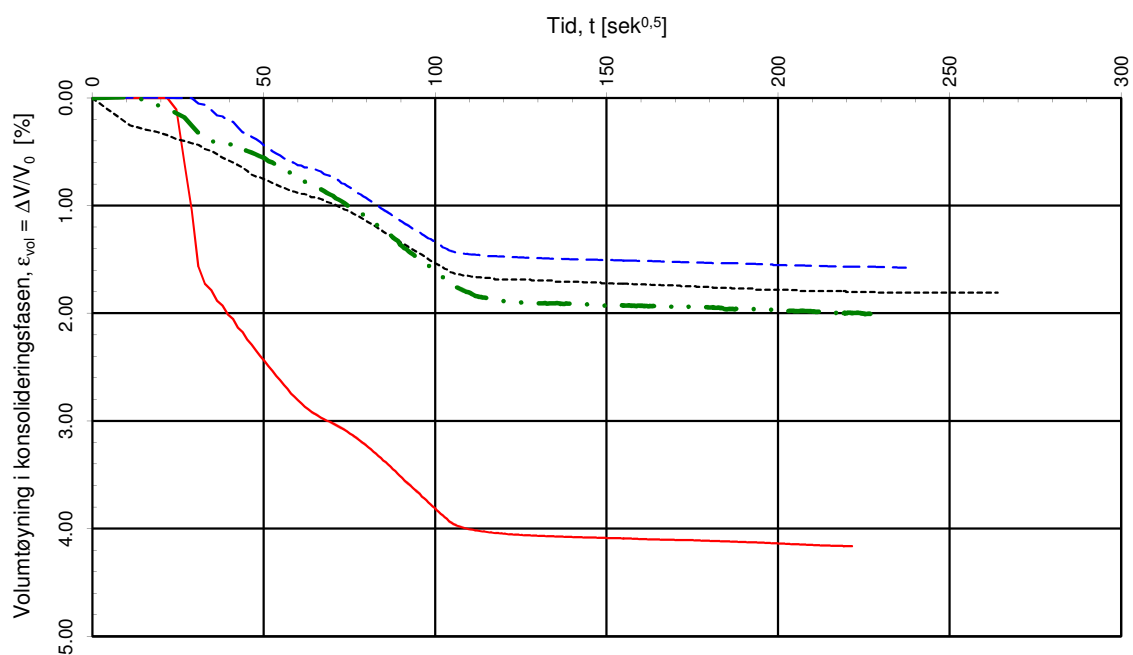
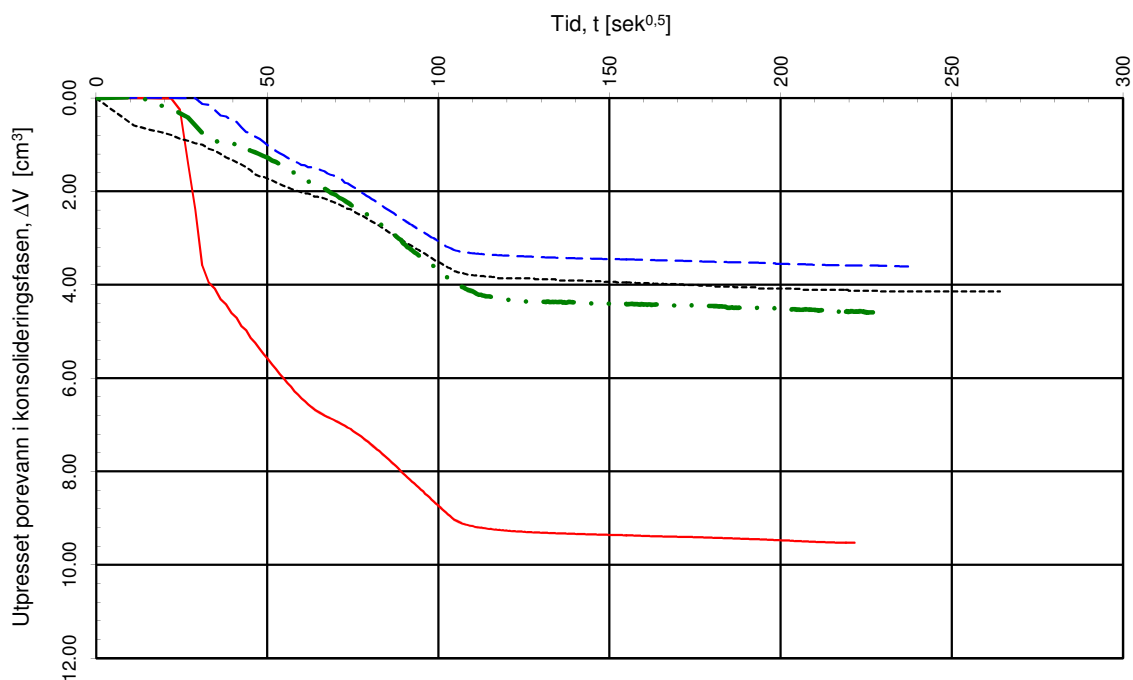
413839-RIG-TEG-095\_Samleplott.xlsx

**Multi  
consult**

Godkjent:  
arv

Programrevisjon:  
06.01.2014






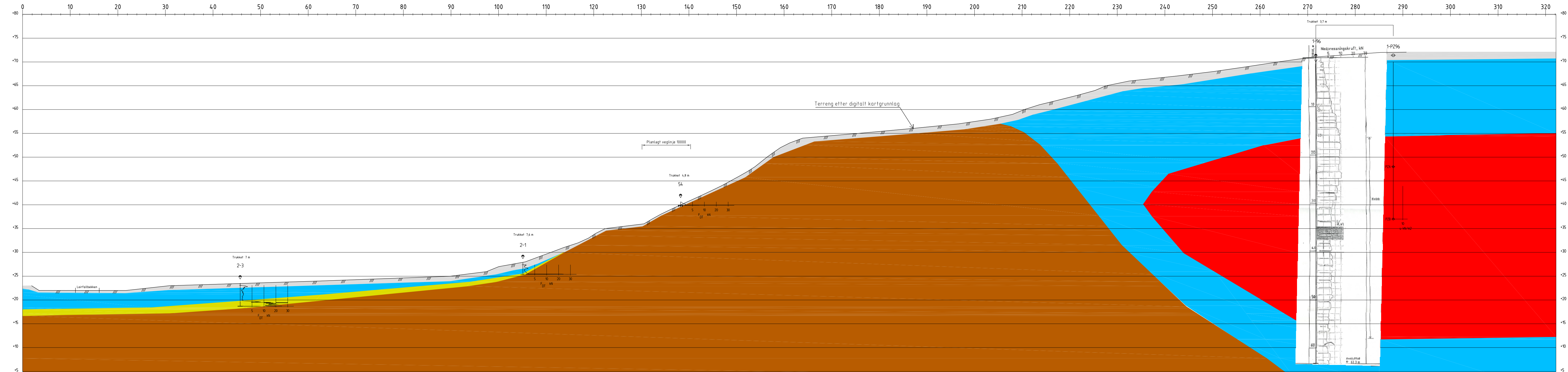
Data	Forsøk 1 ♦	Forsøk 2 x	Forsøk 3 ■	Forsøk 4 △
Borpunkt:	31	36	41	41
Dybde, z (m):	6.30	7.45	6.35	10.30
Densitet, ρ (g/cm <sup>3</sup> ):	2.01	2.02	1.95	1.98
Vanninnhold, w (%):	25.45	25.60	29.81	29.15
B-verdi (-):	0.96	0.92	0.92	0.92

### Stjørdal kommune

### Bergkunstmuséet, Hegra

Treksialforsøk. Vannutpressing og volumtøyning. Samplott.

<b>MULTICONSULT AS</b> Sluppenvegen 23, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato:	Dybdeintervall, z (m):	Borpunkt nr.:	 Tegningens filnavn: 413839-RIG-TEG-095_Samleplott.xlsx Godkjent: arv Programrevisjon: 06.01.2014
	06.01.2014	6.3-10.3 m	31, 36 og 41	
	Forsøk nr.:	Tegnet:	Kontrollert:	
		ros	anks	
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:		
413839	RIG-TEG-095.3	CAUa		

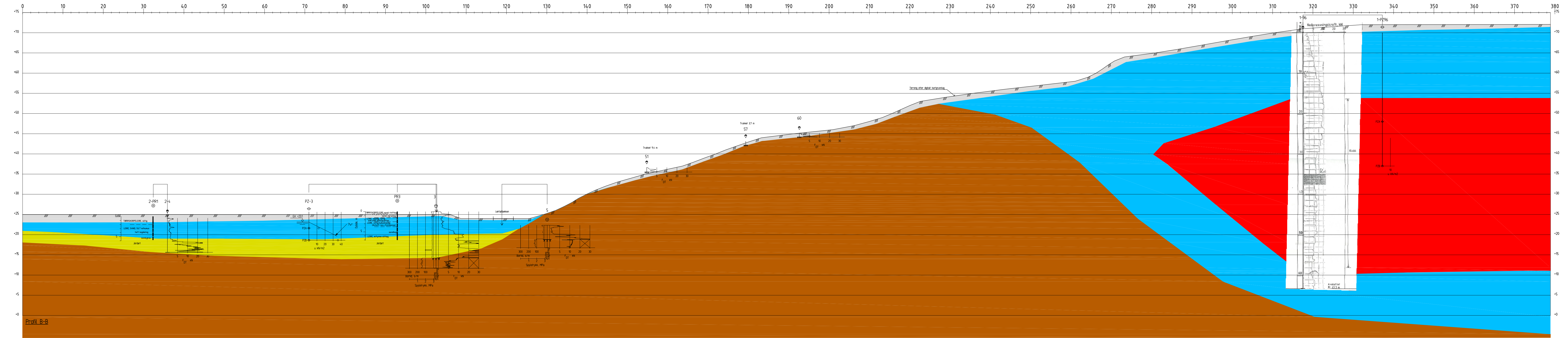


Profil A-A

Legnforklaring

- Terrskorpeleire
- Torv
- Leire
- Kvikkleiresprebruddmatr.
- Sand/grus
- Fast fjell

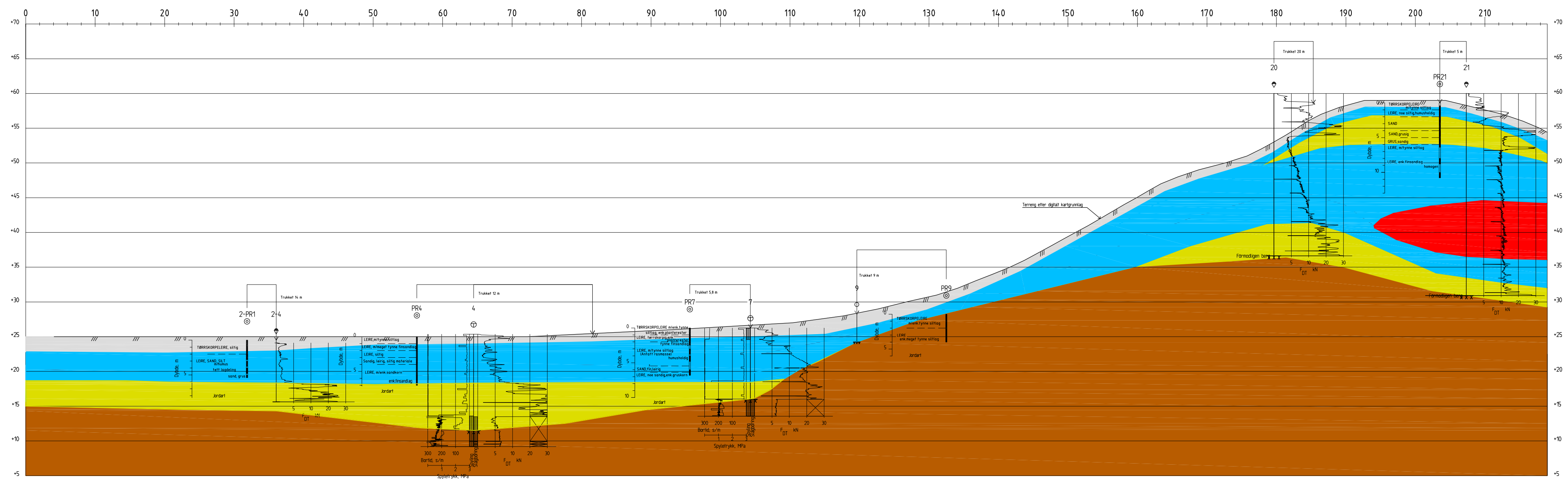
Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.
	Stjørdal kommune		Fag	Format
	Bergkunstmuseet, Hegra		Geoteknikk	A3L
	Profil A-A		Dato	
	Tolket lagdeling		27.03.2014	
			Format/Målestokk:	
			1:400	
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	anks	ros
		413839	Tegningsnr.	Godkjent
			RIG-TEG-200	arv
				Rev.
				00



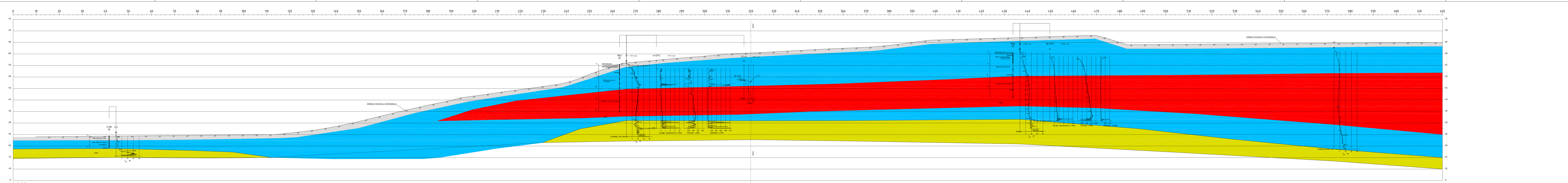
- Tegnforklaring:
- Terrskorpeleire
  - Torv
  - Leire
  - Kvikkleire/sprøbruddmater
  - Sand/grus
  - Fast fjell

Profil B-B

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	
			Fag	Format	
			Geoteknikk	A3L	
			Dato		
			27.03.2014		
			Format/Målestokk:		
			1:400		
<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		Oppdragsnr.	anRS	ROS	
		413839	Tegningsnr.	RIG-TEG-201	Rev.
					00

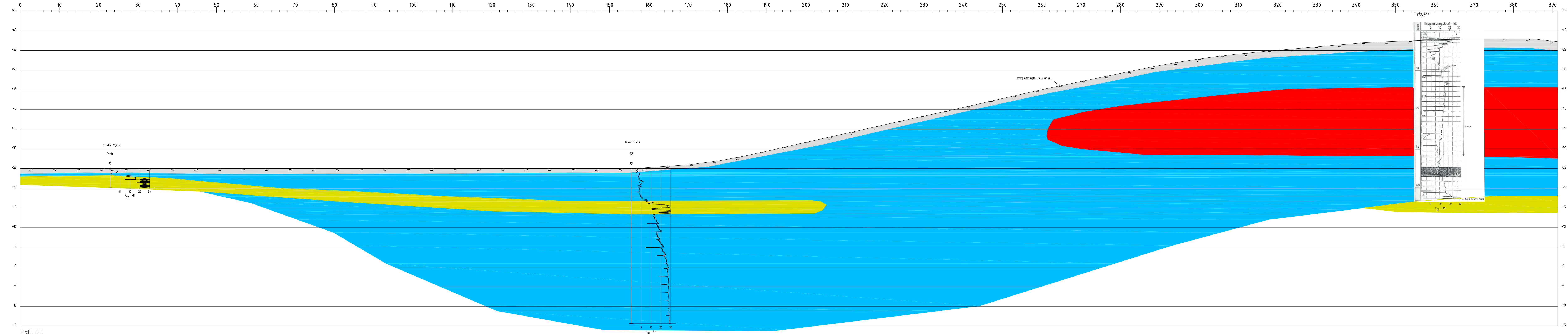


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Stjørdal kommune		Fag		Format
	Bergkunstmuseet, Hegra		Geoteknikk		A3L
		01.04.2014			
	Profil C-C		Format/Målestokk:		
	Tolket lagdeling		1:400		
<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Oppdragsnr.	Tegningsnr.	anks	ros	arv	Rev.
413839	RIG-TEG-202				00



<b>Profil D-D</b> 1:200		<b>Tegnforklaring</b> Terrskorpelære Torv Lere Kvikkleire/sprekkdanna tr. Sand/grus	
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn. Kontr. Godkj.
	Stjørdal kommune		Fag: Geoteknikk
	Bergkunstmusèet, Hegra		Formål: ASL
	Profil D-D		Dato: 01.04.2014
	Tolket lagdeling		Format/Målestokk: 1:400
Status	Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Konstr./Tegnet arkiv. Kontrollert FOS. Godkjent arvt. Rev.
	413839	RIG-TEG-203	00



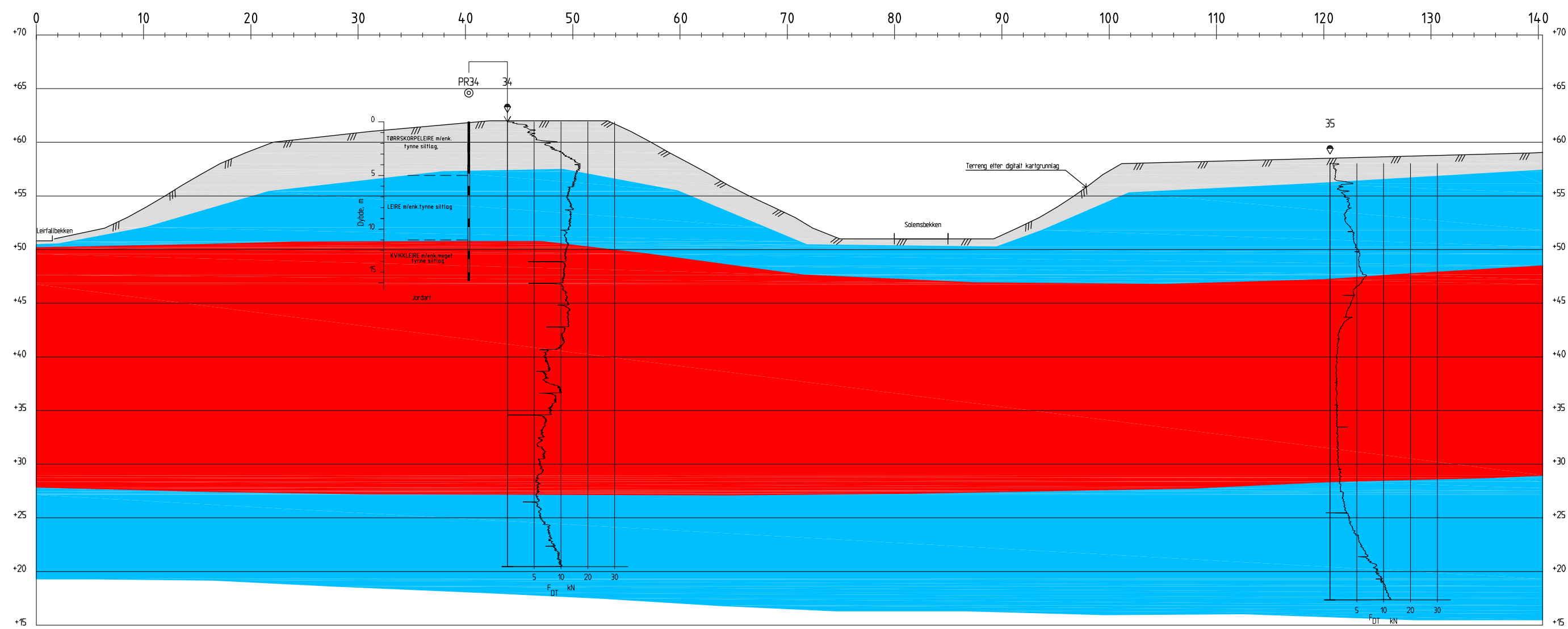


Profil E-E

Tegnforklaring:

