

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag – Rissa (Indre Fosen)

DELLEVERANSE 4 –
BEREGNINGSFORUTSETNINGER OG
STABILITETSBEREGNINGER

DOK.NR. 20170367-07-R
REV.NR. 1 / 2018-08-21

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Prosjekt

Prosjekttittel: Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag
Dokumenttittel: Delleveranse 4 – Beregningsforutsetninger og stabilitetsberegninger
Dokumentnr.: 20170367-07-R
Dato: 2018-06-21
Rev.nr. / Rev.dato: 1 /2018-08-21

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges vassdrag- og energidirektorat
Kontaktperson: Ingrid Havnen
Kontraktreferanse: Avrop til rammeavtale, signert 12.05.2017

for NGI

Prosjektleder: Ragnar Moholdt
Utarbeidet av: Thi Minh Hue Le
Kontrollert av: Ragnar Moholdt

Sammendrag

NGI er engasjert av NVE for å vurdere åtte utvalgte kvikkleirefaresoner i Rissa (nå Indre Fosen kommune).

I delleveranse 1 av oppdraget gjorde NGI en innledende vurdering av de åtte sonene basert på eksisterende kartgrunnlag, datarapporter og befaringsrapporter. Sju av de åtte sonene ble befart for å kartlegge erosjon, tidligere skredaktivitet og terrenginngrep. For alle sju sonene ble det anbefalt en videre utredning med supplerende grunnundersøkelser. I disse sonene ble det tegnet opp potensielle kritiske snitt og utarbeidet en borplan med supplerende grunnundersøkelser. Grunnundersøkelsene ble utført høsten 2017 (Delleveranse 2). Én av faresonene ble tatt ut fordi det pågikk en samtidig utredning av områdestabilitet i et annet prosjekt.

I delleveranse 3 av oppdraget ble de supplerende grunnundersøkelsene tolket for å undersøke forekomst av kvikkleire / sprøbruddmateriale i hver sone. Beliggenheten av antatt kvikkleire / sprøbruddmateriale ble tegnet opp i kritiske snitt og vurdert med tanke på mulige skredmekanismer, bebyggelse og erosjon. Det ble anbefalt videre utredning av fem faresoner. Løsne- og utløpsområder ble vurdert på nytt for de resterende to faresonene.

Det er i ettertid besluttet at det skal utføres stabilitetsberegninger og videre utredning av fire av de sju sonene (944 – Sandmo, 955-Solem Foss, 958- Ringset og 985-Korsvegen).

Denne rapporten (Delleveranse 4) inneholder parametertolkning og stabilitetsberegning av de antatt mest kritiske snittene i de fire sonene nevnt over. Aktuelle sikringstiltak er foreslått for de ulike sonene, og stabilitetsberegning med tiltak er utført. Videre er utløpsområde, revidert løsneområde og risikoklassifisering vurdert ettersom delleveranse 3 ikke omfattet soner som utredes videre.

Innhold

1	Innledning	8
2	Sikkerhetskrav	9
2.1	Krav til beregningsmessig sikkerhet ved vurdering av områdestabilitet	9
2.2	NVEs anbefalte kriterier for beregninger og videre vurderinger i forhold til behov for sikring	10
2.3	Laster og lastfaktorer	10
3	Metode for tolkning av beregningsparametere og lag-delning	11
3.1	Udrenert skjærfasthet	11
3.2	Effektivspenningsparametere	13
3.3	Tolkning av lagdeling	16
4	CPTU-tolkning i soner som ikke utredes videre	16
5	Sone 944 Sandmo	17
5.1	Tolkningsgrunnlag	17
5.2	Kvalitet CPTU-sonderinger	18
5.3	Kvalitet ødometerforsøk	18
5.4	Beregningsparametere	18
5.5	Stabilitetsberegninger	20
5.6	Anbefalte sikringstiltak	24
6	Sone 955 Solem Foss	26
6.1	Tolkningsgrunnlag	27
6.2	Kvalitet CPTU-sonderinger	28
6.3	Kvalitet ødometerforsøk	28
6.4	Beregningsparametere	28
6.5	Stabilitetsberegninger	30
6.6	Anbefalte sikringstiltak	33
7	Sone 958 Ringset	35
7.1	Tolkningsgrunnlag	35
7.2	Kvalitet CPTU-sonderinger	36
7.3	Kvalitet ødometerforsøk	36
7.4	Beregningsparametere	36
7.5	Stabilitetsberegning	38
7.6	Anbefalte sikringstiltak	43
8	Sone 985 Korsvegen	44
8.1	Tolkningsgrunnlag	44
8.2	Kvalitet CPTU-sonderinger	45
8.3	Beregningsparametere	45
8.4	Stabilitetsberegning	46
8.5	Anbefalte sikringstiltak	48
9	Utløpsområder og reviderte løснеområder	49
10	Risikoevaluering	49
11	Referanser	50

Tegninger

001A Oversiktskart Rissa
002 Kvartærgeologisk kart

Vedlegg

Vedlegg A **Kvikkleiresone 943-Naust** (utredes ikke videre med stabilitetsberegning)
Boreplan Kart no. 011-rev 03
Prøveserie RIG-TEG-943-200
Poretrykkmåling RIG-TEG-943-350
Ødometerforsøk RIG-TEG-943-400.1 til -401.2
CPTU tolkning Figur nr. A01

Vedlegg B **Kvikkleiresone 944-Sandmo**
Boreplan Kart no. 012-rev 03
Prøveserie RIG-TEG-944-200
Poretrykkmåling RIG-TEG-944-350
Ødometerforsøk RIG-TEG-944-400.1 til -401.2
CPTU tolkning Figur nr. A02 til A04
Profil med lagdeling Tegn. nr. 700
Stabilitetsberegning- Effektivspenning - Tegn. nr. 710
Stabilitetsberegning-Totalspenning - Tegn. nr. 711
Stabilitetsberegning med tiltak – Motfylling-Drenert- Tegn. nr. 718-D
Stabilitetsberegning med tiltak – Motfylling –Udrenert- Tegn. nr. 718
Stabilitetsberegning med tiltak – Avlastning – Drenert - Tegn. nr. 719-D
Stabilitetsberegning med tiltak – Avlastning – Udrenert - Tegn. nr. 719

Vedlegg C **Kvikkleiresone 955-Solem Foss**
Boreplan Kart no. 013-rev 03
Prøveserie RIG-TEG-955-200
Poretrykkmåling RIG-TEG-955-350
Ødometerforsøk RIG-TEG-955-400.1 til -401.2
CPTU tolkning Figur nr. A05 til A11
Profil med lagdeling Tegn. nr. 701
Stabilitetsberegning- Effektivspenning - Tegn. nr. 713
Stabilitetsberegning-Totalspenning - Tegn. nr. 714
Stabilitetsberegning med tiltak – Motfylling – Drenert - Tegn. nr. 720-D
Stabilitetsberegning med tiltak – Motfylling – Udrenert - Tegn. nr. 720
Stabilitetsberegning med tiltak – Avlastning – Drenert - Tegn. nr. 721-D
Stabilitetsberegning med tiltak – Avlastning – Udrenert - Tegn. nr. 721

Vedlegg D	Kvikkleiresone 958-Ringset Boreplan Kart no. 014-rev 03 Prøveserie RIG-TEG-958-200 Poretrykkmåling RIG-TEG-958-350 Ødometerforsøk RIG-TEG-958-400.1 til -402.2 CPTU tolkning Figur nr. A12 til A14 Profil med lagdeling Tegn. nr. 702 Stabilitetsberegning- Effektivspenning - Tegn. nr. 714 Stabilitetsberegning-Totalspenning - Tegn. nr. 715 Stabilitetsberegning-15% reduksjon av udrenert fasthet - Tegn.nr.715-R Stabilitetsberegning med tiltak – Motfylling – Drenert -Tegn. nr. 722-D Stabilitetsberegning med tiltak – Motfylling – Udrenert - Tegn. nr. 722
Vedlegg E	Kvikkleiresone 985-Korsvegen Boreplan Kart no. 016-rev 03 Prøveserie RIG-TEG-985-200 til -201 CPTU tolkning Figur nr. A15 til A18 Profil med lagdeling Tegn. nr. 703 Stabilitetsberegning- Effektivspenning - Tegn. nr. 716 Stabilitetsberegning-Totalspenning - Tegn. nr. 717 Stabilitetsberegning-15% reduksjon av udrenert fasthet -Tegn. nr. 717-R
Vedlegg F	Konsekvensfaktorer
Vedlegg G	Faktaark 943 Naust 944 Sandmo 955 Solem Foss 958 Ringset 985 Korsvegen

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

På oppdrag fra NVE skal NGI utføre en utredning "light" av utvalgte kvikkleiresoner i kommunene Rissa, Levanger, Inderøy og Verdal i Trøndelag. Oppdraget består i å vurdere de mest kritiske områdene i sonene basert på eksisterende grunnundersøkelser og befaring, samt vurdering av kvikkleiras beliggenhet, samt løsne- og utløpsområder for potensielle skred. I disse områdene ble det utført grunnundersøkelser med sikte på å kunne beregne stabiliteten i antatt kritisk snitt. Oppdraget er således en mellomting mellom en regional kartlegging og en detaljert soneutredning med stabilitetsberegninger i henhold til NVE-veilederen i flere profiler. Formålet er å gi grunnlag for prioritering av sikringstiltak i sonene.

Oppdraget er delt opp i 5 delleveranser, gitt i Tabell 1. Foreliggende rapport omfatter delleveranse 4 for Rissa kommune (nå Indre Fosen).

Tabell 1: Oversikt over delleveransene i prosjektet

	Innhold	Rapportnr. / referanse
Delleveranse 1	Innledende vurderinger som grunnlag for utarbeidelse av grunnundersøkelserprogrammet for hver sone.	20170367-01-R [3]
Delleveranse 2	Endelig borplan for hver sone med forslag til felt- og laboratorieundersøkelser og tilbudsgrunnlag for grunnundersøkelser.	20170367-01-TN [4]
Delleveranse 3	Reviderte vurderinger for faregrad, konsekvens og risiko, og anbefaling for hvilke soner som bør stabilitetsberegnes.	20170367-06-R [5]
Delleveranse 4	Beregningsgrunnlag og stabilitetsberegninger	Denne rapporten
Delleveranse 5	Endelig sluttrapport med anbefalinger for sikringstiltak og videre soneutredninger.	-

Sonene som er vurdert i Rissa kommune er (se oversiktskart kart nr. 001A og 002):

- 939 Sørليا – fjernet som kvikkleirefaresone (DL-3)
- 943 Naust – utredes ikke videre etter DL-3
- 944 Sandmo – utredes videre i foreliggende rapport
- 945 Sund Østre – Multiconsult har utredet sonen (reguleringsplan - Rissa sentrum)
- 955 Solem-Foss – utredes videre i foreliggende rapport
- 958 Ringset – utredes videre i foreliggende rapport
- 972 Strandstad – revidert avgrensing (DL-3), utredes ikke videre
- 985 Korsvegen – utredes videre i foreliggende rapport

Det henvises til rapport [3], [6] og [5] for ytterligere informasjon om de vurderte kvikkleiresonene i Rissa kommune (nå Indre Fosen).

2 Sikkerhetskrav

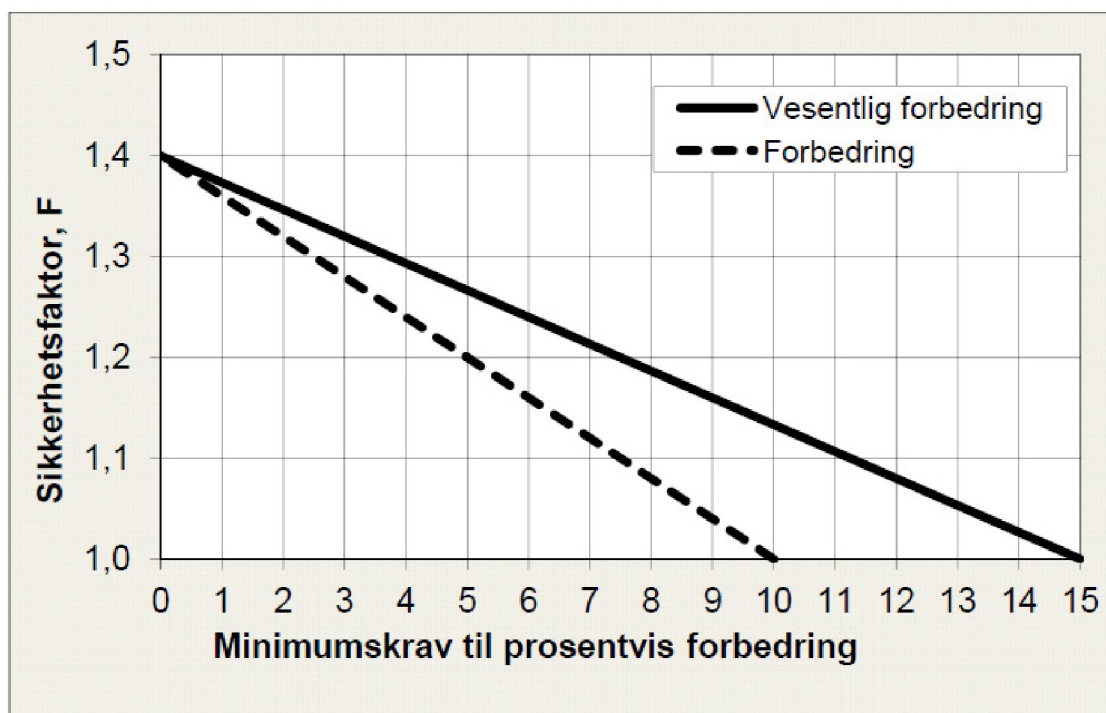
2.1 Krav til beregningsmessig sikkerhet ved vurdering av områdestabilitet

Ved utbygging i kvikkleireområder skal NVEs veileder 7/2014 [7] legges til grunn for vurdering av sikkerhetsnivå og dimensjonering av stabiliserende tiltak, samt for metodikken ved selve stabilitetsberegningene.

Når det planlegges utbygging innenfor en faresone må tilfredsstillende sikkerhet dokumenteres med stabilitetsanalyser som viser:

- Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller
- "Forbedring" eller "Vesentlig forbedring" hvis $F < 1,4$, se Figur 1.

Krav til prosentvis forbedring er knyttet til dagens stabilitetssituasjon. For en skråning som beregningsmessig er labil ($\gamma_m = 1,0$) er minimumskravet til "forbedring" en beregningsmessig økning av sikkerhetsfaktoren (materialfaktor) på 10 %. For "vesentlig forbedring" kreves 15% økning av sikkerhetsfaktoren. For høyere materialfaktor i dagens situasjon er kravet beskrevet ved en glidende avtakende skala, og for $\gamma_m = 1,4$ kreves det således ingen forbedring. Se Figur 1.



Figur 1: Krav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer eller bruk av lette masser [7].

I gjeldende NVE-retningslinjer (ref. /1/) er det ikke lenger krav (som tidligere) om at alle glidesirkler som har $\gamma_m < 1,4$ i dagens situasjon skal ha forbedring iht. Figur 1 dersom det benyttes prosentvis forbedring. Størrelse av tiltak vurderes vanligvis derfor kun ut fra mest kritisk glideflate før og etter tiltak (og disse er normalt forskjellige). I enkelte tilfeller kan det likevel vurderes nødvendig å se på økning av sikkerhetsfaktorer for flere alternative glideflater.

Foreliggende utredning av faresoner utføres med tanke på sikring av eksisterende bebyggelse. Nevnte krav til sikkerhetsnivå over gjelder i utgangspunktet bare ved etablering av ny bebyggelse. Aktuelt sikkerhetsnivå må derfor bestemmes / godkjennes av oppdragsgiver (NVE). Anbefalt sikkerhetsnivå i foreliggende rapport er gitt ut fra en totalvurdering av erosjons- og stabilitetsforhold, samt effekten av tiltak mht. kostnader og nytte, jf. kap. 2.2.

2.2 NVEs anbefalte kriterier for beregninger og videre vurderinger i forhold til behov for sikring

Det er besluttet at dagens NVE-veileder skal legges til grunn for stabilitetsberegningene, se møtereferat (ref. [8]). Beregningene utføres derfor med reduksjon av aktiv skjærfasthet iht. NVE 7/2014, ref. [7]. I og med at det her ikke er snakk om ny utbygging, men forslag til tiltak for å sikre eksisterende bebyggelse, er det satt opp egne kriterier for tiltak som fraviker fra ref. [7]:

- $\gamma_{m,cu} \sim 1.0$ (totalspenningsanalyse) og $\gamma_{m,a\phi} \sim 1.0$ (effektivspenningsanalyse), og ingen / litt erosjon (tak opp mot 1.2, men potensialet for at noe skal kunne skje må vurderes) → Beskriv mulige tiltak.
- $\gamma_{m,cu} < 1.2$ (totalspenning analyse) og $\gamma_{m,a\phi} < 1.25$ (effektivspenning analyse), og pågående erosjon som forverrer stabiliteten (aktiv / noe) → 5 % forbedring eller minimum 1.5 meter oppfylling. Utslaking av skråning ved behov.
- $\gamma_{m,cu} \geq 1.2$ og $\gamma_{m,a\phi} \geq 1.25$, men pågående erosjon som forverrer stabiliteten (aktiv / noe erosjon), opp til $\gamma_{m,cu} = 1,4$ → Anbefaling om at det likevel bør erosjonssikres basert på vurdering av potensialet for vesentlig reduksjon av sikkerheten / dybde til kvikkleire.

2.3 Laster og lastfaktorer

For trafikklast ved stabilitetsberegninger benyttes en jevnt fordelt last på 10 kPa med en lastfaktor 1.3 iht. [9] i snittene som er gjeldende.

I snittene med bolighus estimeres lastene i hvert enkelt tilfelle ut fra hvilke bygninger det er snakk om. Et konservativt, grovt estimat tilsier 10 kPa pr. etasje. Hvis det er kjeller vil huset som regel være kompensert, dvs. ingen last (eller negativ last). Ved mangel på informasjon gjøres det en vurdering som antas å være på konservativ side.

3 Metode for tolkning av beregningsparametere og lagdeling

3.1 Udrenert skjærfasthet

3.1.1 Udrenert skjærfasthet fra CPTU-sonderinger

Tolkning av aktiv udrenert skjærfasthet fra CPTU-sonderingene er vist i Figurer A01-A18 (Vedlegg A-E). Udrenerte styrkeparametere er tolket og estimert ut fra samlet bruk av informasjon fra CPTU sonderinger basert på korrelasjoner ref. [10] [11], poretrykk i felten (målte for 943-Naust, 944-Sandmo, 955-Solem Foss og 958-Ringset) (Se RIG-TEG-sonenr-350), laboratorieresultater (rutineundersøkelser, plastisitetsgrenser og ødometerforsøk – Se RIG-TEG-sonenr-200 og -400) og dreietrykksonderinger (se tegn. 700-703).

For kvikkleire vil vanligvis rutineundersøkelser vise forstyrrede egenskaper for prøver, derfor kan resultatene spesielt fra rutineundersøkelser falle under anbefalt styrkeprofil. Topografiske forhold er ofte benyttet for vurdering av overkonsolidering, bl.a. ut fra antatt nederosjon av tidligere havbunn.

Innmålte poretrykk er brukt for tolkning av udrenert skjærfasthet i borpunkt hvor det er installert poretrykkmålinger. Om innmålte poretrykk ikke er tilgjengelig er det typisk antatt undertrykk ved toppen av skråningen (ca. 8 kPa/m) og overtrykk profil (ca. 12 kPa/m) for foten av skråningen. Årsaken er at vannet drener vanligvis ned og ut av skråningen noe som fører til undertrykk ved skråningstopp. Tilsvarende er strømningsgradienten oppadrettet ved skråningsfot noe som medfører overtrykk.

3.1.2 Udrenert skjærfasthet estimert fra overkonsolidert (SHANSEP) og normalkonsolidert (NC) forhold

Leire som tidligere har hatt større overlagring enn den har i dag er konsolidert til et høyere spenningsnivå enn dagens topografi tilsier.

Overkonsolideringsgraden til leira er tolket fra resultatene fra CPTU-sonderinger og fra ødometerforsøk i laboratorium. Overkonsolideringsgraden er også tolket fra en vurdering ut fra dagens topografiske forhold. Dette er enklest dersom man har terreng som stiger på begge sider av en forsenkning, men vanskeligere å vurdere der avsetning er avsatt på skrått hellende terreng for eksempel langs kysten som typisk kan ha ensidig fall mot sjøen.

Ut fra overkonsolideringsnivået er udrenert skjærfasthet vurdert på basis av SHANSEP-metoden [12]. Det innebærer at forkonsolideringsnivå og dagens in situ spenninger benyttes for å estimere skjærfasthetens variasjon med dybden. Poretrykket i grunnen har derved også betydning, og er estimert som beskrevet i avsnitt 3.1.1.

Aktiv skjærfasthet i overkonsolidert leire, s_{uA} , er beskrevet ved følgende sammenheng:

$$s_{uA} = \alpha \cdot p_0' \cdot OCR^m \quad (\text{for overkonsolidert leire})$$

hvor OCR (Over Consolidation Ratio) = p_c'/p_0'
 p_0' = effektivt overlagringstrykk in situ
 p_c' = forkonsolideringstrykk ut fra antatt tidligere terrengnivå (evt. inkludert «aging»-effekt; her er generelt benyttet en aging-faktor på 1,2)
 α og m er SHANSEP-faktorer som kontrollerer korrelasjon mellom s_{uA} og OCR

Erfaringsmessig varierer verdi av α mellom 0.25 og 0.35, og verdi av m varierer mellom 0.6 og 0.9.

Normalkonsolidert leire (dvs. for områder uten større tidligere overlagring av masser enn dagens terrengnivå) vil erfaringsmessig ha følgende udrenerte minimumsskjærfasthet, s_{uA} :

$$s_{uA} = \alpha \cdot p_0' \quad (\text{for normalkonsolidert leire})$$

Tolkning av s_u basert på SHANSEP og NC-leire forhold er brukt når det trenger udrenert skjærstyrkeprofil på toppen eller foten av skråninger.

3.1.3 Anisotropiforhold

Anisotropiforhold anbefalt i NIFS rapport 14-2014 [13] er benyttet i beregningene. Disse er gitt i Tabell 2, der s_{uA} , s_{uD} og s_{uP} er karakteristisk udrenert skjærfasthet, hhv. aktiv, direkte og passiv.

Tabell 2: Anbefalt anisotropifaktorer, ref. [13].

I_p	s_{uD}/s_{uA}	s_{uP}/s_{uA}
$I_p \leq 10 \%$	0,63	0,35
$I_p > 10 \%$	$0,63 + 0,00425 \cdot (I_p - 10)$	$0,35 + 0,00375 \cdot (I_p - 10)$

3.1.4 Sprøbruddmateriale og CPTU-sonderinger korrelert med blokkprøver

Iht. NVEs veileder 7/2014 [7] skal karakteristisk aktiv skjærfasthet reduseres med 15 % der det er tolket sprøbruddmateriale. Dette fordi det karakteristiske aktive styrkeprofil i sprøbruddmateriale er tolket ut fra korrelasjon mellom blokkprøver og CPTU sonderinger.

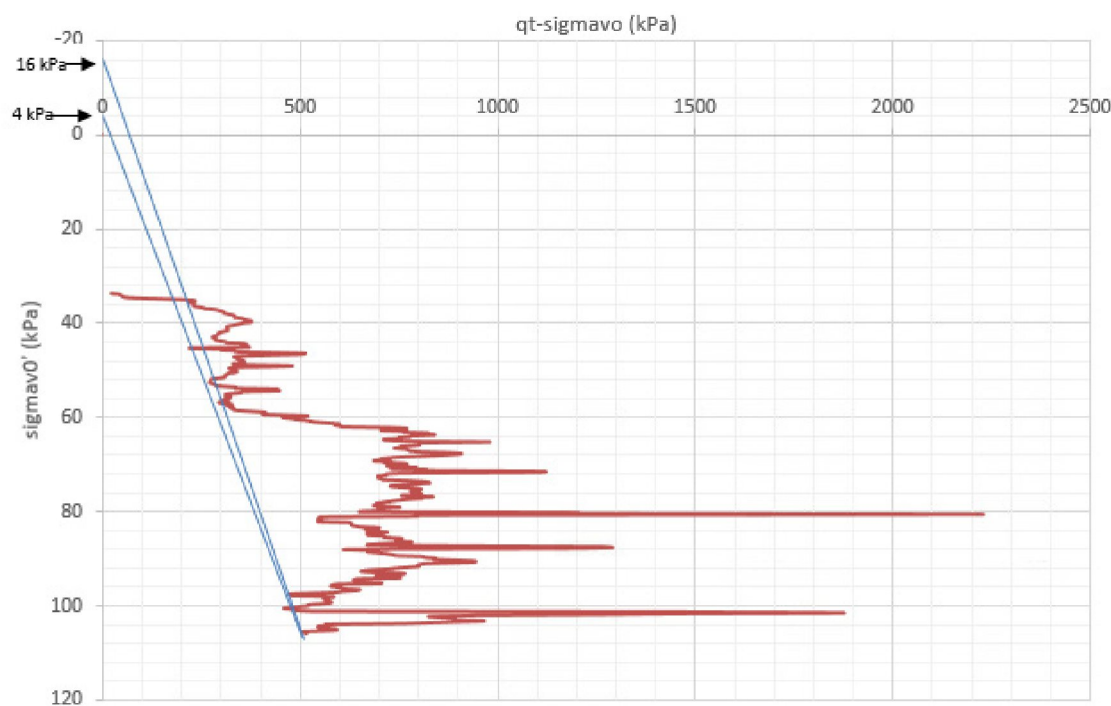
Sprøbruddfaktoren skal kun benyttes på glideflater som forverres. I og med at det hittil kun er regnet på dagens situasjon, er det ikke regnet med sprøbruddfaktor i noen av beregningene i soner hvor sikkerhetsfaktor blir mindre enn 1 med 15% fasthetsreduksjon. For soner hvor sikkerhetsfaktor er større enn 1 med 15% fasthetsreduksjon er det beregnet for begge med sprøbruddfaktor og uten sprøbruddfaktor.

3.2 Effektivspenningsparametere

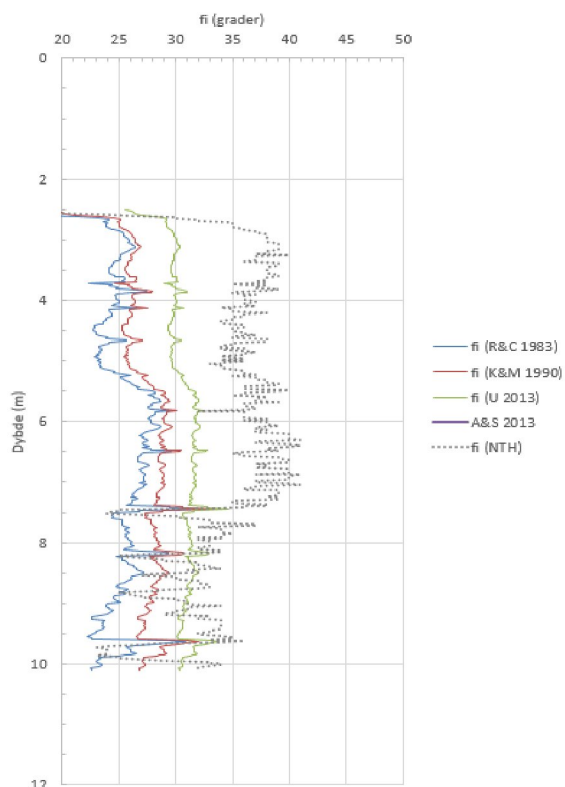
For bestemmelse av effektivspenningsparametere kan bla. NTH-metoden benyttes for tolkning av friksjonsvinkel (ϕ) og attraksjon (a) fra CPTU sondering (ref. [14]). Det er en viss usikkerhet knyttet til denne metoden på grunn av usikkerhet i verdier av attraksjon (a) og plastifikasjonsvinkel (β - som beskriver hvordan jord deformerer og glider ut under trykk fra konus).

For mye lagdelte materialer er det vanskelig å bruke metoden fordi plastifikasjonsvinkel og attraksjon egentlig skulle ha vært spesifisert for hvert enkelt lag. Tolkede effektivspenningsparametere for lagdelte materialer ender gjerne opp med veldig store variasjonsområder.

Det er innledningsvis utført CPTU-tolkning av effektivspenningsparametere med NTH-metoden for sonene i Rissa. Resultatene viser stor variasjon av tolkede verdier. I Figur 2 og 3 er det vist eksempler på tolkning.



Figur 2: Eksempel på mulig tolkning av attraksjon (boring 985-29)



Figur 3: Eksempel på tolkning av friksjonsvinkel (boring 985-29)

På grunn av stor usikkerhet ved tolkning av CPTU, er valgte parametere i stor grad basert på erfaringsverdier, fra bla. Statens vegvesen, ref. [9] - Tabell 3.

Tyngdetetthet, γ er for leire (og sprøbruddmateriale) er bestemt fra laboratorieundersøkelser. Tyngdetetthet for tørrskorpeleire og sand/grus laget er bestemt fra erfaringsparametere gitt i Tabell 3 [9].

Tabell 3: Anbefalte jordparametere ved dimensjonering av landkar og støttemurer (SVV Håndbok, 2014) [9]

Plassering		Materiale		Dim. tyngde- tetthet γ kN/m ³	Karakteristisk indre friksjonsvinkel ϕ		Attraksjon a kN/m ²
					grader	tan ϕ	
Bak og foran landkar og støttemur	Tilførte komprimerte Masser *	Sprengstein **		19	42	0,90	0 - 10
		Grus		19	38	0,78	0
		Sand		18	36	0,73	0
	Naturlige, ikke komprimerte masser	Grus		19	35	0,70	0
		Sand		17	33	0,65	0
		Silt		18	31	0,60	0
		Leire og leirig silt	Fast ***	20	26	0,49	0
			Bløt ***	19	20	0,36	0
Under landkar- såle	Tilførte komprimerte Masser *	Sprengstein ** og ****		19	42/45	0,90/1,0	10
		Grus *****		19	38/40	0,78/0,84	10
		Sand		18	36	0,73	10
	Naturlige, ikke komprimerte masser	Grus	Fast	19	38	0,78	0-10
			Løs	18	36	0,73	0-5
		Sand	Fast	18	36	0,73	0-10
			Løs	17	33	0,65	0-5
		Silt	Fast	19	33	0,65	0-10
			Bløt	18	31	0,60	0-5
		Leire og leirig silt	Fast ***	19	26	0,49	0-20
			Bløt ***	19	20	0,36	0-5

* Gjelder lagvis utlagte og komprimerte masser på land.