- Terrskorpeleire
- Torv
- Leire
- Kvikkleire/sprebruddmatr.
- Sand/grus

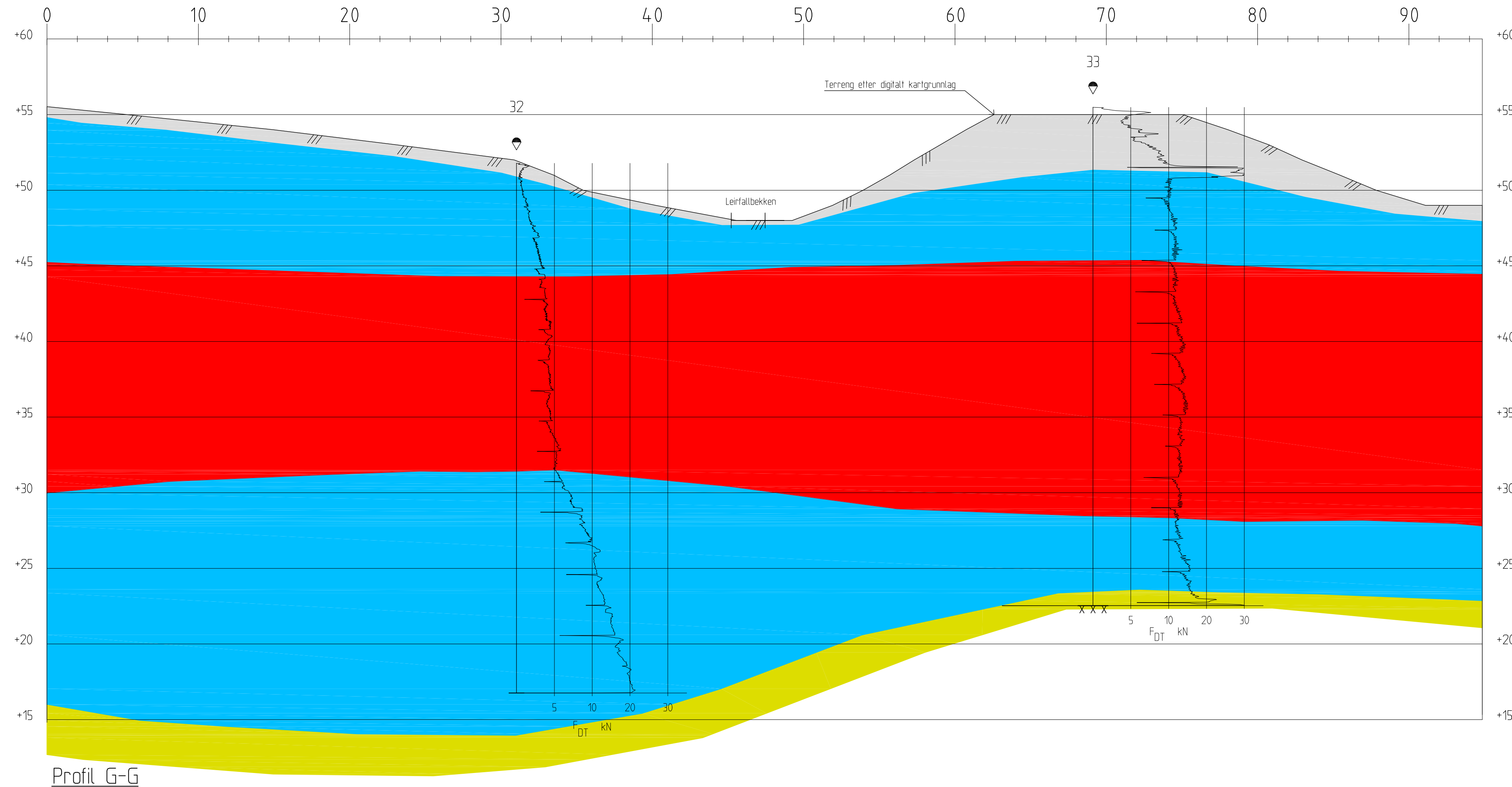
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Stjørdal kommune Bergkunstmuseet, Hegra		Fag Geoteknikk	Format A3L	
	Profil E-E Tolket lagdeling		Dato 02.04.2014	Format/Målestokk 1:400	
Multiconsult www.multiconsult.no		Status Oppdragsnr. 413839	Konstr./Tegnet anKS Tegningsnr. RIG-TEG-204	Kontrollert FOS	Godkjent arv Rev. 00



Profil F-F

- Tegnforklaring:
- Tørnskorpeleire
  - Torv
  - Leire
  - Kvikkleire/sprøbruddmatr.
  - Sand/grus

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Stjørdal kommune Bergkunstmuseet, Hegra			Fag Geoteknikk	Format A3L	
			Dato 01.04.2014		
Profil F-F Tolket lagdeling			Format/Målestokk: 1:400		
Status		Konstr./Tegnet anks	Kontrollert ros	Godkjent arv	
Oppdragsnr. 413839		Tegningsnr. RIG-TEG-205		Rev. 00	
<span style="font-size: small; vertical-align: middle;">www.multiconsult.no</span>					

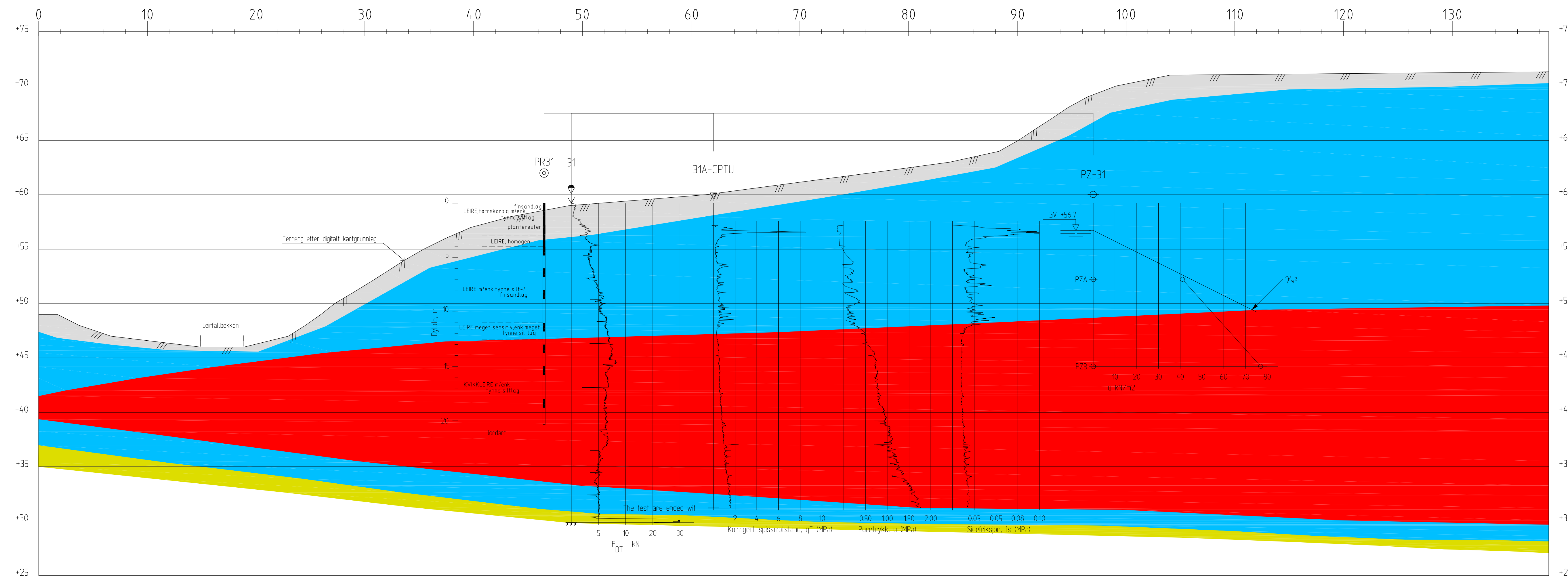


- Tegnforklaring:
- Tørnskorpeleire
  - Torv
  - Leire
  - Kvikkleire/sprøbruddmaterie
  - Sand/grus

Profil G-G

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Stjørdal kommune		Fag		Format
	Bergkunstmuseet, Hegra		Geoteknikk		A3L
		Dato			
		01.04.2014			
	Profil G-G		Format/Målestokk:		
	Tolket lagdeling		1:200		
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	anks	ros	arv
		413839	Tegningsnr.	RIG-TEG-206	Rev.
					00



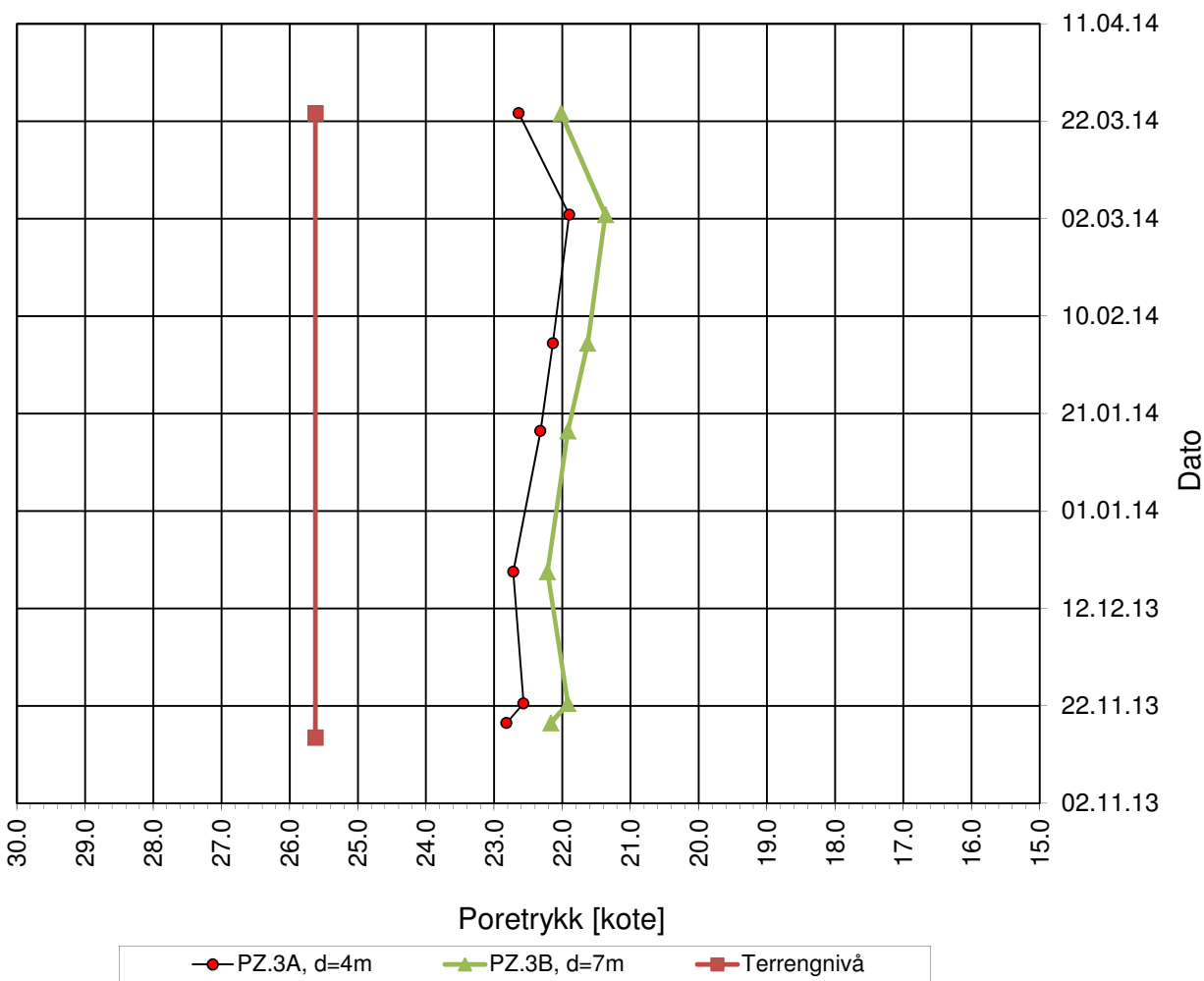
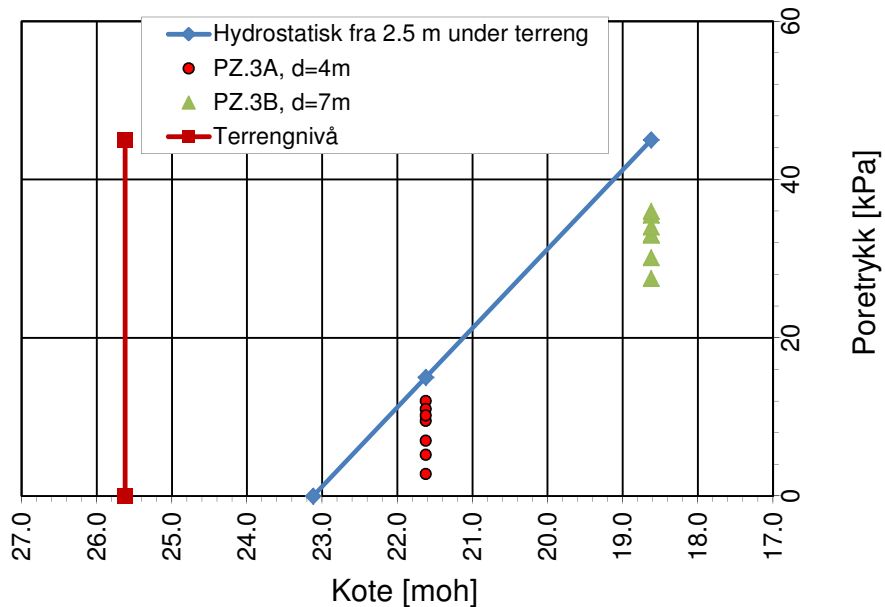


Profil H-H

Tegnforklaring:

- Tørrskorpeleire
- Torv
- Leire
- Kvikkleire/sprøbruddmatr.
- Sand/grus

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Stjørdal kommune		Fag		Format
	Bergkunstmuseet, Hegra		Geoteknikk		A3L
		01.04.2014			
	Profil H-H				Format/Målestokk:
	Tolket lagdeling				1:200
<b>Multiconsult</b>		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	anks	ros	arv
		413839	Tegningsnr.	RIG-TEG-207	Rev.
					00



### PORETRYKKS MÅLING

Åpne hydrauliske poretrykksmålere, BP. 3

Stjørdal kommune  
 Bergkunstmuséet, Hegra  
 Grunnundersøkelser

Konstr./Tegnet

ROS

Dato

28.03.14

Kontrollert

ANKS

Godkjent

ARV



OPPDRAG NR.

**MULTICONSULT AS**

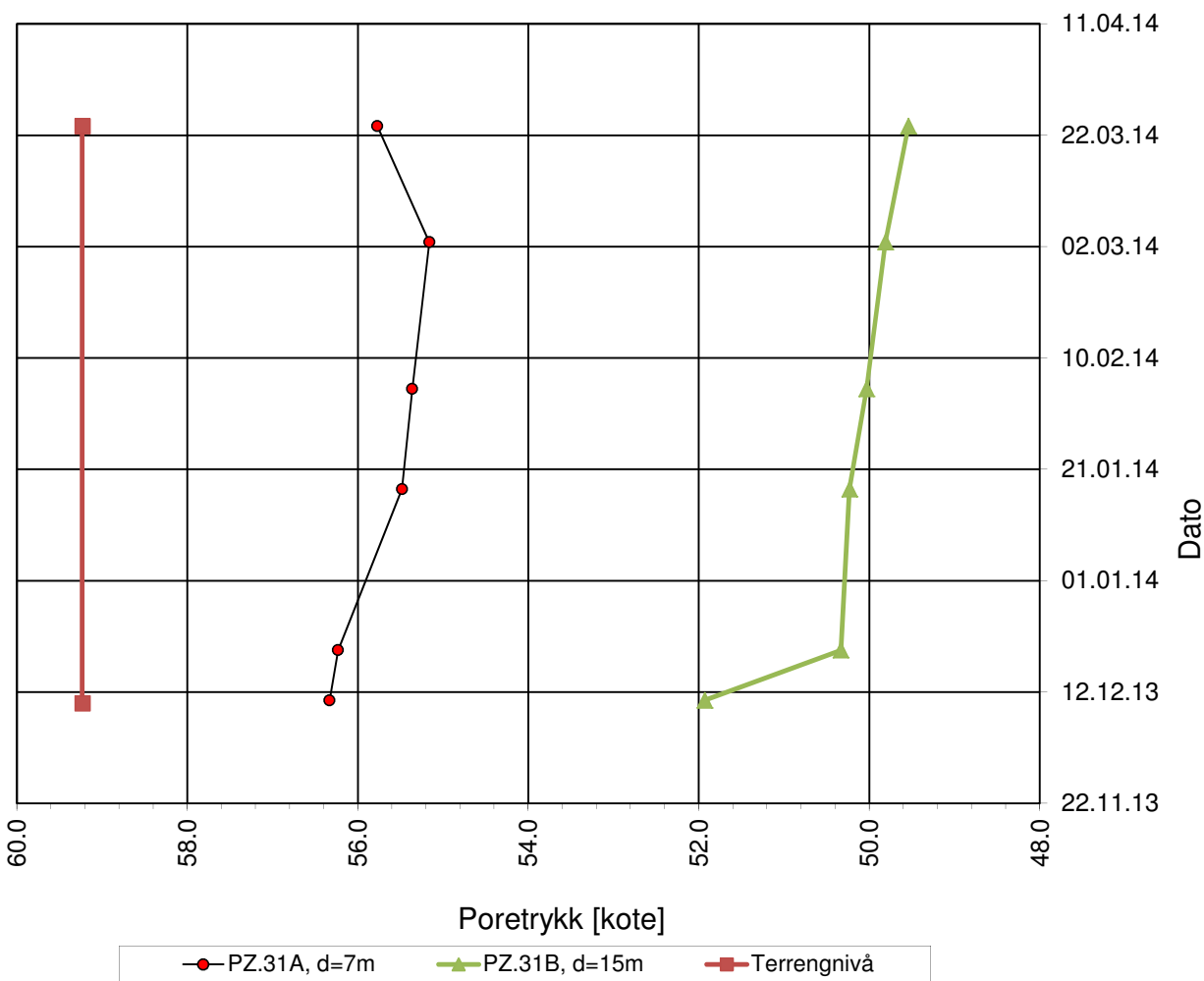
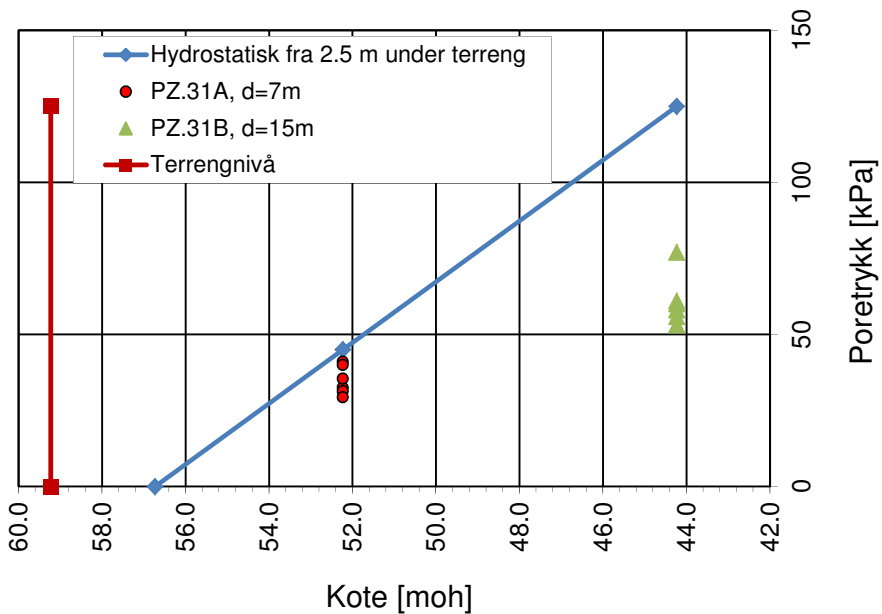
**413839**

TEGN.NR.

**RIG-TEG-250**

REV.

**01**



## PORETRYKKSMÅLING

Åpne hydrauliske poretrykksmålere, BP. 31

Stjørdal kommune  
 Bergkunstmuséet, Hegra  
 Grunnundersøkelser

Konstr./Tegnet

ROS

Dato

28.03.14

Kontrollert

ANKS

Godkjent

ARV

**Multi**  
consult

OPPDRAG NR.

**MULTICONSULT AS**

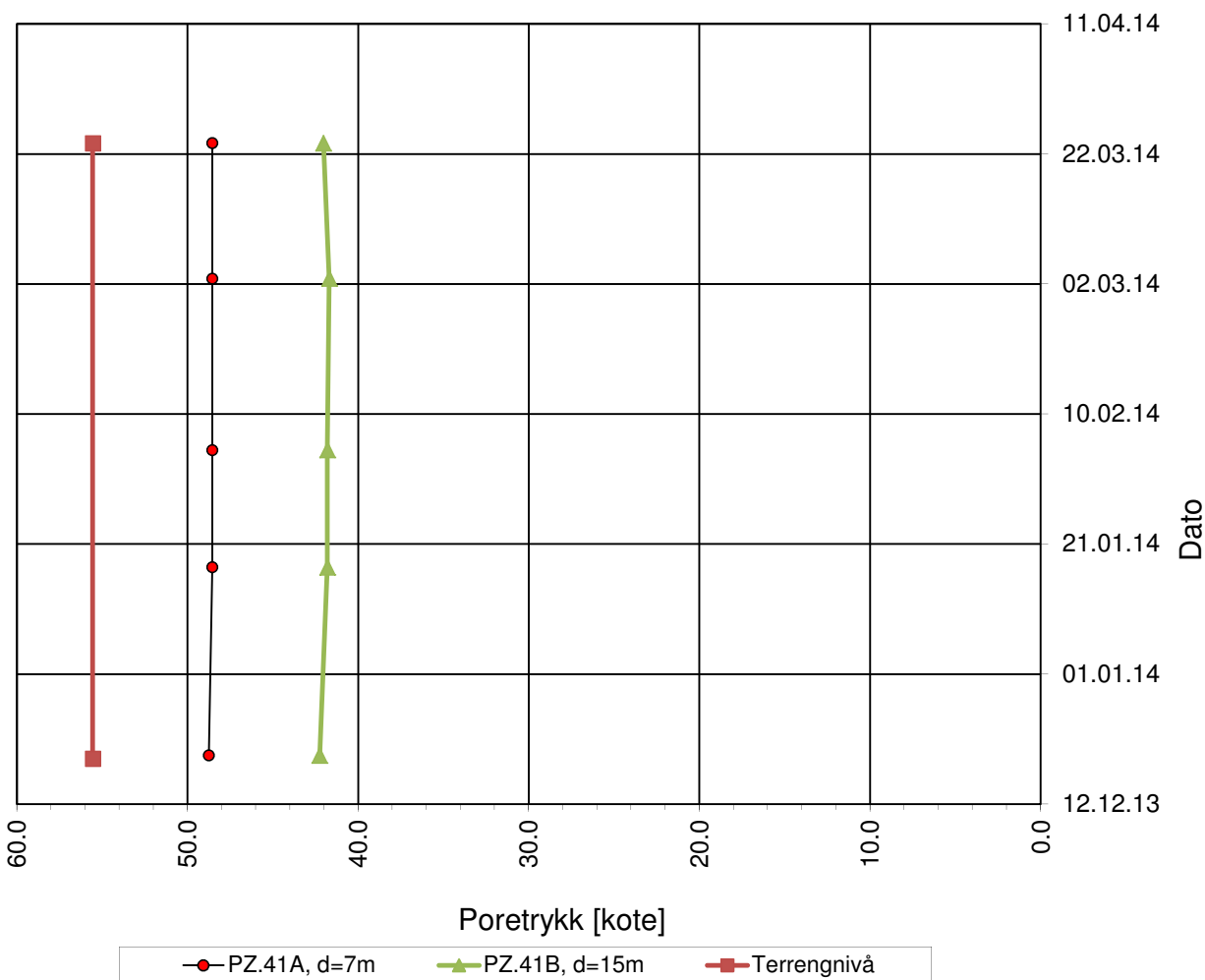
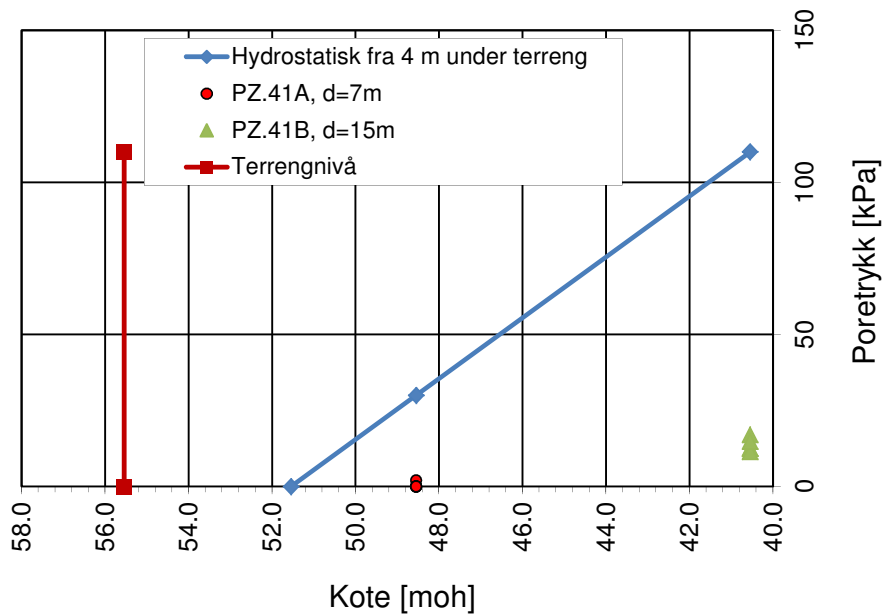
**413839**

TEGN.NR.

**RIG-TEG-251**

REV.

**01**



## PORETRYKKS MÅLING

Åpne hydrauliske poretrykksmålere, BP. 41

Stjørdal kommune

Bergkunstmuséet, Hegra

Grunnundersøkelser

Konstr./Tegnet

ROS

Dato

28.03.14

Kontrollert

ANKS

Godkjent

ARV

**Multi**  
consult

OPPDRAG NR.

**MULTICONSULT AS**

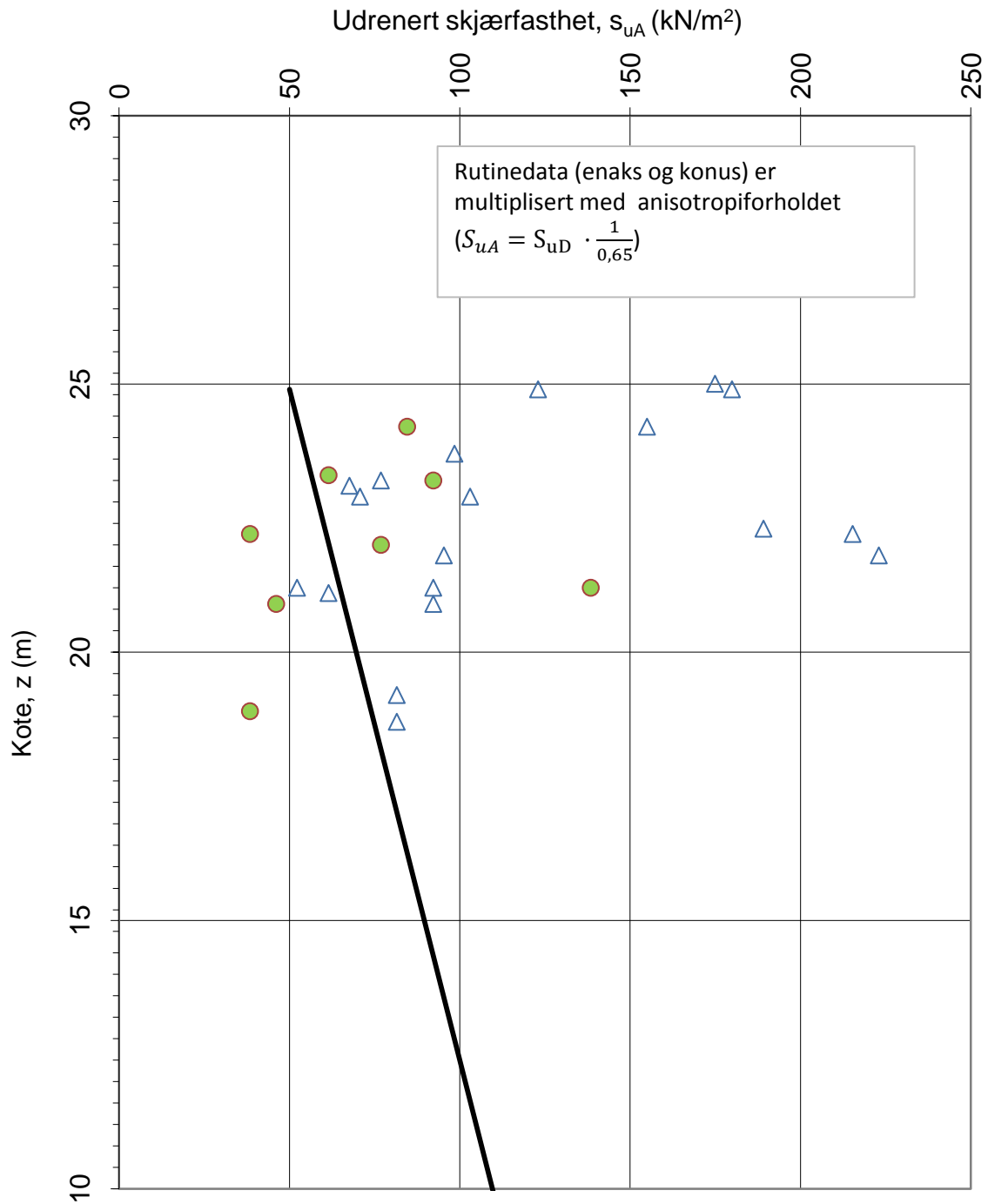
**413839**

TEGN.NR.

**RIG-TEG-252**

REV.

**01**



△  $s_{uA}$ , konus (korrigert)   
 ●  $s_{uA}$ , enaks (korrigert)   
 —  $s_{uA}$ , designlinje BP.3, 7 og 9

Oppdragsgiver:

**Stjørdal kommune**

Oppdrag:

**Bergkunstmuséet**

Tegningens filnavn:

Designlinje Profil C-C

PROFIL C-C, BP. 3, 7 og 9

Aktiv udrenert skjærfasthet  $s_{uA}$ , konus, enaks og valgt designlinje

**Multiconsult**

**MULTICONSULT AS**

Dato:  
23.05.2014

Tegnet:  
ANKS

Kontrollert:  
HAN

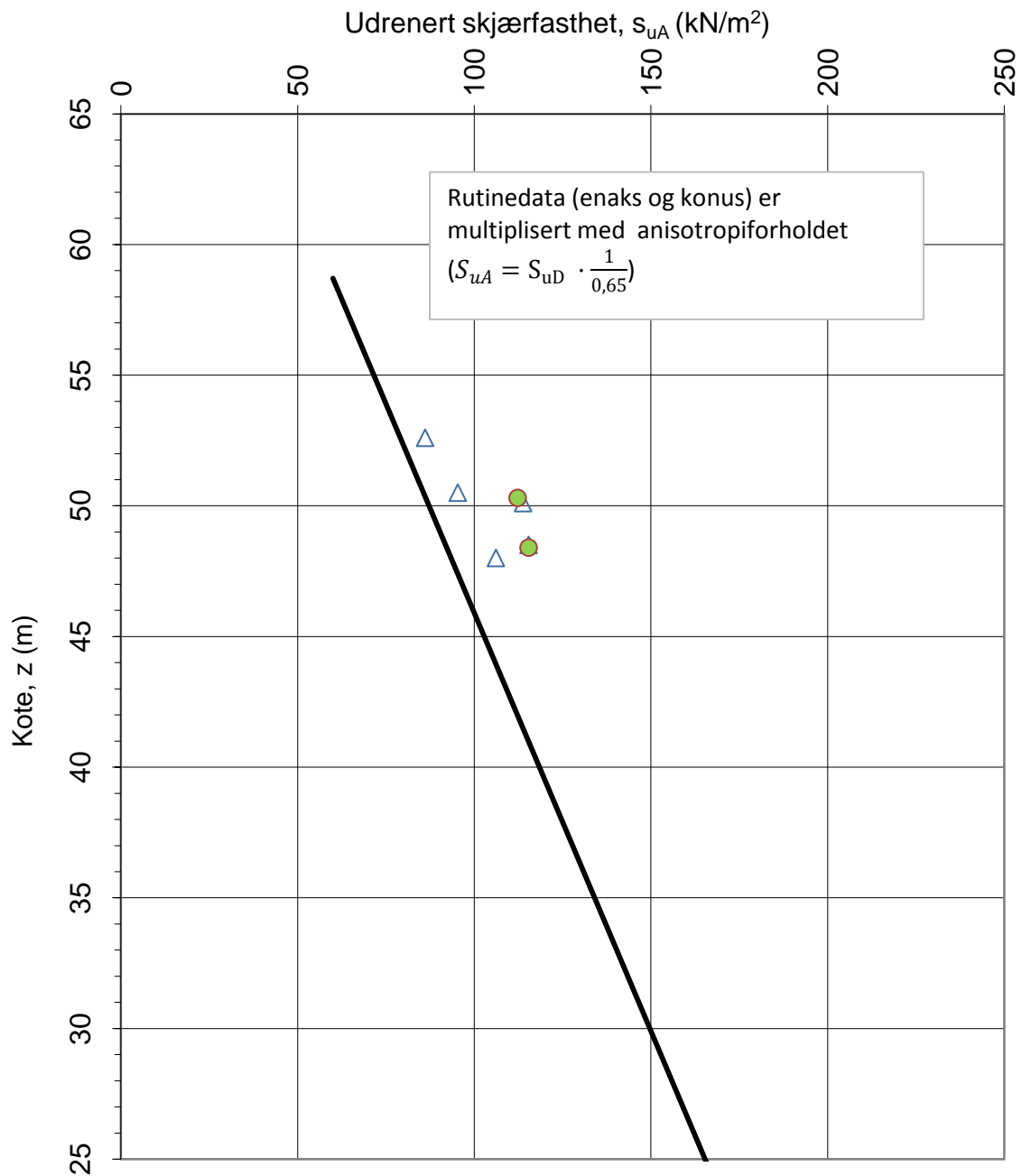
Godkjent:  
ARV

Oppdrag nr.:  
413839

Tegning nr.:  
RIG-TEG-260

Versjon:

Revisjon:



△ suA, konus (korrigert)    
 ● suA, enaks (korrigert)    
 — suA, designlinje BP.21

Oppdragsgiver:

**Stjørdal kommune**

Oppdrag:

**Bergkunstmuséet**

Tegningens filnavn:

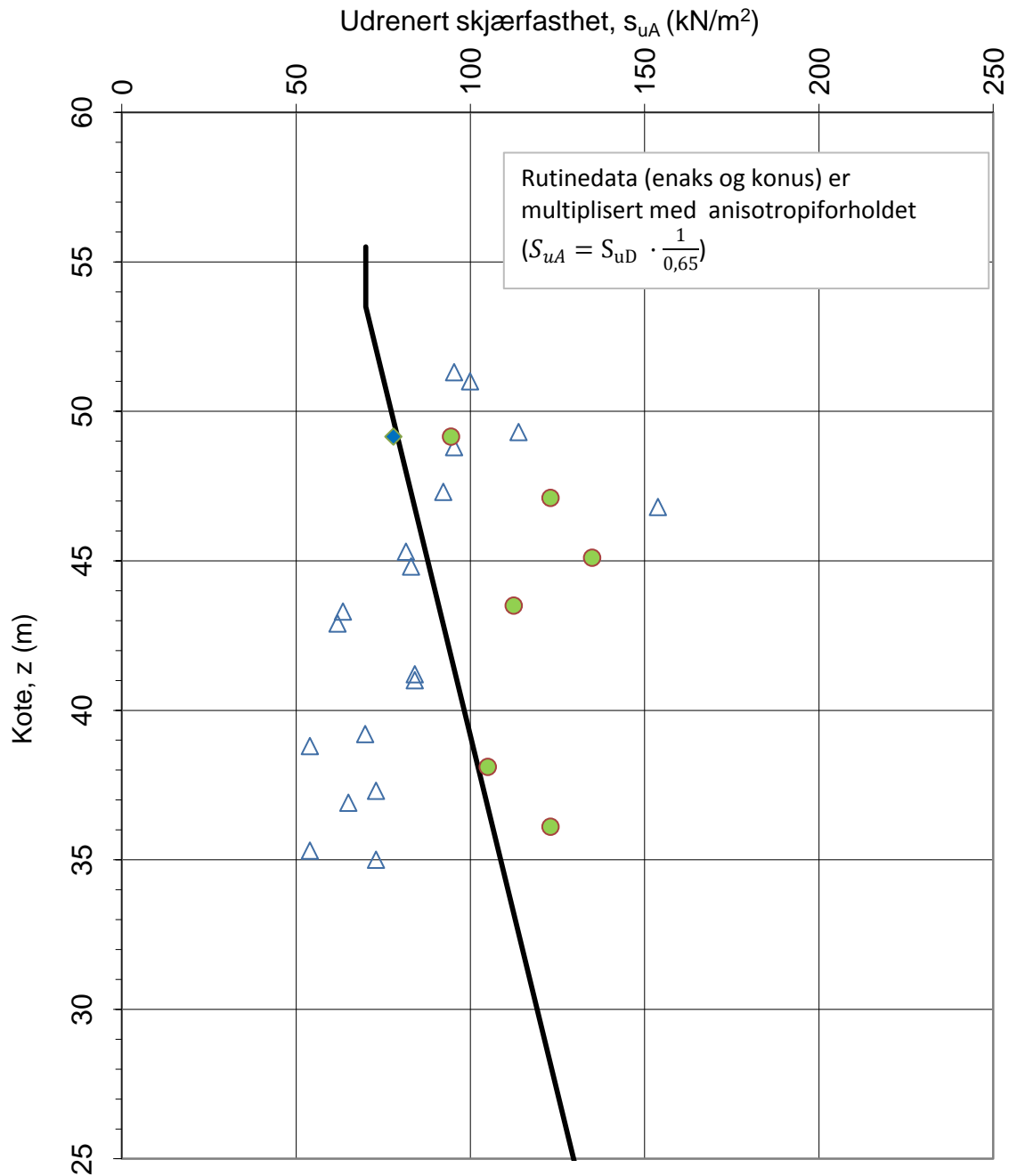
Designlinje Profil C-C BH. 21

Profil C-C, BP. 21

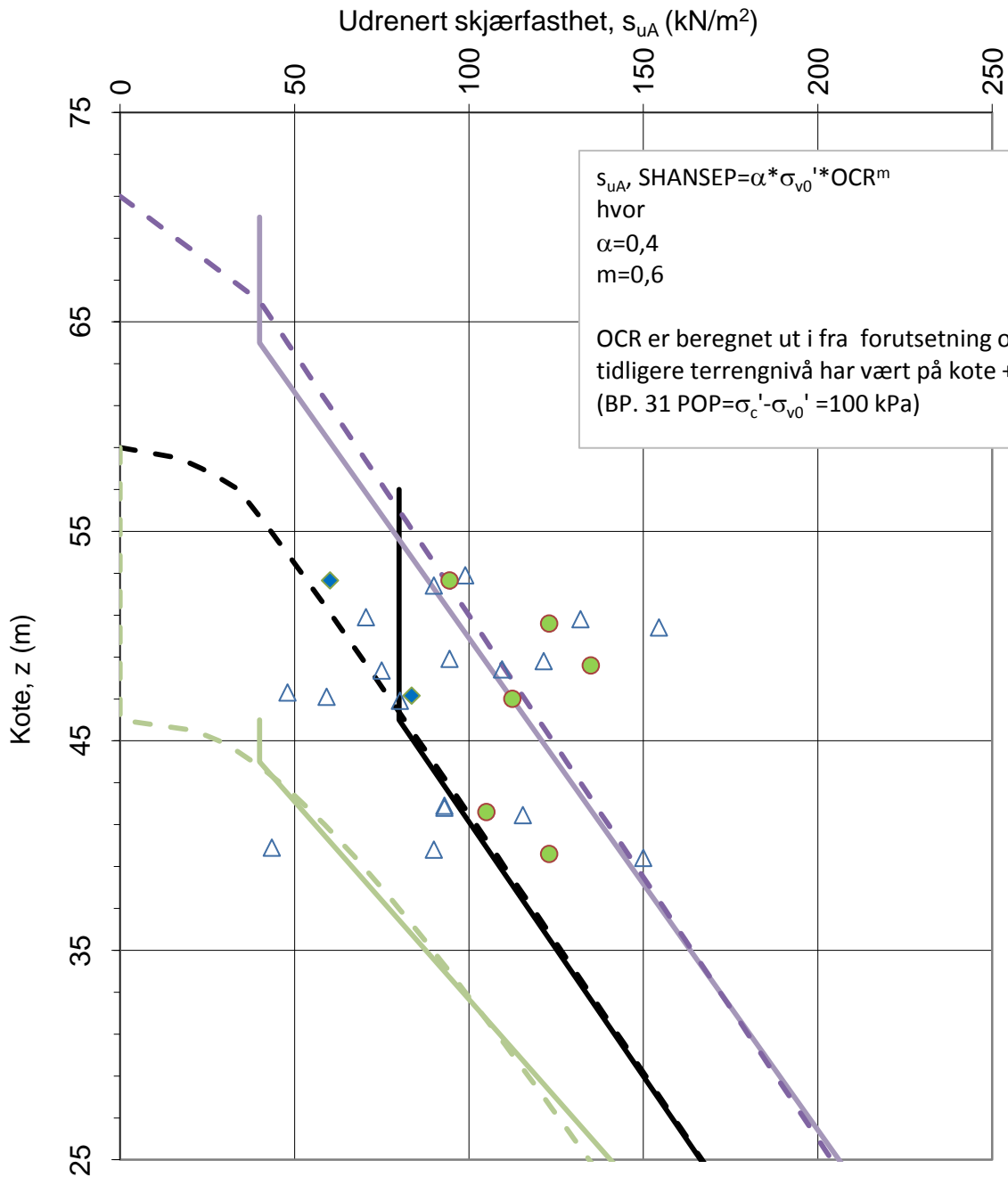
Aktiv udrenert skjærfasthet  $s_{uA}$ , konus og enaks og valgt designlinje

**Multiconsult**

<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 23.05.2014	Tegnet: ANKS	Kontrollert: HAN	Godkjent: ARV
	Oppdrag nr.: 413839	Tegning nr.: RIG-TEG-261	Versjon:	Revisjon:



Oppdragsgiver: <b>Stjørdal kommune</b>		Oppdrag: <b>Bergkunstmuséet</b>		Tegningens filnavn: Designlinje Profil D-D	
PROFIL D-D, BP. 41 Aktiv udrenert skjærfasthet $s_{uA}$ , konus, enaks, treaks og valgt designlinje				<b>Multiconsult</b>	
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 23.05.2014	Tegnet: ANKS	Kontrollert: HAN	Godkjent: ARV	
	Oppdrag nr.: 413839	Tegning nr.: RIG-TEG-262	Versjon:	Revisjon:	



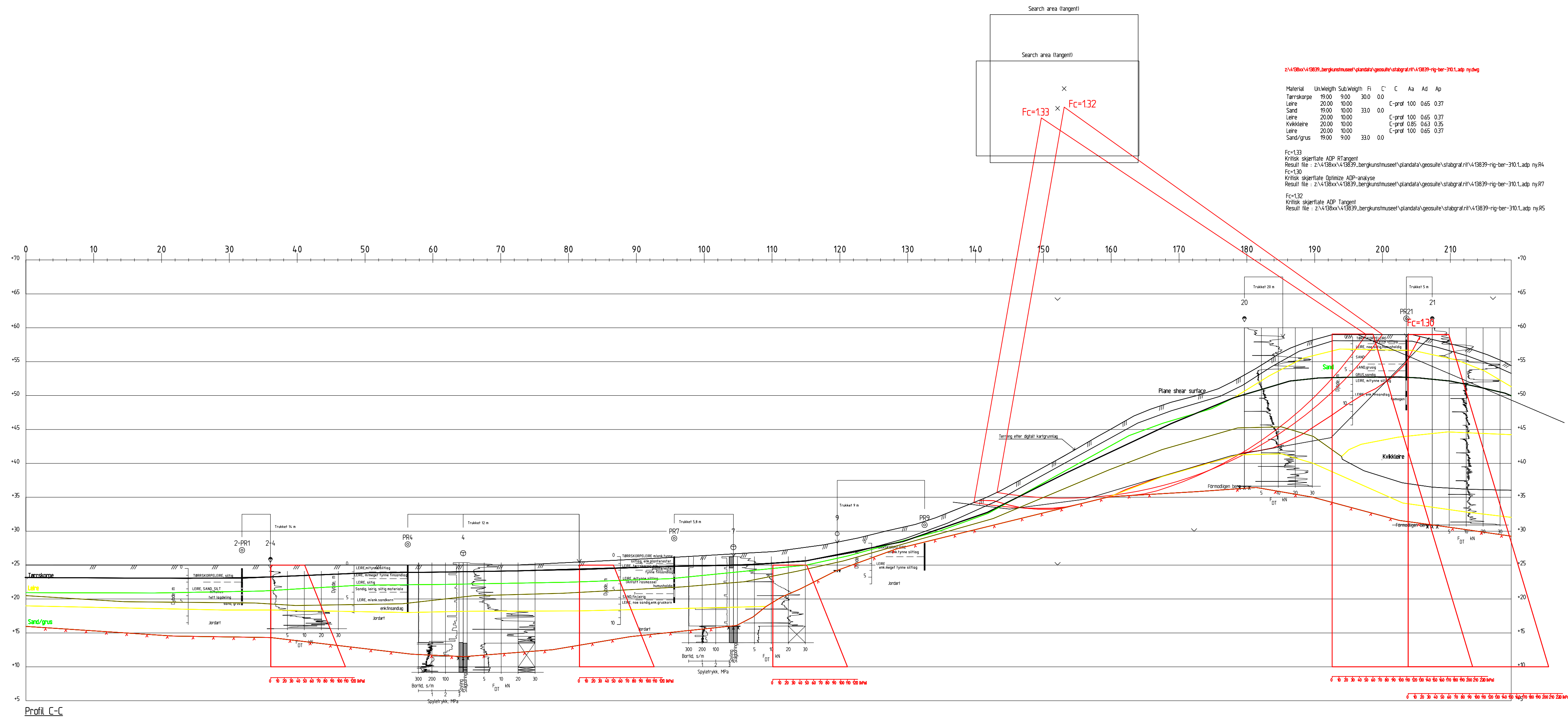
$s_{uA}, SHANSEP = \alpha \cdot \sigma_{v0}' \cdot OCR^m$   
 hvor  
 $\alpha = 0,4$   
 $m = 0,6$   
 OCR er beregnet ut i fra forutsetning om at tidligere terrengnivå har vært på kote +70 (BP. 31 POP =  $\sigma_c' - \sigma_{v0}' = 100$  kPa)

- △ suA, konus (korrigert)
- suA, enaks (korrigert)
- ◆ suA, treaks
- suA, SHANSEP terrenng kote +59,0
- suA, SHANSEP terrenng kote +46
- suA, designlinje Leirfallbekken
- suA, designlinje Trælstadhaugen
- suA, designlinje BP.31
- suA, SHANSEP, terrenng kote +71

Valgte SHANSEP-faktorer  
 $\alpha$  valgt: 0,4  
 $m$  valgt: 0,6

Oppdragsgiver: <b>Stjørdal kommune</b>		Oppdrag: <b>Bergkunstmuséet</b>		Tegningens filnavn: SHANSEP PR H-H.xlsx
PROFIL H-H Aktiv udrenert skjærfasthet $s_{uA}$ , verdier fra SHANSEP-analyse.				<b>Multiconsult</b>
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 22.05.2014	Tegnet: ROS	Kontrollert: HAN	Godkjent: ARV
	Oppdrag nr.: 413839	Tegning nr.: RIG-TEG-263	Versjon:	Revisjon:





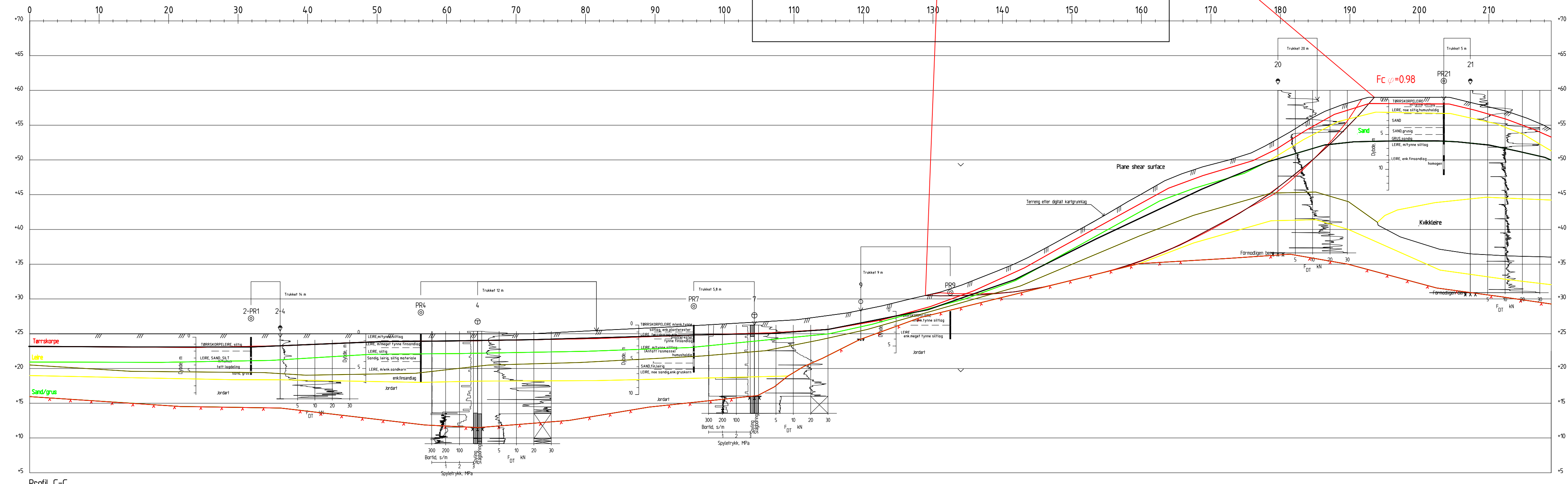
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tagh.	Kontr.	Godkj.
	Stjørdal kommune Bergkunstmusèet, Hegra		Fag Geoteknikk	Kontr. A3L	Format
	Profil C-C Stabilitetsberegning, dagens geometri Udrenert analyse, ADP-beregning		Dato 01.04.2014		Format/Målestokk: 1:400
<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no		Status Oppdragsnr. 413839	Konstr./Tegnet anks RIG-TEG-310.1	Kontrollert ros	Godkjent arv Rev. 00

Fc  $\psi=0.98$

Z:\413839\413839\_bergkunstmusett\plandata\gessuite\stabgraf\1\413839-rij-ber-310.2-af-nyR1  
 Fc=0.98  
 Kritisk skjærfate Rfanger  
 Result file : Z:\413839\413839\_bergkunstmusett\plandata\gessuite\stabgraf\1\413839-rij-ber-310.2-af-nyR1

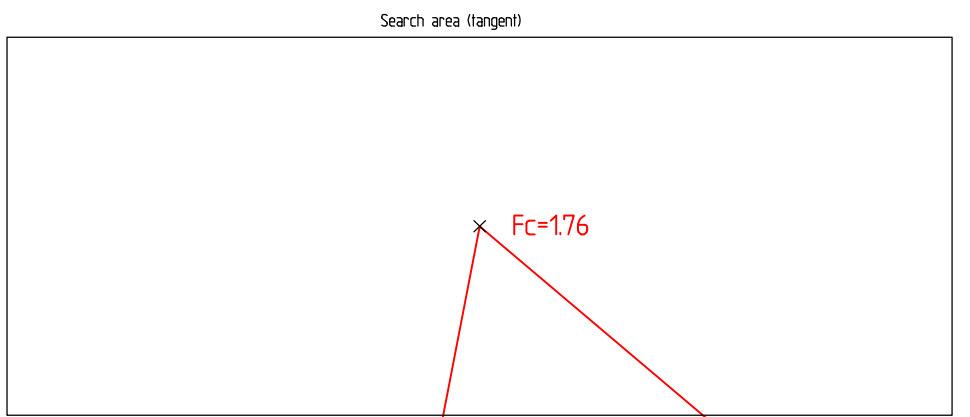
Z:\413839\413839\_bergkunstmusett\plandata\gessuite\stabgraf\1\413839-rij-ber-310.2-af-nyR2  
 Fc=0.98  
 Kritisk skjærfate Optimize  
 Result file : Z:\413839\413839\_bergkunstmusett\plandata\gessuite\stabgraf\1\413839-rij-ber-310.2-af-nyR2

Material	Un	Weight	Sub	Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	99.00	9.00	300	0.0						
Leire	20.00	10.00	288	5.5						
Sand	99.00	9.00	330	0.0						
Leire	20.00	10.00	288	5.5						
Kvikkleire	20.00	10.00	288	2.8						
Leire	20.00	10.00	288	5.5						
Sand/grus	99.00	9.00	330	0.0						



Profil C-C

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Stjørdal kommune Bergkunstmusèet, Hegra		Fag Geoteknikk	Kontr. A3L	Format A3L
	Profil C-C Stabilitetsberegning, dagens geometri Drenert analyse, AFI-beregning	01.04.2014			Format/Målestokk: 1:400
	Multiconsult www.multiconsult.no	Status Oppdragsnr. 413839	Konstr./Tegnet anks	Kontrollert ros	Godkjent arv
		Tegningsnr. RIG-TEG-310.2			Rev. 00

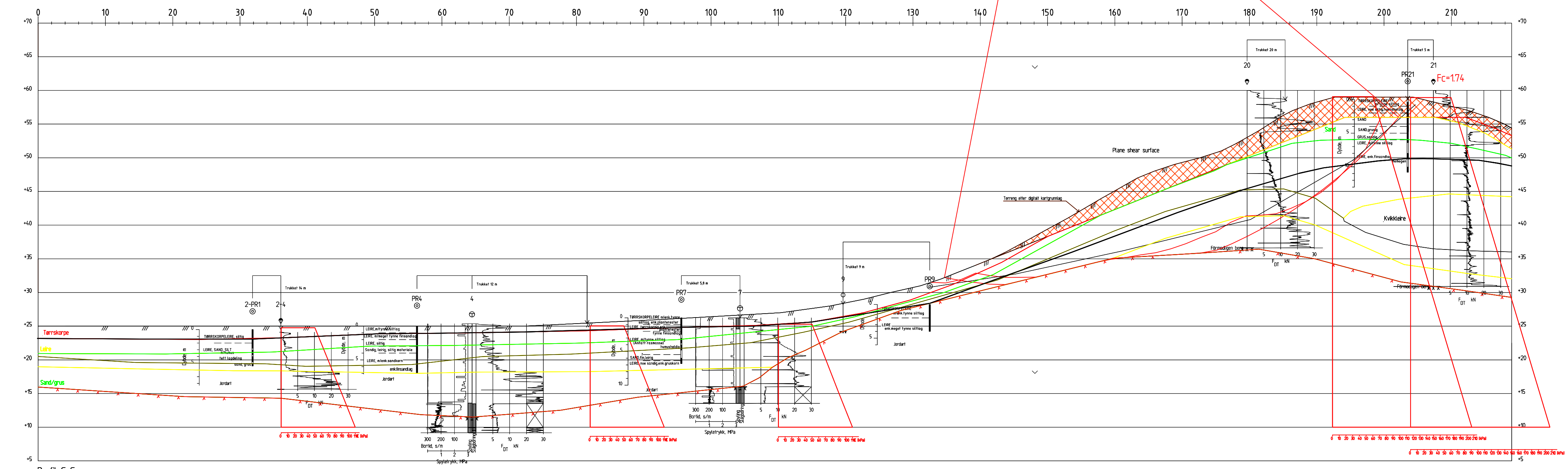


Z:\413839\413839\_bergkunstmusset\plandata\geosule\stabgraf\ri\413839-ri-berg-310.3.adp-ny.dwg

Material	Un	Weight	Sub	Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tærskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0						
Leire	20.00	10.00				C-prof	100	0.65	0.37	
Sand	19.00	9.00	33.0	0.0						
Leire	20.00	10.00				C-prof	100	0.65	0.37	
Kvikkleire	20.00	10.00				C-prof	0.85	0.63	0.35	
Leire	20.00	10.00				C-prof	100	0.65	0.37	
Sand/grus	19.00	9.00	33.0	0.0						

Fc=174  
Kritisk skjærfilte ADP Optimize  
Result file : Z:\413839\413839\_bergkunstmusset\plandata\geosule\stabgraf\ri\413839-ri-berg-310.3.adp-ny.R2

Fc=177  
Kritisk skjærfilte ADP RTangent  
Result file : Z:\413839\413839\_bergkunstmusset\plandata\geosule\STABGRAF\ri\413839-ri-berg-310.3.adp-ny.R1



Profil C-C

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Stjørdal kommune		Fag		Format
	Bergkunstmusset, Hegra		Geoteknikk		A3L
	Profil C-C		Dato		
	Stabilitetsberegning, permanenttilstanden		01.04.2014		
	Udrenert analyse, ADP-beregning		Format/Målestokk:		
			1:400		
Status		Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
Oppdragsnr. 413839		anks	ros	arv	
Tegningsnr. RIG-TEG-310.3				Rev. 00	
www.multiconsult.no					