** Sprengstein. Gjelder også maskinkult. Høyere verdier av a kan vurderes avhengig av steinstørrelse.

*** Leire (eller leirig silt), fasthetsparametrene må bestemmes på uforstyrrede prøver.

**** For sprengstein av god kvalitet brukt under landkaret kan den høyeste verdien benyttes.

***** For grus av god kvalitet brukt under landkaret kan den høyeste verdien benyttes.

3.3 Tolkning av lagdeling

Lagbestemmelsen for de enkelte profilene er utført ved en kombinert vurdering av data fra dreietrykksonderinger, CPTU-sonderinger, samt resultater fra laboratorieanalyse av prøveserier. Det er også benyttet data fra tidligere undersøkelser innenfor sonen hvor det er relevant (se ref. [5]). Skillet mellom kvikkleire, sprøbruddmateriale og leire er bestemt ved sensitivitet og omrørt skjærfasthet.

Tolkning av lagdeling er ofte beheftet med en viss usikkerhet. Noen ganger kan prøvetaking vise at antakelser om sensitiv/kvikk leire basert på dreietrykksondering er noe konservativ. I tilfeller hvor for eksempel dreietrykksondering ikke gir økende boremotstand i dybden, og hvor det ikke er opptatt jordprøver som kan verifisere materialtypen, vil en konservativ vurdering som regel tilsi at det antas sprøbruddmateriale.

Generelt er det ikke utført bergkontroll for boringer utført i forbindelse med foreliggende utredning av kvikkleiresoner. Dybder til berg er derfor generelt usikre, og der boringer har stoppet på grunt nivå, kan ikke dette uten videre tolkes som berg.

Lagdelingsprofil er gitt i Tegn. 700-703 (Vedlegg A-E).

4 CPTU-tolkning i soner som ikke utredes videre

Det er utført CPTU sonderinger i totalt 5 soner i Rissa (943-Naust, 944-Sandmo, 955-Solem Foss, 958-Ringset og 985 Korsvegen). Sone 943-Naust skal ikke utredes videre i dette prosjektet. CPTU-sonderingene som er utført i sonen er likevel tolket og vedlagt i Vedlegg A.

5 Sone 944 Sandmo

For sone 944 Sandmo er snitt F antatt som kritisk snitt (se kart nr. 012-rev03). Nærmere opplysninger om topografiske data, bebyggelse, erosjon og aktuell skredtype er gitt i Tabell 4.

Tolket lagdeling er presentert på tegning 700 i vedlegg B.

Tabell 4: Kritisk snitt F (Tegn. 700 Vedlegg B)

Høydeforskjell	25 m
Maks helning	1:1,5
Bebyggelse	1 enebolig eller gård
Grunnundersøkelser	4 gamle DrT, BH 944-10 (DrT, PS, PZ, CPTU), BH 944-11 (DrT, CPTU)
Beliggenhet av kvikkleire	Prøveserien indikerer sprøbruddmateriale ca. 7-15 m under terr-eng. Vurdering av CPTU i det samme borpunktet mot NIFS kriteri-er for detektering av sprøbruddmateriale (ref. [15]), indikerer at det kan være sprøbruddmateriale under 12 m under terreng (se Vedlegg C). Dreisonderinger indikerer også sprøbruddmateriale fra ca. 7 m under terreng. Alle tre metoder (DrT, CPTU, PS) viser at sprøbruddmateriale eksisterer i mange lag med tynne tette siltlag imellom.
Skredtype	Mektighet av kvikkleire / sprøbr.mat. mindre enn 40 % over 1:15- linja tilsier at rotasjonsskred eller flakskred er mest sannsynlig.
Erosjon	Noe erosjon

5.1 Tolkingsgrunnlag

Tabell 5: Tolkingsgrunnlag

Grunnlag	Borepunkter	Kommentar
Dreietrykksonderinger i snittet med/uten prøveserier (PR)	944-10 944-11 5-82015N 6-82015N 10-82015 2-414867	Sonderingene og borprofilene er gitt i tegn. 700 i Vedlegg B
Prøveserie	944-10PS	Prøveserien er gitt i RIG-TEG-944-200 (Vedlegg B)
Ødometerforsøk	944-10	To ødometerforsøk med tolkning gitt i RIG-TEG-944-400.1 til -401.2
Poretrykksmålere (PZ)	944-10PZ	I dybde 8m og 16m, gitt i RIG-TEG-944-350 i Vedlegg B.
CPTU-sonderinger i sonen	944-10CP 944-11CP	S _u tolkning gitt i Figur A02–A04 i Vedlegg B

5.2 Kvalitet CPTU-sonderinger

Kvaliteten til CPTU-sonderingene 944-10CP og 944-11CP er vurdert i 10200523-RIG-RAP-001 Datarapport-Geotekniske undersøkelser, utlysningssområde 1-Rissa [6].

Begge sonderingene faller innenfor anvendelsesklasse 1 for spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk, og er derfor benyttet til for tolkning av beregningsparametere.

5.3 Kvalitet ødometerforsøk

Kvaliteten til utførte ødometerforsøk i borhull 944-10 er kontrollert iht. [16] [17] og [18]. Resultatene er gitt i Tabell 6.

Tabell 6: Tolket kvalitet på ødometerforsøk

Ødometerforsøk	$\Delta e/e_0$	Klassifisering iht. $\Delta e/e_0$	M_0/M_L	Klassifisering iht. M_0/M_L
944-10 - 8,60m	0,07	Brukbar	$8/3 = 2.67$	God til umerket
944-10 – 15.20m	0,08	Dårlig	$13/2 = 6,5$	God

Som vist i Tabell 6, kan forskjellige klassifiseringssystem gi forskjellig indikasjon på kvalitet på ødometerforsøk. Avviket antas i dette tilfellet å ha sammenheng med at spenningskurven indikerer en innledende tøying med lav stivhet som trolig ikke har noe med prøve kvalitet å gjøre. Det innledende tøyningsforløpet kan ha sammenheng med innbygging av prøve, oppsett av forsøksutstyr etc. Klassifiseringssystemet basert på poretallsendring ($\Delta e/e_0$) påvirkes av dette, mens klassifisering etter M_0/M_L - kriteriet ikke påvirkes. I dette tilfellet mener vi at klassifisering basert på M_0/M_L gir en riktigere indikasjon på prøve kvalitet enn $\Delta e/e_0$ - kriteriet.

5.4 Beregningsparametere

Ved tolkning av udrenert skjærstyrke fra CPTU etter korrelasjoner i ref. [10] må i første omgang overkonsolideringsgraden (OCR) bestemmes / tolkes. Tabell 7 viser tolket variasjonsområde for overkonsolideringsgrad (OCR) og SHANSEP-parametere (a og m) for de ulike CPTU-sonderingene.

Tabell 7: OCR-nivå og SHANSHEP-parameter

Materialparameter	OCR – midt*	OCR – topp*	OCR – bunn*	SHANSEP parametere	
	944-10	944-11	Antatt	a	m
Tørrskorpeleire					
Leire I	1-2	1.2 – 2		0.25	0.6
Sprøbruddmateriale	1-1.2	1-1.2	3-5	0.25	0.6
Leire II – med tynne siltlag	1-1.2	1-1.2	3-4	0.25	0.6

*Plassering i skråningen

Tabell 8 gir oversikt over anbefalte beregningsparametere basert på tolkning av CPTU og ødometerforsøk, bruk av resultater fra rutineundersøkelser og erfaringsdata.

Tabell 8: Beregningsparametere for 944 Sandmo

Materialparametere	φ' [grader]	a [kPa]	Tyngdetetthet [kN/m ³]	S _u [kPa]	Anisotropiforhold		
					S _{uA} -redusert / S _{uA}	S _{uD} /S _{uA}	S _{uP} /S _{uA}
Tørrskorpeleire	32	0	21	-	-	-	-
Leire I	26	10	21	S _u profil – se Fig. A02-A04 Vedlegg B	1,0	0,63 (I _p =6-8)	0,35
Sprøbruddmateriale	26	10	21	S _u profil – se Fig. A02-A04 Vedlegg B	1,0*	0,63 (I _p =6-8)	0,35
Leire II – med tynne siltlag	26	10	21	S _u profil – se Fig. A02-A04 Vedlegg B	1,0	0,63 (I _p =6-8)	0,35

*Ikke redusert pga. at beregninger uten reduksjon gir F_c<1,0

5.5 Stabilitetsberegninger

Beregnet sikkerhetsfaktor (F) uten 15% fasthetsreduksjon, viser verdier $F \approx 1$ for både effektivspennings- og totalspenningsanalyse (Tabell 9). Beregningene tilsier at skråningen ut mot sjøen har dårlig stabilitet og at sikkerhetsmarginen mot utglidning / skred er liten. Under befaringen i juli 2017 ble det observert en del overflateglidninger og gamle skredgroper som også tyder på at skråningen ned mot sjøen har dårlig stabilitet. Beregningsresultatene i denne rapporten stemmer godt overens med beregningsresultater fra en tidligere rapport om ras ved Sandmo, ref. [19].

Da det ikke er utført boringer i foten av skråningen, er det valgt å bruke konservative forutsetninger for lagdeling og udrenert skjærfasthet der (dvs. poreovertrykk, tykt leirelag og kvikkleire / sprøbruddmateriale). Valgte effektivspenningsparametere må også være på konservativ side i og med at beregnet sikkerhet er mindre enn 1,0. Treaksialforsøk ville ha gitt et bedre grunnlag for tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon. Likefullt er det overveiende sannsynlig at skråningen står med lav sikkerhet (<1.2).

Tabell 9 oppsummerer resultatene fra utførte beregninger. Selve beregningene er presentert på Tegn. nr. 710, 711, 718 og 719. Det er beregnet sikkerhet for kritisk glideflate og for glideflater som har konsekvens for veier og boliger i sonen.

Tabell 9: Resultat fra stabilitetsberegninger uten 15% fasthetsreduksjon (Profil F)

Beskrivelse	Effektivspenning analyse (drenert)	Totalspenning analyse (udrenert)	Kritisk beregningsmetode (drenert / udrenert) - med sikringstiltak
Lavest sikkerhetsfaktor	F = 0.98 Glideflaten er ganske grunn, men bunnen går gjennom kvikkleire / sprøbruddmateriale. Kan initiere retrogressivt skred.	F = 0.96 Glideflaten er ganske dyp, og en stor del går gjennom kvikkleire / sprøbruddmateriale. Kan initiere retrogressivt skred.	Totalspenning analyse Motfylling: F = 1.05 (øker ca. 10% fra 0.96) F = 0.99 (lavest sikkerhet faktor) Glideflatene som tilsvarer til F=0.99 kan enten strekker seg langt fra tåa og unngår motfylling eller slår ut i delen av motfylling som er tynnere. $F_{\text{kritisk-etter}} / F_{\text{kritisk-før}} = 0.99/0.96 = 103 \%$ Avlastning: F = 1.04 (øker fra 0.96 – 8% bedre) F = 1.01 (lavest sikkerhet faktor) $F_{\text{kritisk-etter}} / F_{\text{kritisk-før}} = 1.01/0.96 = 105 \%$ Effektivspenning analyse: Motfylling: $F_{\text{kritisk-etter}} / F_{\text{kritisk-før}} = 1.02/0.98 = 104 \%$ Avlastning $F_{\text{kritisk-etter}} / F_{\text{kritisk-før}} = 0.98/0.98 = 100 \%$ (grunn glideflate)
Andre mulige glideflater	F= 0.99	F= 1.07 (sammensatt)	Motfylling: F = 1.13 (øker fra 1.07 -6% bedre)

Beskrivelse	Effektivspenning analyse (drenert)	Totalspenning analyse (udrenert)	Kritisk beregningsmetode (drenert / udrenert) - med sikringstiltak
	Glideflaten kan fjerne en betydelig en del av skråningsfoten og går gjennom kvikkleire / sprøbruddmateriale. Kan initiere retrogressivt skred.	Dyp glideflate. Glideflaten går langs underkant av laget med kvikkleire / sprøbruddmateriale. Skred kan utløses ved erosjon eller utgraving i foten av skråningen og kan ramme både fylkesveien og boligene på skråningstoppen. F = 1.33 (sammensatt) Dyp glideflate langs 1:15 linje. Skred kan utløses ved erosjon eller utgraving i foten av skråningen og kan ramme både fylkesveien og boligene på skråningstoppen. F = 1.43 (sammensatt) Glideflate i øvre del av laget av kvikkleire / sprøbruddmateriale. Skred her kan ta fylkesveien.	Avlastning: F = 1.08 (øker fra 1.07 – 1% bedre) Motfylling: F = 1.36 (øker fra 1.33 - 2% bedre) Avlastning: F = 1.37 (øker fra 1.33) Motfylling: F = 1.47 (øker fra 1.43) Avlastning: F = 1.47 (øker fra 1.43)
Tiltak iht. kap. 2.2	$\gamma_{m,\phi} < 1.25$ (effektivspenningsanalyse), og pågående erosjon som forverrer	$\gamma_{m,cu} < 1.2$ (totalspenningsanalyse), og pågående erosjon som forverrer stabiliteten (noe) → 5 % forbedring eller minimum	Motfylling: 1.5 m millertidlig anleggsvei med 1.5 m oppfylling fra veien.

Beskrivelse	Effektivspenning analyse (drenert)	Totalspenning analyse (udrenert)	Kritisk beregningsmetode (drenert / udrenert) - med sikringstiltak
	<i>stabiliteten (noe) → 5 % forbedring eller minimum 1.5 meter oppfylling. Utslaking av skråning ved behov.</i>	<i>1.5 meter oppfylling. Utslaking av skråning ved behov.</i>	Avlastning: avlaster fra 0 til 1.5 m av tørrskopeleire på toppen av skråningen, over ca. 24 m utstrekning
Referanse tegninger	Tegn.nr. 710	Tegn.nr. 711	Tegn.nr.718 ; Tegn.nr.718-D Tegn.nr.719 ; Tegn.nr.719-D

*Ved å kombinere motfylling og avlastning vil det oppnås større forbedring av sikkerhetsfaktoren enn når tiltakene beregnes hver for seg (som angitt i tabellen)

5.6 Anbefalte sikringstiltak

Det har tidligere blitt anbefalt å erosjonssikre langs hele området fra og med rasgropen fra 1982 (Profil B-B Kart.nr. 12 rev03) og 230 m langs stranden syd for raset, ref. [19]. Det ble ikke observert at det er utført noe erosjonssikringstiltak under befaringen i juli 2017.

Det anbefales å erosjonssikre langs foten av skråningen / stranda for å unngå ytterligere forverring av stabiliteten. Samtidig fylles det opp litt slik at stabiliteten forbedres noe (inntil ca. 5%). Tiltakene utføres hele veien fra den sørlig enden til dit hvor skråningen blir vesentlig slakere (ca. BH 1-82015 på Kart. nr. 012 rev03). Det foreslås å benytte velgradert sprengstein med grovere stein som plastring på toppen. Plastringen må prosjekteres spesielt mht. bølgepåkjenning. Som underlag må det vurderes å benytte filterlag av sand / grus eller fiberduk for å unngå at leire trenger inn i steinmassene.

Det kan i tillegg være aktuelt å avlaste skråningstoppen, der boringene indikerer fast leire, og legge massene ut i foten av skråningen med tanke på å oppnå en større forbedring av stabiliteten.

I tillegg anbefales det å erosjonssikre alle bekkefar / vannsig på strekningen med velgradert sprengstein og derved øke dreneringskapasiteten i de bratte skråningene. Duk / filtermasse vurderes nærmere.

Det vil antagelig være enklest å etablere anleggsvei fra nord der terrenget er slakere enn i sør.

Stabilitetsberegningen for udrenert tilstand med utlegging av vei (1.5 m i bunnen) gir marginal økning av beregnet sikkerhetsfaktor. For å oppnå 3% økning av minste sikkerhetsfaktor må det legges til en minimum 1.5 m tykk oppfylling i tillegg til anleggsveien, som skissert på Tegn.nr.718 (Vedlegg B). Med en slik oppfylling kan den meste kritiske glideflaten strekke seg lenger ut enn motfyllingen, eller slå ut høyere opp i skråningen hvor motfyllingen er tynn.

Avlastning av ca. 1.5 meter med tørrskopeleire på toppen av skråningen kan også gi en betydelig økning av sikkerhetsfaktor (5%) i udrenert tilstand som vist på Tegn.nr.719 (Vedlegg B). Resultatene fra stabilitetsberegningene er presentert i Tabell 9. Merk at effekten av motfylling og avlastning er beregnet hver for seg, og at en større forbedring av sikkerheten kan oppnås ved å kombinere disse tiltakene.

Stabilitetsberegningen for drenert tilstand viser 4% forbedring med motfylling (Tegn. nr. 718-D), men ingen forbedring med avlastning (Tegn. nr. 719-D). Glideflaten som ikke øker i sikkerhetsfaktor ved avlastning er grunn og går ikke i kvikkleira. Det anbefales å kombinere motfylling med avlastning for å oppnå tilfredsstillende øke i sikkerhetsfaktor i både drenert og udrenert tilstand.

I og med at resultatene fra stabilitetsberegningene indikerer usikre forutsetninger vedrørende lagdeling og parametere, kan det være aktuelt å utføre supplerende grunnboringer ved foten av skråningen. Revidert tolkning av lagdeling og styrkeparametere kan gi økt beregningsmessig sikkerhet, men det vurderes som mest sannsynlig at sikkerheten er lav ($<1,2$). Endrede forutsetninger som følge av supplerende boringer antas å kunne påvirke utformingen av tiltakene en god del foruten å verifisere behovet for tiltak. For å komme til med borerigg, kan det bli nødvendig med hjelp av gravemaskin

6 Sone 955 Solem Foss

For sone 955 Solem Foss er både snitt I og J vurdert som potensielt kritiske snitt. Innledende stabilitetsberegning er utført for å bestemme hvilket snitt som har lavest sikkerhet. Nærmere opplysninger om topografiske data, bebyggelse, erosjon og aktuell skredtype er gitt i Tabell 10 og Tabell 11.

Tolket lagdeling er presentert på tegning 701 i vedlegg C.

Tabell 10: Kritisk snitt I (Tegn. 701 Vedlegg C)

Høydeforskjell	19 m
Maks helning	1:2
Bebyggelse	1 gård, Fylkesvei 146
Grunnundersøkelser	BH 955-16(DrT), BH-955-17 (DrT, CPTU, PS, PZ)
Beliggenhet av kvikkleire	Prøveserien viser sprøbruddmateriale ca. 6-10 m under terreng og kvikkleire ca. 10-15 m under terreng. Vurdering av CPTU i det samme borpunktet etter NIFS sine kriterier for detektering av sprøbruddmateriale (ref. [15]) indikerer at det kan være litt sprøbruddmateriale/kvikkleire, men ikke av betydelig mektighet (se Vedlegg C). Dreitrykksonderinger indikerer sprøbruddmateriale fra ca. 3-6 m og ned til 23 m på nordvestre del og ned til 16 m nærmere Skauga.
Skredtype	Både retrogressivt skred og rotasjonsskred anses som sannsynlige mekanismer her pga. topografi og mektighet av kvikkleire / sprøbr.mat. (>40 %).
Erosjon	Litt

Tabell 11: Kritisk snitt J (Tegn. 701 Vedlegg C)

Høydeforskjell	28 - 30 m
Maks helning	1:2
Bebyggelse	2-3 hus, Fylkesvei 146.
Eksisterende grunnundersøkelser	1 gammel DrT og 1 gammel CPTU. BH 955-18 (DrT), BH 955-19 (DrT og CPTU)
Beliggenhet av kvikkleire	Vurdering av CPTU i BH 955-19 mot NIFS kriteria for detektering av sprøbruddmateriale (ref. [15]) indikerer at det kan være sprøbruddmateriale/kvikkleire fra ca. 6 m under terreng (se Vedlegg C). Sprøbruddmateriale eksisterer muligens i flere lag med silt/sand imellom. Dreitrykksonderinger indikerer sprøbruddmateriale fra ca. 3-5 m til 12 m på nordvestre del, og ned til 16 m dybde nærmere Skauga.
Skredtype	Både retrogressivt og rotasjonsskred anses som sannsynlige mekanismer her pga. topografi og mektighet av kvikkleire / sprøbr.mat. (>40 %).
Erosjon	Litt erosjon observert langs kanten mot Skauga.

6.1 Tolkingsgrunnlag

Tabell 12: Tolkingsgrunnlag for snitt I (Tegn. 701 Vedlegg C)

Grunnlag	Borepunkter	Kommentar
Dreitrykksonderinger i snittet	955-16 955-17	Sonderingene og borprofilene er gitt i tegning 701 i Vedlegg C
Prøveserie	955-17PS	Prøveserien er gitt i RIG-TEG-955-200 Vedlegg C.
Ødometerforsøk	955-17	To ødometerforsøk med tolkning gitt i RIG-TEG-955-400.1 til -401.2 Vedlegg C
Poretrykksmålere (PZ)	955-17PZ	I dybde 7m og 14m, gitt i RIG-TEG-955-350 Vedlegg C.
CPTU-sonderinger i snittet	955-17CP	S _u tolkning gitt i Figur A05 og A08 i Vedlegg C

Tabell 13: Tolkingsgrunnlag for snitt J (Tegn. 701 Vedlegg C)

Grunnlag	Borepunkter	Kommentar
Dreietrykkssonderinger i snittet	955-18 955-19 1_300533 4_300533	Sonderingene og borprofilene er gitt i tegning 701 i Vedlegg B
Prøveserie	Ingen	Prøveserien fra 955-17PS er brukt.
Ødometerforsøk	Ingen	Ødometerforsøk fra 955-17 er brukt.
Poretrykksmålere (PZ)	Ingen	Poretrykkmålinger fra 955-17PZ er brukt.
CPTU-sonderinger i snittet	955-19CP	S_u tolkning gitt i Figur A09 og A11 i Vedlegg C

6.2 Kvalitet CPTU-sonderinger

Kvaliteten til CPTU-sonderingene 955-17CP og 955-19CP er vurdert i 10200523-RIG-RAP-001 Datarapport-Geotekniske undersøkelser, utlysningssområde 1-Rissa [6].

Begge sonderingene faller innenfor anvendelsesklasse 1 for spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk, og er derfor benyttet til for tolkning av beregningsparametere.

6.3 Kvalitet ødometerforsøk

Kvaliteten til utførte ødometerforsøk i borhull 944-10 er kontrollert iht. [16] [17] og [18]. Resultatene er gitt i Tabell 14.

Tabell 14: Tolket kvalitet på ødometerforsøk

Ødometerforsøk	$\Delta e/e_0$	Klassifisering iht. $\Delta e/e_0$	M_0/M_L	Klassifisering iht. M_0/M_L
955-17 - 12,50m	0,05	God	$8/4 = 2.00$	God
955-17– 14.45m	0,06	Brukbar	$9/2 = 4,5$	Veldig god til umerket

6.4 Beregningsparametere

Ved tolkning av udrenert skjærstyrke fra CPTU etter korrelasjoner i ref. [10] må i første omgang overkonsolideringsgraden (OCR) bestemmes / tolkes. Tabell 15 viser tolket variasjonsområde for overkonsolideringsgrad (OCR) og SHANSEP-parametere (a og m) for de ulike CPTU-sonderingene.

Tabell 15: OCR-nivå og SHANSHEP parameter

Material parameter	OCR – midt*	OCR – topp*	OCR – bunn*	SHANSEP parameter	
	944-19	Antatt	Antatt	a	m
Tørrskopeleire					
Leire	1.5 - 2	1-1.2		0.3	0.8
Silt/Leire	1 – 1.5	1-1.2		0.3	0.8
Sand/Silt/Leire					
Kvikkleire/ Sprøbruddmateriale	1 – 1.5	1-1.2	2.5 - 6	0.3	0.8
Berg					

*Plassering i skråningen

Tabell 16 gir oversikt over anbefalte beregningsparametere basert på tolkning av CPTU og ødometerforsøk, bruk av resultater fra rutineundersøkelser og erfaringsdata.

Tabell 16: Beregningsparametere for 955 Solem Foss – Snitt I (Tegn. 701 Vedlegg C)

Material-parametere	φ' [grader]	a [kPa]	Tyngde- tetthet [kN/m ³]	S _u [kPa]	Anisotropiforhold		
					S _{uA} -redusert / S _{uA}	S _{uD} /S _{uA}	S _{uP} /S _{uA}
Grus/Sand	36	5	19	-		-	-
Kvikkleire/ Sprøbrudd- materiale	26	10	20	S _u profil – se Fig. A05-A08 Vedlegg C	1,0*	0,63 (I _p = 4)	0,35
Sand/silt/ Leire	35	5	18				
Kvikkleire/ Sprøbrudd- materiale	26	10	20	S _u profil – se Fig. A05-A08 Vedlegg C	1,0*	0,63 (I _p = 4)	0,35

*Ikke redusert pga. at beregninger uten reduksjon gir F<1,0

Innledende beregninger gav sikkerhet (F) under 1,0 både med og uten reduksjon av aktiv skjærstyrke i totalspenningsanalysen. Tolket skjærstyrke fra CPTU 955-19 ble derfor vurdert på nytt. CPTU 955-19 er vanskelig å tolke pga. mange siltlag som gir en hakkete kurve. En mindre konservativ tolkning av udrenert skjærstyrke gir beregnet sikkerhet ca. lik 1,0. Tilsvarende ble poretrykkene justert litt ned i effektivspenningsanalysen.

Justerte parameterverdier er oppsummert i Tabell 17. Som det fremgår av tabellen, er også lagdelingen endret med sikte på å oppnå et mer realistisk beregningsresultat.

Tabell 17: Beregningsparametere for 955 Solem Foss – Snitt J (Tegn. 701 Vedlegg C)

Material- parametere	φ' [grader]	a [kPa]	Tyngde- tetthet [kN/m ³]	S _u [kPa]	Anisotropiforhold		
					S _{uA} -edusert / S _{uA}	S _{uD} /S _{uA}	S _{uP} /S _{uA}
Tørrskope- leire	32	0	20	-	-	-	-
Leire	26	10	20	S _u profil – se Fig. A09-A11 Vedlegg C	1,0	0,63 (I _p = 4)	0,35
Silt/Leire	31	5	20	S _u profil – se Fig. A09-A11 Vedlegg C	1,0	0,63 (I _p = 4)	0,35
Sand/Silt/ Leire	35	5	18				
Kvikkleire/ Sprøbrudd- materiale	26	10	20	S _u profil – se Fig. A09-A11 Vedlegg C	1,0*	0,63 (I _p = 4)	0,35
Berg							

*Ikke redusert pga. at beregninger uten reduksjon gir F<1,0

6.5 Stabilitetsberegninger

Innledende beregning tilsier at profil J har lavere sikkerhetsfaktor enn profil I. Resultatet av stabilitetsberegning for profil J er derfor presentert videre for kvikkleiresone 955 Solem Foss.

Beregnet sikkerhetsfaktor (F), uten 15% fasthetsreduksjon, viser verdier F≈1 for både effektivspennings- og totalspenningsanalyse (Tabell 18). Beregningene tilsier at skråningen ut mot Skauga har dårlig stabilitet og at sikkerhetsmarginen mot utglidning / skred er liten.

Da det ikke er utført boringer i foten av skråningen, er det valgt å bruke konservative forutsetninger for lagdeling og udrenert skjærfasthet der (dvs. poreovertrykk, tykt leirelag og kvikkleire / sprøbruddmateriale). Valgte effektivspenningsparametere må også være på konservativ side i og med at beregnet sikkerhet er mindre enn 1,0. Treaksialforsøk ville ha gitt et bedre grunnlag for tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon. Likefullt er det overveiende sannsynlig at skråningen står med lav sikkerhet (<1.2).

Tabell 18 oppsummerer resultatene fra utførte beregninger. Selve beregningene er presentert på Tegn. nr. 712, 713, 720 og 721. Det er beregnet sikkerhet for kritisk glideflate og for glideflater som har konsekvens for veier og boliger i sonen.