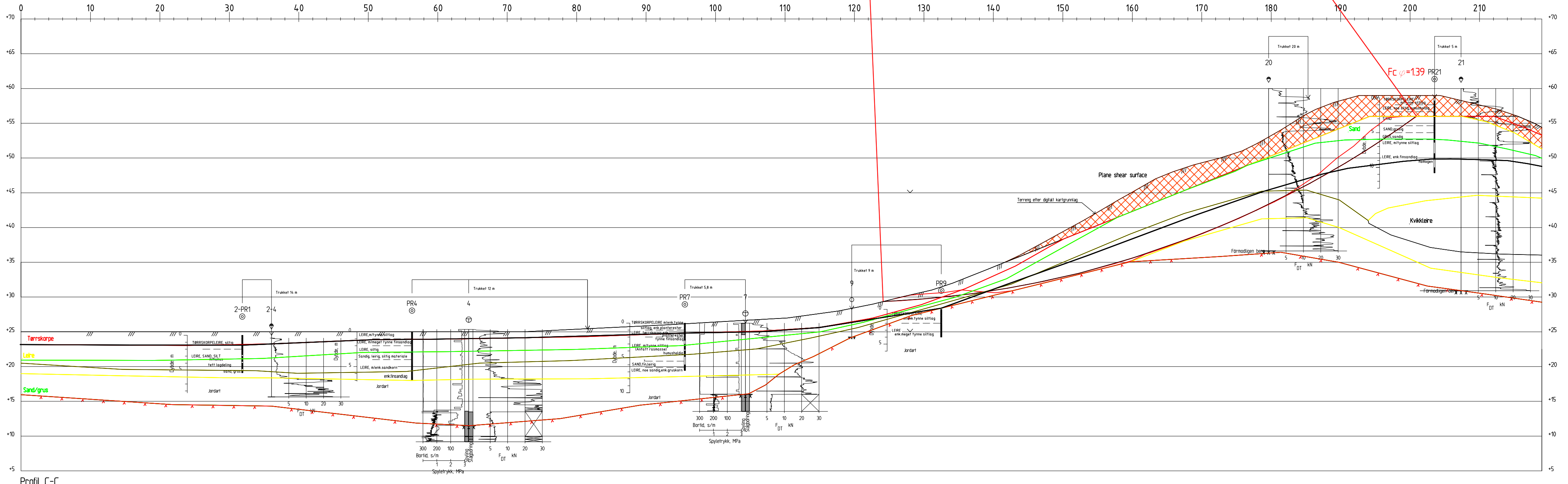
Fc  $\varphi=143$

Z:\413839\Bergkunstmusèet\plandata\geosule\stabgraf\ri\413839-ri-berg-310.4\_afi-Hrak\_1.25.dwg

Fc=143  
Kritisk skjærflate RTangent  
Result file : Z:\413839\Bergkunstmusèet\plandata\geosule\stabgraf\ri\413839-ri-berg-310.4\_afi-Hrak\_1.25R1

Fc=139  
Kritisk skjærflate AFI Optimize  
Result file : Z:\413839\Bergkunstmusèet\plandata\geosule\stabgraf\ri\413839-ri-berg-310.4\_afi-Hrak\_1.25R3

Material	Un Weight	Sub Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tærskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	20.00	10.00	28.8	5.5				
Sand	19.00	19.00	33.0	0.0				
Leire	20.00	10.00	28.8	5.5				
Kvikkleire	20.00	10.00	28.8	2.8				
Leire	20.00	10.00	28.8	5.5				
Sand/grus	19.00	19.00	33.0	0.0				



⊗ Terrengtiltak avlastning

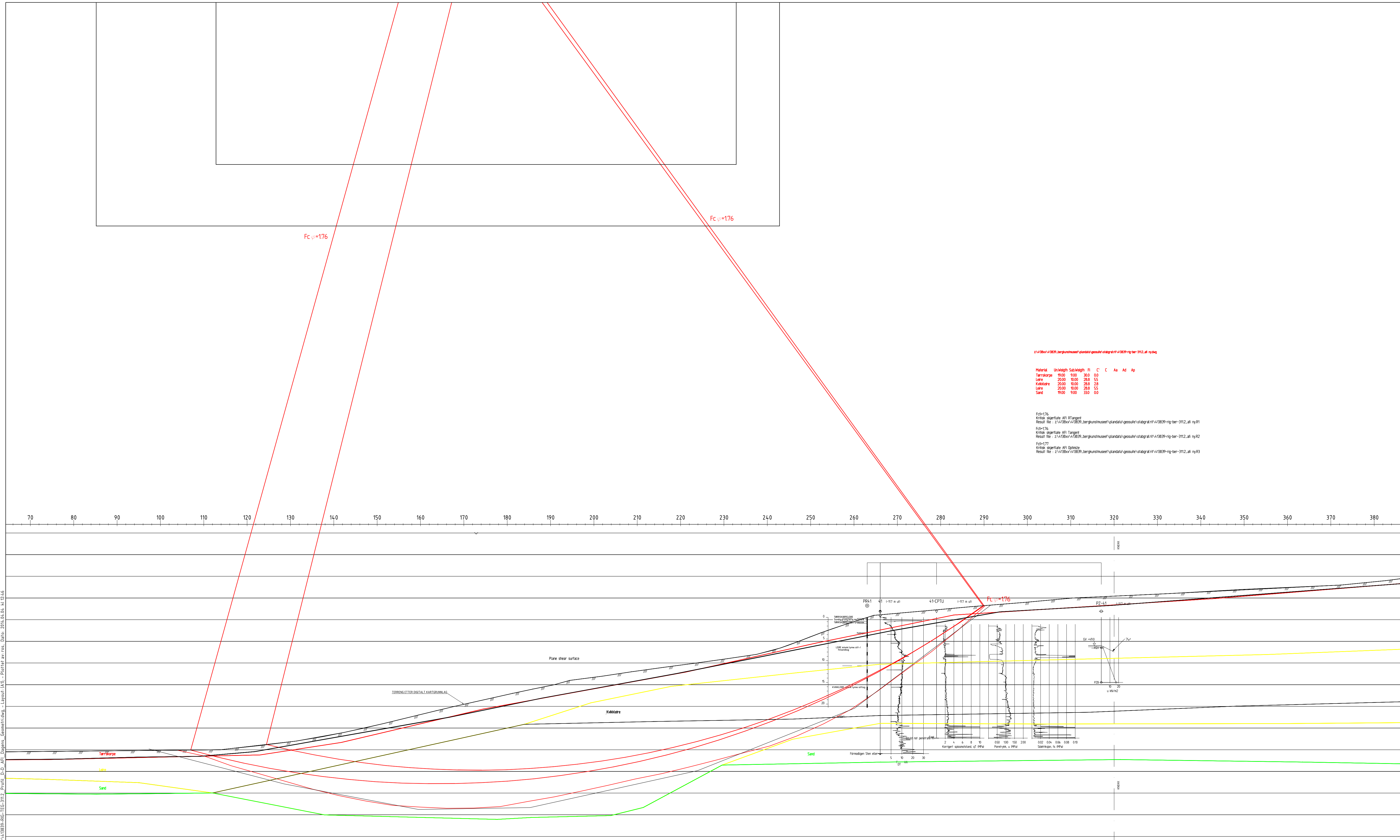
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Stjørdal kommune		Fag		Format
	Bergkunstmusèet, Hegra		Geoteknikk		A3L
	Profil C-C		Dato		01.04.2014
	Stabilitetsberegning, permanenttilstanden		Format/Målestokk:		1:400
	Drenert analyse, AFI-beregning		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
			Oppdragsnr.	ans	ros
			413839	Tegningsnr.	RIG-TEG-310.4
				Godkjent	arv
					Rev.
					00

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no





Z:\15\Box\15839\_Bergkunstmusèet\Plan\1\1\Tegning\Tegning av beregninger\15839-RIG-TEG-311.2\_Profil\_D-D\_AFI\_Dagens\_Geometri\afide... Layout\afide... 2014.04.04 kl 13:16



Z:\15\Box\15839\_Bergkunstmusèet\Plan\1\1\Tegning\Tegning av beregninger\15839-RIG-TEG-311.2\_AFI\_Dagens

Materiale	Unveight	Subveight	H	C	Ca	Ad	Ap
Turf	900	900	30.0	0.0			
Leire	2000	900	28.8	5.5			
Kvikleire	2000	900	28.8	5.5			
Leire	2000	900	28.8	5.5			
Sand	900	900	31.0	0.0			

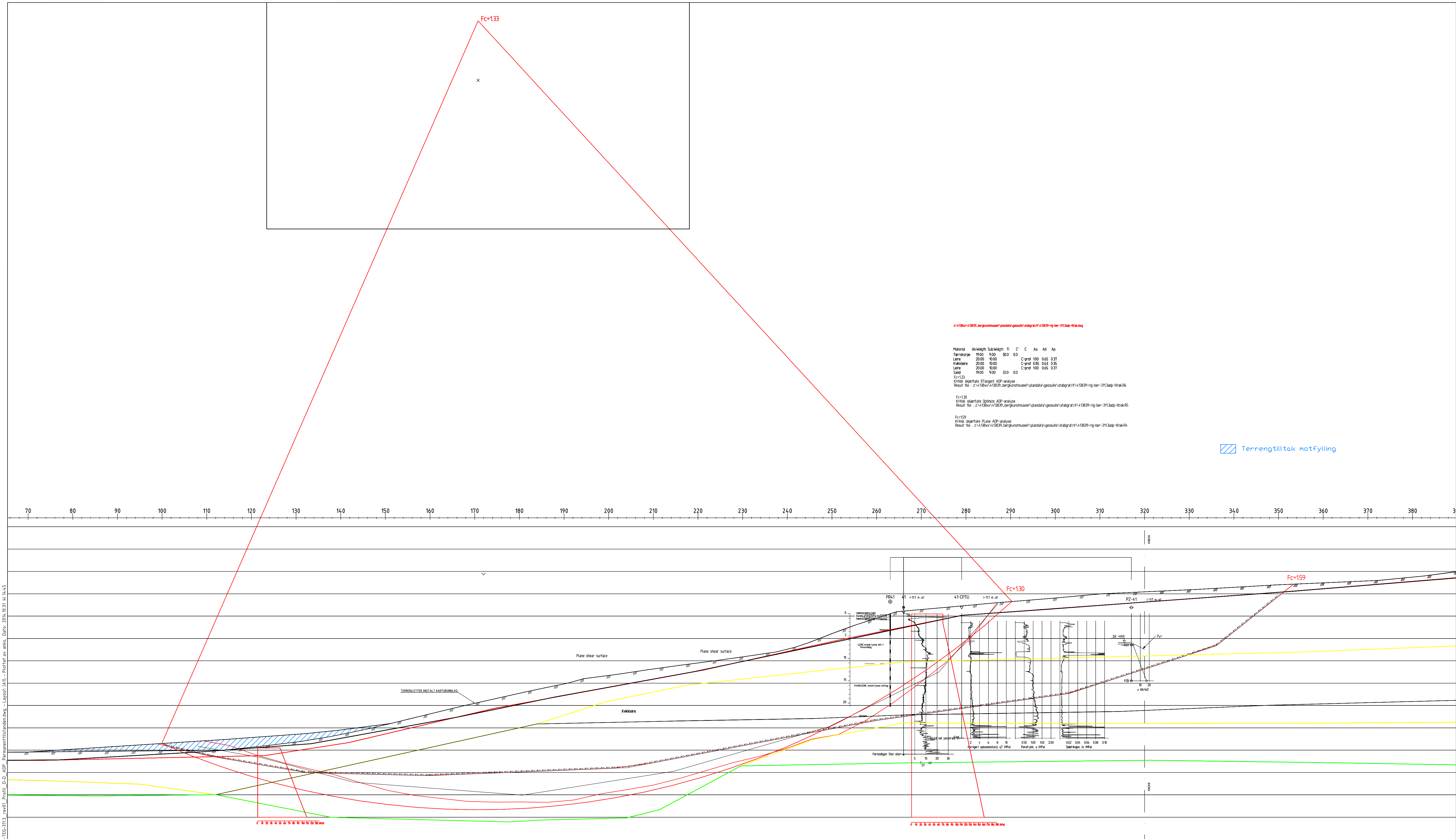
Fc=176  
Kritisk skjefflate AFI Target  
Result file: Z:\15\Box\15839\_Bergkunstmusèet\Plan\1\1\Tegning\Tegning av beregninger\15839-RIG-TEG-311.2\_AFI\_Dagens

Fc=176  
Kritisk skjefflate AFI Target  
Result file: Z:\15\Box\15839\_Bergkunstmusèet\Plan\1\1\Tegning\Tegning av beregninger\15839-RIG-TEG-311.2\_AFI\_Dagens

Fc=177  
Kritisk skjefflate AFI Optimal  
Result file: Z:\15\Box\15839\_Bergkunstmusèet\Plan\1\1\Tegning\Tegning av beregninger\15839-RIG-TEG-311.2\_AFI\_Dagens

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Stjørdal kommune Bergkunstmusèet, Hegra			Formål	A1	
Profil D-D Stabilitetsberegning, dagens geometri Drenert analyse, AFI-beregning			Dato	02.04.2014	
			Format/Målestokk	1:400	
Status		Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
Oppdragsnr.		anks	ros	arv	
www.multiconsult.no		413839	RIG-TEG-311.2	00	

Z:\43839\43839\_Bergkunstmusset\Planada\Tegning\Tegning av beregninger\13839-RIG-TEG-311.3.dwg - Profil D av anks, Date: 2014.10.31 kl. 14.45

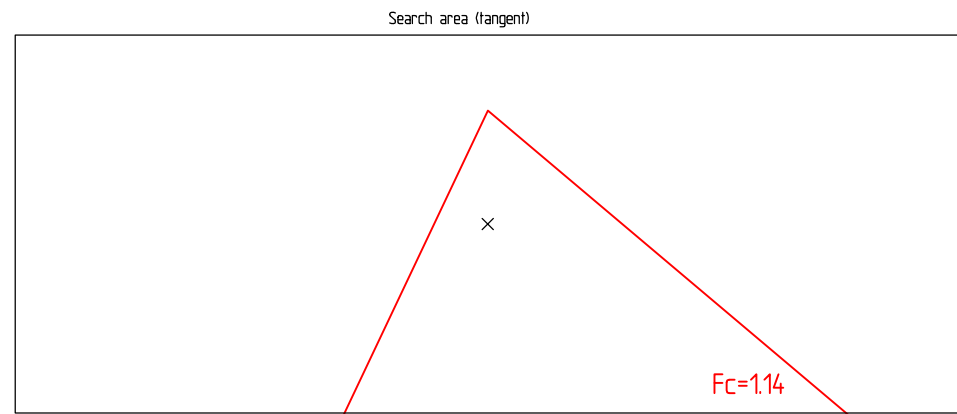


01	Revisjon av beregninger iht. NVEs veileder 7/2014	31.10.2014	anks	ros	arv
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Code
	<b>Stjørdal kommune</b>				Geoteknikk
	<b>Bergkunstmusset, Hegra</b>				A1
	<b>Profil D-D</b>				Dato
	<b>Stabilitetsberegning, permanenttilstanden</b>				31.10.2014
	<b>Udrenert analyse, ADP-beregning</b>				Format/Målestokk
					1:400
<b>Multiconsult</b>		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Utstedt	anks	ros	arv
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
		413839	RIG-TEG-311.3		01





Z:\413839\_Bergkunstmusèet\Plandata\geosule\stabgraf\413839-rig-ber-312.1 adp.dwg - Layout: (A2) - Plottet av: ros, Dato: 2014.04.04 kl. 12:49



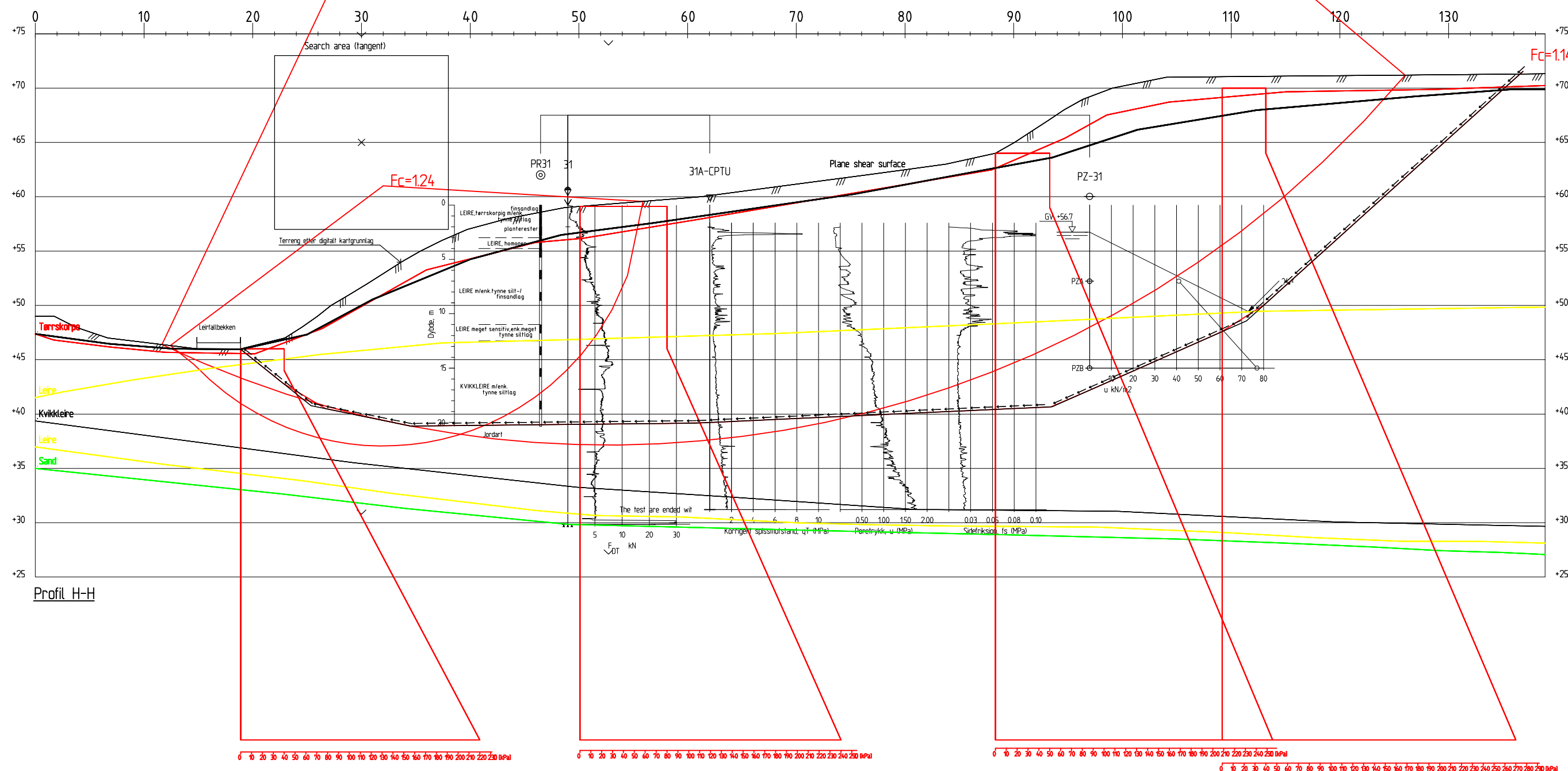
Z:\413839\_Bergkunstmusèet\Plandata\geosule\stabgraf\413839-rig-ber-312.1 adp.dwg

Material	Un.Weight	Sub.Weight	F <sub>i</sub>	C	C	A <sub>a</sub>	A <sub>d</sub>	A <sub>p</sub>
Tærskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	20.00	10.00		C-prof	1.00	0.65	0.37	
Kvikkleire	20.00	10.00		C-prof	0.85	0.63	0.35	
Leire	20.00	10.00		C-prof	1.00	0.65	0.37	
Sand	19.00	9.00	33.0	0.0				

Fc=1.14  
 Kritisk skjærfalte ADP RTangent  
 Result file : Z:\413839\_Bergkunstmusèet\Plandata\geosule\stabgraf\413839-rig-ber-312.1 adp.R1