Tabell 18: Resultat fra stabilitetsberegninger uten 15% fasthetsreduksjon (Profil J)

Beskrivelse	Effektivspenning analyse (drenert)	Totalspenning analyse (udrenert)	Kritisk beregningsmetode (drenert / udrenert) - med sikringstiltak
Lavest sikkerhetsfaktor	$F = 1.01$ (0.94 før justering) Glideflaten er ganske grunn, men går gjennom kvikkleire / sprøbruddmateriale. Kan initiere retrogressivt skred.	$F = 0.98$ (0.83 før justering) Glideflaten er ganske dyp, og går stort sett gjennom kvikkleire / sprøbruddmateriale. Kan initiere et betydelig retrogressivt skred.	Totalspenning analyse: Motfylling: $F = 1.03$ (øker ca. 5% fra 0.98) $F = 1.01$ (lavest sikkerhet faktor) Glideflatene som tilsvarer til $F=1.01$ er dyp, strekker seg langt fra ut fra tåa og å unngår motfylling. $F_{\text{kritisk-etter}} / F_{\text{kritisk-før}} = 1.01/0.98 = 103 \%$ Avlastning: $F = 1.06$ (øker ca. 8% fra 0.98) $F = 1.05$ (lavest sikkerhet faktor) Glideflaten som tilsvarer til $F=1.05$ er dyp, strekker seg langt fra tåa. $F_{\text{kritisk-etter}} / F_{\text{kritisk-før}} = 1.05/0.98 = 107 \%$ Effektivspenning analyse: Motfylling $F_{\text{kritisk-etter}} / F_{\text{kritisk-før}} = 1.16/1.01 = 115 \%$ Avlastning $F_{\text{kritisk-etter}} / F_{\text{kritisk-før}} = 1.00/0.98 = 102 \%$
Andre mulige glideflater		$F = 1.00$ og $F=1.01$ Sirkulære glideflater som kan initiere retrogressivt skred.	Motfylling: $F = 1.03$ (øker fra 1.00 – 3% bedre) $F = 1.06$ (øker fra 1.01 – 5% bedre) Avlastning:

Beskrivelse	Effektivspenning analyse (drenert)	Totalspenning analyse (udrenert)	Kritisk beregningsmetode (drenert / udrenert) - med sikringstiltak
		$F = 1.19$ (sammensatt) Dyp glideflate gjennom jordlag med lav fasthet. Skred kan utløses ved erosjon eller utgraving i foten av skråningen.	$F = 1.18$ (øker fra 1.00 – 18% bedre) $F = 1.13$ (øker fra 1.01) – 12% bedre) Motfylling: $F = 1.23$ (øker fra 1.19 – 3% bedre) Avlastning: $F = 1.32$ (øker fra 1.19)
Tiltak iht. kap. 2.2	$\gamma_{m,a} \phi \sim 1.0$ (effektivspenning analyse), og litt erosjon (tak opp mot 1.2, men potensialet for at noe skal kunne skje må vurderes) → Beskriv mulige tiltak.	$\gamma_{m,cu} \sim 1.0$ (totalspenning analyse) og litt erosjon (tak opp mot 1.2, men potensialet for at noe skal kunne skje må vurderes) → Beskriv mulige tiltak.	Motfylling: Oppfylling er ca. 1.5-2 m høy på tåa av skråningen. Fyllingen utstrekker ca. 14 m oppover skråningen, og ca. 10 m nedover skråningsbunnen. Avlastning: avlaster fra 0 til 2.5 m av tørrskopeleire på toppen av skråningen, over ca. 55 m utstrekning
Referanse tegninger	Tegn.nr. 712	Tegn.nr. 713	Tegn.nr.720; Tegn.nr.720-D Tegn.nr.721; Tegn.nr.721-D

*Ved å kombinere motfylling og avlastning vil det oppnås større forbedring av sikkerhetsfaktoren enn når tiltakene beregnes hver for seg (som angitt i tabellen)

6.6 Anbefalte sikringstiltak

Ved befaring i juli 2017 ble det registrert en lang strekning hvor det tidligere er erosjonssikret mot elva /langs skråningsfoten i søndre del av sonen, opp til sidebekken (Sagelva). Det ble observert litt erosjon, hovedsakelig som sig på steder hvor grunnvann slår ut i skråningen ovenfor erosjonssikringen.

Potensialet for skred i sonen er først og fremst knyttet til mulig erosjon i nedre del av skråningene. Det ble ikke registrert erosjon i elveforbygningen som er etablert av NVE tidligere, men forbygningen er nå tett bevokst med løvskog og eventuelle skader kan være vanskelig å oppdage. Løvskogen kan ha etablert seg som følge av at finstoff / jord har trengt seg inn i forbygningen (pga. manglende filterlag) noe som i utgangspunktet ikke er ønskelig. Det kan imidlertid også være en konsekvens av at det er brukt samfengt sprengstein med et betydelig innhold av finstoff (det er i dag ønskelig med noe revegetering av miljøsensyn). I tillegg til erosjon kan mulige inngrep ved toppen av skråningene, f.eks. utfylling / oppfylling, medføre fare for skred.

Det anbefales at NVE fremskaffer dokumentasjon (plantegninger, profiler etc.) av den tidligere etablerte elveforbygningen for å få et bedre grunnlag for å vurdere dagens tilstand.

Et mulig tiltak kan være å forsterke eksisterende erosjonssikring langs foten av skråningen ned mot Skauga fra lengst sør og opp til Sagelva (Kart nr. 013 rev03). I området lengst nedstrøms (ca. profil I i Kart nr. 013) er det registrert bevegelse (sig) og nedsynking flere steder, og det er veldig bløtt der grunnvannstrømmen slår ut i terreng (se profil I i Tegn.701). På disse stedene kan det være aktuelt å trekke erosjonssikringen / motfyllingen litt lenger opp i skråningen. Først må det imidlertid fylles opp minst like mye nede ved elva slik at tiltaket i seg selv ikke vil kunne utløse skred. Skråningen er så bratt at det etter alt å dømme må benyttes steinmasser.

Det er krevende atkomst for anleggsmaskiner til foten av skråningen på grunn av mye bevokst og bratt terreng.

På den nordlige delen av sonen indikerer spredte boringer at grunnforholdene er bedre enn i sør. Det anbefales derfor ikke tiltak ut fra foreliggende grunnlagsdata, selv om det på noen steder ble observert sig / overflateutglidninger i den bratte og tett vegeterte skråningen ut mot elva.

Stabilitetsberegningen med bare utlegging av vei (1.5 m i bunnen) gir veldig lite økning av sikkerhetsfaktoren. Det kan oppnås 3% økning av den minste sikkerhetsfaktoren (fra 0.98 til 1.01) ved å legge ut en ca. 3.5 m høy fylling i tillegg til anleggsveien, som skissert i Tegn.nr.720 (Vedlegg B).

Avlastning av ca. 2.5 meter med tørrskopeleire på toppen av skråningen gir 5% økning av sikkerhetsfaktoren, som vist i Tegn.nr.721 (Vedlegg B). Trolig vil avlastet materiale

for en stor del være uegnet til å bruke som fyllmasser ved bunnen av skråningen. Resultatene fra stabilitetsberegningene er presentert i Tabell 18.

Stabilitetsberegningen for drenert tilstand viser 15% forbedring med motfylling (Tegn. nr. 720-D), men marginal forbedring med avlastning (Tegn. nr. 721-D). Det anbefales å kombinere motfylling med avlastning for å oppnå tilfredsstillende øke i sikkerhetsfaktor i både drenert og udrenert tilstand.

Merk at effekten av motfylling og avlastning er beregnet hver for seg, og at en større forbedring av sikkerheten kan oppnås ved å kombinere disse tiltakene. I og med at resultatene fra stabilitetsberegningene indikerer usikre forutsetninger vedrørende lagdeling og parametere, kan det være aktuelt å utføre supplerende grunnboringer ved foten av skråningen. Revidert tolkning av lagdeling og styrkeparametere kan gi økt beregningsmessig sikkerhet, men det vurderes som mest sannsynlig at sikkerheten er lav ($<1,2$). Endrede forutsetninger som følge av supplerende boringer antas å kunne påvirke utformingen av tiltakene en god del foruten å verifisere behovet for tiltak. For å komme til med borerigg langs elva, må det etableres anleggsveg ved hjelp av gravemaskin. Det vil også være behov for skogrydding.

7 Sone 958 Ringset

For sone 958 Ringset er snitt L antatt som kritisk snitt. Nærmere opplysninger vedrørende topografiske data, bebyggelse, erosjon og aktuell skredtype er gitt i Tabell 19.

Tolket lagdeling er presentert på tegning 702 i vedlegg D.

Tabell 19: Kritisk snitt L (Tegn. 702 Vedlegg D)

Høydeforskjell	30 m
Maks helning	1: 3
Bebyggelse	1 gård, kommunal vei
Grunnundersøkelser	1 gammel DrT, BH 958-22 (DrT, CPTU, PZ, PS)
Beliggenhet av kvikkleire	Prøveserien viser kvikkleire ca. 7-10 m under terreng. Vurdering av CPTU i det sammen borpunktet mot NIFS kriteria for detektering av sprøbruddmateriale (ref. [15]) indikerer at det kan være sprøbruddmateriale/kvikkleire mellom 10 og 23 m under terreng (se Vedlegg C). Dreitrykksonderinger indikerer kvikkleire fra ca. 7 m til 24 m.
Skredtype	Rotasjonsskred / flakskred anses mest sannsynlig basert på mektighet av kvikkleire / sprøbr.mat., men retrogressivt skred kan heller ikke utelukkes (lite grunnlag).
Erosjon	Noe

7.1 Tolkningsgrunnlag

Tabell 20: Tolkningsgrunnlag

Grunnlag	Borpunkt	Kommentar
Dreitrykksonderinger i snittet med/uten prøveserier (PR)	958-22 86054_68	Sonderingene og boreprofilene er gitt i tegning 702 i Vedlegg D
Prøveserie	958-22PS	Prøveserien er gitt i kart nr. 014_rev03
Ødometerforsøk	958-22	Tre ødometerforsøk med tolkning gitt i RIG-TEG-958-400.1 til – 402.2 Vedlegg D.
Poretrykksmålere (PZ)	958-22PZ	Poretrykkmålinger på 6 og 12 m dybde, gitt i RIG-TEG-958-350 Vedlegg D.
CPTU-sonderinger i sonen	958-22CP	S _u tolkning gitt i Figur A12 og A14 i Vedlegg D

7.2 Kvalitet CPTU-sonderinger

Kvaliteten til CPTU-sonderingene 958-22CPT er vurdert i 10200523-RIG-RAP-001 Datarapport-Geotekniske undersøkelser, utlysningssområde 1-Rissa [6].

Sonderingen faller innenfor anvendelsesklasse 1 for spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk, og er derfor benyttet til for tolkning av beregningsparametere.

7.3 Kvalitet ødometerforsøk

Kvaliteten til utførte ødometerforsøk i borhull 958-22 er kontrollert iht. [16] [17] og [18]. Resultatene er gitt i Tabell 21.

Tabell 21: Tolket kvalitet på ødometerforsøk

Ødometerforsøk	$\Delta e/e_0$	Klassifisering iht. $\Delta e/e_0$	M_0/M_L	Klassifisering iht. M_0/M_L
958-22 - 7.45m	0,03	Veldig god	$8/4 = 2.00$	God
955-17– 8.35m	0,05	Veldig god	$9/1 = 9$	Veldig god til umerket
955-17– 9.40m	0.04	God	$9/0.5=18$	Veldig god til umerket

7.4 Beregningsparametere

Ved tolkning av udrenert skjærstyrke fra CPTU etter korrelasjoner i ref. [10] må i første omgang overkonsolideringsgraden (OCR) bestemmes / tolkes. Tabell 22 viser tolket variasjonsområde for overkonsolideringsgrad (OCR) og SHANSEP-parametere (a og m) for de ulike CPTU-sonderingene.

Tabell 22: OCR-nivå og SHANSHEP parameter

Material parameter	OCR – midt*	OCR – topp*	OCR – bunn*	SHANSEP parameter	
	958-22	Antatt	Antatt	a	m
Sand/grus					
Leire	2-4			0.3	0.8
Kvikkleire/ Sprøbruddmateriale	1-2	1 - 2	3-10	0.3	0.8
Sand/Silt					
Kvikkleire/ Sprøbruddmateriale?	1-1.5	1 – 1.5	< 3	0.3	0.8

*Plassering i skråningen

Tabell 23 gir oversikt over anbefalte beregningsparametere basert på tolkning av CPTU og ødometerforsøk, bruk av resultater fra rutineundersøkelser og erfaringsdata.

Tabell 23: Beregningsparametere for 958 Ringset

Material- parametere	φ' [grader]	a [kPa]	Tyngde- tetthet [kN/m ³]	S _u [kPa]	Anisotropiforhold		
					S _{uA} -redusert / S _{uA}	S _{uD} /S _{uA}	S _{uP} /S _{uA}
Sand/grus	38	5	19	-		-	-
Leire	26	10	19.5	S _u profil – se Fig. A12-A14 Vedlegg D	1,0	0,63 (I _p = 7)	0,35
Kvikkleire/ Sprøbrudd- materiale	26	10	18	S _u profil – se Fig. A12-A14 Vedlegg D	0,85* og 1,0	0,63 (I _p = 7)	0,35
Sand/Silt	35	5	18				
Kvikkleire/ Sprøbrudd- materiale	26	10	18	S _u profil – se Fig. A12-A14 Vedlegg D	0,85* og 1,0	0,63 (I _p = 7)	0,35

*15% reduksjon av aktiv styrke i kvikkleire / sprøbruddmateriale

7.5 Stabilitetsberegning

Beregnet sikkerhetsfaktor, uten 15% fasthetsreduksjon, viser verdier $F \approx 1.4$ for effektivspenning analyse, men mye lavere $F \approx 1.25$ for totalspenning analyse (Tabell 24). Beregnet sikkerhetsfaktor (F), med 15% fasthetsreduksjon, viser verdier $F \approx 1.15$ for totalspenningsanalyse. Beregningene tilsier at skråningen ut mot bekkfaret har relativt lav sikkerhet mot utglidning.

Da det ikke er utført boringer i foten av skråningen, er det valgt å bruke konservative forutsetninger for lagdeling og udrenert skjærfasthet der (dvs. poreovertrykk, tykt leirelag og kvikkleire / sprøbruddmateriale).

Tabell 24 oppsummerer resultatene fra utførte beregninger. Selve beregningene er presentert på Tegn. nr. 714-715. Det er beregnet sikkerhet for kritisk glideflate og for glideflater som har konsekvens for veier og boliger i sonen.

Tabell 24: Resultat fra stabilitetsberegninger uten 15% fasthetsreduksjon (Profil L)

Beskrivelse	Effektivspenning analyse (drenert)	Totalspenning analyse (udrenert)
Lavest sikkerhetsfaktor	F = 1.39 Glideflaten er grunn, men bunnen går gjennom kvikkleirelag. Kan initiere retrogressivt skred.	F = 1.25 Sirkulær, dyp glidning som kan initiere et betydelig retrogressivt skred.
Andre mulige glideflater	F = 1.42 Sirkulær, grunn overflateglidning som kan initiere retrogressivt skred. F = 1.43, 1.50 Ganske dyp glideflate som ligger stort sett i kvikkleire og som kan initiere et betydelig retrogressivt skred	F = 1.25 Sirkulære dypp glidninger som går gjennom kvikkleirelag med lav fasthet. Kan initiere betydelig retrogressivt skred. F= 1.59 (sammensatt) Dyp glideflate som går gjennom kvikkleire- / sprøbruddmateriale med lav fasthet. Skred kan utløses ved erosjon eller utgraving i foten av skråningen. Kan ta boligene på skråningstoppen. F=2.00 (sammensatt) Dyp glideflate som følger 1:15 - linjen. Skred kan utløses ved erosjon eller utgraving i foten av skråningen. Kan ta boligene på skråningstoppen.
Tiltak iht. kap. 2.2	$\gamma_{m,a} \geq 1.25$, men pågående erosjon som forverrer stabiliteten (aktiv / noe) → Anbefaling om at det likevel bør erosjonssikres.	$\gamma_{m,cu} \geq 1.2$, men pågående erosjon som forverrer stabiliteten (aktiv / noe) → Anbefaling om at det likevel bør erosjonssikres.
Videre beregning	Ingen	Stabilitetsberegning oppdateres med tiltak.
Referanse tegninger	Tegn.nr. 714	Tegn.nr. 715

Tabell 25: Resultat fra stabilitetsberegninger med 15% fasthetsreduksjon (Profil L)

Beskrivelse	Effektivspenning analyse (drenert)	Totalspenning analyse (udrenert)	Kritisk beregningsmetode (drenert / udrenert) - med sikringstiltak
Lavest sikkerhetsfaktor	F = 1.39 Glideflaten er grunn, men bunnen går gjennom kvikkleirelag. Kan initiere retrogressivt skred.	F = 1.15 Sirkulær, dyp glidning som kan initiere et betydelig retrogressivt skred.	Totalspenning analyse Motfylling: F = 1.18 (øker ca. 3% fra 1.15) F = 1.17 (lavest sikkerhet faktor) Glideflatene som tilsvarer til F=1.17 trekker seg opp over skråningen og går gjennom den tynn delen av motfyllingen. $F_{\text{kritisk-etter}} / F_{\text{kritisk-før}} = 1.17/1.15 = 102 \%$ Effektivspenning analyse: $F_{\text{kritisk-etter}} / F_{\text{kritisk-før}} = 1.43/1.39 = 103 \%$
Andre mulige glideflater	F = 1.42 Sirkulær, grunn overflateglidning som kan initiere retrogressivt skred. F = 1.43, 1.50 Ganske dyp glideflate som ligger stort sett i kvikkleire og som kan initiere et betydelig retrogressivt skred	F = 1.15 Sirkulær, dyp glidning som kan initiere et betydelig retrogressivt skred. F= 1.46 (sammensatt) Dyp glideflate som går gjennom kvikkleire- / sprøbruddmateriale med lav fasthet. Skred kan	Motfylling: F = 1.20 (øker fra 1.15 – 4% bedre) Motfylling: F = 1.50 (øker fra 1.46 – 3% bedre)

Beskrivelse	Effektivspenning analyse (drenert)	Totalspenning analyse (udrenert)	Kritisk beregningsmetode (drenert / udrenert) - med sikringstiltak
		utløses ved erosjon eller utgraving i foten av skråningen. Kan ta boligene på skråningstoppen. F=1.86 (sammensatt) Dyp glideflate som følger 1:15 - linjen. Skred kan utløses ved erosjon eller utgraving i foten av skråningen. Kan ta boligene på skråningstoppen.	Motfylling: F = 1.92 (øker fra 1.86 – 3.2%)
Tiltak iht. kap. 2.2	<i>$\gamma_{m,a} \geq 1.25$, men pågående erosjon som forverrer stabiliteten (aktiv / noe) → Anbefaling om at det likevel bør erosjonssikres.</i>	<i>$\gamma_{m,cu} < 1.2$ (totalspenning analyse) og pågående erosjon som forverrer stabiliteten (aktiv / noe) → 5 % forbedring eller minimum 1.5 meter oppfylling. Utslaking av skråning ved behov.</i>	Motfylling: Heving av bekkbunnen ca. 1.5 m. Motfyllingen utstrekker ca. 20 m oppover skråningen. Motfyllingshøyde er ca. 2 m fra dagens bekkbunn.

Beskrivelse	Effektivspenning analyse (drenert)	Totalspenning analyse (udrenert)	Kritisk beregningsmetode (drenert / udrenert) - med sikringstiltak
Referanse tegninger	Tegn.nr. 714	Tegn.nr. 715-R	Tegn.nr.722; Tegn.nr.722-D

7.6 Anbefalte sikringstiltak

Ved befaring i juli 2017 ble det registrert "noe" erosjon langs bekkefaret fra vegen opp til Ringset og oppstrøms til litt forbi bekkemøte (ca. 150 – 200 meter fra vegen). På denne strekningen ble det observert bunnsenkning og noen overflateutglidninger. Videre oppover langs bekken ble det registrert litt erosjon. Det anbefales å erosjonssikre bekken på den aktuelle strekningen for å unngå ytterligere forverring av stabiliteten. På strekningen fra vegen og opp til ca. ved bekkemøtet heves bekkeløpet for å forbedre stabiliteten (inntil 5 %). Erosjonssikringen utføres videre ca. 50 – 100 meter videre oppover langs bekkene fra bekkemøtet. Det benyttes velgradert sprengstein både til plastring og oppfylling.

Tilkomst / anleggsveg må etableres langsetter den aktuelle bekken.

Stabilitetsberegningen med 1.5 meter oppfylling lokalt ved bekken gir marginal endring av sikkerhetsfaktoren i beregningsprofilen. Det derfor skissert en liten motfylling oppover bekken som vist i Tegn.nr.722 (Vedlegg D). I beregningsprofilen er det modellert en motfylling som strekker ca. 20 m oppover fra skråningsfoten. Bredden av motfyllingen må tilpasses terrenget oppover langs bekken. Motfyllingen gir 2-3% økning av sikkerhetsfaktoren for de meste kritisk glideflatene fra stabilitetsberegningen før tiltak (Tegn.nr.715R – Vedlegg D). Kritisk glideflate slår ut et stykke ovenfor bekken hvor motfyllingen er tynn. Motfyllingen vil ha større effekt på stabiliteten lenger oppstrøms (kritisk glideflate antas her å slå ut i nivå med bekken). Resultatet fra stabilitetsberegning er presentert i Tabell 25.

I og med at resultatene fra stabilitetsberegningene indikerer usikre forutsetninger vedrørende lagdeling og parametere, kan det være aktuelt å utføre supplerende grunnboringer ved foten av skråningen. Revidert tolkning av lagdeling og styrkeparametere kan gi økt beregningsmessig sikkerhet. Endrede forutsetninger som følge av supplerende boringer antas å kunne påvirke utformingen av tiltakene en god del foruten å verifisere behovet for tiltak. For å komme til med borerigg, må det evt. etableres atkomstveg med hjelp av gravemaskin.

8 Sone 985 Korsvegen

For sone 985 Korsvegen er snitt P antatt som kritisk snitt. Nærmere opplysninger vedrørende topografiske data, bebyggelse, erosjon og aktuell skredtype er gitt i Tabell 26.

Tolket lagdeling er presentert på tegning 703 i vedlegg E.

Tabell 26: Kritisk snitt P (Tegn. 703 Vedlegg E)

Høydeforskjell	15 m
Maks helning	1:6
Bebyggelse	3 -5 enebolig eller gård
Grunnundersøkelser	BH 985-29 (DrT, CPTU, PS)
Beliggenhet av kvikkleire	Prøveserien påviser kvikkleire emllom 3 og 6 m under terreng. Vurdering av CPTU i det sammen borpunktet mot NIFS kriteria for detektering av sprøbruddmateriale (ref. [15]) indikerer at det kan være litt sprøbruddmateriale i tynne lag mellom 5 og 10 m (se Vedlegg C). Det kan derfor ikke utelukkes at det kan finnes sprøbruddmateriale, særlig i dybden under 13 m. Dreietrykkssonderingen indikerer kvikkleire mellom 3 og 8 m.
Skredtype	Flaskskred anses som mest sannsynlig ut fra at terrenget er slakt og at mektigheten av sprøbruddmateriale over 1:15 – linja er mindre enn 40%.
Erosjon	Noe

8.1 Tolkningsgrunnlag

Tabell 27: Tolkningsgrunnlag

Grunnlag	Borepunkter	Kommentar
Dreietrykkssonderinger i snittet	985-29	Sonderingene og boreprofilen er gitt i tegning 703 i Vedlegg E
Prøveserie	985-29PS	Prøveseriene er gitt i RIG-TEG-984-200 og -201
Ødometerforsøk	Ingen	
Poretrykksmålere (PZ)	Ingen	Det ble observert grunnvannstand på 1 m dybde [6]
CPTU-sonderinger i sonen	985-29CP	S _u tolkning gitt i Figur A12 og A14 i Vedlegg E.

8.2 Kvalitet CPTU-sonderinger

Kvaliteten til CPTU- sonderingene 985-29CP og 985-32CP er vurdert i 10200523-RIG-RAP-001 Datarapport-Geotekniske undersøkelser, utlysningssområde 1-Rissa [6].

Begge sonderingene faller innenfor anvendelsesklasse 1 for spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk, og er derfor benyttet til for tolkning av beregningsparametere.

8.3 Beregningsparametere

Ved tolkning av udrenert skjærstyrke fra CPTU etter korrelasjoner i ref. [10] må i første omgang overkonsolideringsgraden (OCR) bestemmes / tolkes. Tabell 28 viser tolket variasjonsområde for overkonsolideringsgrad (OCR) og SHANSEP-parametere (a og m) for de ulike CPTU-sonderingene.

Tabell 28: OCR-nivå og SHANSEP parameter

Material parameter	OCR – midt*	OCR – topp*	OCR – bunn*	SHANSEP parameter	
	944-29	Antatt	Antatt	a	m
Grus/Sand					
Kvikkleire/ Sprøbruddmateriale	1.5 - 2	1 – 1.2	3- 6	0.3	0.8
Leire	1.2 – 1.5	1 – 1.2	3 - 4	0.3	0.8
Berg					

*Plassering i skråningen

Tabell 23 gir oversikt over anbefalte beregningsparametere basert på tolkning av CPTU og ødometerforsøk, bruk av resultater fra rutineundersøkelser og erfaringsdata.

Tabell 29: Beregningsparametere for 985 Korsvegen

Material- parametere	φ' [grader]	a [kPa]	Tyngde- tetthet [kN/m ³]	S _u [kPa]	Anisotropiforhold		
					S _{uA} -redusert / S _{uA}	S _{uD} /S _{uA}	S _{uP} /S _{uA}
Grus/Sand	38	5	19	-	-	-	-
Kvikkleire/ Sprøbrudd- materiale	26	10	19.5	S _u profil – se Fig. A15-A18 Vedlegg E	0,85* og 1,0	0,63 (I _p = 4)	0,35
Leire	26	10	19.5	S _u profil – se Fig. A15-A18 Vedlegg E	1,0	0,63 (I _p = 4)	0,35
Berg							

*15% reduksjon av aktiv styrke i kvikkleire / sprøbruddmateriale

8.4 Stabilitetsberegning

Beregnet sikkerhetsfaktor, uten 15% fasthetsreduksjon, viser verdier $F \approx 2.20$ for effektivspennings analyse, og $F \approx 1.62$ for totalspennings analyse (Tabell 30). Beregnet sikkerhetsfaktor (F), med 15% fasthetsreduksjon, viser verdier $F \approx 1.59$ for totalspenningsanalyse (Tabell 31). Beregningene tilsier at skråningen ut mot sjø har god stabilitet og at sikkerhetsmarginen mot utglidning / skred er god.

Da det ikke er utført boringer i foten av skråningen, er det valgt å bruke konservative forutsetninger for lagdeling og udrenert skjærfasthet der (dvs. poreovertrykk, tykt leirelag og kvikkleire / sprøbruddmateriale). Valgte effektivspenningsparametere må også være på konservativ side i og med at beregnet sikkerhet er mindre enn 1.0. Treaksialforsøk ville ha gitt et bedre grunnlag for tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon. Likefullt er det overveiende sannsynlig at skråningen står med lav sikkerhet (<1.2).

Tabell 30 og Tabell 31 viser den mest kritisk (lavest) sikkerhetsfaktoren, samt andre mulige glideflater som kan ha lave sikkerhetsfaktorer eller kan ha betydelig konsekvenser til veier og boliger i sonen. Merker at sikkerhetsfaktor av alle glideflatene er beregnet forutsett at skjærfasthet langs glideflater blir mobilisert samtidig. Kvikkleire mektighet i sonen er lav, da flakskred er det mest sannsynlig skredtype for sonen. Forutsetningen kan antas å være tilstrekkelig.

Tabell 30: Resultat fra stabilitetsberegninger uten 15% fasthetsreduksjon (Profil P)

Beskrivelse	Effektivspenning analyse (drenert)	Totalspenning analyse (udrenert)
Lavest sikkerhetsfaktor	F = 2.20 Glideflaten er grunn, men bunnen går litt gjennom kvikkleirelag i den bratteste delen av skråningen.	F = 1.62 Sirkulær dyp glideflate som går gjennom kvikkleire- / sprøbruddmateriale. Skred kan ramme boligene i profilet.
Andre mulige glideflater	F = 2.53 Sirkulære glideflate gjennom foten av skråningen.	F = 1.92 Dypt flaskskred med glideflate parallelt med bergoverflaten. Kan ta boligene i nærheten av profilet. F = 2.17 Dypt flaskskred som går langs bunnen av kvikkleirelag.
Tiltak iht. kap. 2.2	$\gamma_{m,\phi} \geq 1.25$, men pågående erosjon som forverrer stabiliteten (aktiv / noe) → Anbefaling om at det likevel bør erosjonssikres.	$\gamma_{m,cu} \geq 1.2$, men pågående erosjon som forverrer stabiliteten (aktiv / noe) → Anbefaling om at det likevel bør erosjonssikres.
Videre beregning	Ikke nødvendig	Ikke nødvendig
Referanse tegninger	Tegn.nr. 716	Tegn.nr. 717

Tabell 31: Resultat fra stabilitetsberegninger med 15% fasthetsreduksjon (Profil P)

Beskrivelse	Effektivspenning analyse (drenert)	Totalspenning analyse (udrenert)
Lavest sikkerhetsfaktor	F = 2.20 Glideflaten er grunn, men bunnen går litt gjennom kvikkleirelag i den bratteste delen av skråningen.	F = 1.59 Sirkulær dyp glideflate som går gjennom kvikkleire- / sprøbruddmateriale. Skred kan ramme boligene i profilet.
Andre mulige glideflater	F = 2.53 Sirkulære glideflate gjennom foten av skråningen.	F = 1.91 (sammensatt) Dypt flakskred med glideflate parallelt med bergoverflaten. Kan ta boligene i nærheten av profilet. F = 2.08 (sammensatt) Dypt flakskred som går langs bunnen av kvikkleirelag.
Tiltak iht. kap. 2.2	$\gamma_{m,\phi} \geq 1.25$, men pågående erosjon som forverrer stabiliteten (aktiv / noe) → Anbefaling om at det likevel bør erosjonssikres.	$\gamma_{m,cu} \geq 1.2$, men pågående erosjon som forverrer stabiliteten (aktiv / noe) → Anbefaling om at det likevel bør erosjonssikres.
Videre beregning	Ikke nødvendig	Ikke nødvendig
Referanse tegninger	Tegn.nr. 716	Tegn.nr. 717-R

8.5 Anbefalte sikringstiltak

Stabilitetsberegningene tilser god stabilitet, vesentlig på grunn av at skråningene har liten helning. Ved befaring i juli 2017 ble det registrert "litt" erosjon langs bekken i søndre del av sonen. Det er ca. 1-2 meter bunnsenkning i dette området, og bekken eroderer i leire uten at dette har resultert i utglidninger. Erosjonskategorien grenser like fullt opp mot "noe erosjon". Det anses derfor som hensiktsmessig å erosjonssikre bekkeløpet i den sørlige delen av sonen, ca. fra Fevågveien 293 og sørover / oppstrøms.

Det er grei atkomst for anleggsmaskiner for å utføre erosjonssikringstiltak i sonen.

9 Utløpsområder og reviderte løsneområder

Utløpsområde og revidert løsneområde er vurdert iht. ref. [18]. Vurdering av soner som utredes videre med stabilitetsberegning er omfattet av foreliggende rapport. For faresoner som ikke utredes videre, ble dette utført i delleveranse 3, jf. ref. [3]. Utløps- og løsneområdene er vist på kart i vedlegg F. Konsekvensfaktorer for beregningsprofiler er presentert i vedlegg G.

10 Risikoevaluering

Revidert faregrad-, konsekvens- og risikoklassifisering er utført iht. ref. [5]. Vurdering av soner som utredes videre med stabilitetsberegning er omfattet av foreliggende rapport. For faresoner som ikke utredes videre, ble dette utført i delleveranse 3, jf. ref. [3]. Resultatene er presentert i vedlegg F. Endering i sikkerhetsfaktor og faregrad med anbefalte tiltak er vist i Tabell 32.

Tabell 32: Endering i laveste sikkerhetsfaktor og faregrad i sonene med anbefalte tiltak

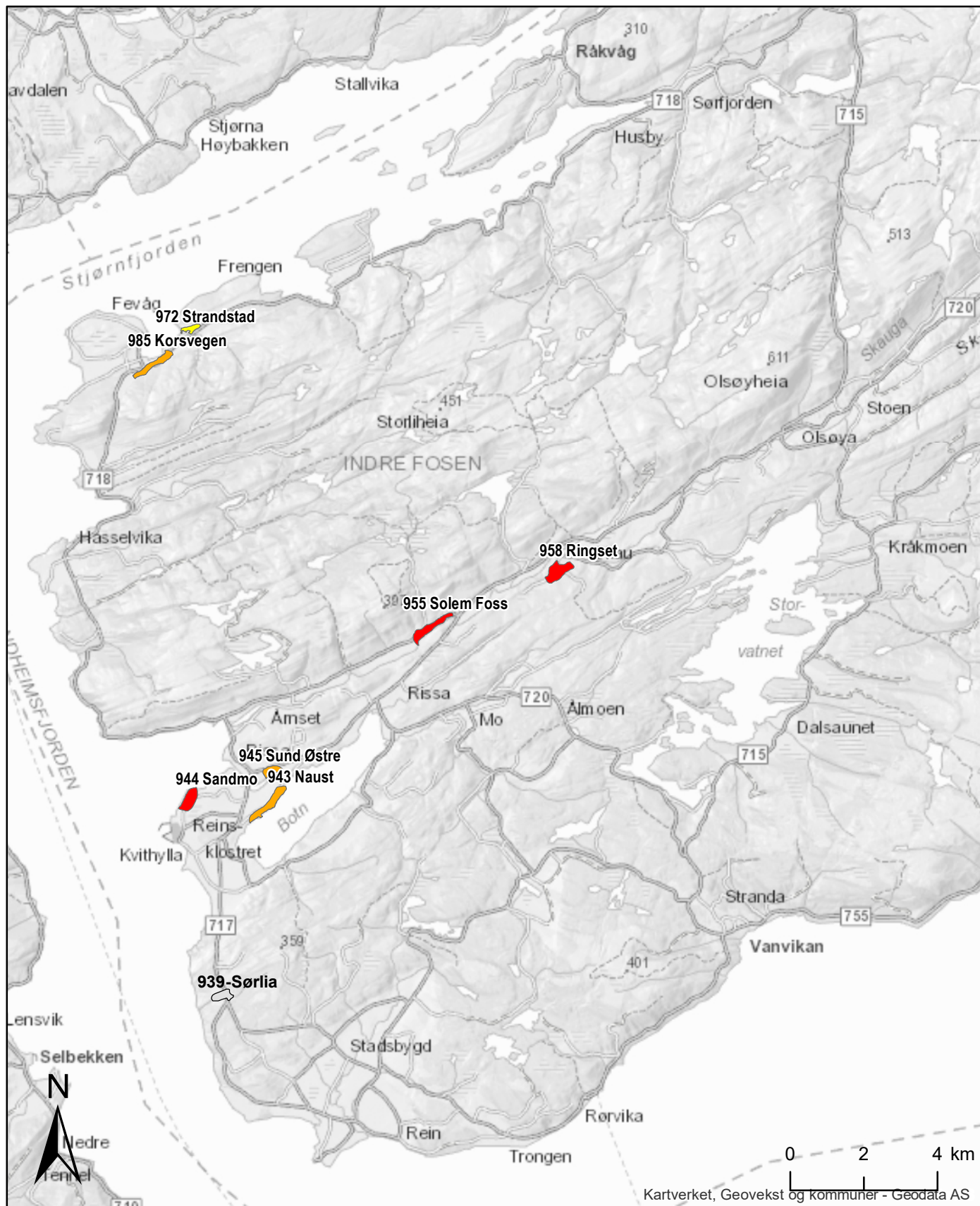
Kvikkleiresoner	Laveste sikkerhetsfaktor			Faregrad (poeng)		
	Dagens situasjon	Motfylling	Avlastning	Dagens situasjon	Motfylling	Avlastning
944 Sandmo	0.96	0.99	1.01	Middels (20)	Lav (11)	Lav (17)
955 Solem Foss	0.98	1.01	1.05	Middels (18)	Lav (15)	Middels (18)
958 Ringset	1.15	1.17		Middels (21)	Lav (12)	-

*Ved å kombinere motfylling og avlastning vil det kunne oppnås større forbedring av sikkerhetsfaktor og ytterligere reduksjon av faregradspoeng

11 Referanser

- [1] NIFS, «Metode for vurdering av løсне- og utløpsområder for områdeskred. Rapport nr. 14/2016,» Delprosjekt 6 Kvikkleire, 2016.
- [2] NIFS, «Skredfarekartlegging i strandsonen - videreføring. Rapport nr. 27/2014,» 2014.
- [3] NGI, «20170367-01-R rev. 1 Kvikkleiresoneutredning "light" Trønderlag, Faresone Rissa kommune, Delleveranse 1,» 2017.
- [4] NGI, «20170367-01-TN Konkurransesgrunnlag geotekniske undersøkelser,» 2017.
- [5] NGI, «20170367-04-R rev01-Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysningssområde I - Deloppdrag A - Delleveranse 3,» 2018.
- [6] Multiconsult, 10200523-RIG-RAP-001 rev. 1 Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysningssområde 1 - Rissa, Datarapport - Geotekniske grunnundersøkelser.
- [7] NVE, «7/2014 Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» 2014.
- [8] NVE, *Møtereferat: Oppfølgingsmøte 3 – UO I - Rissa, Levanger/Inderøy og Verdal kommune (31.05.2018). Epost kommunikasjon, datert 04.06.2018*, 2018.
- [9] Statens vegvesen, «Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging,» 2014.
- [10] K. Karlsrud, T. Lunne, D. Kort og S. Strandvik, «CPTU correlations for clays,» 2005.
- [11] NIFS, «Valg av karakteristisk c_u – profil basert på felt og laboratorieundersøkelser. Rapport nr. 77/2014,» 2014.
- [12] C. Ladd og R. Foott, «New design procedure for stability of soft clays,» Journal of the geotechnical engineering division, ASCE, Vol. 100, No GT7, July, p.p 763-786, 1974.
- [13] NIFS, «Rapport 14-2014. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer (Forfatter: V. Thakur; F. Oset; M. Viklund; S-A. Strand; V. Gjelsvik; S. Christensen; O. A. Fauskerud),» Norges vassdrags- og energidirektorat i et samarbeid med Statens vegvesen og Jernbaneverket, 2014.
- [14] K. Senneset; R. Sandven; N. Janbu, «Shear strength parameters obtained from static cone penetration tests,» 1985.
- [15] NIFS, «Detektering av kvikkleire-Sluttrapport. Rapport nr. 126-2015,» 2015.
- [16] NGF, «Veiledning for prøvetaking. NGF Melding 11.,» 2013.
- [17] T. Lunne, T. Berre og S. Strandvik, «Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay,» NGI, Publikasjon nr. 204, 1997.
- [18] K. Karlsrud og F. G. Hernandez-Martinez, «Strength and deformation properties of Norwegian clays from laboratory tests on high-quality block samples,» 2013.

- [19] NGI, «Ras ved Sandmo i Rissa. Vurdering av stabilitetsforhold. Rapport No. 82015,» 1986.
- [20] Multiconsult, «10200526-RIG-RAP-003 Datarapport geotekniske undersøkelser - Verdal,» 2018.



Tegnforklaring

Tidligere kvikkleirefaresoner

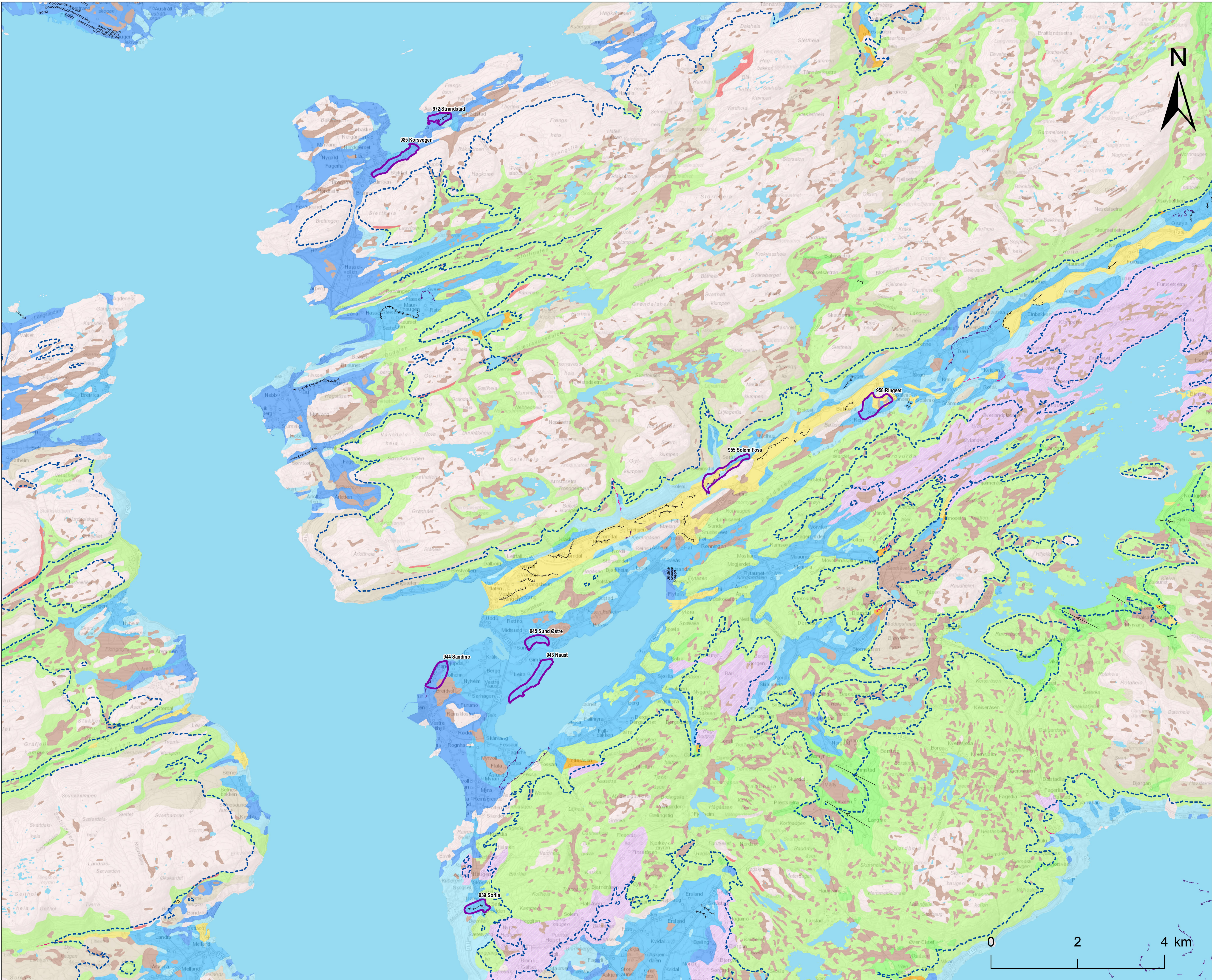
Kvikkleirefaresoner

Skredfaregrad

- Lav
- Middels
- Høy

Målestokk (A4): 1:145 103 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM 33

NVE		
Skredfarekartlegging	Prosjektnr.	Kartnr.
	20170367	001A
	Utført	Dato
	TLe	2018-04-24
Oversiktskart Rissa	Kontrollert	Godkjent
	TLe	RMo



- Tegnforklaring**
- Kvartærgeologi**
- Løsmasser/berggrunn under vann, uspesifisert
 - Morenemateriale, uspesifisert
 - Morenemateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen
 - Morenemateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor maktighet
 - Rogenmorene
 - Randmorene/randmorenebelte
 - Moreneleire
 - Drumlin
 - Avsmeltningsmorene (Ablassjonsmorene)
 - Innsjøavsetning (Lakustrin avsetning)
 - Bresjø-/brekkammer og innsjøavsetning (Glasilakustrin og lakustrin avsetning)
 - Elveavsetning, sammenhengende dekke
 - Elveavsetning, usammenhengende/tynt dekke
 - Elve- og bekkeavsetning (Fluvial avsetning)
 - Strandavsetning innsjø og/eller bresjø
 - Breelv- og elveavsetning
 - Breelv- og bresjø-/brekkammeravsetning (Glasifluvial og glasilakustrin avsetning)
 - Bresjø-/eller brekkammeravsetning (Glasilakustrin avsetning)
 - Flomavsetning (uspesifisert)
 - Flomavsetning, sammenhengende dekke
 - Flomavsetning, usammenhengende/tynt dekke
 - Vindavsetning (Edilisk avsetning)
 - Ryggformet breelvavsetning (Esker)
 - Breelvavsetning (Glasifluvial avsetning)
 - Haugformet breelvavsetning (Kame)
 - Hav- og forandavsetning og strandavsetning, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen
 - Hav- og forandavsetning, uspesifisert
 - Hav- og forandavsetning, sammenhengende dekke, ofte med stor maktighet
 - Marin strandavsetning, sammenhengende dekke
 - Skjellsand
 - Marin gylte
 - Forvittringsmateriale, ikke inndelt etter maktighet
 - Forvittringsmateriale, sammenhengende dekke
 - Forvittringsmateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen
 - Forvittringsmateriale, stein- og blokkrikt, dannet ved frostsprenning
 - Steinbreavsetning
 - Bart fjell/fjell med tynt torvdekke, uspesifisert
 - Bart fjell
 - Bart fjell/fjell med usammenhengende eller tynt løsmassedekke
 - Usammenhengende eller tynt løsmassedekke over berggrunnen, flere løsmassetyp, uspesifisert
 - Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunnen
 - Sammenhengende løsmassedekke av flere jordarter
 - Torv og myr (Organisk materiale)
 - Steinrikt sigende skråningsmateriale
 - Finkornig organiskholdig sigjord
 - Fyllmasse (antropogent materiale)
 - Steintipp
 - Menneskepåvirket materiale, ikke nærmere spesifisert
 - Leirskredavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor maktighet
 - Leirskredavsetning, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen
 - Fjellskredavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor maktighet
 - Fjellskredavsetning, usammenhengende eller tynt dekke
 - Steinsprangavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor maktighet
 - Steinsprangavsetning, usammenhengende eller tynt dekke
 - Snøskredavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor maktighet
 - Snøskredavsetning, usammenhengende eller tynt dekke
 - Jordskredavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor maktighet
 - Jordskredavsetning, usammenhengende eller tynt dekke
 - Fjellskred-/steinsprangavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor maktighet
 - Fjellskred-/steinsprangavsetning, usammenhengende eller tynt dekke
 - Snø- og jordskredavsetning, sammenhengende dekke
 - Snø- og jordskredavsetning, usammenhengende eller tynt dekke
 - Jordskred- og steinsprangavsetning, sammenhengende dekke
 - Jordskred- og steinsprangavsetning, usammenhengende eller tynt dekke
 - Skredmateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor maktighet
 - Skredmateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen
 - Skredmateriale, ikke inndelt etter maktighet
 - 1, Drumlin
 - 101, Elve- eller bekkenedskjering
 - 102, Tidligere elve- eller bekkeløp
 - 103, Flomløp
 - 106, Vitteform
 - 107, Ravine
 - 12, Ryggformet breelvavsetning, esker
 - 201, Strandvoll
 - 25, Stort gjel uformet av smeltevann (2)
 - 26, Gjel uformet av smeltevann
 - 306, Skredkant
 - 351, Rygg
 - Marin grense

Målestokk (A1): 1:40 000 Datum: EUREF89, Kartprosjekt: UTM33

NVE			
Skredfarekartlegging		Prosjekt nr.	Kart nr.
		20170387	002
Kvartærgeologi Rissa	Uten	Dato	
	KST	2017-06-19	
	TL*	Godkjent	
		NCT	

Vedlegg A

KVIKKLEIRESONE 943 – NAUST

(UTREDES IKKE VIDERE)

Boreplan	Kart no. 011-rev 03
Prøveserie	RIG-TEG-943-200
Poretrykkmåling	RIG-TEG-943-350
Ødometerforsøk	RIG-TEG-943-400.1 til -401.2
CPTU tolkning	Figur nr. A01

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm ³)	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
5	LEIRE, m/tynne, tette siltlag		Ø	Gruslag ved 3.05m.					2,01	43							7
	LEIRE								1,94	46							7
	LEIRE, enk. tynne siltlag								1,93	48							4
	LEIRE, enk. gruskorn								1,95	48							6
																	7
10			Ø														7
																	7
																	7
																	7
																	7
15	LEIRE, enk. tynne, tette siltlag		Ø	Lag av grus i enden					1,99	45							5
	LEIRE, m/tynne, tette siltlag								1,97	45							6
																	6
																	5
																	5
20			Ø														5
																	6
																	6
																	5
																	5

Symboler:

Vanninnhold
 Plastisitetssindeks, Ip
 Enaksialforsøk (strek angir aksiell tøyning (%) ved brudd)

Omrørt konus
 Uomrørt konus

ρ = Densitet
 S_t = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk
 Ø = Ødometerforsøk
 K = Korngradering

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

PRØVESERIE

Borhull:

943-6

NVE

Dato:

2017-12-13

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysingsområde 1

Multiconsult
 www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

mash/vt

Kontrollert:

ALM

Godkjent:

ANG

Oppdragsnummer:

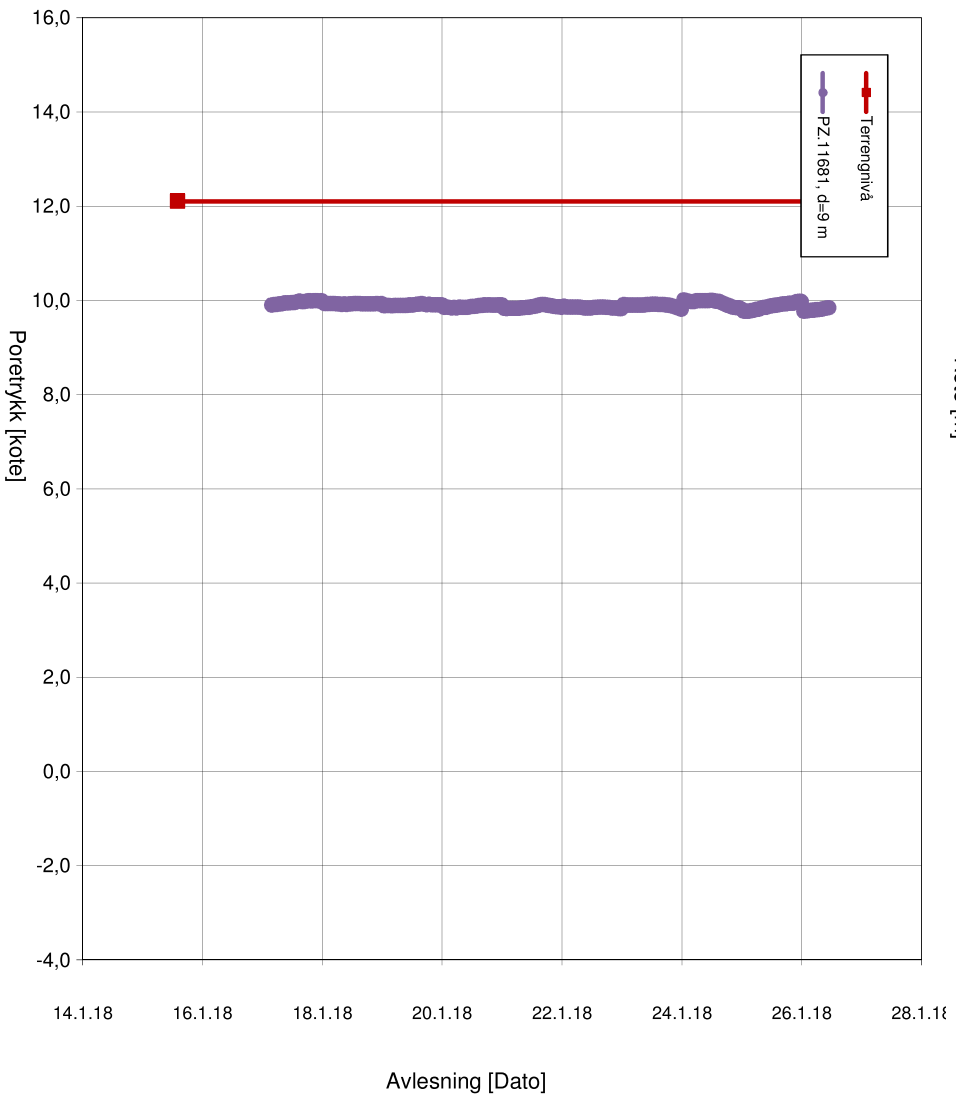
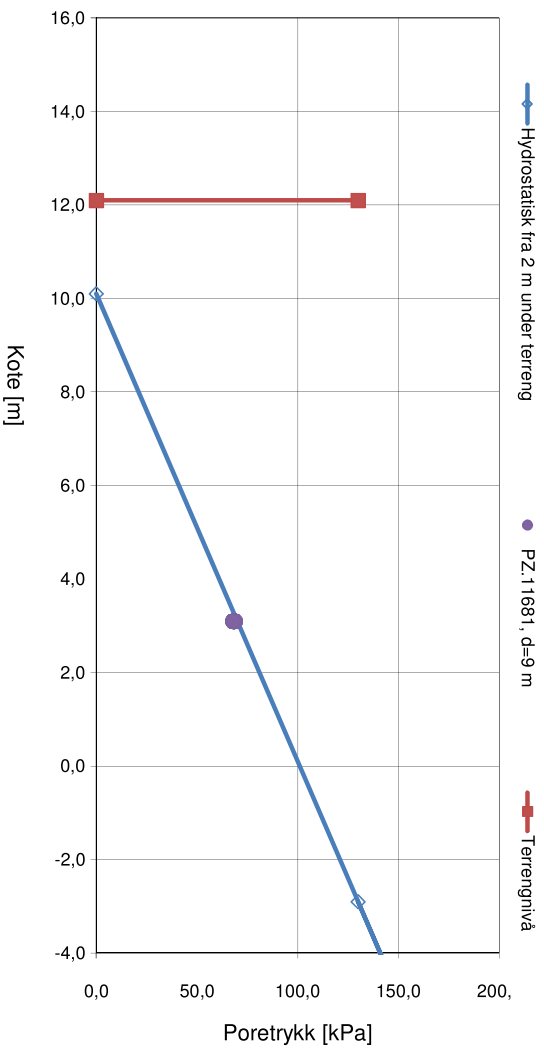
10200523

Tegningsnr.:

RIG-TEG-943-200

Rev. nr.:

00



PORETRYKKS MÅLING

Elektriske poretrykksmålere, BP. 943-6

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag

MULTICONSLT NORGE AS

Sluppenvegen, 15
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00

Oppdragsnr.

10200523

Tegn.nr.

RIG-TEG-943-350

Konstr./Tegnet

AMG

Kontrollert

ALM

Dato

31.01.18

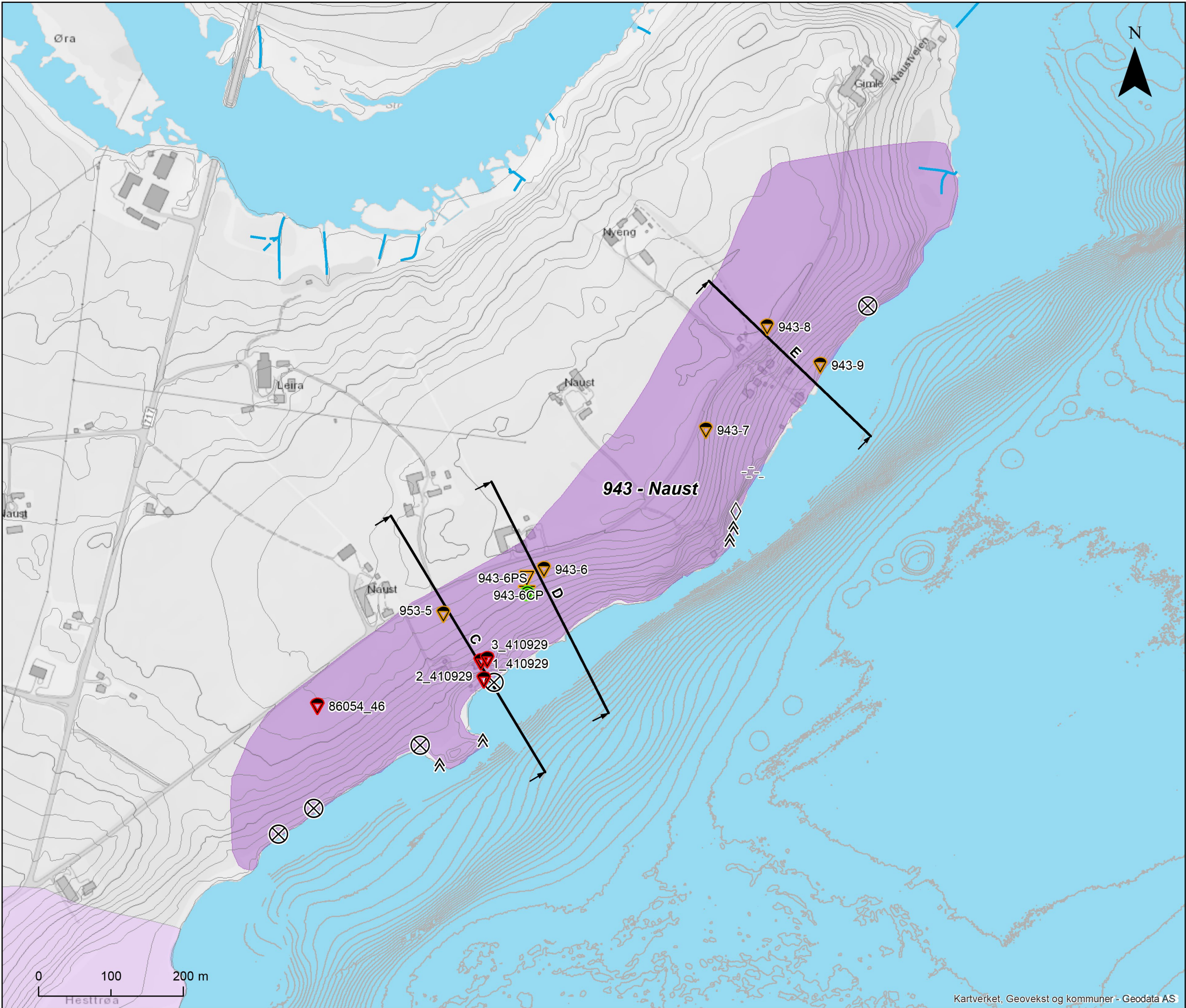
Godkjent

ANG

Multiconslt

Rev.