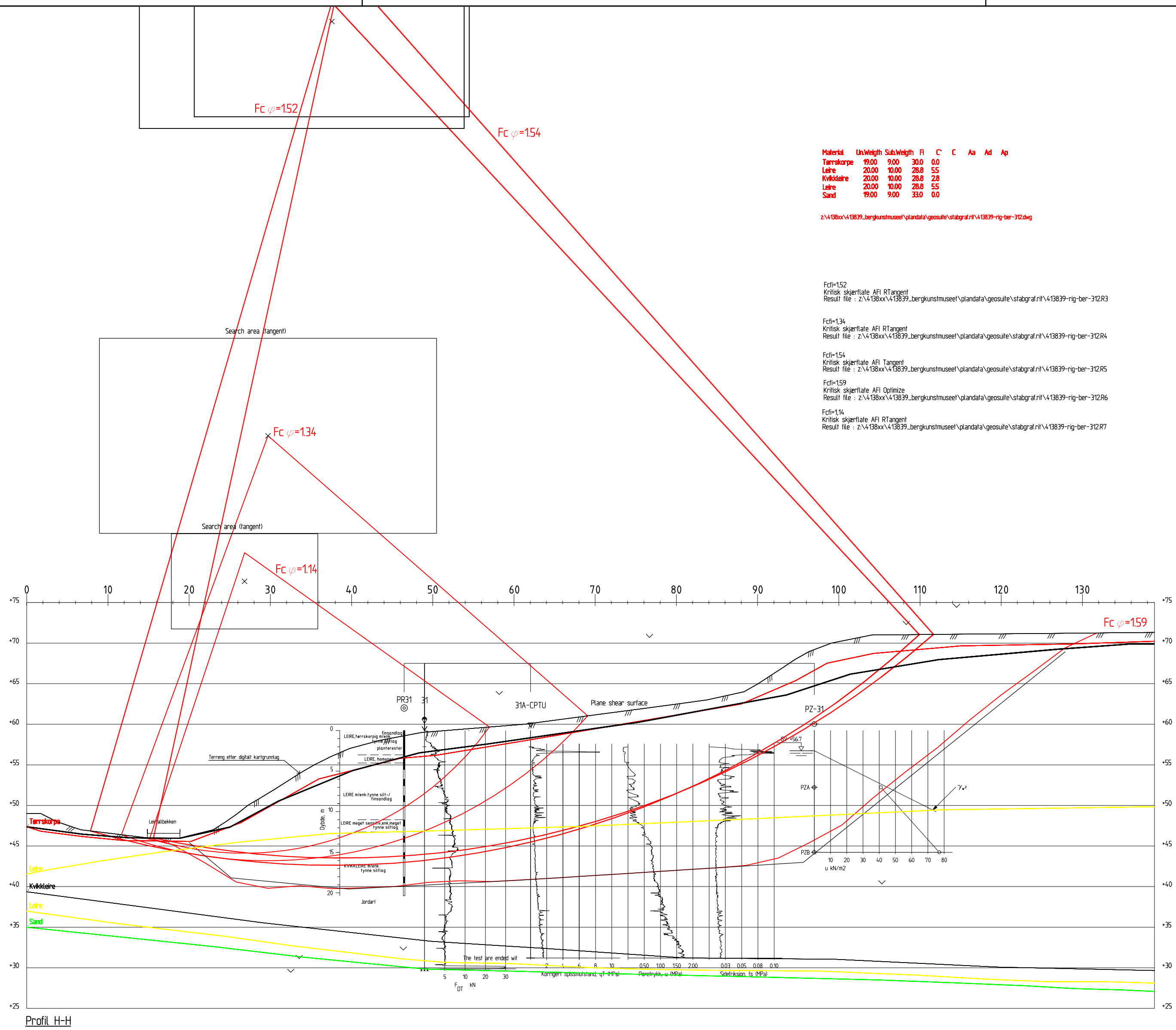
Fc=1.24  
 Kritisk skjærfalte ADP Tangent  
 Result file : Z:\413839\_Bergkunstmusèet\Plandata\geosule\stabgraf\413839-rig-ber-312.1 adp.R2

Fc=1.14  
 Kritisk skjærfalte ADP Plane  
 Result file : Z:\413839\_Bergkunstmusèet\Plandata\geosule\stabgraf\413839-rig-ber-312.1 adp.R5



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Stjørdal kommune		Fag		Format
	Bergkunstmusèet, Hegra		Geoteknikk		A2
		Dato			
		01.04.2014			
	Profil H-H		Format/Målestokk:		
	Stabilitetsberegning, dagens geometri		1:400		
	Udrenert analyse, ADP-beregning				
	<b>Multiconsult</b>	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	www.multiconsult.no	Oppdragsnr.	anks	ros	arv
		413839	Tegningsnr.		
			RIG-TEG-312.1		
					Rev.
					00

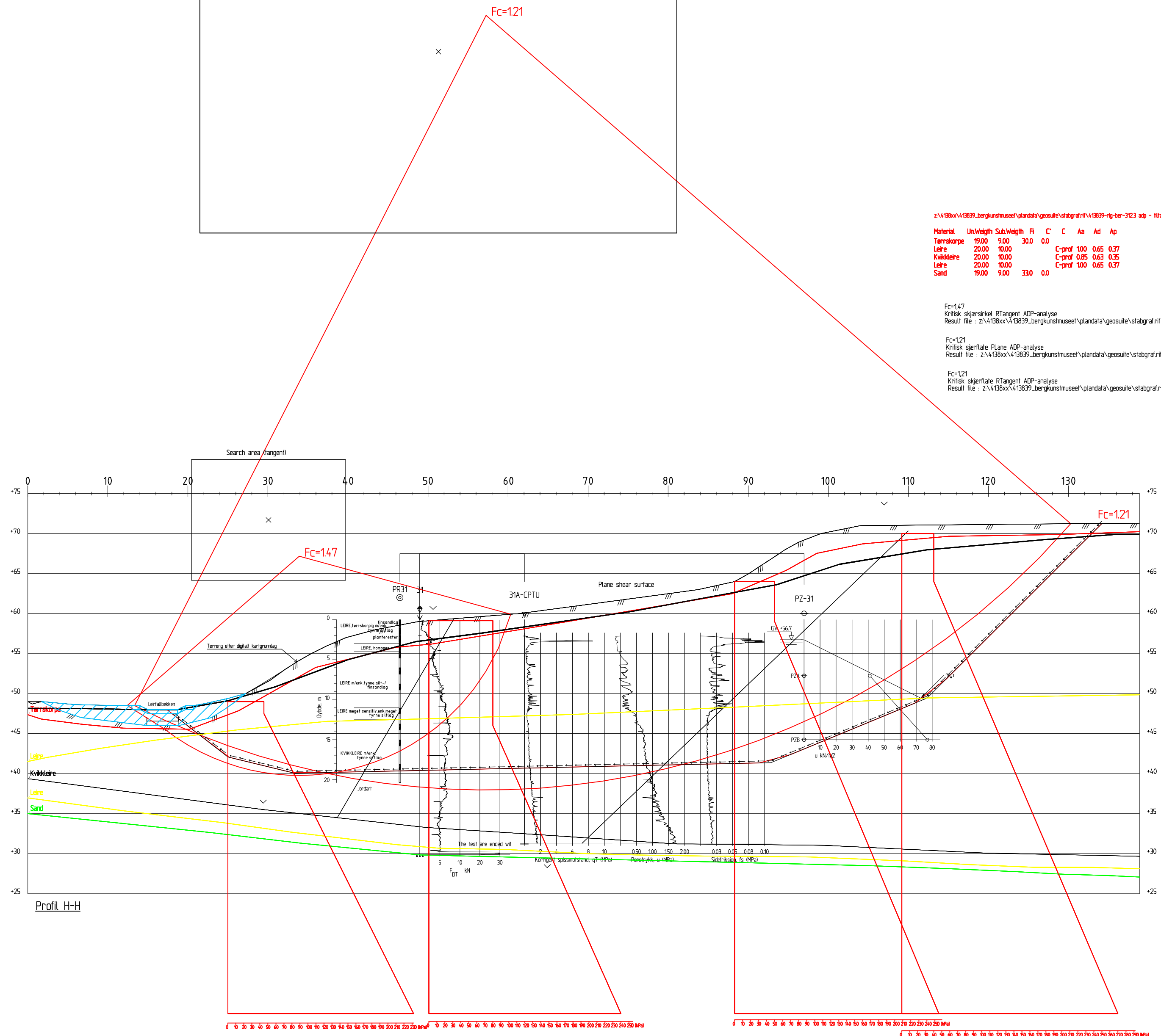
Z:\413839\_Bergkunstmusèet\Plandata\Tegning\Tegning av bergsinger\413839-RIG-TEG-312.2\_Profil\_H-H\_AFI\_Dagens\_Geometri.dwg - Layout: (A2) - Plottet av: ros, Dato: 2014.04.04 kl. 12:49



Profil H-H

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Stjørdal kommune		Fag		Format
	Bergkunstmusèet, Hegra		Geoteknikk		A2
		Dato			
		01.04.2014			
	Profil H-H	Format/Målestokk:			
	Stabilitetsberegning dagens geometri	1:400			
	Drenert analyse, AFI-beregning				
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	anks	ros	arv
		413839	Tegningsnr.		Rev.
			RIG-TEG-312.2		00

Z:\4138xx\413839\_Bergkunstmuséet\planda\data\Tegning\Tegning av bergninger\413839-RIG-TEG-312.3\_rev01\_Profil\_H-H\_ADP\_Permanenttilstanden.dwg - Plottet av: anks, Dato: 2014.10.31 kl. 16:48



Z:\4138xx\413839\_Bergkunstmuséet\planda\data\geosuite\stabgraf\413839-rig-ber-312.3 adp - Nitak.dwg

Material	Un.Weight	Sub.Weight	F	C	C	Aa	Ad	Ap
Tærskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	20.00	10.00		C-prof	1.00	0.65	0.37	
Kvikkleire	20.00	10.00		C-prof	0.85	0.63	0.35	
Leire	20.00	10.00		C-prof	1.00	0.65	0.37	
Sand	19.00	9.00	33.0	0.0				

Fc=147  
Kritisk skjærsirkel RTangent ADP-analyse  
Result file : Z:\4138xx\413839\_Bergkunstmuséet\planda\data\geosuite\stabgraf\413839-rig-ber-312.3 adp - NitakR12

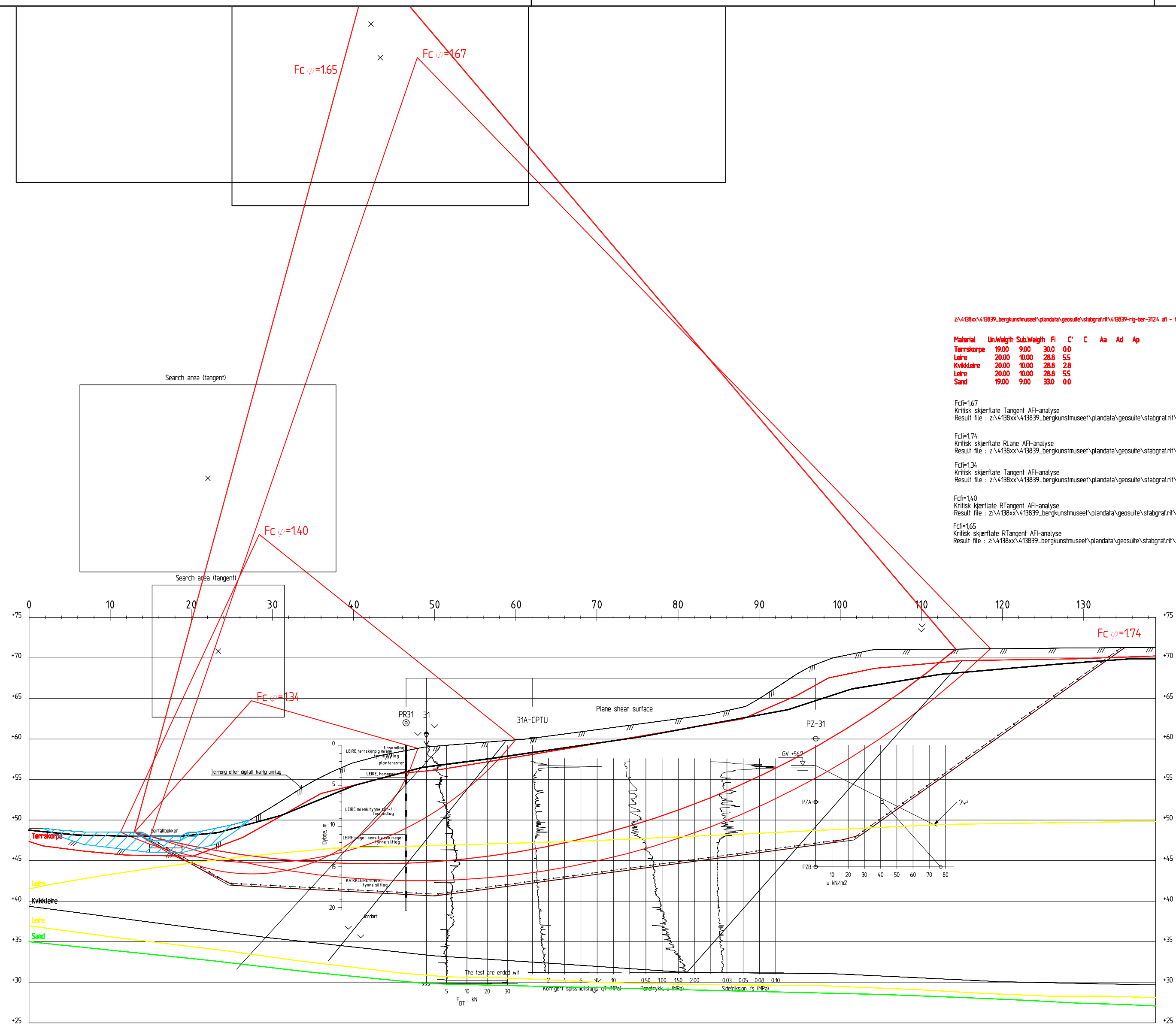
Fc=121  
Kritisk skjærsirkel Plane ADP-analyse  
Result file : Z:\4138xx\413839\_Bergkunstmuséet\planda\data\geosuite\stabgraf\413839-rig-ber-312.3 adp - NitakR11

Fc=121  
Kritisk skjærsirkel RTangent ADP-analyse  
Result file : Z:\4138xx\413839\_Bergkunstmuséet\planda\data\geosuite\stabgraf\413839-rig-ber-312.3 adp - NitakR10

Terrengtiltak motfylling

01	Reviderte beregninger etter NVEs veileder 7/2014	31.10.2014	anks	ros	arv
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Stjørdal kommune Bergkunstmuséet, Hegra			Fag Geoteknikk	Format A2	Dato 31.10.2014
Profil H-H Stabilitetsberegning, permanenttilstanden Udrenert analyse, ADP-beregning			Format/Målestokk: 1:400		
Multiconsult www.multiconsult.no		Status Utsendt Oppdragsnr. 413839	Konstr./Tegnet anks	Kontrollert ros	Godkjent arv
Tegningsnr. RIG-TEG-312.3			Rev. 01		

Z:\4138xx\413839\_Bergkunstmuséet\Plandata\Tegning\Tegning av berging\413839-RIG-TEG-312.4\_rev01\_Profil\_H-H\_AFI Permanenttilstanden.dwg - Layout: (A2) - Plottet av anks, Dato: 2014.10.31 kl. 14:49



Z:\4138xx\413839\_Bergkunstmuséet\Plandata\geosuite\stabgraf\413839-rig-ber-312.4 afi - titak.dwg

Material	UnWeigh	SubWeigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Terskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	20.00	10.00	28.8	5.5				
Kvikkleire	20.00	10.00	28.8	2.8				
Leire	20.00	10.00	28.8	5.5				
Sand	19.00	9.00	33.0	0.0				

- Fcf=1.67  
Kritisk skjærfilte Tangent AFI-analyse  
Result file : Z:\4138xx\413839\_Bergkunstmuséet\Plandata\geosuite\stabgraf\413839-rig-ber-312.4 afi - titakR18
- Fcf=1.74  
Kritisk skjærfilte RLine AFI-analyse  
Result file : Z:\4138xx\413839\_Bergkunstmuséet\Plandata\geosuite\stabgraf\413839-rig-ber-312.4 afi - titakR19
- Fcf=1.34  
Kritisk skjærfilte Tangent AFI-analyse  
Result file : Z:\4138xx\413839\_Bergkunstmuséet\Plandata\geosuite\stabgraf\413839-rig-ber-312.4 afi - titakR20
- Fcf=1.40  
Kritisk skjærfilte RTangent AFI-analyse  
Result file : Z:\4138xx\413839\_Bergkunstmuséet\Plandata\geosuite\stabgraf\413839-rig-ber-312.4 afi - titakR21
- Fcf=1.65  
Kritisk skjærfilte RTangent AFI-analyse  
Result file : Z:\4138xx\413839\_Bergkunstmuséet\Plandata\geosuite\stabgraf\413839-rig-ber-312.4 afi - titakR22

Terrengtiltak motfylling

Profil H-H

01	Reviderte beregninger etter NVEs veileder 7/2014	31.10.2014	anks	ros	arv
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Stjørdal kommune Bergkunstmuséet, Hegra			Fag Geoteknikk	Format A2	
Profil H-H Stabilitetsberegning, permanenttilstanden Drenert analyse, AFI-beregning			Dato 31.10.2014	Format/Målestokk: 1:400	
 www.multiconsult.no		Status Utsendt Oppdragsnr. 413839	Konstr./Tegnet anks	Kontrollert ros	Godkjent arv
Tegningsnr. RIG-TEG-312.4			Rev. 01		

## Vedlegg 1

## 1 Skadekonsekvensklasse

Tabell 1 Grunnlag for evaluering av skadekonsekvensklasse

Faktorer	Vekttall	Skadekonsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligenheter, antall	4	Tett>5	Spredt>5	Spredt<5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	> 50	10-50	<10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1001	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
<b>Sum poeng</b>		<b>45</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>0</b>
<b>% av maksimal poengsum</b>		<b>100 %</b>	<b>67 %</b>	<b>33 %</b>	<b>0 %</b>

Skadekonsekvensklassene er delt inn i tre klasser iht. [3]:

- Skadekonsekvensklasse mindre alvorlig: Poengverdi fra 0 til 6
- Skadekonsekvensklasse alvorlig: Poengverdi 7 til 22
- Skadekonsekvensklasse meget alvorlig: Poengverdi 23 til 45

Tabell 2 Skadekonsekvensvaluering for 622 Trælstad kvikkleiresone utført iht.[3].

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Boligenheter, antall	4	2	8	Spredt gårdsbebyggelse både i og i utløpssonen for et evt. kvikkleireskred.
Næringsbygg, personer	3	3	9	Museumsbygg samt fjøs og annen gårdsvirksomhet i tillegg til helleristningsfeltet.
Annen bebyggelse, verdi	1	1	1	Fjøs og andre gårdsbygninger hvor det normalt ikke oppholder seg mennesker.
Vei, ÅDT	2	2	4	ÅDT for E14 er 1478 (kilde.www.vegvesen.no).
Toglinje, baneprioritet	2	0	0	Toglinje er ikke i utløpssonen til et evt. kvikkleireskred.
Kraftnett	1	1	1	Brudd på kraftnettet kan påvirke distribusjonsnettet.
Oppdemning/flom	2	1	2	Liten sannsynlighet for oppdemning.
<b>Poengverdi</b>			<b>25</b>	<b>Gir skadekonsekvensklasse "Meget alvorlig"</b>

Tabell 3 Skadekonsekvensevaluering for kvikkleiresone Trælstad øst utført iht.[3].