00



Tegnforklaring

- Kvikkleirefaresone**
- Aktuell
 - Øvrige
 - Tidligere faresone
 - Anbefalt avlastning
 - Anbefalt motfylling

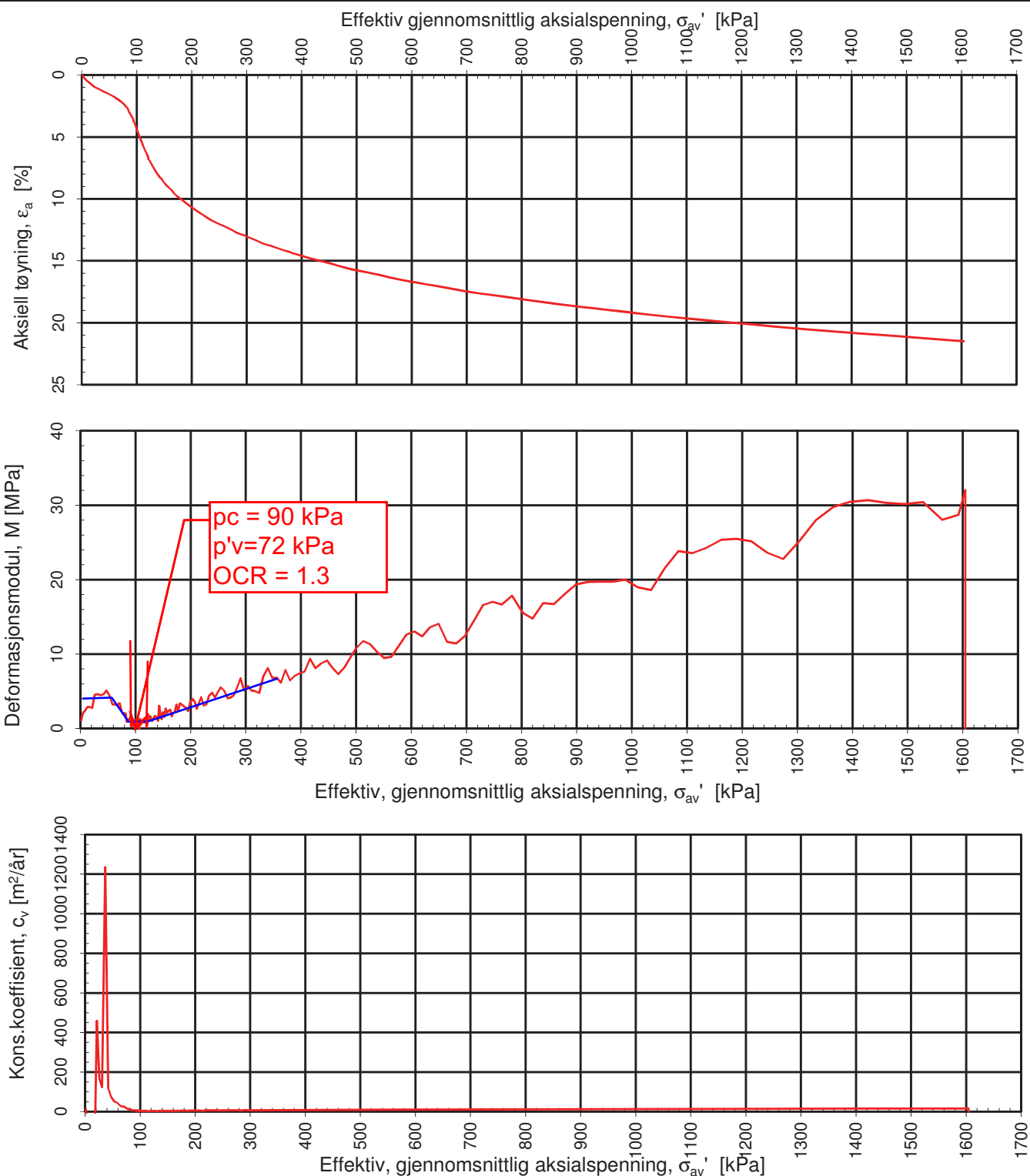
- Eksisterende og supplerende grunnundersøkelser**
- CPTU
 - Dreietrykkssondering
 - Dreiesondering
 - Poretrykksmåling
 - Prøveserie
 - Totalsondering

- Klassifisering**
- Sannsynlig kvikkleire/sprøbruddmatr.
 - Mulig kvikkleire/sprøbruddmatr.
 - Antatt ingen kvikkleire/sprøbruddmatr.

- Observasjoner**
- Berg i dagen
 - Erosjon i bekk/elv
 - Fylling
 - Gammel skredgrop
 - Leire
 - Skredkant (NGU)

Sikringstilak (NVE)

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag		
Rissa kommune	Prosjektnr. 20170367	Kart nr. 011-rev04
-Klassifiserte grunnundersøkelser -Kritiske snitt -Befaringsobservasjoner -Anbefalte tiltak Faresone 943 Naust	Utført KST	Dato 2018-08-21
	Kontrollert TLe	Godkjent RMo
	NGI	



Densitet ρ (g/cm³): **1.95**
Vanninnhold w (%): **34.90**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **49.25**

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysingsområde 1

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

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-400_h943-6, d5,40m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

20.11.2017

Dybde, z (m):

5.40

Borpunkt nr.:

943-6

Forsøknr.:

1

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-943-400.1

Prosedyre:

CRS

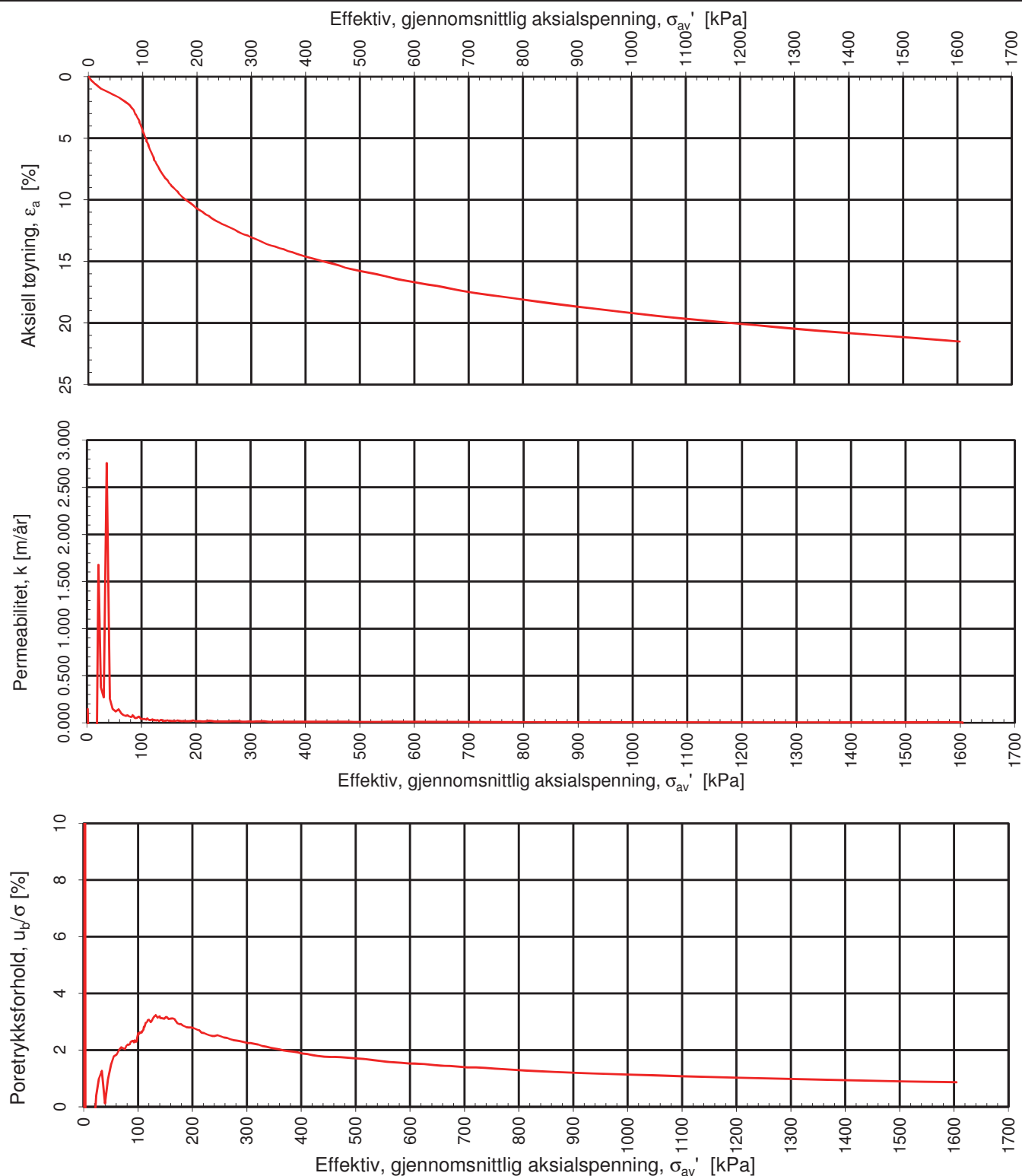
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³):

1.95

Vanninnhold w (%):

34.90

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

49.25

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysningssområde 1

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B: $\sigma_{av}' - \epsilon_a$, k og u_0/σ .

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-400_h943-6, d5,40m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

20.11.2017

Dybde, z (m):

5.40

Borpunkt nr.:

943-6

Forsøknr.:

1

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-943-400.2

Prosedyre:

CRS

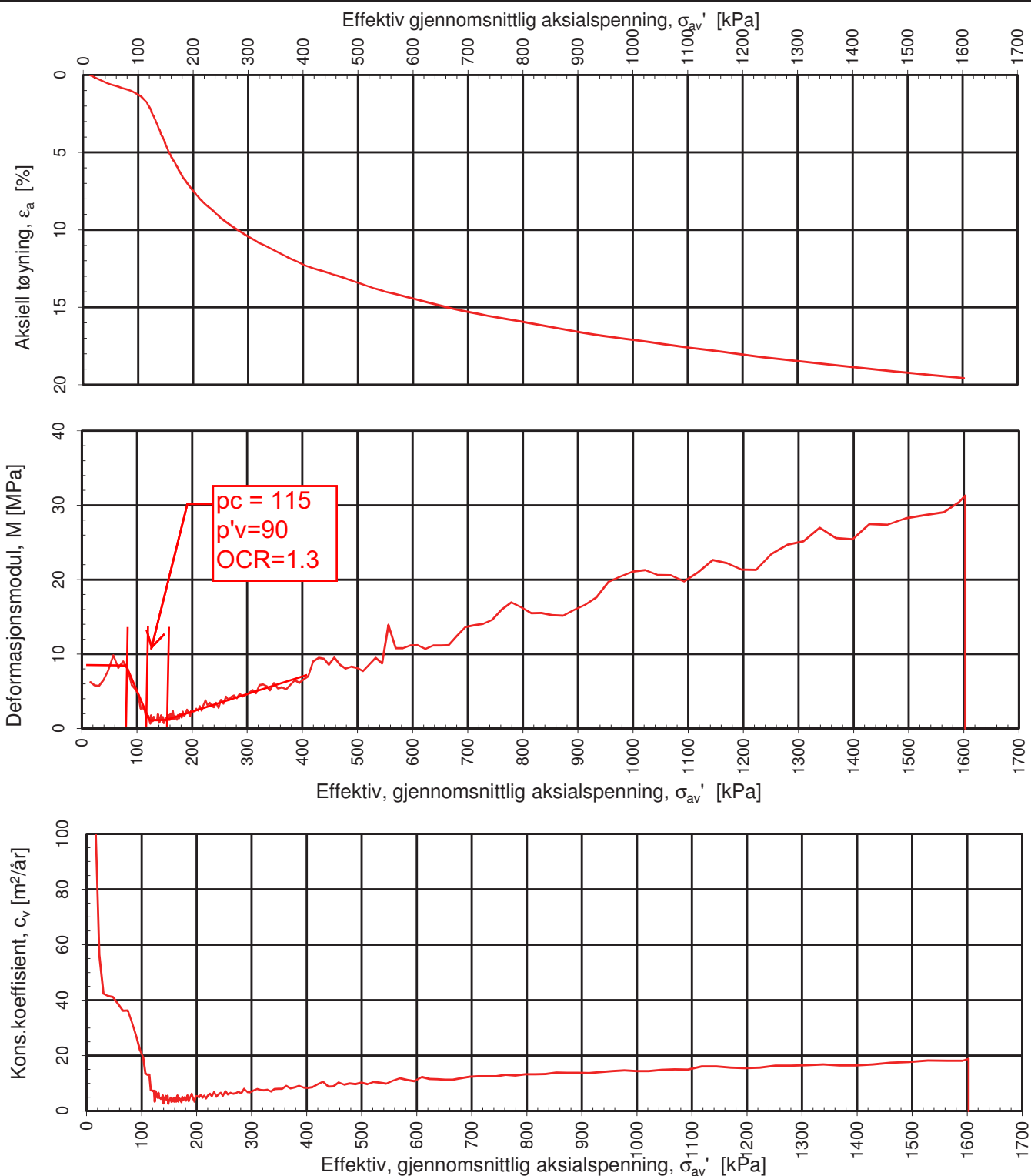
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm^3): **1.93**
Vanninnhold w (%): **34.40**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **66.08**

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysingsområde 1

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

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-401_h943-6, d7,40m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

20.11.2017

Forsøknr.:

2

Oppdrag nr.:

10200523

Dybde, z (m):

7.40

Tegnet av:

vt/kjt

Tegning nr.:

RIG-TEG-943-401.1

Borpunkt nr.:

6

Kontrollert:

ALM

Prosedyre:

CRS

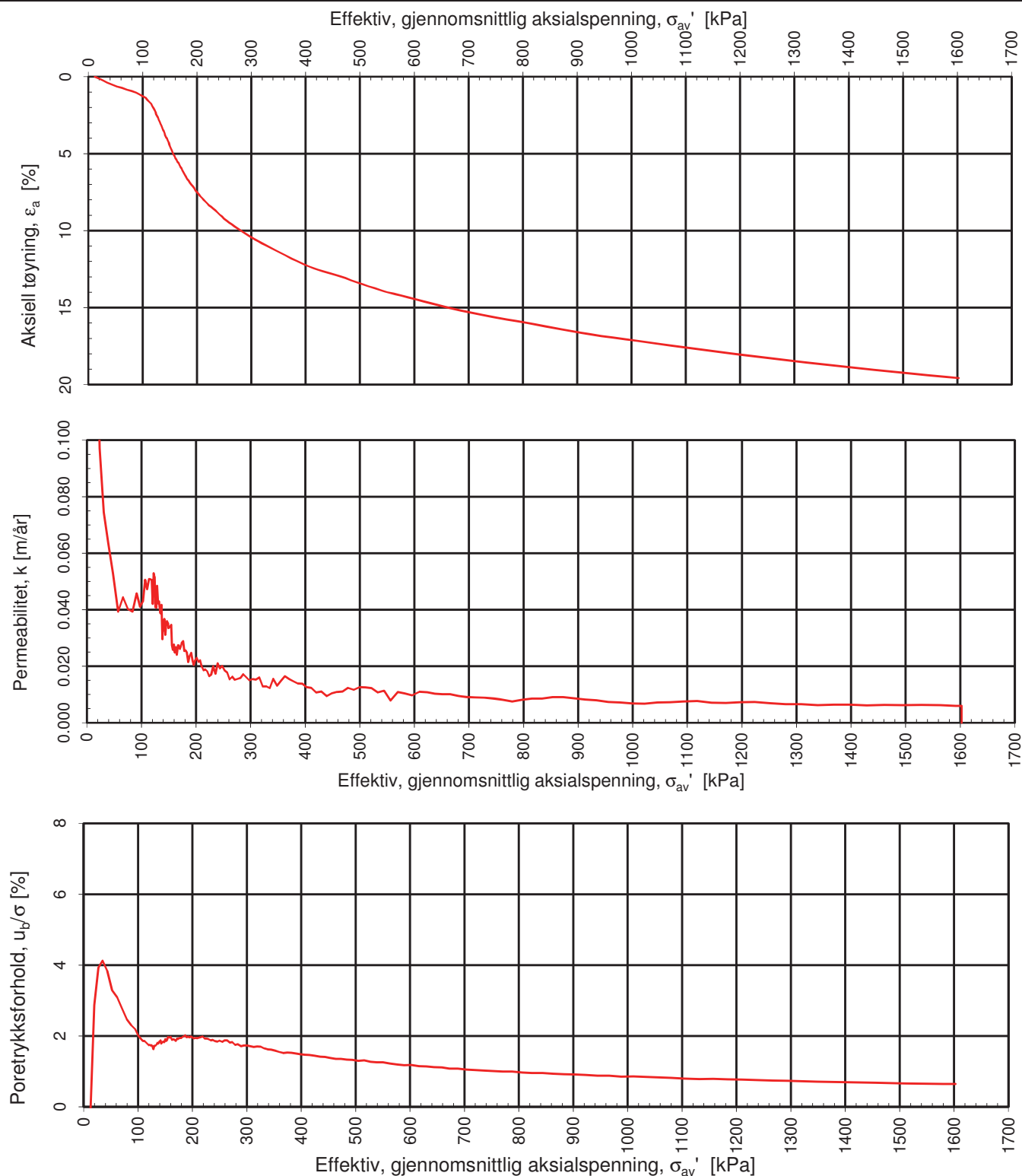
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³):

1.93

Vanninnhold w (%):

34.40

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

66.08

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysningssområde 1

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, k og u_0/σ .

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-401_h943-6, d7,40m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

20.11.2017

Dybde, z (m):

7.40

Borpunkt nr.:

6

Forsøknr.:

2

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-943-401.2

Prosedyre:

CRS

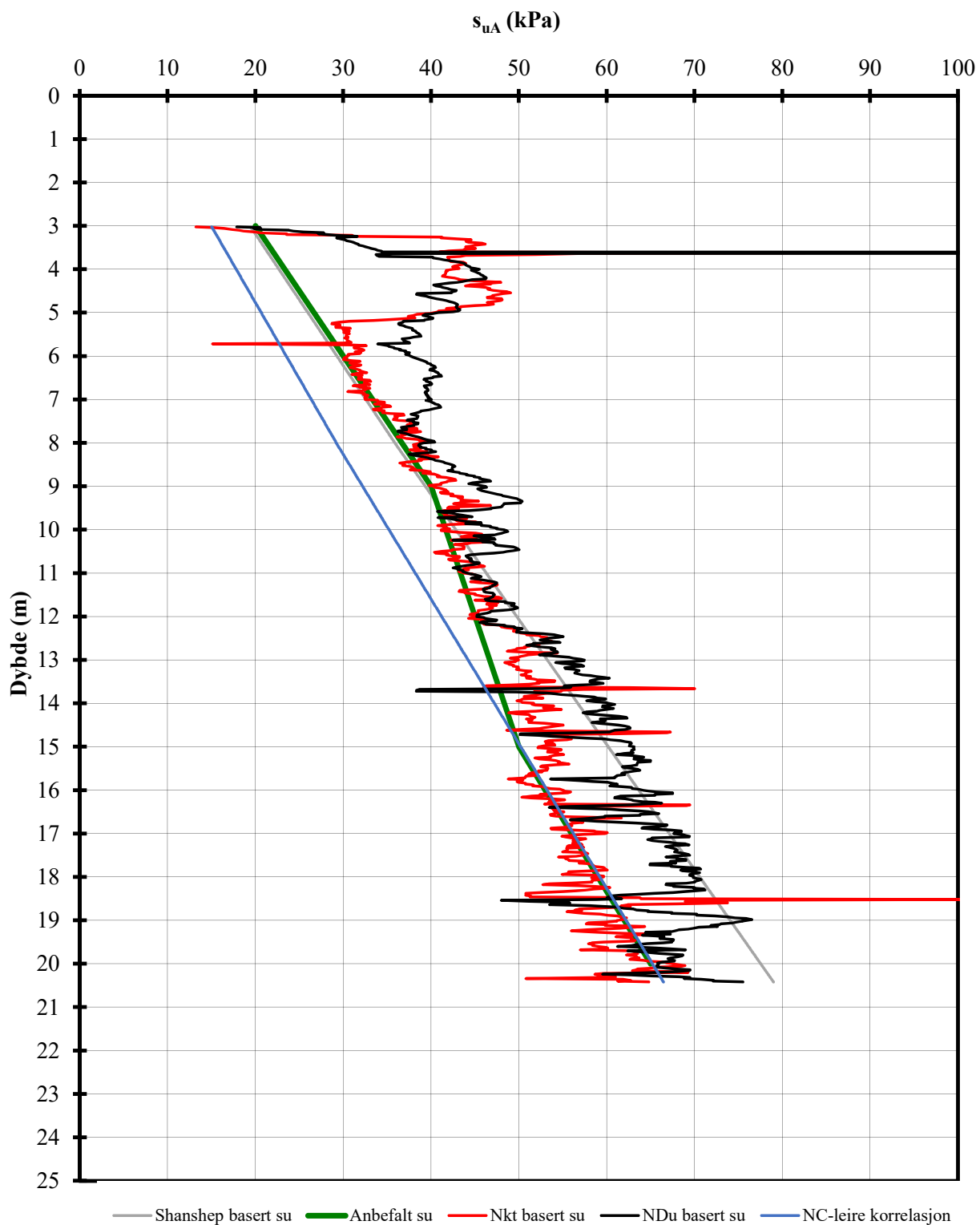
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Terrengkote : 12.1 m
Tidligere kotenivå : 15 m

α - faktor : 0.3
m - faktor : 0.8

Hydrostatisk
Grunnvanndybde : 2 m

Kvikkleire utretning "light"

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og SHANSEP
Borhull 943-6

Rapport nr.
20170367

Figur nr.
A01

Tegner
TLe

Dato
14/05/2018

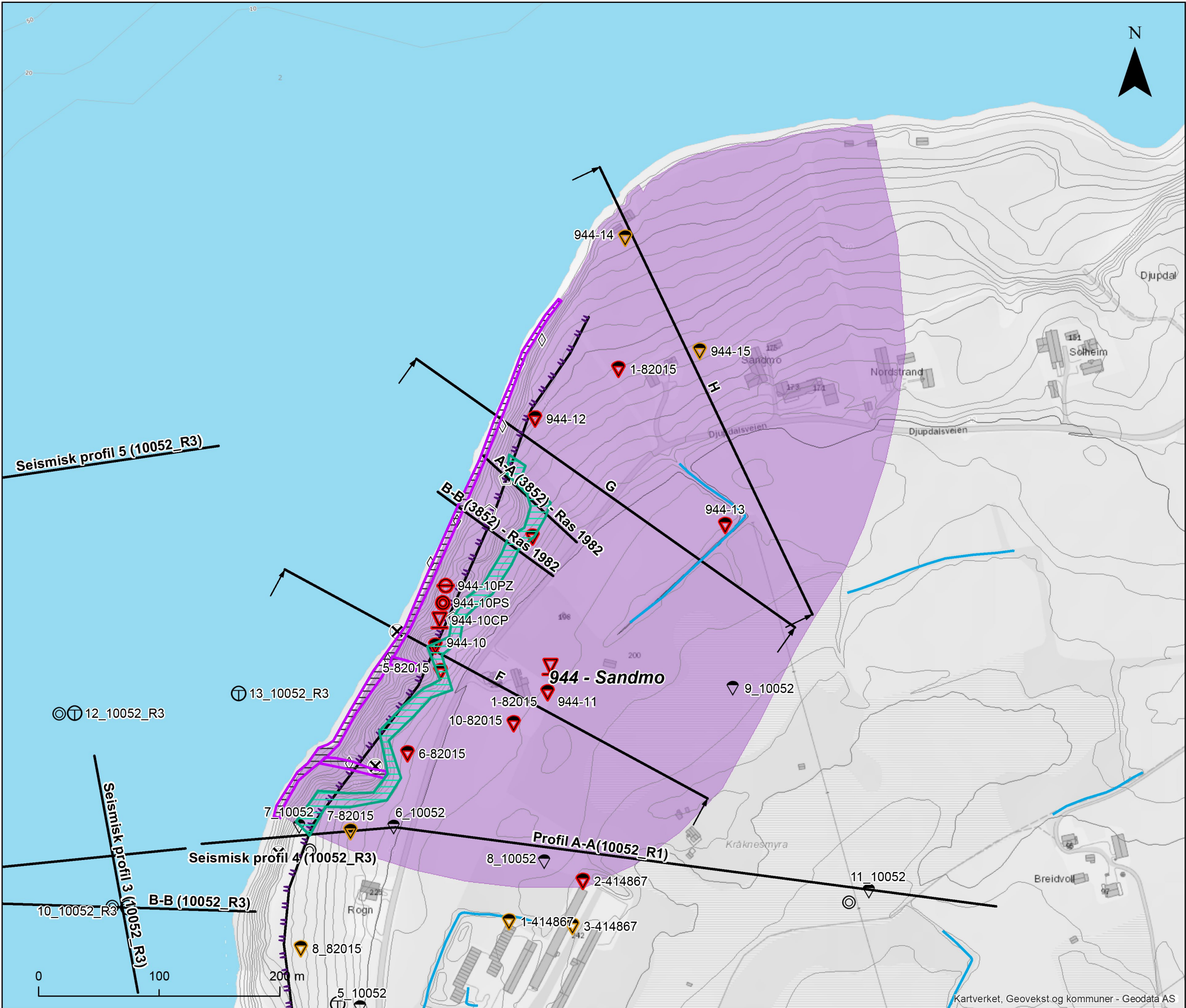
Kontrollert
RMo
Godkjent
RMo



Vedlegg B

KVIKKLEIRESONE 944 - SANDMO

Boreplan	Kart no. 012-rev 03
Prøveserie	RIG-TEG-944-200
Poretrykkmåling	RIG-TEG-944-350
Ødometerforsøk	RIG-TEG-944-400.1 til -401.2
CPTU tolkning	Figur nr. A02 til A04
Profil med lagdeling	Tegn. nr. 700
Stabilitetsberegning- Effektivspenning	Tegn. nr. 710
Stabilitetsberegning-Totalspenning	Tegn. nr. 711
Stabilitetsberegning med tiltak – Motfylling-Drenert	Tegn. nr. 718-D
Stabilitetsberegning med tiltak – Motfylling	Tegn. nr. 718
Stabilitetsberegning med tiltak – Avlastning – Drenert	Tegn. nr. 719-D
Stabilitetsberegning med tiltak – Avlastning	Tegn. nr. 719



Tegnforklaring

Kvikkleirefarezone

- Aktuell
- Øvrige
- Tidligere faresone
- Anbefalt avlastning
- Anbefalt motfylling

Eksisterende og supplerende grunnundersøkelser

- CPTU
- Dreietrykksondering
- Dreiesondering
- Poretrykksmåling
- Prøveserie
- Totalsondering

Klassifisering

- Sannsynlig kvikkleire/sprøbruddmatr.
- Mulig kvikkleire/sprøbruddmatr.
- Antatt ingen kvikkleire/sprøbruddmatr.

Observasjoner

- Berg i dagen
- Erosjon i bekk/elv
- Fylling
- Gammel skredgrop
- Leire
- Skredkant (NGU)
- Sikringstilak (NVE)

Målestokk (A3): 1:5000 Dato: EUREF 89, Kartprojeksjon: UTM 33

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag		
Rissa kommune	Prosjektnr. 20170367	Kart nr. 012-rev04
-Klassifiserte grunnundersøkelser -Kritiske snitt -Befaringsobservasjoner -Anbefalte tiltak Faresone 944 Sandmo	Utført KST	Dato 2018-08-21
	Kontrollert TLe	Godkjent RMo

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm ³)	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
				kt. + 14,6													
5																	
	LEIRE, enk gruskorn/siltlag								2,09	38							13 17
	LEIRE, tynne siltlag		Ø						2,09	39		0,7 1,3					43 21
10																	
	LEIRE, lagdelt m/silt								2,06	41		1,0 1,0					30 23
	LEIRE, lagdelt m/silt								2,12	37		1,5 0,8					18 26
	LEIRE, meget tynne, tette siltlag								2,14	35							58 14
	LEIRE, tynne, tette siltlag								2,07	39		1,1					44 14
15	LEIRE, enk meget tynne siltlag		Ø						2,07	39							16 13 10
	LEIRE, enk meget tynne siltlag								2,00	44							14 14
20																	

Symboler:



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



Vanninnhold



Omrørt konus



Uomrørt konus

ρ = Densitet

S_t = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk
Ø = Ødometerforsøk
K = Korngradering

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

PRØVESERIE

Borhull:

944-10

NVE

Dato:

2017-12-15

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysningssområde 1

Multiconsult
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Godkjent:

ANG

Oppdragsnummer:

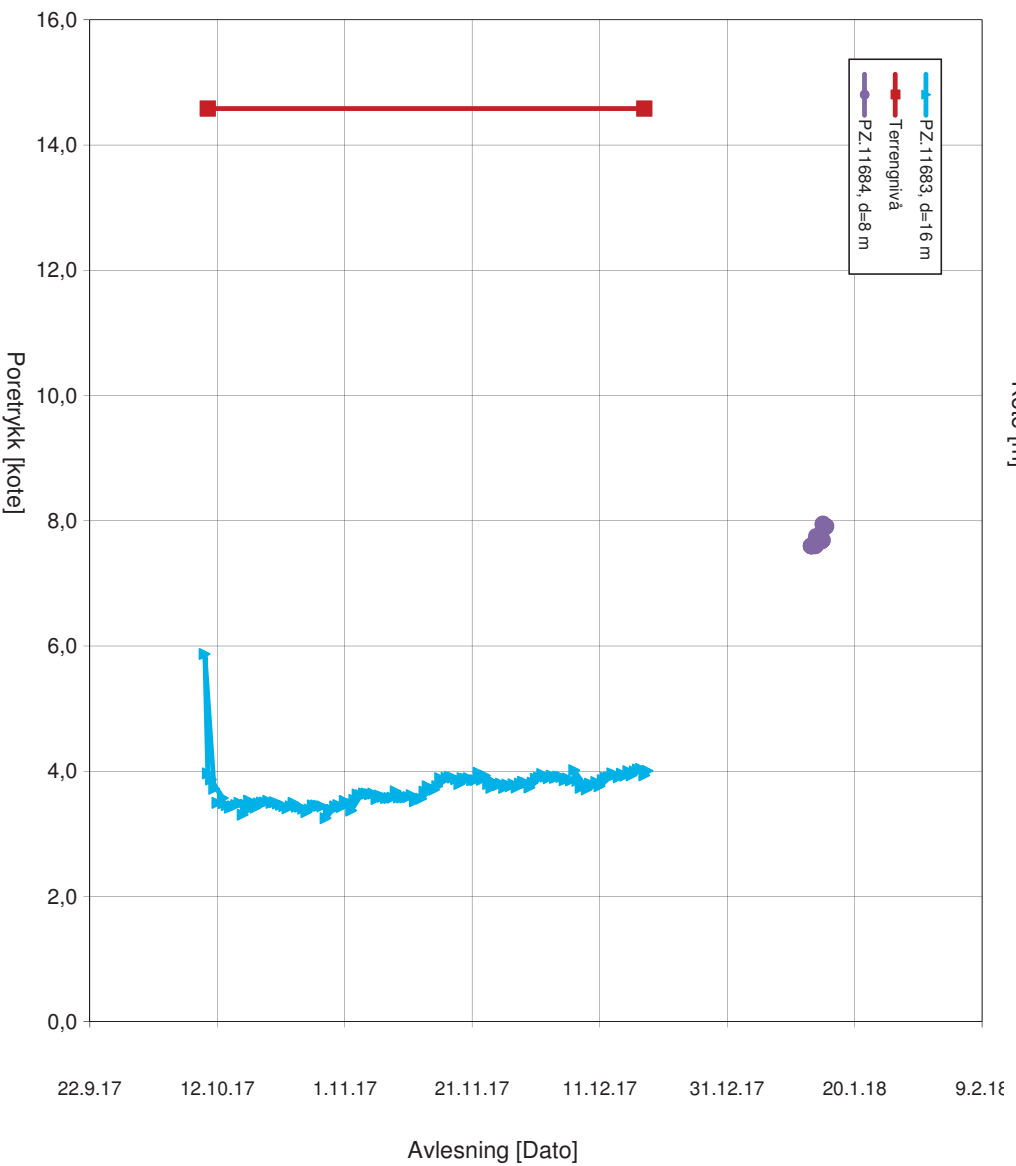
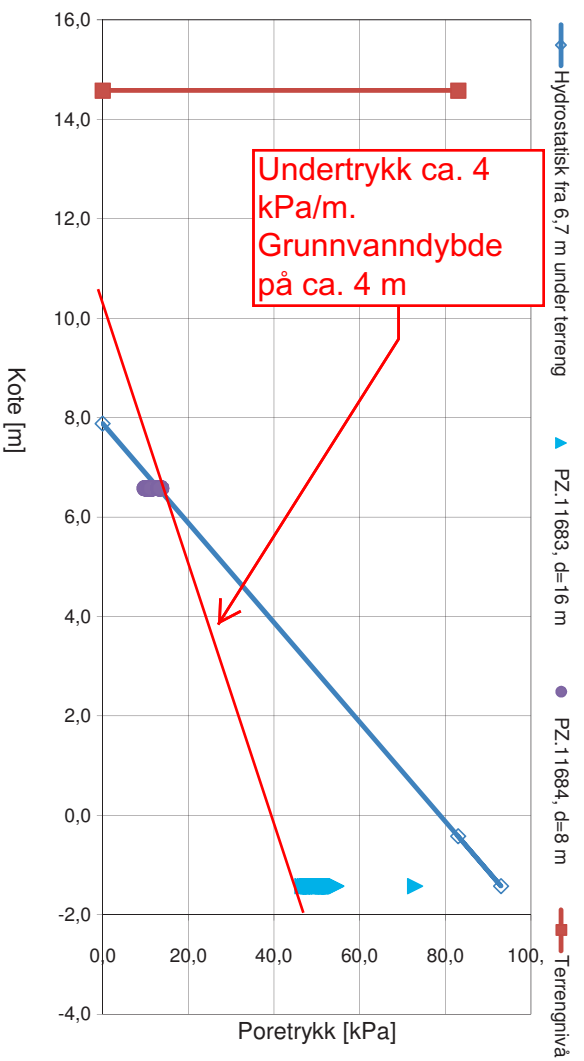
10200523

Tegningsnr.:

RIG-TEG-944-200

Rev. nr.:

00



PORETRYKKSÅMÅLING

Elektriske poretrykksmålere, BP. 944-10

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag

MULTICONCONSULT NORGE AS

Sluppenvegen, 15
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00

Oppdragsnr.:

10200526

Tegn.nr.:

RIG-TEG-944-350

Rev.:

00

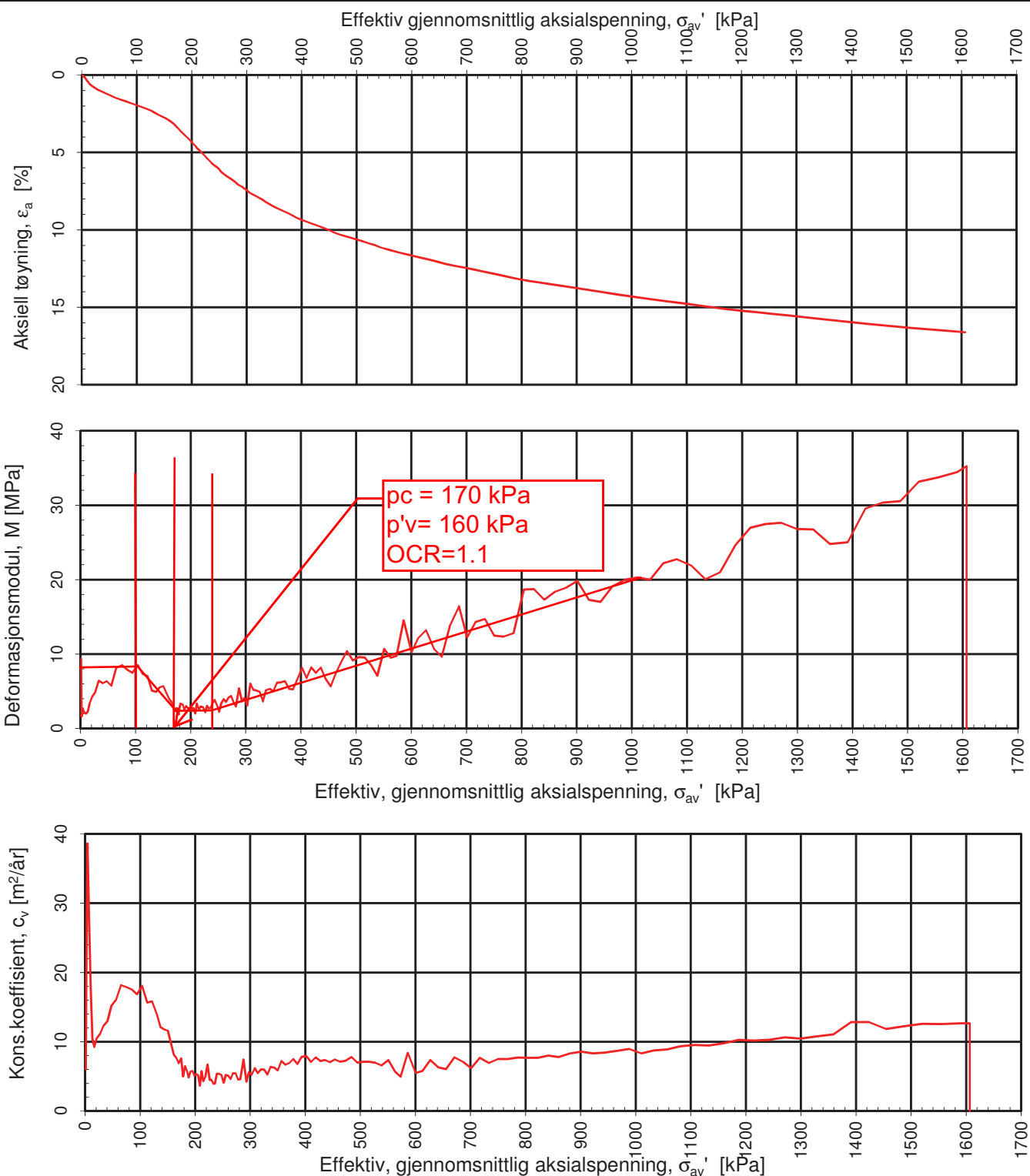
Konstr./Tegnet
AMG

Kontrollert
ALM

Dato
18.01.18

Godkjent
ANG

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³): **2.09**
Vanninnhold w (%): **19.90**

Effektivt overlagringstrykk, σ_{vo}' (kPa): **90.30**

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysingsområde 1

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

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-400_h944-10, d8,60m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

04.12.2017

Forsøknr.:

1

Oppdrag nr.:

10200523

Dybde, z (m):

8.60

Tegnet av:

vt/kjt

Tegning nr.:

RIG-TEG-944-400.1

Borpunkt nr.:

944-10

Kontrollert:

ALM

Prosedyre:

CRS

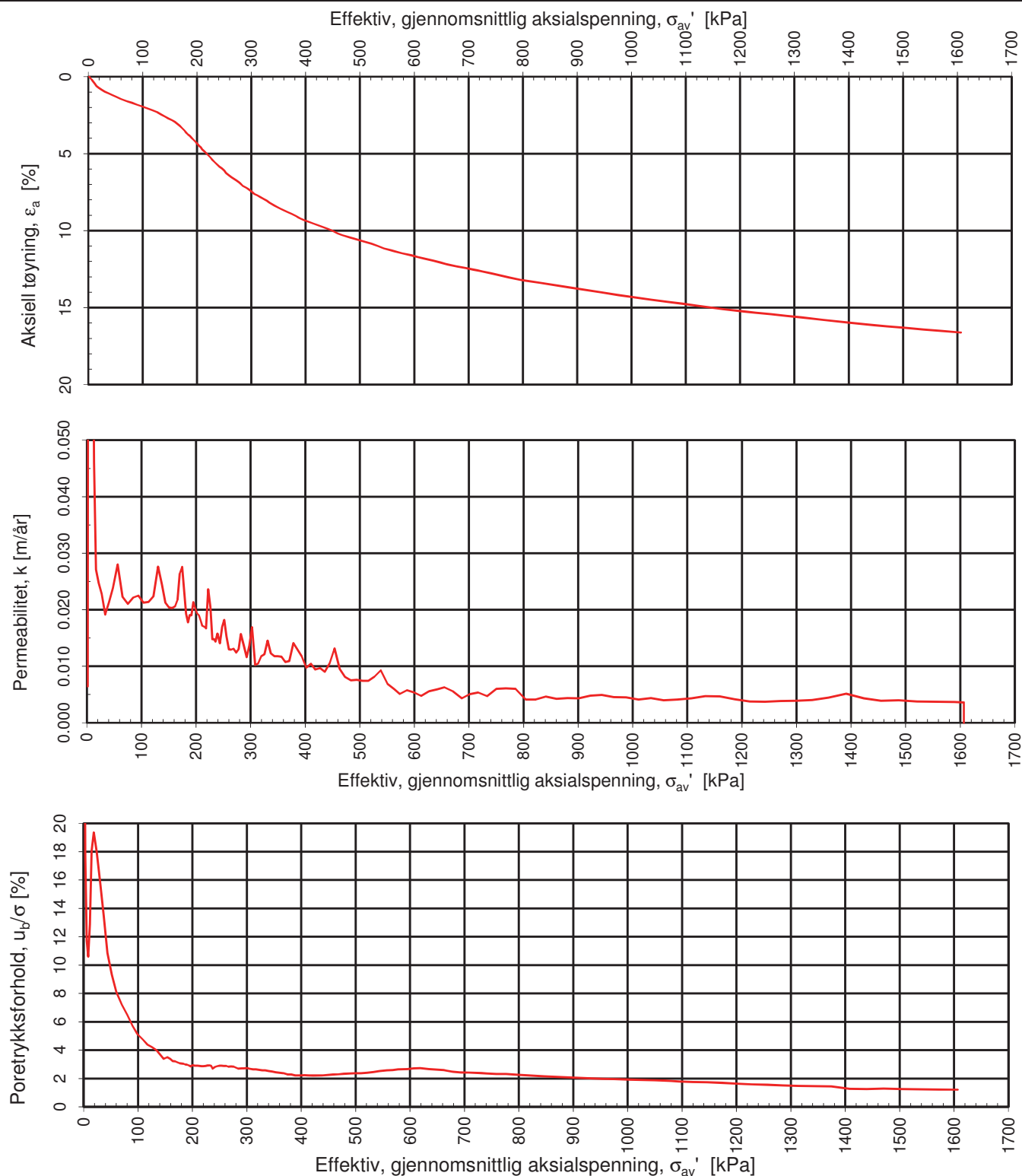
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³):

2.09

Vanninnhold w (%):

19.90

Effektivt overlagingstrykk, σ'_{v0} (kPa):

90.30

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysningssområde 1

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B: σ'_{av} - ε_a , k og u_b/σ .

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-400_h944-10, d8,60m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

04.12.2017

Dybde, z (m):

8.60

Borpunkt nr.:

944-10

Forsøknr.:

1

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-944-400.2

Prosedyre:

CRS

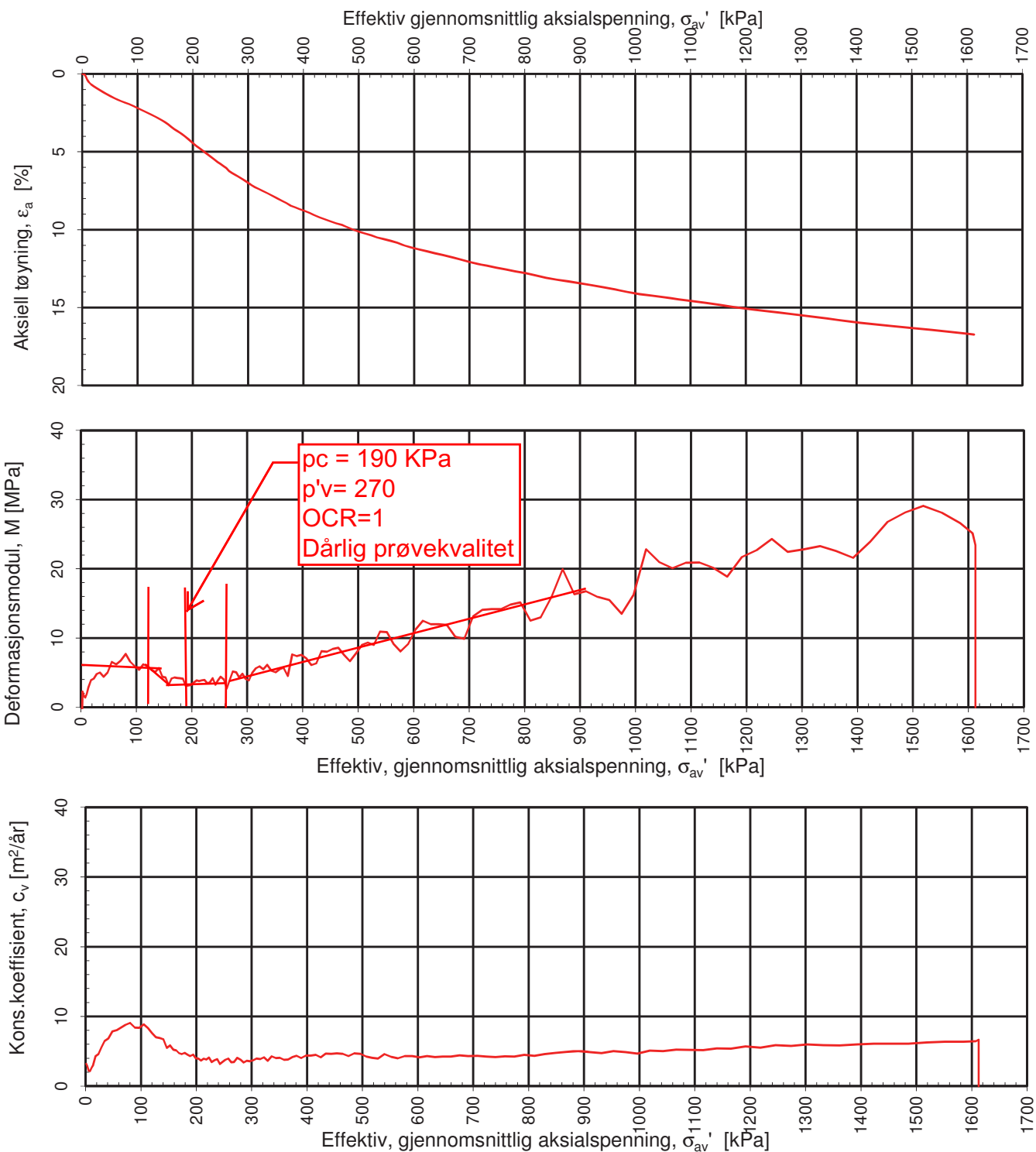
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm^3):
Vanninnhold w (%):

2,07
23,70

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

156,56

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysingsområde 1

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: σ_{av}' - ε_a , M og c_v .

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-401_h944-10,d15,20m

Multi
consult

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

05.12.2017

Dybde, z (m):

15,20

Borpunkt nr.:

944-10

Forsøknr.:

2

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Godkjent:

ANG

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

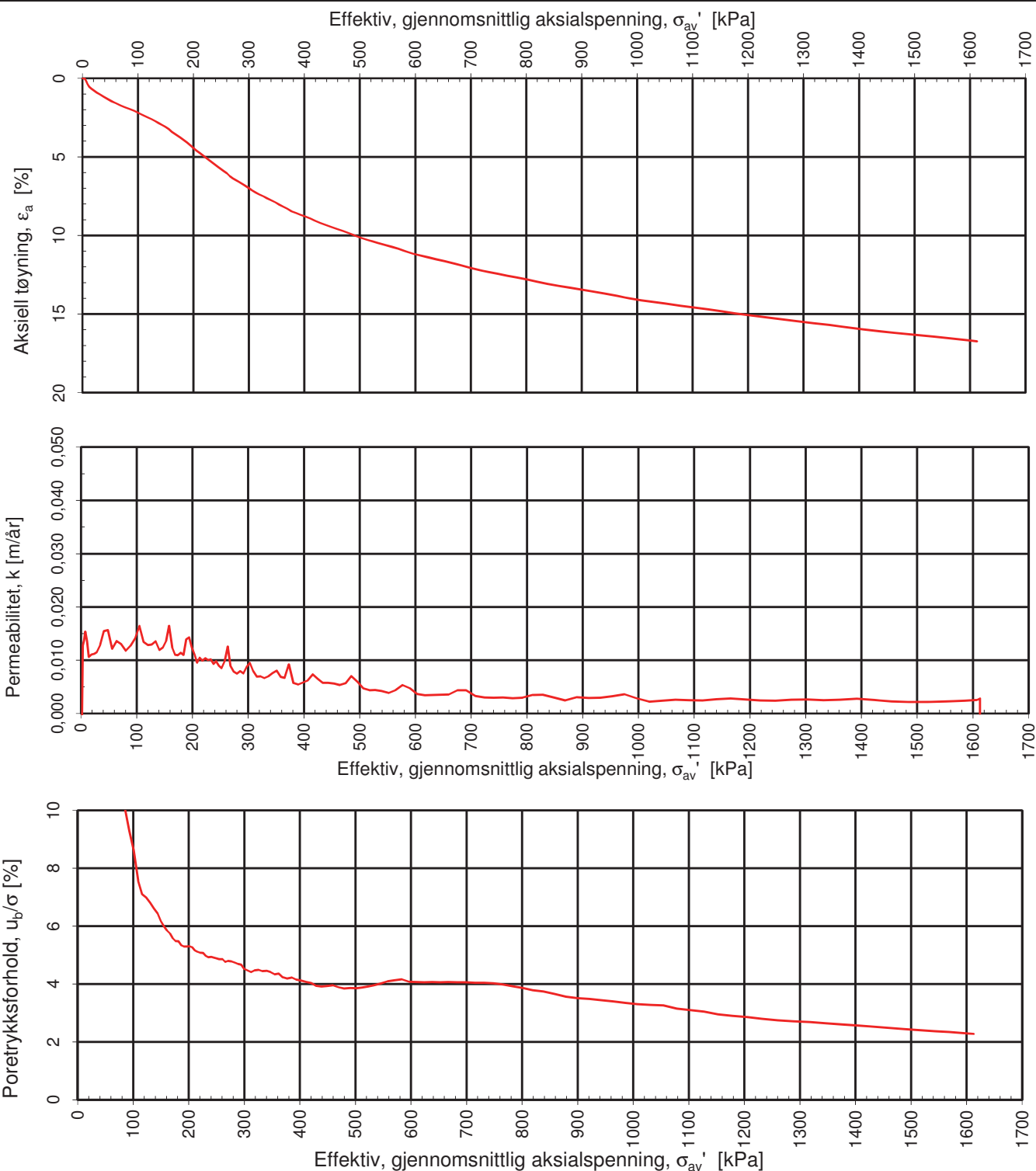
RIG-TEG-944-401.1

Prosedyre:

CRS

Programrevisjon:

24.06.2016



Densitet ρ (g/cm³):

2,07

Vanninnhold w (%):

23,70

Effektivt overlagringstrykk, σ_{vo}' (kPa):

156,56

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysingsområde 1

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

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-401_h944-10,d15,20m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

05.12.2017

Dybde, z (m):

15,20

Borpunkt nr.:

944-10

Forsøknr.:

2

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-944-401.2

Prosedyre:

CRS

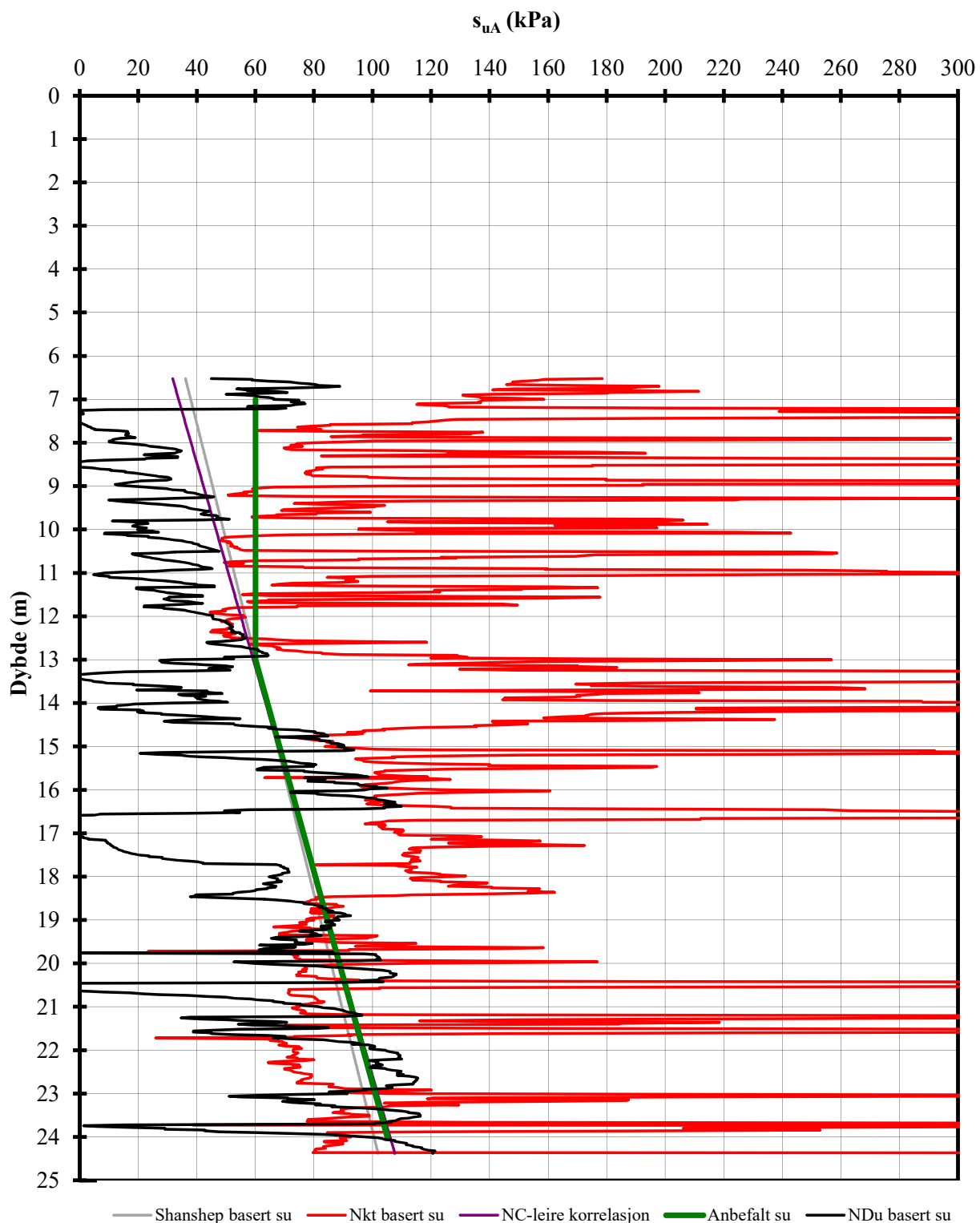
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Terrengkote : 14.6 m

Tidligere kotenivå : 20 m

α - faktor

m - faktor

0.25 Undertrykk (innmålt): 4 kPa/m

0.6 Grunnvannndybde : 4 m

Kvikkleire utretning "light"

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og SHANSEP

Borhull 944-10

Rapport nr.

20170367

Figur nr.

A02

Tegner

TLe

Dato

14/05/2018

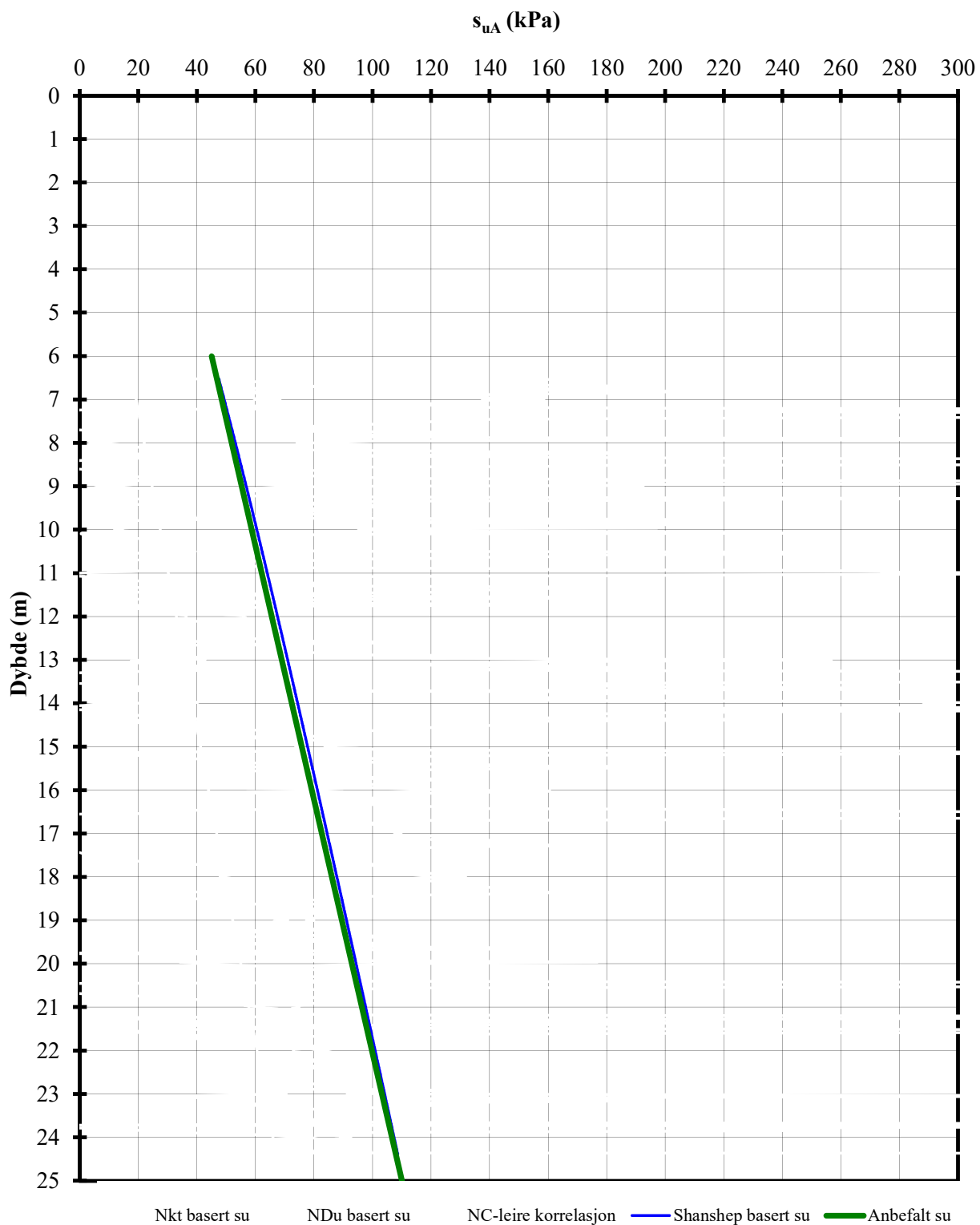
Kontrollert

RMo

Godkjent

RMo





Terrengkote : -1 m

Tidligere kotenivå : 20 m

α - faktor

m - faktor

0.25 Hydrostatisk

0.6 Grunnvannndybde : 0 m

Kvikkleire utretning "light"

Aktiv skjærstyrke basert på SHANSEP - for skråningsfot

Borhull 944-10

Rapport nr.

20170367

Figur nr.