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Boligheter, antall	4	2	8	Spredt gårdsbebyggelse både i og i utløpssonen for et evt. kvikkleireskred.
Næringsbygg, personer	3	3	9	Museumsbygg samt fjøs og annen gårdsvirksomhet i tillegg til helleristningsfeltet.
Annen bebyggelse, verdi	1	1	1	Fjøs og andre gårdsbygninger hvor det normalt ikke oppholder seg mennesker..
Vei, ÅDT	2	2	4	ÅDT for E14 er 1478 (kilde.www.vegvesen.no).
Toglinje, baneprioritet	2	0	0	Toglinje er ikke i utløpssonen til et evt. kvikkleireskred.
Kraftnett	1	1	1	Brudd på kraftnettet kan påvirke distribusjonsnettet.
Oppdemning/flom	2	1	2	Liten sannsynlighet for oppdemning.
<b>Poengverdi</b>			<b>25</b>	<b>Gir skadekonsekvensklasse "Meget alvorlig"</b>

## 2 Faregradsklasse

Tabell 4 Grunnlag for evaluering av faregrad, hentet fra [5]

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidl. skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	> 30	20 - 30	15 - 20	< 15
Tidligere/ nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0 – 1,2	1,2 – 1,5	1,5 – 2,0	> 2,0
Poretrykk Overtrykk, kPa	+3	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk
Undertrykk, kPa	-3	> -50	-(20 – 50)	-(0 – 20)	
Kvikkleiremektighet	2	> H/2	H/2 – H/4	< H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	> 100	30 - 100	20 - 30	< 20
Erosjon	3	Aktiv/ glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep Forverring	+3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
<b>Sum poeng</b>		<b>51</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>0</b>
<b>% av maksimal poengsum</b>		<b>100 %</b>	<b>67 %</b>	<b>33 %</b>	<b>0 %</b>

Faregradsklassene er inndelt i tre faresoner iht. [5]:

- Faregradsklasse lav: Poengverdi fra 0 til 17
- Faregradsklasse middels: Poengverdi 18 til 25
- Faregradsklasse høy: Poengverdi 26 til 51

Tabell 5 Faregradsevaluering av antatt mest kritiske del av faresonen, for kvikkleiresone 622 Trælstad, utført iht. [5]

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	2	2	Vi er kjent med at det har vært noe skredaktivitet innenfor sonen tidligere.
Skråningshøyde	2	3	6	Total høydeforskjell fra Trælstadhaugen vest for BP. 1-96 (kote +77,9) øverst i sonen til flatt platå på kote +25 er ca. 50 m.
OCR	2	1	2	Basert på tolking av CPTU-sonderinger og ødometerforsøk vurderes området å være noe overkonsolidert til godt overkonsolidert, med <i>POP</i> 100-500 kPa høyere enn dagens effektivspenninger. <i>OCR</i> vurderes å ligge i området 1,3 til større enn 2,0.
Poretrykk	3/-3	1	-3	Poretrykksmålinger indikerer poreundertrykk i de høyereliggende områdene.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	I BP.1-96 er mektigheten av kvikke/sensitive masser vurdert å være mer enn 40 m, dvs. innenfor >H/2.
Sensitivitet	1	3	3	Sensitiviteten i kvikkeleira er for enkeltprøver målt til mellom $S_t$ = 300 og 400.
Erosjon	3	3	9	Langs sørøstlige deler av kvikkleiresonen går det to bekker som møtes og blir til én bekk. Bekken eroderer aktivt og kan flere steder observere aktiv glidning.
Inngrep	3/-3	0 (3)	0 (-9)	Det er tidligere utført jordbruksplanering i østre del av området. Samtidig er deler av området rundt bekkene avskoget. Da det er vanskelig å dokumentere forbedring/forverring, velger vi å være konservative og legge inn score 0.  Det planlegges lokalt noe utlegging av motfylling i ravinedaler/heving av bekkeløp. Tiltakene vurderes å gi en stor forbedring.
<b>Poengverdi</b>			<b>25 (16)</b>	<b>Gir faregradsklasse "Middels" før tiltak Gir faregradsklasse "Lav" etter tiltak</b>

Tabell 6 Faregradsevaluering av antatt mest kritiske del av faresonen, for kvikkleirsone Trælstad øst, utført iht. [5]

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	2	2	Vi er kjent med at det har vært noe skredaktivitet innenfor sonen tidligere.
Skråningshøyde	2	3	6	Total høydeforskjell fra Leirbakken/Nygård ved BP. 42 (kote +62,3) øverst i sonen til flatt platå på kote 25 er ca. 40 m.
OCR	2	1	2	Basert på tolking av CPTU-sonderinger og ødometerforsøk vurderes området å være noe overkonsolidert til godt overkonsolidert, med <i>POP</i> 100-500 kPa høyere enn dagens effektivspenninger. <i>OCR</i> vurderes å ligge i området 1,3 til større enn 2,0.
Poretrykk	3/-3	1	-3	Poretrykksmålinger indikerer poreundertrykk i de høyereliggende områdene.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	I BP.36 er mektigheten av kvikke/sensitive masser vurdert å være mer enn 30 m, dvs. innenfor >H/2.
Sensitivitet	1	3	3	Sensitiviteten i kvikkeleira er for enkeltprøver målt til mellom $S_t$ = 100 og 500.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Erosjon	3	3	9	Nordvest i kvikkleirsona går det to bekker som møtes og blir til én bekk. Bekken eroderer aktivt og kan flere steder observere aktiv glidning.
Inngrep	3/-3	0 (3)	0 (-9)	Det er tidligere utført jordbruksplanering i midtre deler av sona. Samtidig er deler av området rundt bekkene avskoget. Da det er vanskelig å dokumentere forbedring/forverring, velger vi å være konservative og legge inn score 0.  Det planlegges lokalt noe utlegging av motfylling i ravinedaler/heving av bekkeløp. Videre planlegges det nedplanering av terrenget. Tiltakene vurderes å gi en stor forbedring.
Poengverdi			<b>25 (16)</b>	<b>Gir faregradsklasse "Middels" før tiltak Gir faregradsklasse "Lav" etter tiltak</b>

### 3 Risikoklasse

#### Risikoklasse for kvikkleiresone 622 Trælstad:

- For dagens situasjon før tiltak klassifiseres sona i Risikoklasse 4 (tallverdi 2724)
- For situasjon etter tiltak klassifiseres sona i Risikoklasse 3 (tallverdi 1746)

#### Risikoklasse for kvikkleiresone Trælstad øst:

- For dagens situasjon før tiltak klassifiseres sona i Risikoklasse 4 (tallverdi 2724)
- For situasjon etter tiltak klassifiseres sona i Risikoklasse 3 (tallverdi 1746)



## Vedlegg 2

### 1 Sikkerhetsprinsipper

#### 1.1 Normativt grunnlag for geoteknisk vurdering

Gjeldende regelverk legges til grund for prosjektering, og for geoteknisk prosjektering gjelder da:

- Teknisk forskrift, TEK 10 § 7 og § 10
- NVEs retningslinjer nr. 2/2011 [1]
- NVEs veileder nr. 7/2014 [18]
- NS-EN 1990-1:2002 + NA:2008 (Eurokode 0) [16] (Generelle regler)
- NS-EN 1997-1:2004 + NA:2008 (Eurokode 7) [17] (Geoteknikk)

I tillegg, og i den grad de er relevante, anbefales følgende veiledninger benyttet:

- Statens vegvesen (SVV), Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, 6. utgave, juni 2010
- Statens vegvesen (SVV), Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skrånninger, revidert 2014

Eventuelle erfaringsparametere vil bli hentet fra Statens vegvesen (SVV), Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging.

#### 1.2 Geotekniske problemstillinger

Geotekniske problemstillinger for utbygginga er relatert til:

- Stabilitet lokalt for planlagt bygg både i anleggsfasen og permanent fase samt områdestabilitet i kvikkleiresona
- Fundamenteringsløsninger
- Setninger
- Erosjonsforhold i bekkeløp

#### 1.3 TEK 10 § 7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til TEK 10 § 7.2 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

#### 1.4 TEK 10 § 10, Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 10 § 10.1 vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (Eurokoder).

TEK 10 § 10.2 angir følgende:

*Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter Norsk Standard NS-EN 1990 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg.*

I veiledningen til TEK 10 står det:

*Forskriftens krav er oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard. Korrekt bruk av prosjekteringsstandardene gir samlet det nivået som tilsvarer det sikkerhetsnivået som er akseptert av myndighetene.*

Ved å benytte standarder (Eurokoder) som angitt i pkt. A.2, vil TEK 10 § 10 dermed være ivaretatt.

## 1.5 Geoteknisk kategori

Eurokode 7 stiller krav til prosjektering ut ifra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «Krav til prosjektering» [17].

Prosjektet omfatter museumsbygg nedenfor ei kvikkleiresone. Dette medfører at tilstrekkelig områdestabilitet for bestemmelse av sikkerhetssone må dokumenteres. Med dette som grunnlag velges overordnet krav til prosjektering iht. Geoteknisk kategori 3.

I etterkant av etablering av stabiliserende tiltak kan geoteknisk kategori vurderes på nytt for den planlagte utbygginga av museumsbygget.

## 1.6 Konsekvensklasse/pålitelighetsklasse (CC/CR)

NS-EN 1990:2002+NA:2008 [16] definerer byggverks plassering med hensyn til konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/CR). Konsekvensklasser er behandlet i standardens tillegg B (informativt), mens veiledende eksempler på klassifisering av byggverk i pålitelighetsklasser er vist i nasjonalt tillegg NA (informativt), tabell NA.A1 (901).

Prosjektet vurderes å falle under kategorien: "Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller." i Tabell NA.A1 (901). Prosjektet plasseres derfor i Pålitelighetsklasse CC/RC 3, som ut fra Tabell B1 [16] beskriver "stor konsekvens i form av tap av menneskeliv eller svært store økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser".

## 1.7 Kvalitetssystem

Eurokode 0 krever at det ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal være et kvalitetssystem tilgjengelig, og at dette systemet skal tilfredsstillere NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Multiconsults systemer tilfredsstiller også sistnevnte krav, og kravet for kvalitetssystem er således ivaretatt også for pålitelighetsklasse 3.

## 1.8 Prosjekterings- og utførelseskontroll

Eurokode 0 gir videre føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse.

I samsvar med tabell NA.A1(902) og NA.A1(903) i Eurokode 0 blir prosjekteringskontroll og utførelseskontroll av geotekniske arbeid satt til kontrollklasse U (utvidet).

For prosjektering gjelder da at det blir utført grunnleggende kontroll (egenkontroll), intern systematisk kontroll (kollegakontroll) samt en uavhengig kontroll fra et annet foretak som er uavhengig foretaket som utførte prosjekteringa.

For utførelse innebærer kontrollklasse «U» at det skal utføres basis kontroll, intern systematisk kontroll samt uavhengig kontroll av alt utført arbeid.

## 1.9 Tiltakskategori

NVEs veileder nr. 7/2014 [18] definerer fire tiltakskategorier (K1-K4). Krav til sikkerhetsnivå, vurderinger, beregninger og kontroller avhenger av tiltakskategori og områdets faregradklasse.

Planlagt museumsbygg vil medføre økt aktivitet i området. Prosjektet plasseres dermed i tiltakskategori K4 (*tiltak som medfører større tilflytting/personopphold av mennesker samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner*).

For tiltakskategori K4 og middels faregrad før utbygging kreves det følgende vurderinger i denne kategorien:

- Faregradsevaluering
- Stabilitetsanalyse med  $\gamma_M \geq 1,4$  eller prosentvis forbedring hvis  $\gamma_M < 1,2$
- Utvidet kontroll tilsvarende pålitelighetsklasse 3 i Eurokode 0 [16]

I arbeidet er det nødvendig å dokumentere tilstrekkelig  $\gamma_M$  eller foreta en forbedring av stabiliteten i sona dersom det er lav sikkerhet mot kvikkleireskred.

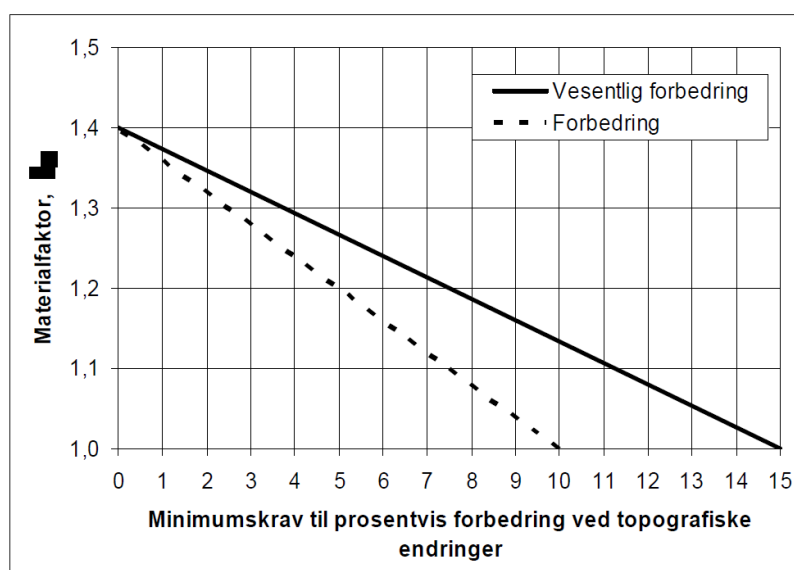
### 1.10 Bruddmekanisme

Løsmassene i kvikkleiresona består i hovedsak av leire ned enkelte tynne lag med silt. Enkelte steder er det også lag med friksjonsmasser i form av sand/grus. Leira er stedvis kvikk og mektigheten av kvikkleirelaget er stedvis over 30 m. Basert på en totalvurdering vurderes bruddmekanismen å være sprø, kontraktant brudd.

### 1.11 Krav til sikkerhetsnivå

Eurokode 7 [17] stiller krav om en beregningsmessig partialkoeffisient  $\gamma_M \geq 1,25$  for effektivspenningsanalyser og  $\gamma_M \geq 1,4$  for totalspenningsanalyser.

NVEs veileder nr. 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [18], stiller krav om en beregningsmessig partialkoeffisient  $\gamma_M \geq 1,4$  for både effektivspenningsanalyser og totalspenningsanalyser. Videre angis det at det kan aksepteres prosentvis forbedring av den beregningsmessige partialkoeffisienten  $\gamma_M$  for eksisterende terreng hvis  $\gamma_M < 1,4$ . Krav til prosentvis forbedring er avhengig av sikkerhetsnivået i utgangspunktet og må følge figur 5.1 i veileder nr. 7/2014 (gjengitt i figur V2.1).



Figur V2.1: Krav til prosentvis forbedring av materialkoeffisient som funksjon av materialkoeffisient for dagens situasjon [18]

For områdestabiliteten følger kravene til sikkerhetsnivå i NVEs veileder nr. 7/2014. For lokal stabilitet for konkrete utbygginger i kvikkleireområder følger kravene til sikkerhetsnivå i Eurokode dersom kravene i Eurokode er strengere enn kravene i NVEs retningslinjer.

## Vedlegg 3

### 1 Materialparametere

#### 1.1 Tolkning av beregningsparametere

Tolkning av parametere er utført på basis av utførte CPTU-sonderinger og opptatte 54 mm prøveserier. Det er spesielt lagt vekt på spesialforsøkene samt tolkning av skjærstyrke og stivhetsparametere fra CPTU-sonderingene.

##### Kvalitet av undersøkelser

Prøvetaking av sensitiv eller kvikkleire med 54 mm sylinderprøver vurderes i hovedsak å ligge i Kvalitetsklasse 2, "Forstyrret kvalitet". Hoveddelen av opptatte prøver av ikke sensitiv leire ligger i Kvalitetsklasse 1, "Akseptabel kvalitet", mens enkelte av prøvene ligger i Kvalitetsklasse 2, "Forstyrret kvalitet". Sammenstilling av treaksialforsøk med vurdering av prøve kvalitet er vist i vedlegg 5. Vurdering av prøve kvalitet er basert på målt volumtøyning og poreallsending i konsolideringsfasen på treaksialforsøk iht. tabell 5.1 i ref. [1] samt ref. [13].

Utførte CPTU-sonderinger i BP. 36 og 41 vurderes generelt å være av meget god kvalitet og vurderes å ligge i anvendelsesklasse 1. To av de tre utførte CPTU-sonderinger i BP 31 (CPTU 31A og 31B) vurderes å være av dårlig kvalitet og vurderes å ligge i anvendelsesklasse 4, mens CPTU 31C vurderes å være av meget god kvalitet og vurderes å ligge i anvendelsesklasse 1.

Enkelte av sonderingene har helningsavvik større enn 5°. Helningsavviket vurderes å ha liten betydning for tolkning av selve forsøksresultatene, men vil ha noe betydning for nøyaktighet av angitt dybde, spesielt ved store dybder.

##### Tyngdetetthet

Målt tyngdetetthet på opptatte prøver er benyttet som grunnlag. Ved store variasjoner i målte verdier er gjennomsnittlige verdier benyttet. For materialer som det ikke er målt tyngdetetthet på, er det benyttet erfaringsverdier iht. håndbok 016.

Se tegning nr. 413839-RIG-TEG-010 til-018 i rapport nr. 413839 for geotekniske data.

##### Grunnvannsnivå og poretrykkfordeling med dybden

Det er satt ned hydrauliske poretrykksmålere i to forskjellige nivåer i tre borpunkt, totalt 6 poretrykksmålere. Målerne er avlest mellom fem og sju ganger i perioden 18. november 2013 til 23. mars 2014.

I tolkning av CPTU-sonderingene er poretrykket justert i forhold til målt poretrykk. Da målingene av poretrykk er utført i en tørr periode, er det valgt å være noe konservativ i vurderingene av poretrykk. Følgende poretrykk er lagt til grunn:

- **BP.3:** Poretrykket øker fra ca. 2,5 m under terreng. Det er målt et «poreundertrykk» på ca. 10 kPa i det dypeste piezometeret. I tolkninga er det valgt å være konservativ, og det er derfor lagt inn hydrostatisk poretrykk med grunnvannstand 2,5 m under terreng.
- **BP.31:** Poretrykket øker fra ca. 2,5 m under terreng. Det er målt et «poreundertrykk» på ca. 60 kPa ved det dypeste piezometeret. I tolkninga er det valgt å være konservativ og det er derfor lagt inn hydrostatisk poretrykk med grunnvannstand 2,5 m under terreng.



- **BP.41:** Målt poretrykk i piezometeret 7 m under terreng tilsvarer en grunnvannstand ca. 6,5 m under terreng. Det er målt et «poreundertrykk» på ca. 68 kPa ved det dypeste piezometeret. Piezometeret 7 m under terreng ligger ca. 1,5 m over et grovt lag som trolig drenerer vann ut i skråninga. I tolkninga er det valgt å være konservativ. Det er derfor lagt inn hydrostatisk poretrykk med grunnvannstand 4,0 m under terreng.

## 1.2 Deformasjonegenskaper

### Ødometerforsøk

Ødometerforsøk utført på opptatte prøver viser at grunnen er overkonsolidert. Se tegning nr. 413839-RIG-TEG-075.3 t.o.m. -080.3 og tegninger fra rapport nr. 413839-RIG-RAP-001 for resultat fra ødometerforsøk.

Tolkede parametre fra ødometerforsøk er oppsummert i tabell V3.1.

Tabell V3.1 Tolkede parametere fra ødometerforsøk

BP. [nr]	Kote [moh]	Dybde [m]	$\sigma_{v0}'$ [kPa]	Tolket fra ødometer				Estimert tidligere terrengnivå [moh]	Valgt $POP=\Delta\sigma_c'$ [kPa]
				$\sigma_c'$ [kPa]	$POP=\Delta\sigma_c'$ [kPa]	$M_{OC}$ [MPa]	$m$ [-]		
31	+59,2	6,25	85,7	110	24	9	24	+62	100*
		11,55	137,2	240	103	10	15	+69	100
36	+60,7	7,34	92,1	550	458	20	10	+106	220
		13,45	154,7	380	225	13	16	+83	220
41	+55,5	6,30	97,5	480	382	16	12	+94	300
		10,45	138,5	450	312	15	11	+87	300

\*Det er utført jordbruksplanering ved BP. 31. Prøven er trolig tatt i planeringsmassene.

Flere av forsøkene viser forstyrret prøve kvalitet og er av den grunn vanskelig å tolke. Dette gjelder prøvene fra alle borpunkt unntatt BP. 41 dybde 10,45 m. Prekonsolideringsspenningen,  $\sigma_c'$ , er derfor tolket «forsiktig».

Basert på ødometerforsøkene vurderes tidligere terrengnivå å ligge på ca. kote +80 til +100 ved terrengplataet øst for helleristningsfeltet og ca. på kote +70 nord for helleristningsfeltet.

### $\sigma_c'$ og OCR fra CPTU

Prekonsolideringsforhold og grunnens deformasjonegenskaper er bestemt ut i fra ødometerforsøkene. Data fra CPTU er benyttet til å ekstrapolere dataene fra ødometerforsøk mot dybden. Det er benyttet tolkning fra CPTU både på spissmotstands- og poretrykksbasis.

For spissmotstand er følgende forhold benyttet i tolkingen:

$$OCR = \frac{\sigma_{cq}'}{\sigma_{v0}'}$$

$$\sigma_{cq}' = \frac{q_n}{\alpha \cdot N_{kt}} - a$$

der,  $\alpha$  = normalkonsolideringsforhold;  $\alpha=0,25$  er benyttet  
 $N_{kt}$  = spissmotstandsfaktor;  $N_{kt} = 7$  er benyttet

OCR fra registrert poretrykk er tolket som:

$$OCR = \frac{\sigma_{cu}'}{\sigma_{v0}'}$$

$$\sigma_{cu}' = \frac{\Delta u}{\alpha \cdot N_{\Delta u}} - a$$

der,  $\alpha$  = normalkonsolideringsforhold;  $\alpha=0,25$  er benyttet  
 $N_{\Delta u}$  = poretrykksfaktor;  $N_{\Delta u} = 8$  er benyttet

Tolkning av prekonsolideringsspenning,  $\sigma_c'$ , er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-042.8, -043.8 og -044.8.

Tegning nr. 413839-RIG-TEG-042.9, -043.9 og -044.9 viser tolkning av overkonsolideringsgrad (OCR) både på spissmotstands- og poretrykksbasis. De to metodene gir relativt godt samsvar og indikerer at leira er overkonsolidert.

### 1.3 Udrenerte styrkeparametere

#### $c_u$ fra enaks og konus

Verdier for  $c_u$  fra rutineundersøkelser på opptatte prøver (enaks og konus) er i våre vurderinger benyttet som verdier for direkte skjærstyrke,  $c_{uD}$ . Rutineundersøkelsene viser lite variasjon i målt udrenert skjærstyrke og indikerer generelt god prøve kvalitet. I plot av  $c_{uC}$  tolket fra CPTU er  $c_{uD}$  omregnet til  $c_{uC}$ .

#### $c_{uC}$ fra treaksialforsøk

Karakteristiske verdier ( $c_{uC}$ ) er tatt ut ved brudd. Oppsummering av tolket styrke fra treaksialforsøk er vist i vedlegg 5.

#### $c_{uC}$ fra CPTU-sonderinger

For bestemmelse av udrenert skjærstyrke er CPTU-sonderingene korrelert iht. empirisk baserte tolkningsfaktorer etter Karlsrud m. fl., se ref. [14] og [15]. For finkornige masser med relativt homogene forhold betraktes tolkning av CPTU på poretrykksbasis som den mest egnede metoden.

Det er benyttet forskjellig korrelasjon på leire og kvikkleire/sprøbruddmaterialer (differensiert i forhold til lagdeling/sensitivitet).

#### Metode basert på poretrykk, $\Delta u$

$$c_{uC} = \frac{\Delta u}{N_{\Delta u}}$$

der,  $\Delta u$  =  $u_2 - u_0$ , registrert poreovertrykk i CPTU  
 $N_{\Delta u}$  = tolkningsfaktor på poretrykksbasis

Tolkning av CPTU er basert på  $N_{\Delta u}$  bestemt ut fra korrelasjoner mot  $B_q$  samt korrelasjoner mot  $OCR$ ,  $S_t$  og  $I_p$  basert på erfaringsverdier korrelert mot aktive treaksialforsøk.

Følgende korrelasjoner er benyttet:

	Empirisk middelvariasjon i $B_q$	Empirisk middelvariasjon i $OCR$ , $S_t$ og $I_p$
Leire ( $S_t < 15$ )	$N_{\Delta u} = 1,8 + 7,25 \cdot B_q$	$N_{\Delta u} = 6,9 - 4,0 \cdot \log OCR + 0,070 \cdot I_p$
Kvikkleire/ sprøbruddmateriale ( $S_t > 15$ )	$N_{\Delta u} = 1,8 + 7,25 \cdot B_q$	$N_{\Delta u} = 9,8 - 4,5 \cdot \log OCR + 0,0 \cdot I_p$

$$B_q = \frac{\Delta u}{q_n}$$

der,  $q_n$  = netto spissmotstand

#### Metode basert på spissmotstand, $q_t$

For sammenligning er det tatt med tolkning av CPTU på spissmotstandsbasis. På spissmotstandsbasis bestemmes  $c_{uC}$  som:

$$c_{uC} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}} = \frac{q_n}{N_{kt}}$$

der,  $q_t$  = korrigert spissmotstand

$\sigma_{v0}$  = in situ vertikal overlagingstrykk

$N_{kt}$  = bæreevnemfaktor/konfaktor

$N_{kt}$  er bestemt ut i fra følgende prosedyrer:

	Empirisk middelvariasjon i $B_q$	Empirisk middelvariasjon i $OCR$ , $S_t$ og $I_p$
Leire ( $S_t < 15$ )	$N_{kt} = 18,7 - 12,5 \cdot B_q$	$N_{kt} = 7,8 + 2,5 \cdot \log OCR + 0,082 \cdot I_p$
Kvikkleire/sprøbruddmateriale ( $S_t > 15$ )	$N_{kt} = 18,7 - 12,5 \cdot B_q$	$N_{kt} = 8,5 + 2,5 \cdot \log OCR + 0,0 \cdot I_p$

Tegning nr. 413839-RIG-TEG-042.6, -042.7, -043.6, -043.7, -044.6 og -044.7 viser de tolkede skjærstyrkeprofilene med valgt karakteristisk designverdi.

Det er valgt å ikke redusere "peak" verdien på  $c_{uC}$  for uttak av karakteristisk styrke. Designverdiene er i stedet redusert med 15 % i stabilitetsberegningene iht. NVEs retningslinjer.

#### Udrenert skjærstyrke modellert etter SHANSEP-prinsippet

Udrenert skjærstyrke er nært relatert til in-situ effektivspenninger og leiras overkonsolideringsgrad.

Udrenert skjærstyrke øker med økning i effektivspenning. Denne økningen er avhengig av overkonsolideringsgraden. Udrenert skjærstyrke avhengig av overkonsolideringsgraden kan modelleres etter SHANSEP-prinsippet [12]:

$$c_{uC} = \alpha \cdot OCR^m \cdot p_0'$$

- der,  $\alpha$  = Normalisert styrke av helt ung leire (OCR = 1,0)  
 $OCR$  = Overkonsolideringsgrad =  $p_c' / p_o'$   
 $m$  = Eksponent som for norske leirer typisk har vist seg å variere mellom ca. 0,6 og 0,9 avhengig av leira og forsøkstype.  
 $p_o'$  = In-situ vertikal effektivspenning  
 $p_c'$  = Prekonsolideringsspenning

I beregningene er det valgt å bruke:

$$\alpha = 0,30$$

$$m = 0,70$$

Det er tatt utgangspunkt i at grunnen er overkonsolidert tilsvarende en tilleggspenning som angitt i tabell V3.1.

Utskrift av beregnet udrenert skjærstyrke etter SHANSEP-prinsippet er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-042.7, -043.7 og -044.7.

### **Anisotropi**

På en utvalgt prøve er det utført parallelle aktive og passive treaksialforsøk for vurdering av anisotropiforhold.

Iht. prinsippet om tøyningkompabilitet er forholdet mellom aktiv og passiv skjærfasthet vurdert ved lik tøyning. I tabell V3.2 er  $c_{uE}/c_{uC}$ -forholdet vurdert ved aksial tøyning,  $\epsilon_a$ , 1,5 og 2,0 %.

Tabell V3.2  $c_{uE}/c_{uC}$ -forhold tolket fra aktive og passive treaksialforsøk

BP. [-]	Dybde [m]	Tøyning, $\epsilon_a$ [%]	$c_{uC}$ [kPa]	$c_{uE}$ [kPa]	$c_{uE}/c_{uC}$ [-]
41	10,20-10,30	1,5	72,2	19,2	0,27
41	10,20-10,30	2,0	76,8	21,8	0,28

De forskjellige tøyningene gir forskjellige  $c_{uE}/c_{uC}$ -forhold. Ingen av prøvene har perfekt kvalitet.

Der det ikke er utført laboratorieundersøkelser for å fastlegge forholdet mellom aktiv, passiv og direkte udrenert skjærfasthet kan dette iht. NIFS rapport nr. 14/2014 [10] settes til:

Tabell V3.3 ADP faktorer iht. ref. [10]

$I_p$	$c_{uD}/c_{uC}$	$c_{uE}/c_{uC}$
$I_p \leq 10\%$	0,63	0,35
$I_p > 10\%$	$0,63 + 0,00425 * (I_p - 10)$	$0,35 + 0,00375 * (I_p - 10)$

Vi har valgt å differensiere mellom sensitiv og ikke-sensitiv leire. Følgende anisotropiforhold er benyttet:

*Leire:*

$$\frac{c_{uD}}{c_{uC}} = 0,65$$

$$\frac{c_{uE}}{c_{uC}} = 0,37$$

*Kvikkleire:*

$$\frac{c_{uD}}{c_{uC}} = 0,63$$

$$\frac{c_{uE}}{c_{uC}} = 0,35$$

Anisotropiforhold er tatt fra erfaringsverdier da utførte forsøk viste forstyrret prøve kvalitet. I valgte styrkeprofiler er det lagt inn verdi for  $c_{uC}$  basert på rutinedata ( $c_{ufc}$  og  $c_{uuc}$  er multiplisert med anisotropiforholdet) og tolket styrke fra treaksialforsøk og CPTU.

## 1.4 Effektivspenningsparametere

### Effektivspenningsparametre, friksjonsvinkel, $\varphi_k$

For effektivspenningsparametere på leira er det tatt ut  $\alpha$ - $\varphi$  parametere fra de udrenerte treaksialforsøkene. For de andre materialene er det benyttet erfaringsverdier.

Oppsummering av tolkede verdier fra treaksialforsøkene er vist i vedlegg 5.

*Leire*

Bruddstyrken er tatt ut ved 1-2 % tøyning. Ut i fra treaksialforsøkene vurderes karakteristisk friksjonsvinkel til å være  $\phi_k = 28,8^\circ$  ( $\tan \phi_k = 0,55$ ) og attraksjon  $a = 10$  kPa. Tolket styrke fra treaksialforsøkene er vist på tegning nr. 413839-RIG-TEG-090.6 til -094.6.

*Kvikkleire*

Det er ikke utført treaksialforsøk på kvikkleire. Ut fra erfaringsverdier på trønderske kvikkleirer og de stedlige treaksialforsøkene vurderes karakteristisk friksjonsvinkel til å være  $\phi_k = 28,8^\circ$  ( $\tan \phi_k = 0,55$ ) og attraksjon  $a = 5$  kPa.

## 1.5 Materialparametere

Valgte styrkeparametere benyttet ved beregningene er angitt i tabellen under.

Tabell V3.4 Materialparametere

	Tyngdetetthet, $\gamma$	Friksjon, $\tan \varphi_k$	Attraksjon, $a$
Tørrskorpeleire	19,0 kN/m <sup>3</sup>	0,58 ( $\phi_k = 30,0^\circ$ )	0 kPa
Leire	20,0 kN/m <sup>3</sup>	0,55 ( $\phi_k = 28,8^\circ$ )	10 kPa
Kvikkleire	20,0 kN/m <sup>3</sup>	0,55 ( $\phi_k = 28,8^\circ$ )	5 kPa
Sand/grus	19,0 kN/m <sup>3</sup>	0,65 ( $\phi_k = 33,0^\circ$ )	0 kPa



## Vedlegg 4

### **Oppsummering av ødometerforsøk**

**(1 side)**

BP. nr.	Dybde	Terrengkote	Jordart	$w_i$	$w_L$	$w_p$	$I_p$	Leirinnhold	$\rho$	Forsøk	$\sigma_{v0}'$	$\sigma_c'$	OCR	POP= $\Delta\sigma_c'$	Estimert tidligere terrengnivå	
															Terrengkote	Valgt POP
[-]	[m]	[moh]	[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[g/cm <sup>3</sup> ]	[-]	[kPa]	[kPa]	[-]	[kPa]	[moh]	
31	6.25	59.2	Leire	27.4	35.0	20.5	14.5	31	2.01	CRS	85.7	110.0	1.3	24	62	100
31	11.55	59.2	Leire	25.3	18.5	15.3	3.2	27.5	2.01	CRS	137.2	240.0	1.7	103	69	100
36	7.34	60.7	Leire m/tynne siltlag	26.6	31.0	18.0	13.0	30	2.02	CRS	92.1	550.0	6.0	458	106	220.0
36	13.45	60.7	Kvikkleire m/enk. tynne sandlag	28.9	18.0	15.0	3.0		2.04	CRS	154.7	380.0	2.5	225	83	220.0
41	6.3	55.5	Leire m/enk. tynne silt- finsandlag	32.5	38.0	23.0	15.0	42	1.95	CRS	97.5	480.0	4.9	382	94	300.0
41	10.45	55.5	Leire m/enk. tynne silt- finsandlag	29.6	28.0	19.0	9.0	38	1.98	CRS	138.5	450.0	3.2	312	87	300.0

$w_i$  Vanninnhold

$w_L$  Flytegrense

$w_p$  Utrullingsgrense

$I_p$  Plastisitetsindeks,  $I_p=w_L-w_p$

$\rho$  Densitet

$\rho_s$  Korndensitet

$\sigma_{v0}'$  In-situ effektiv vertikalspenning

$\sigma_c'$  Prekonsolideringsspenning

OCR Overkonsolideringsgrad,  $OCR=\sigma_c'/\sigma_{v0}'$

POP Pre Overburden Pressure (Eng.),  $POP=\sigma_c'-\sigma_{v0}'$

## Vedlegg 5

### **Oppsummering av treaksialforsøk**

**(1 side)**

BP. nr.	Dybde	Jordart	w <sub>i</sub>	w <sub>L</sub>	w <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	Leirinnhold	ρ	Forsøk	σ <sub>vo</sub> '	σ <sub>ac</sub> '	σ <sub>rc</sub> '	K <sub>0</sub> '	ε <sub>vol</sub>	Δe/e <sub>0</sub>	OCR	Prøvekvalitet		GV	σ <sub>vo</sub>	u <sub>0</sub>	σ <sub>c</sub> '	Δe	ρ <sub>s</sub>	n	S <sub>r</sub>	e <sub>0</sub>	Treaks-brudd		Konus		
																	Volumtøyning	Poretallsendring										c <sub>uc</sub>	c <sub>ue</sub>	c <sub>ufc</sub>	c <sub>urfc</sub>	S <sub>t</sub>
[-]	[m]	[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[g/cm <sup>3</sup> ]	[-]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[-]	[%]	[-]	[-]	Volumtøyning	Poretallsendring	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[g/cm <sup>3</sup> ]		[%]	[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]
31	6.3	Leire enk tynne silt/finsandlag	25.5	35.3	21.0	14.3	31.0	2.01	CAUa	86.2	74.7	49.3	0.66	4.16	0.100	2.16	Forstyrret kvalitet	Dårlig kvalitet	2.5	124.2	38.0	186.2	0.071	2.75	41.74	97.7	0.716	39.5		74	15	4.9
36	7.45	Leire m /enk tynne siltlag	25.6	31.0	18.0	13.0	30.0	2.02	CAUa	93.1	84.1	55.8	0.66	1.56	0.038	3.36	Forstyrret kvalitet	God kvalitet	2.0	147.6	54.5	313.1	0.027	2.75	41.52	99.2	0.710	78		49	8	6.1
41	6.35	Leire enk tynne silt/finsandlag	29.8	38.0	23.0	15.0	43.0	1.95	CAUa	98.0	80.0	62.3	0.78	1.79	0.039	4.06	Forstyrret kvalitet	God kvalitet	4.0	121.5	23.5	398.0	0.033	2.75	45.37	98.7	0.831	77.9		74	12	6.2
41	10.2	Leire enk tynne siltlag	26.1	28.0	18.5	9.5	37.0	1.98	CAUp	136.1	114.8	80.8	0.70	5.68	0.132	3.20	Forstyrret kvalitet	Meget dårlig kvalitet	4.0	198.1	62.0	436.1	0.100	2.75	42.92	95.6	0.752		33	54	4.5	12.0
41	10.3	Leire enk tynne siltlag	29.2	28.0	18.5	9.5	37.0	1.98	CAUa	137.1	114.1	80.2	0.70	2.00	0.045	3.19	Forstyrret kvalitet	God kvalitet	4.0	200.1	63.0	437.1	0.036	2.75	44.25	101.0	0.794	73.5		54	4.5	12.0

- w<sub>i</sub> Vanninnhold
- w<sub>L</sub> Flytegrense
- w<sub>p</sub> Utrullingsgrense
- I<sub>p</sub> Plastisitetsindeks, I<sub>p</sub>=w<sub>L</sub>-w<sub>p</sub>
- ρ Densitet
- σ<sub>vo</sub>' In-situ effektiv vertikalspenning
- σ<sub>ac</sub>' Aksial konsolideringsspenning
- σ<sub>rc</sub>' Radiell konsolideringsspenning
- K<sub>0</sub>' Effektiv hviletrykkskoeffisient
- ε<sub>vol</sub> Volumtøyning ved konsolidering
- e<sub>0</sub> Poretall
- Δe Endring i poretall ved konsolidering, Δe=e<sub>vol</sub>(1+e<sub>0</sub>) hvor det er antatt ρ<sub>s</sub>=2.75 g/cm<sup>3</sup>
- ρ<sub>s</sub> Korndensitet
- σ<sub>c</sub>' Prekonsolideringsspenning
- OCR Overkonsolideringsgrad, OCR=σ<sub>c</sub>'/σ<sub>vo</sub>'
- u<sub>0</sub> Poretrykk
- S<sub>r</sub> Metningsgrad
- c<sub>uc</sub> Udrenert aktiv skjærfasthet
- c<sub>ue</sub> Udrenert passiv skjærfasthet
- c<sub>ufc</sub> Udrenert skjærfasthet, konusforsøk
- c<sub>urfc</sub> Omrørt skjærfasthet

**BEDØMMELSE AV PRØVEKVALITET - volumtøyning (Andresen & Strandvik, 1979)**

OCR	Dybde	Perfekt kvalitet	Akseptabel kvalitet	Forstyrret kvalitet
σ <sub>c</sub> '/σ <sub>vo</sub> '	z	ε <sub>vol</sub> <	< ε <sub>vol</sub> <	ε <sub>vol</sub> >
[-]	[m]	[%]	[%]	[%]
1,0 - 1,2	0 - 10	3.00	3,00 - 5,00	5.00
1,2 - 1,5	0 - 10	2.00	2,00 - 4,00	4.00
1,5 - 2,0	0 - 10	1.50	1,50 - 3,50	3.50
2,0 - 3,0	0 - 10	1.00	1,00 - 3,00	3.00
3,0 - 8,0	0 - 10	0.50	0,50 - 1,00	1.00

**BEDØMMELSE AV PRØVEKVALITET - poretallsendring Δe (Lunne m.fl. 1996)**

OCR	Meget god kvalitet	God kvalitet	Dårlig kvalitet	Meget dårlig kvalitet
σ <sub>c</sub> '/σ <sub>vo</sub> '	Δe/e <sub>0</sub> <	< Δe/e <sub>0</sub> <	< Δe/e <sub>0</sub> <	Δe/e <sub>0</sub> >
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
1 - 2	0.04	0,04 - 0,07	0,07 - 0,14	0.14
2 - 4	0.03	0,03 - 0,05	0,05 - 0,10	0.10