A03

Tegner

TLe

Dato

14/05/2018

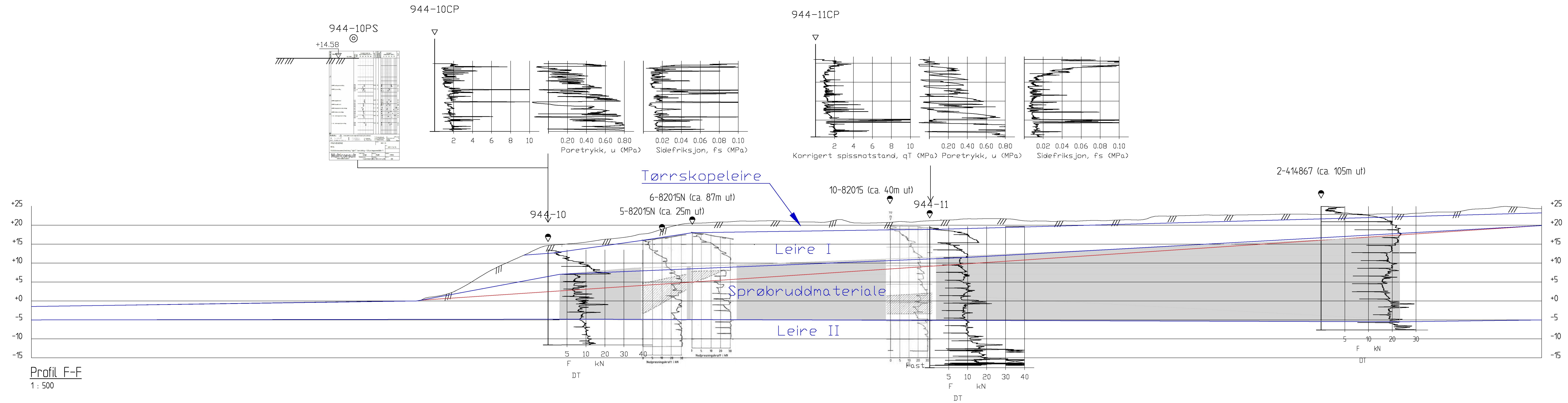
Kontrollert

RMo

Godkjent

RMo





- FORKLARINGER:**
- Dreiesondering
 - Enkel sondering
 - ▽ Trykksondering
 - ⊗ Fjellkontrollboring
 - ⬇ Dreietrykksondering
 - ⊕ Totalsondering
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - + Vingeboring
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ⋈ Fjell i dagen
 - └ Boring avsluttet
 - └ Antatt fjell, berg
 - └ Antatt fjellførsløp
 - └ 1:15-linje
 - Antatt sprøbruddmateriale
 - └ Antatt stein, blokk eller fast grunn
 - └ Boret i fjell

Rev		Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Status				
		Original, format				
		A-3.0				
		Tegningens tittel				
		Profil F-beregnet.dwg				
		Målestokk				
		1500				
		NGI				
Sone 944 Sandmo		Dato	2018-05-14	Konstr./Tegnet	TLe	Godkjent
Profil F		Oppdragsnr.	20170367	Tegningsnr.	700	Rev.
For stabilitetsberegning						0
NGI						
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion						
NO-0806 Oslo, Norway						
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48						
www.ngi.no						



NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Gadgjent
	2018-09-15 Oppdragsnr.: 20170367	TLe Tegningsnr.: 718-D	RMo	RMo 0



FORKLARINGER:

- Dreiesondering ☆ Fjellkontrollboring ⊙ Prøveserie ⊖ Poretrykksmåling
○ Enkel sondering ⬇ Dreietrykksondering □ Prøvegrop ∞ Fjell i dagen
▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vinge­boring
- | Boring avsluttet | Antatt stein, blokk eller fast grunn
|
xxx Antatt fjell, berg xxx Boret i fjell
- Antatt fjellførløp
— 1:15-linje

[illegible]



Profil F-F
1 : 500

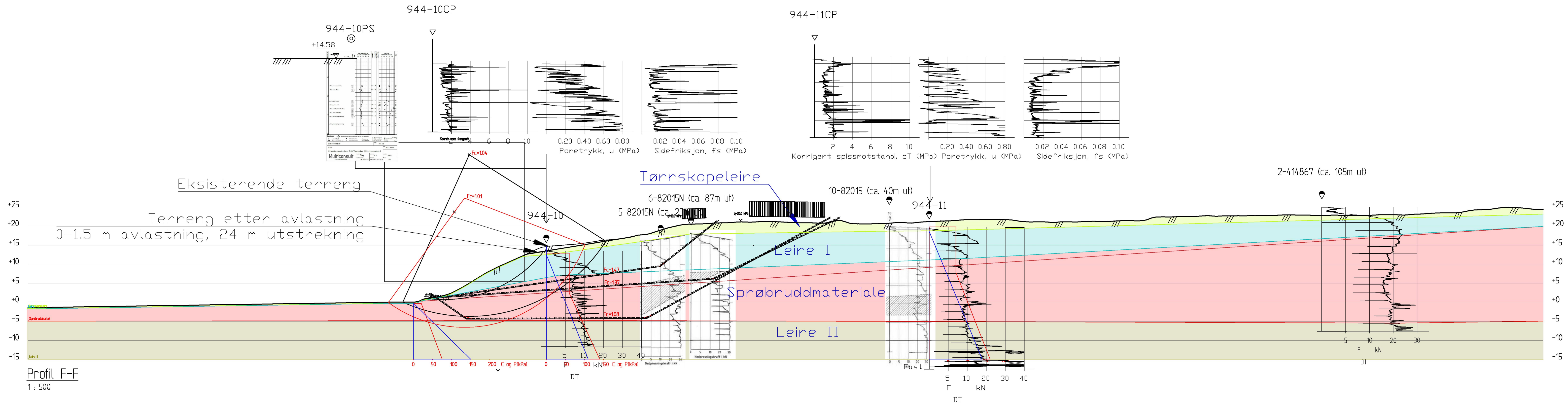
FORKLARINGER:

- Dreiesondering ☆ Fjellkontrollboring ⊙ Prøveserie ⊕ Poretrykksmåling
 ○ Enkel sondering ⚡ Dreietrykksondering □ Prøvegrop ⚓ Fjell i dagen
 ▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vinge-boring

- | | |
|--|--|
|  Boring avsluttet |  Antatt stein, blokk eller fast grunn |
|  Antatt fjell, berg |  Boret i fjell |

- Antatt fjellføreropplæring
— 1:15-linje

[illegible]



FORKLARINGER:

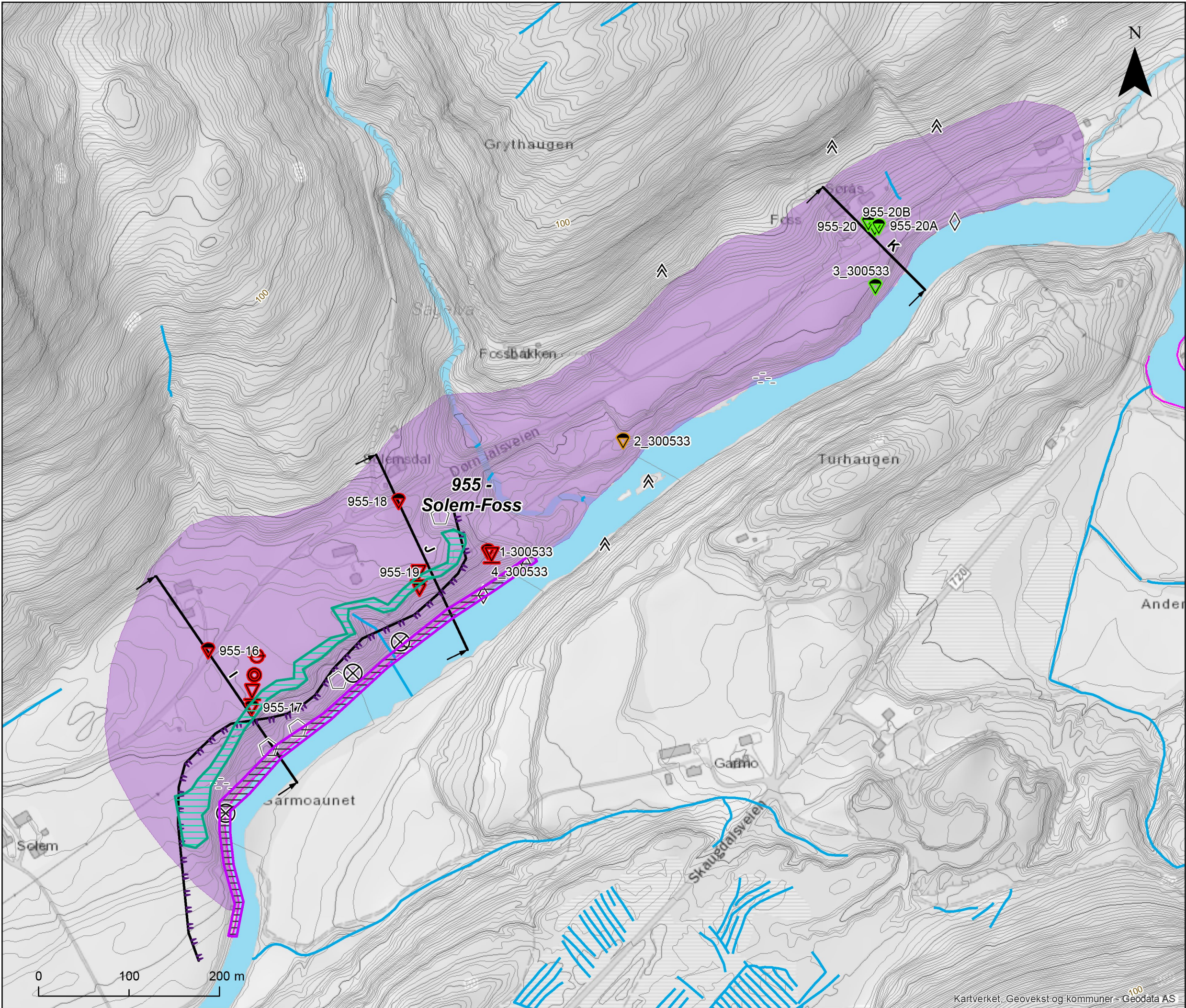
- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊗ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⌘ Fjell i dagen
- └ Boring avsluttet
- └ Antatt fjell, berg
- └ Antatt fjellforløp
- └ Antatt stein, blokk eller fast grunn
- └ Boret i fjell
- └ 1:15-linje

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat					
Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag					
Sone 944 Sandmo					
Profil F					
Stabilitetsberegning med tiltak - avlastning på toppen					
Totalspenning (udrenert)					
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		2018-08-02	TLe	RMo	RMo
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20170367	719		0
www.ngi.no					

Vedlegg C

KVIKKLEIRESONE 955 – SOLEM FOSS

Boreplan	Kart no. 013-rev 03
Prøveserie	RIG-TEG-955-200
Poretrykkmåling	RIG-TEG-955-350
Ødometerforsøk	RIG-TEG-955-400.1 til -401.2
CPTU tolkning	Figur nr. A05 til A11
Profil med lagdeling	Tegn. nr. 701
Stabilitetsberegning- Effektivspenning	Tegn. nr. 713
Stabilitetsberegning-Totalspenning	Tegn. nr. 714
Stabilitetsberegning med tiltak – Motfylling – Drenert	Tegn. nr. 720-D
Stabilitetsberegning med tiltak – Motfylling	Tegn. nr. 720
Stabilitetsberegning med tiltak – Avlastning – Drenert	Tegn. nr. 721-D
Stabilitetsberegning med tiltak – Avlastning	Tegn. nr. 721



Tegnforklaring

Kvikkleirefarezone

- Aktuell
- Øvrige
- Tidligere faresone
- Anbefalt avlastning
- Anbefalt motfylling

Eksisterende og supplerende grunnundersøkelser

- CPTU
- Dreietrykkssondering
- Dreiesondering
- Poretrykksmåling
- Prøveserie
- Totalsondering

Klassifisering

- Sannsynlig kvikkleire/sprøbruddmatr.
- Mulig kvikkleire/sprøbruddmatr.
- Antatt ingen kvikkleire/sprøbruddmatr.

Observasjoner

- Berg i dagen
- Erosjon i bekk/elv
- Fylling
- Gammel skredgrop
- Leire
- Skredkant (NGU)
- Sikringstilak (NVE)

Målestokk (A3): 1:2000 Datum: EUREF 89, Kartprojeksjon: UTM 33

Kvikkleirefarezoneutredning "light" Trøndelag		
Rissa kommune	Prosjektnr. 20170367	Kart nr. 013-rev04
-Klassifiserte grunnundersøkelser -Kritiske snitt -Befaringsobservasjoner -Anbefalte tiltak Faresone 955 Solem Foss	Utført KST	Dato 2018-08-21
	Kontrollert TLe	Godkjent RMo

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm ³)	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
	GRUS, sandig																
5	SILT, m/brede gruslag, planterester								1,99	42							
									1,89	44							
	LEIRE, siltig, enk sand-/gruslag små humusrester								1,98	41		▼1,0		▽			27
												▼		Q		62	22
	LEIRE, siltig, m/siltlag								2,01	42		▼1,0				▽	53
10												▼1,1				Q	48
	KVIKKLEIRE, m/ meget tynne siltlag		Ø		H				2,02	42		▼0,2				▽	265
												▼0,2				Q	270
	KVIKKLEIRE, enk siltlag enk gruskorn/skjellrester		Ø		H				2,00	43		▼0,2				▽	280
15												▼0,3				Q	207
20																	

Symboler:



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

○ Vanninnhold
H Plastisitetsindeks, Ip

▼ Omrørt konus
▽ Uomrørt konus

ρ = Densitet
 S_t = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk
Ø = Ødometerforsøk
K = Korngradering

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

PRØVESERIE

Borhull: 955-17

NVE

Dato: 2017-12-11

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysningssoråde 1

Multiconsult
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:
vt/kjt

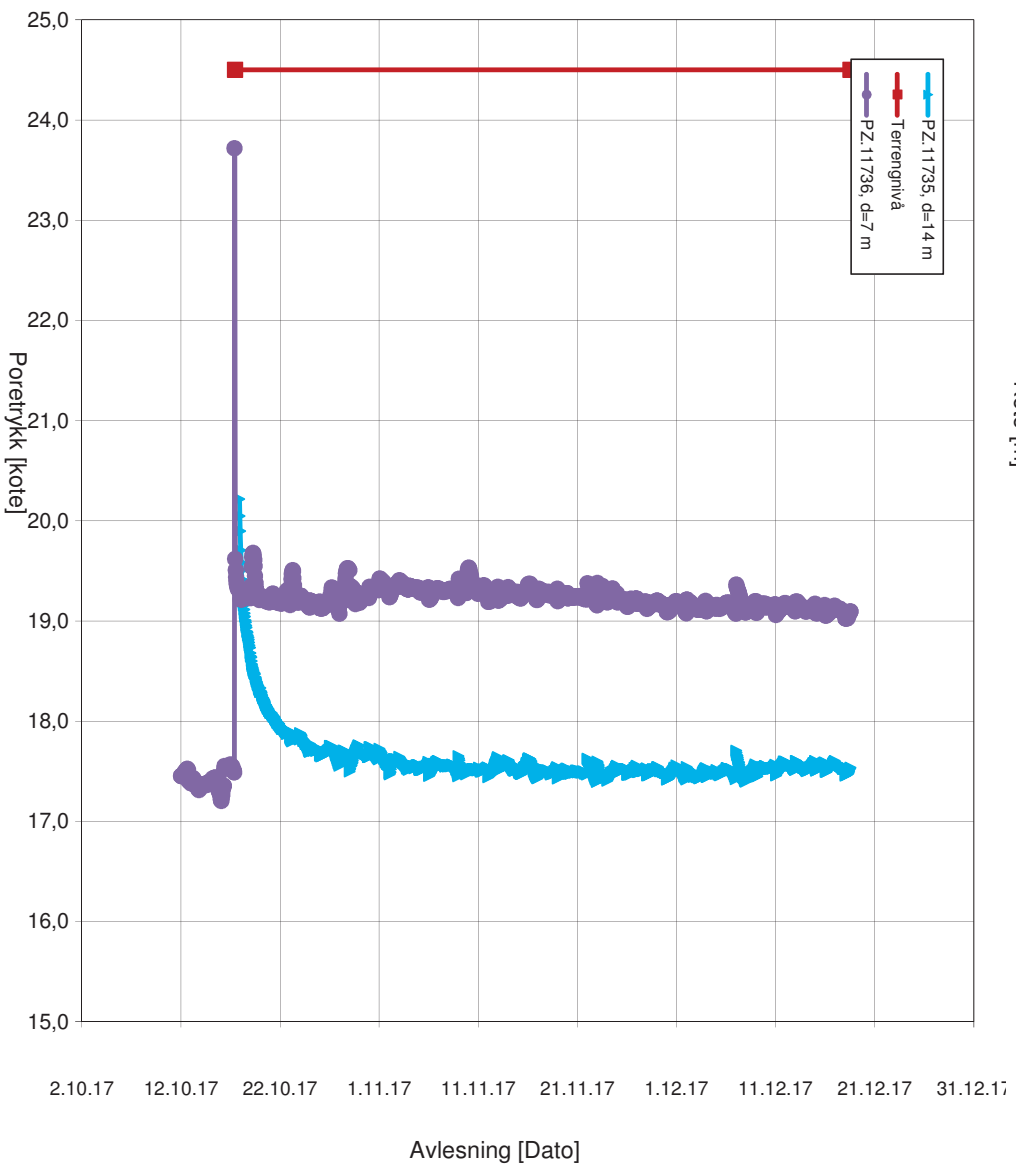
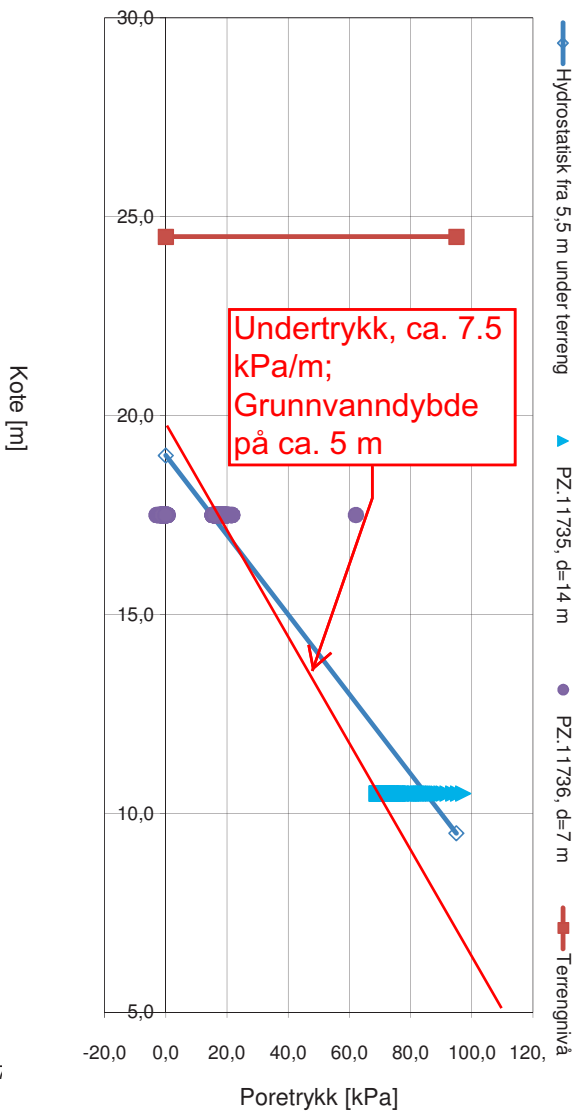
Kontrollert:
ALM

Godkjent:
ANG

Oppdragsnummer:
10200523

Tegningsnr.:
RIG-TEG-955-200

Rev. nr.:
00



PORETRYKKS MÅLING

Elektriske poretryksmålere, BP. 955-17

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag

MULTICONCONSULT NORGE AS

Sluppenvegen, 15
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00

Oppdragsnr.

10200526

Tegn.nr.

RIG-TEG-955-350

Rev.

00

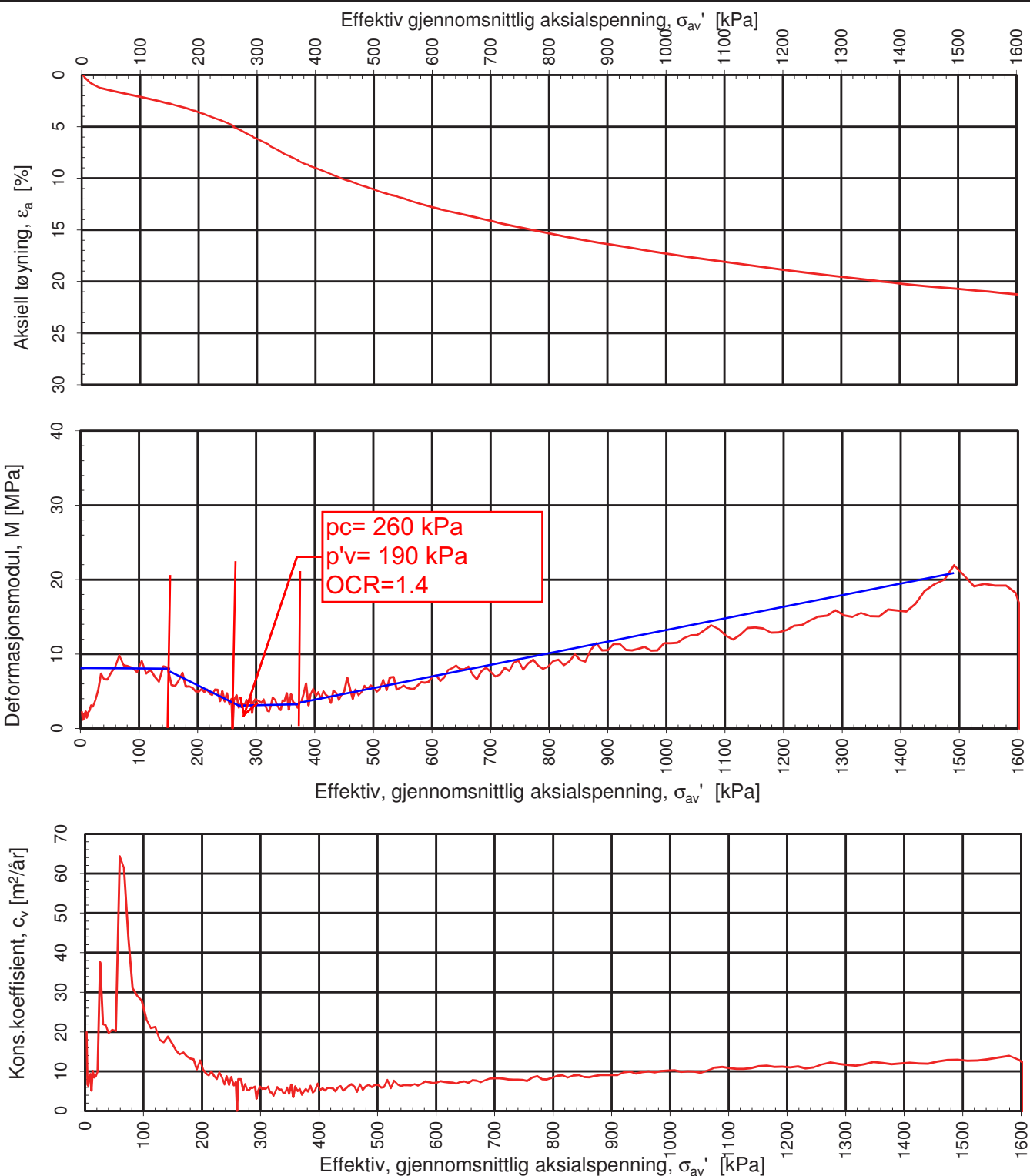
Konstr./Tegnet
AMG

Kontrollert
ALM

Dato
18.01.18

Godkjent
ANG

Multiconsult



Densitet ρ (g/cm^3): **2.02**
Vanninnhold w (%): **26.50**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **122.63**

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysingsområde 1

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

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-400_h955-17, d12,50m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

01.12.2017

Dybde, z (m):

12.50

Borpunkt nr.:

955-17

Forsøknr.:

1

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-955-400.1

Prosedyre:

CRS

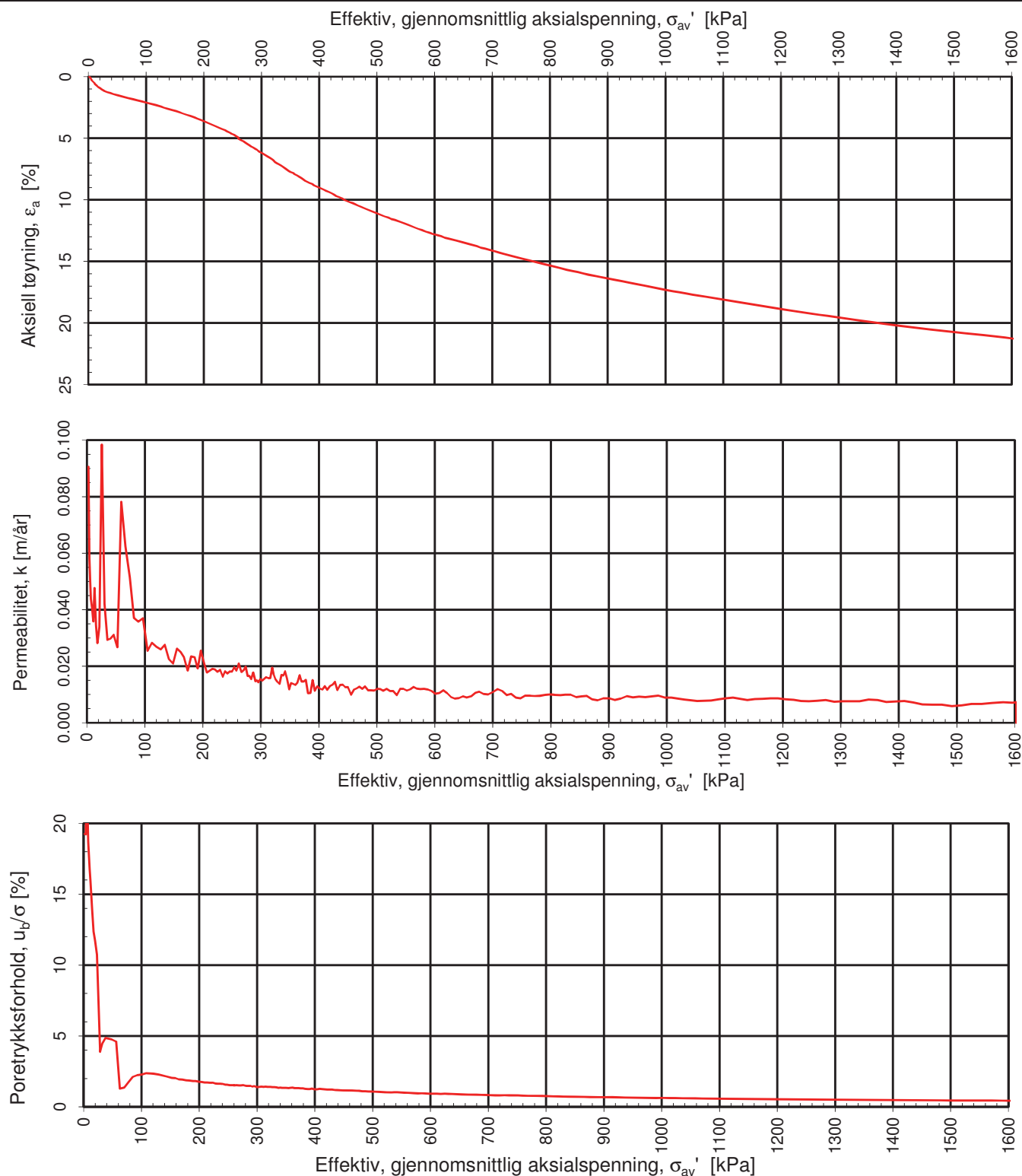
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³):

2.02

Vanninnhold w (%):

26.50

Effektivt overlagingstrykk, σ'_{v0} (kPa):

122.63

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysingsområde 1

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B: σ'_{av} - ϵ_a , k og u_b/σ .

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-400_h955-17, d12,50m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

01.12.2017

Dybde, z (m):

12.50

Borpunkt nr.:

955-17

Forsøknr.:

1

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-955-400.2

Prosedyre:

CRS

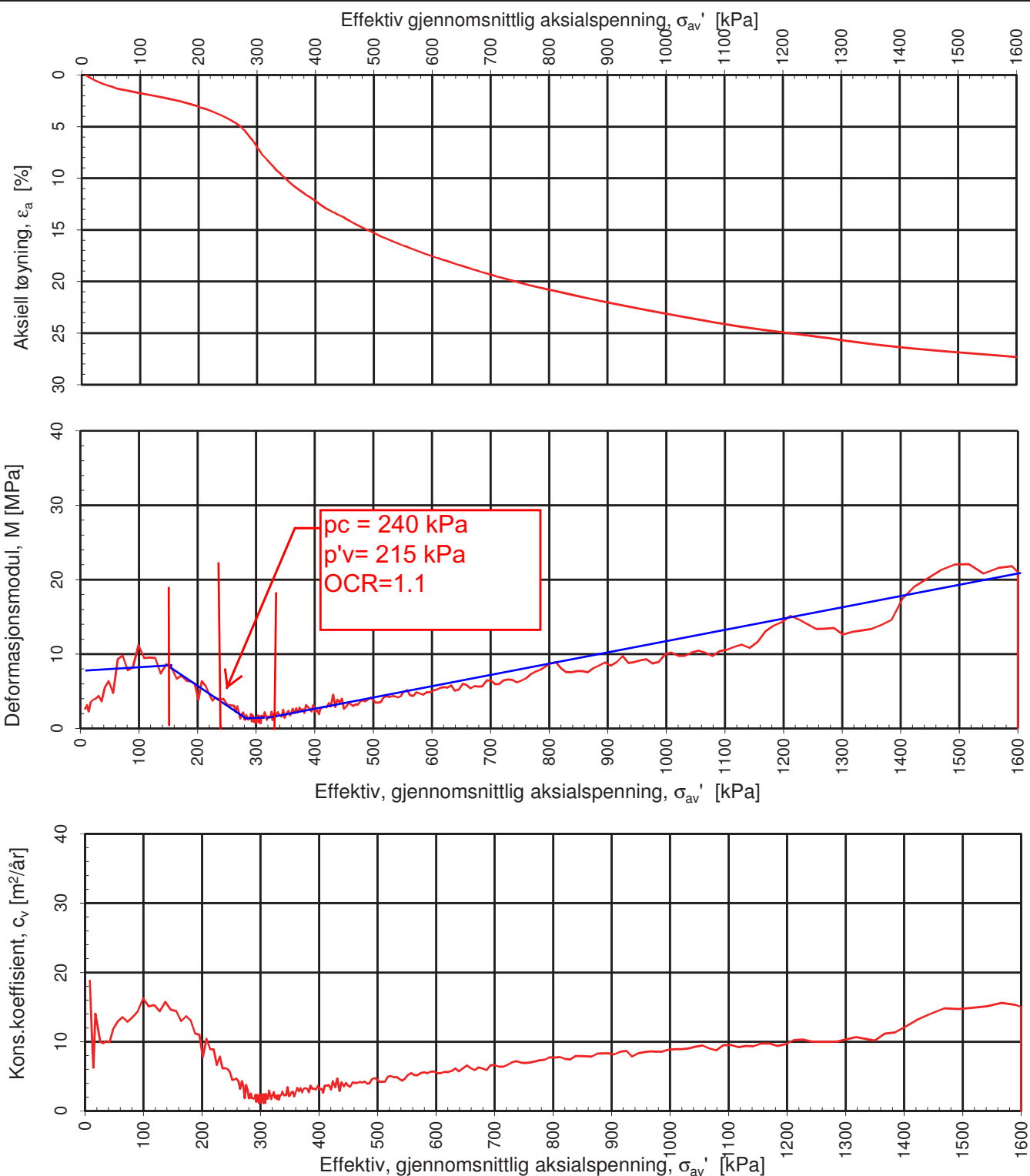
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³): **2.00**
Vanninnhold w (%): **29.30**

Effektivt overlagringstrykk, σ_{vo}' (kPa): **139.01**

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysningsområde 1

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

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-401_h955-17, d14,45m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

04.12.2017

Dybde, z (m):

14.45

Borpunkt nr.:

955-17

Forsøknr.:

2

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-955-401.1

Prosedyre:

CRS

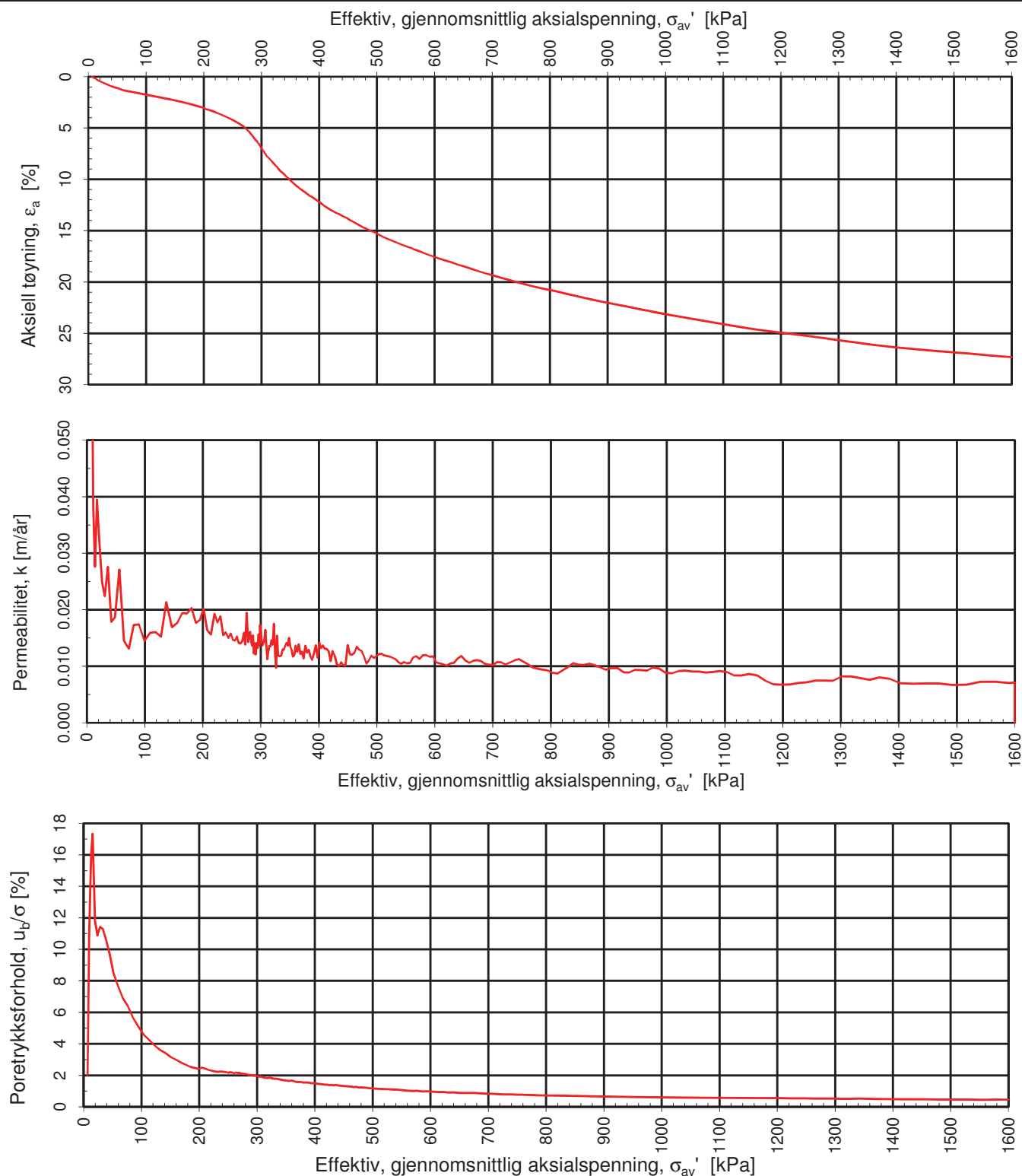
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³):

2.00

Vanninnhold w (%):

29.30

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

139.01

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysningssområde 1

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B: σ_{av}' - ε_a , k og u_b/σ .

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-401_h955-17, d14,45m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

04.12.2017

Dybde, z (m):

14.45

Borpunkt nr.:

955-17

Forsøknr.:

2

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-955-401.2

Prosedyre:

CRS

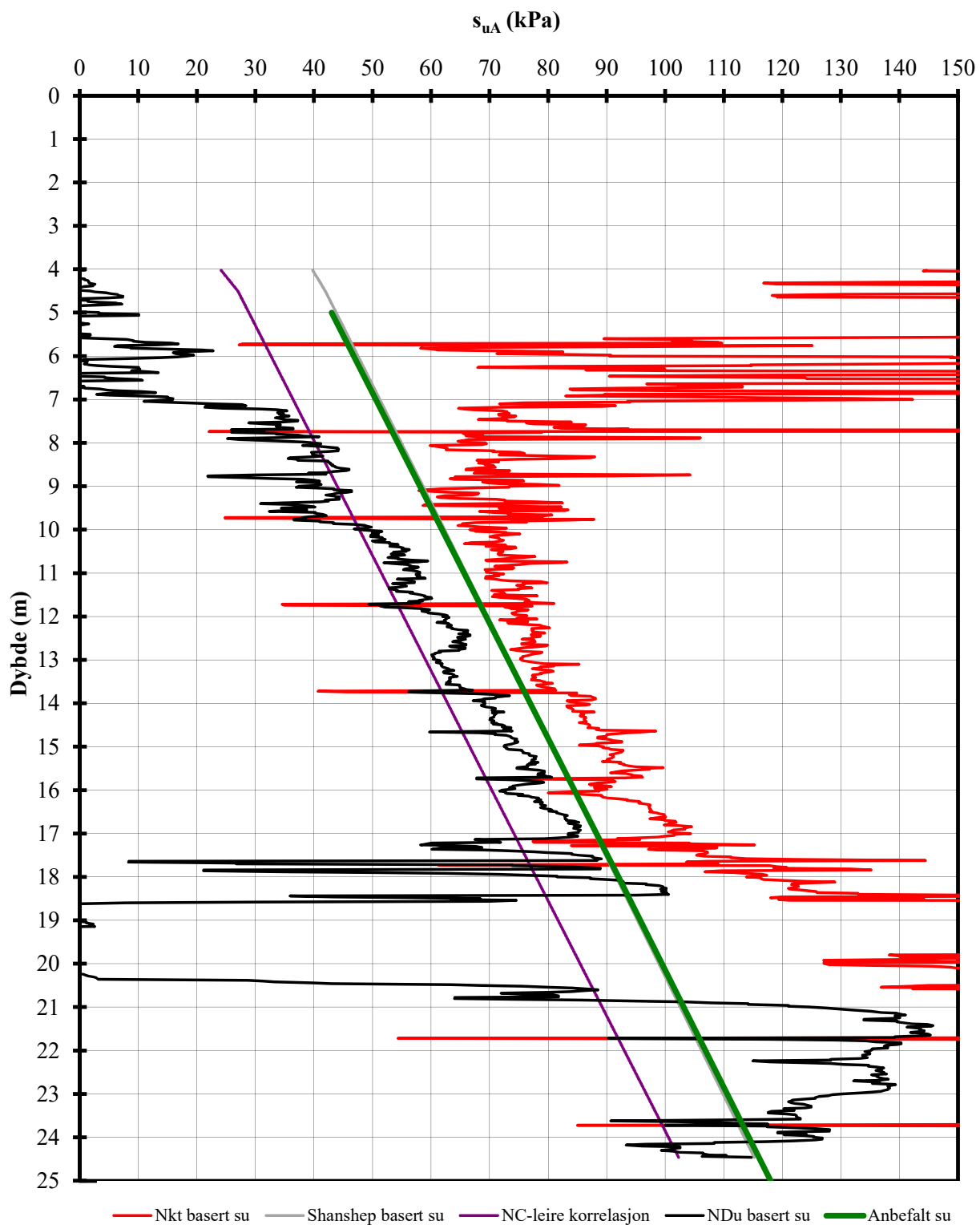
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Terrengekote : 24.5 m
Tidligere kotenivå : 33 m

α - faktor
m - faktor

0.3 Undertrykk (innmålt): 7.4 kPa/m
0.8 Grunnvannndybde : 4.7 m

Kvikkleire utretning "Light"

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og SHANSEP
Borhull 955-17

Rapport nr.

20170367

Figur nr.

A05

Tegner

TLe

Dato

14/05/2018

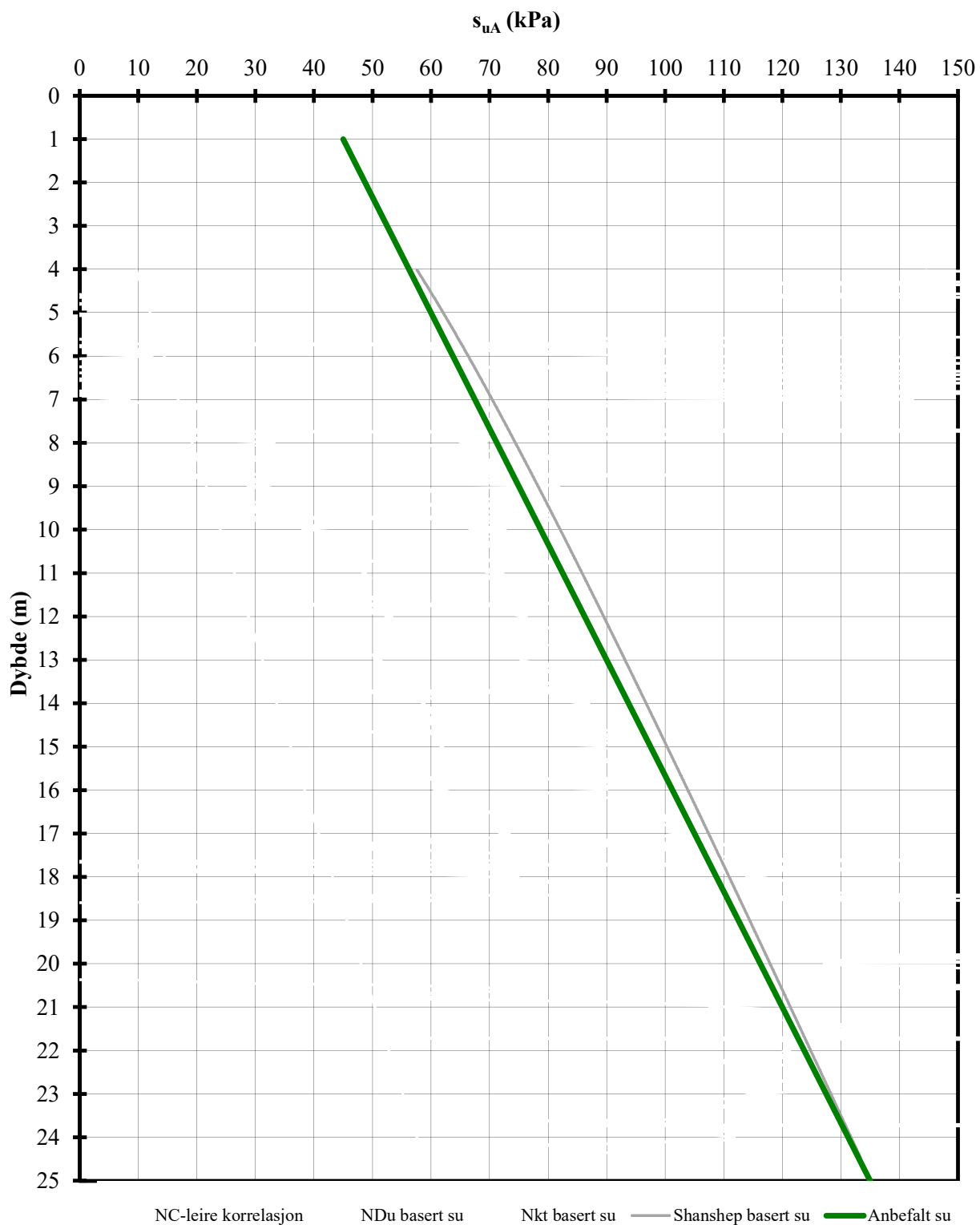
Kontrollert

RMo

Godkjent

RMo





Terrengkote : 12 m
 Tidligere kotenivå : 33 m

α - faktor
 m - faktor

0.3 Overtrykk : 12 kPa/m
 0.8 Grunnvannndybde : 0 m

Kvikkleire utretning "Light"

Aktiv skjærstyrke basert på SHANSEP - Knekkpunkt
 Borhull 955-17

Rapport nr.
 20170367

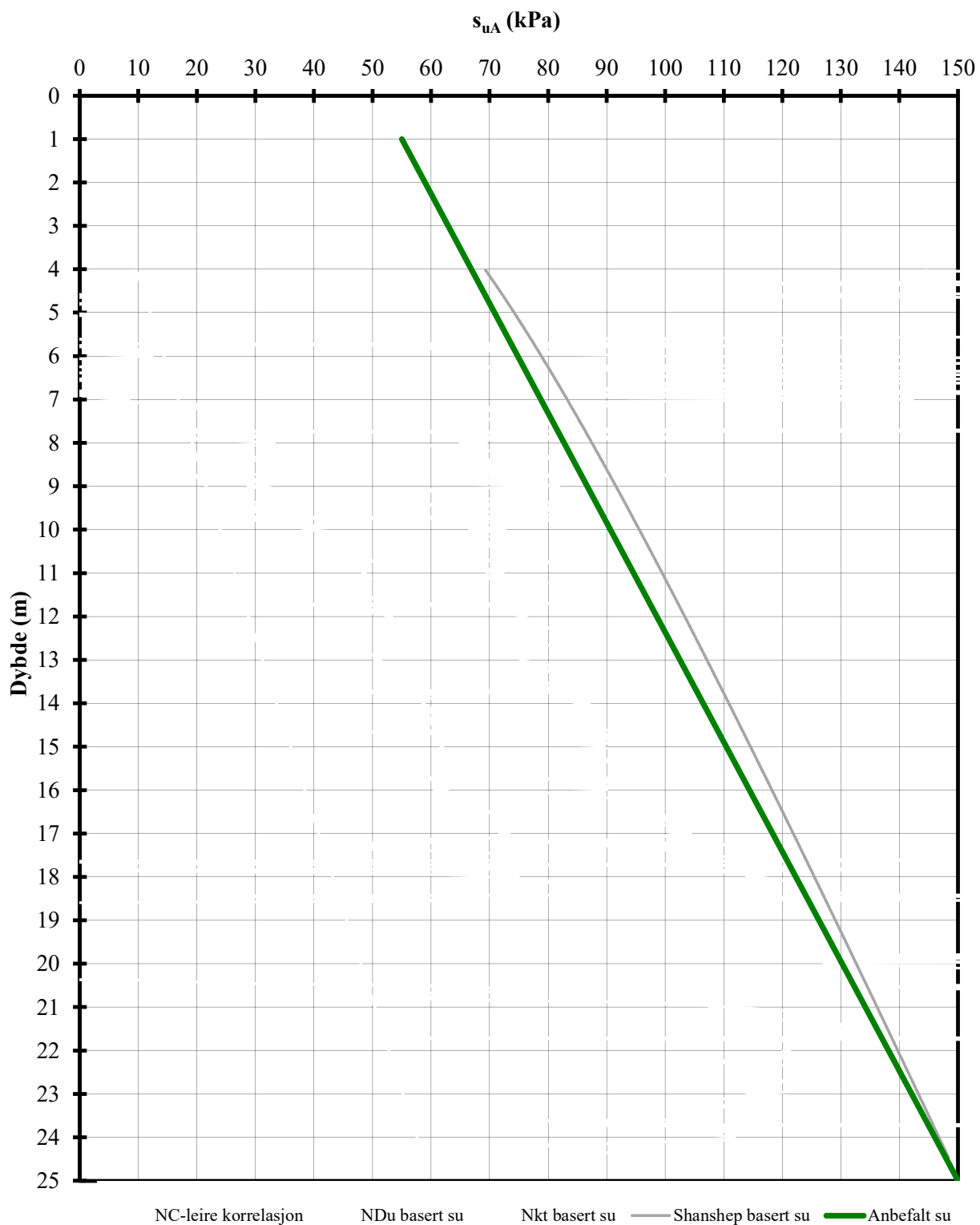
Figur nr.
 A06

Tegner
 TLe

Dato
 14/05/2018

Kontrollert
 RMo
 Godkjent
 RMo





Terrengkote : 5.5 m

Tidligere kotenivå : 33 m

α - faktor

m - faktor

0.3 Overtrykk : 12 kPa/m

0.8 Grunnvannndybde : 0 m

Kvikkleire utretning "Light"

Aktiv skjærstyrke basert på SHANSEP - for foten av skråningen

Borhull 955-17

Rapport nr.

20170367

Figur nr.

A07

Tegner

TLe

Dato

14/05/2018

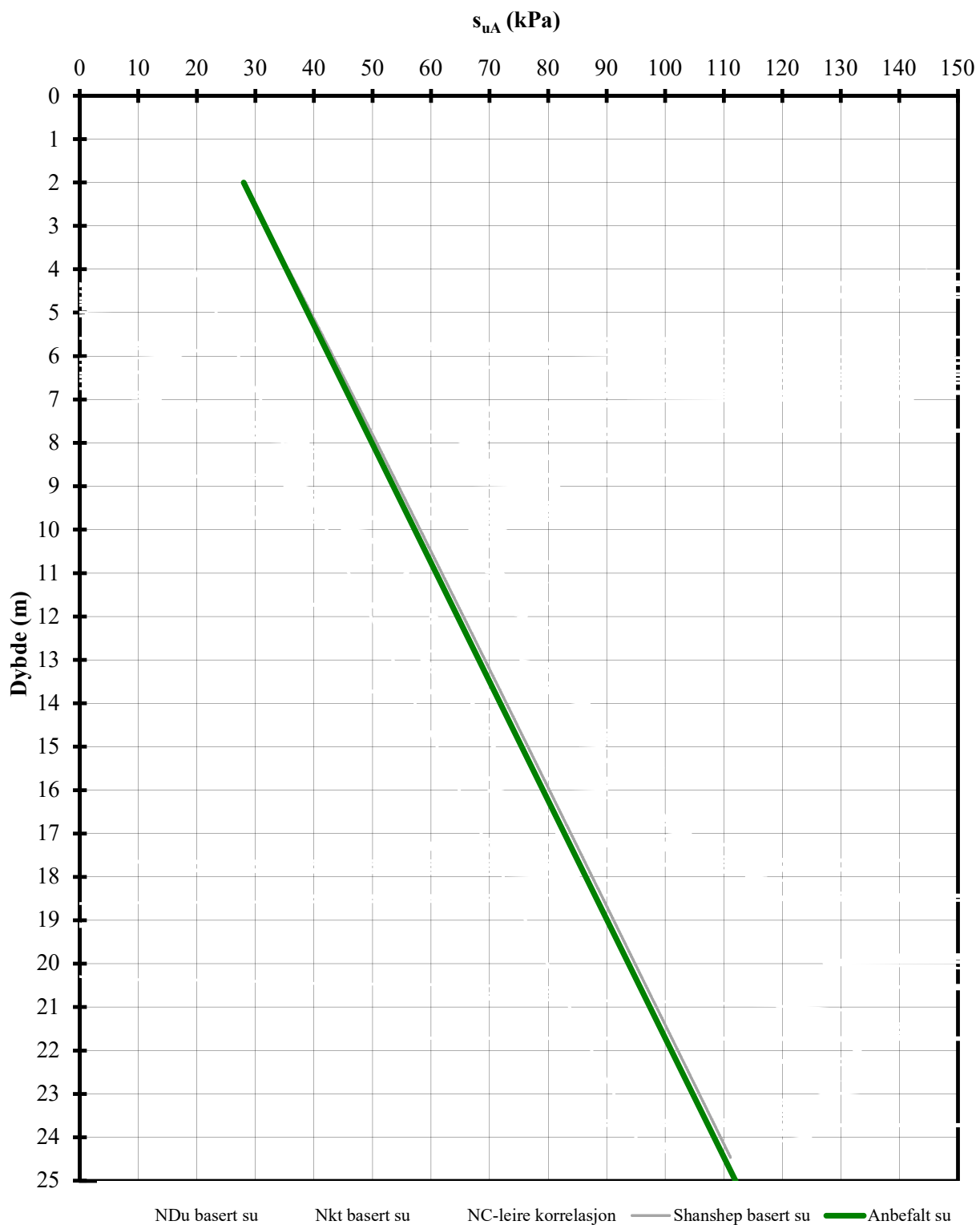
Kontrollert

RMo

Godkjent

RMo





Terrengkote : 25.5 m

Tidligere kotenivå : 33 m

α - faktor

m - faktor

0.3 Undertrykk : 7.4 kPa/m

0.8 Grunnvannndybde : 2 m

Kvikkleire utretning "Light"

Aktiv skjærstyrke basert på SHANSEP- for toppen av skråningen

Borhull 955-17

Rapport nr.

20170367

Figur nr.

A08

Tegner

TLe

Dato

14/05/2017

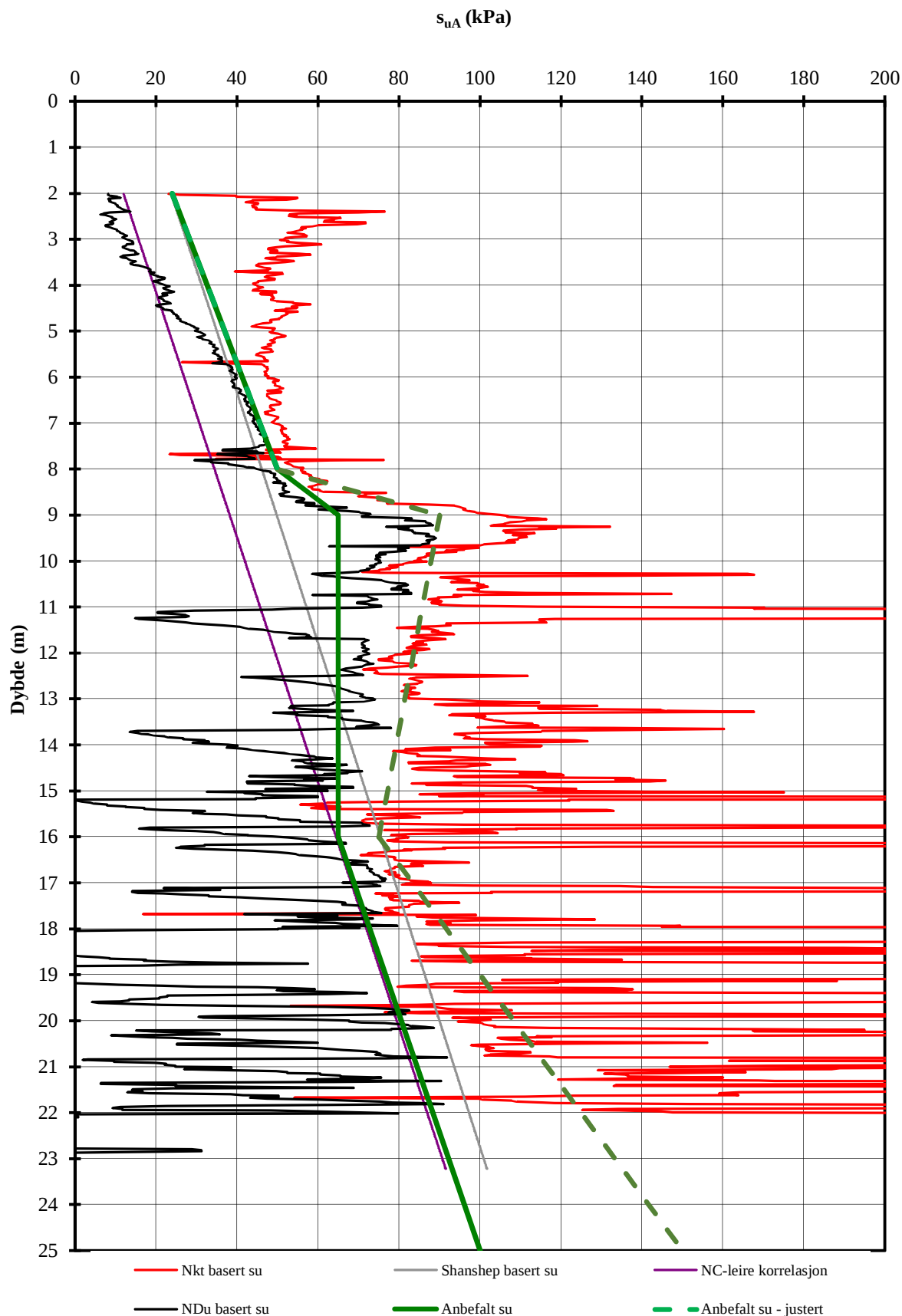
Kontrollert

RMo

Godkjent

RMo





Terrengkote : 27.2 m
Tidligere kotenivå : 33 m

α - faktor
m - faktor

0.3 Undertrykk: 7.5 kPa/m
0.8 Grunnvannndybde : 2 m

Kvikkleire utretning "Light"

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og SHANSEP

Borhull 955-19

Rapport nr.
20170367

Figur nr.
A09

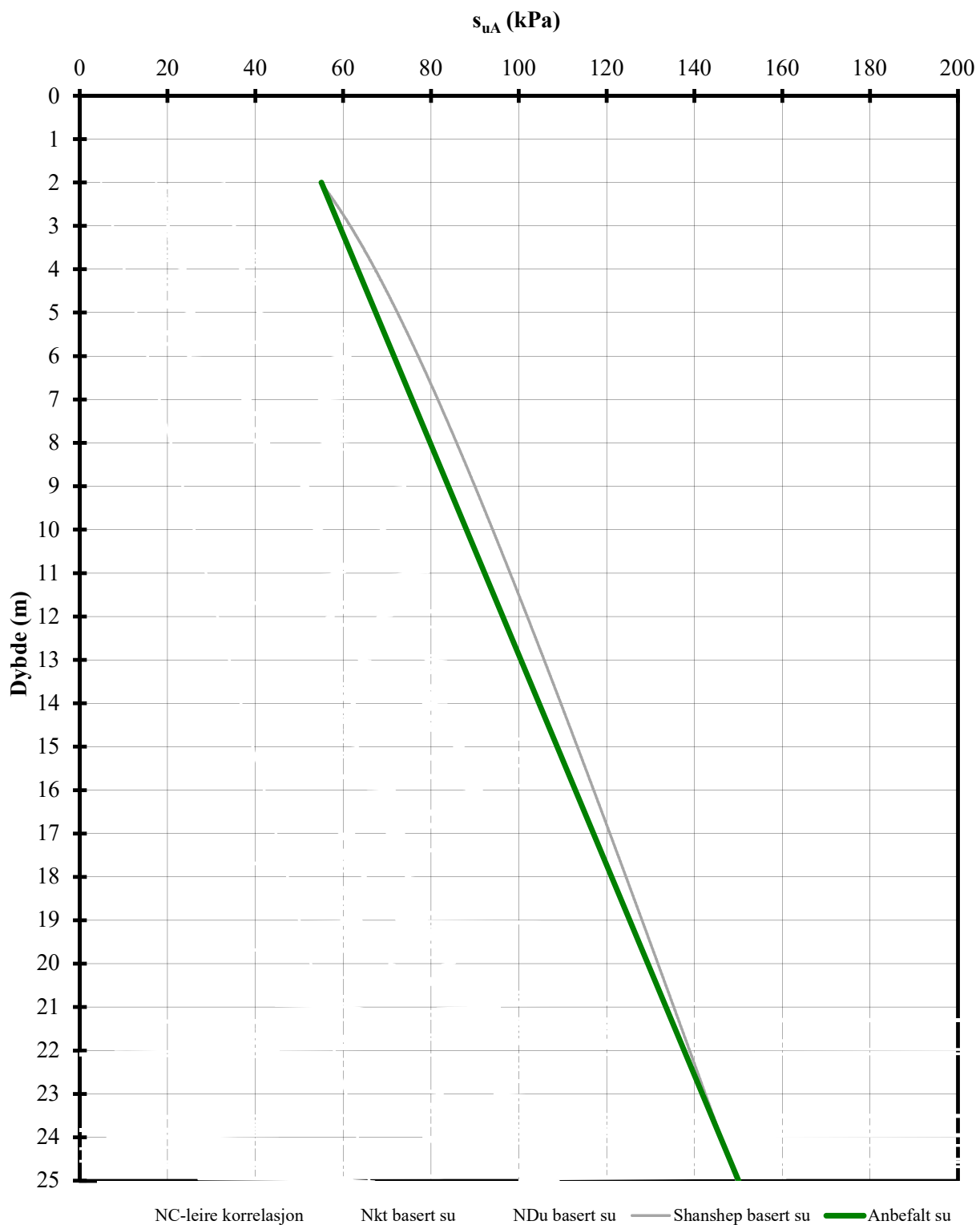
Tegner
TLe

Dato
2018-06-20

Kontrollert
RMo

Godkient
RMo





Terrengkote : 7 m

Tidligere kotenivå : 33 m

α - faktor

m - faktor

0.3 Overtrykk: 12 kPa/m

0.8 Grunnvannndybde : 0 m

Kvikkleire utretning "Light"

Aktiv skjærstyrke basert på SHANSEP - for foten av skråningen

Borhull 955-19

Rapport nr.

20170367

Figur nr.

A10

Tegner

TLe

Dato

14/05/2018

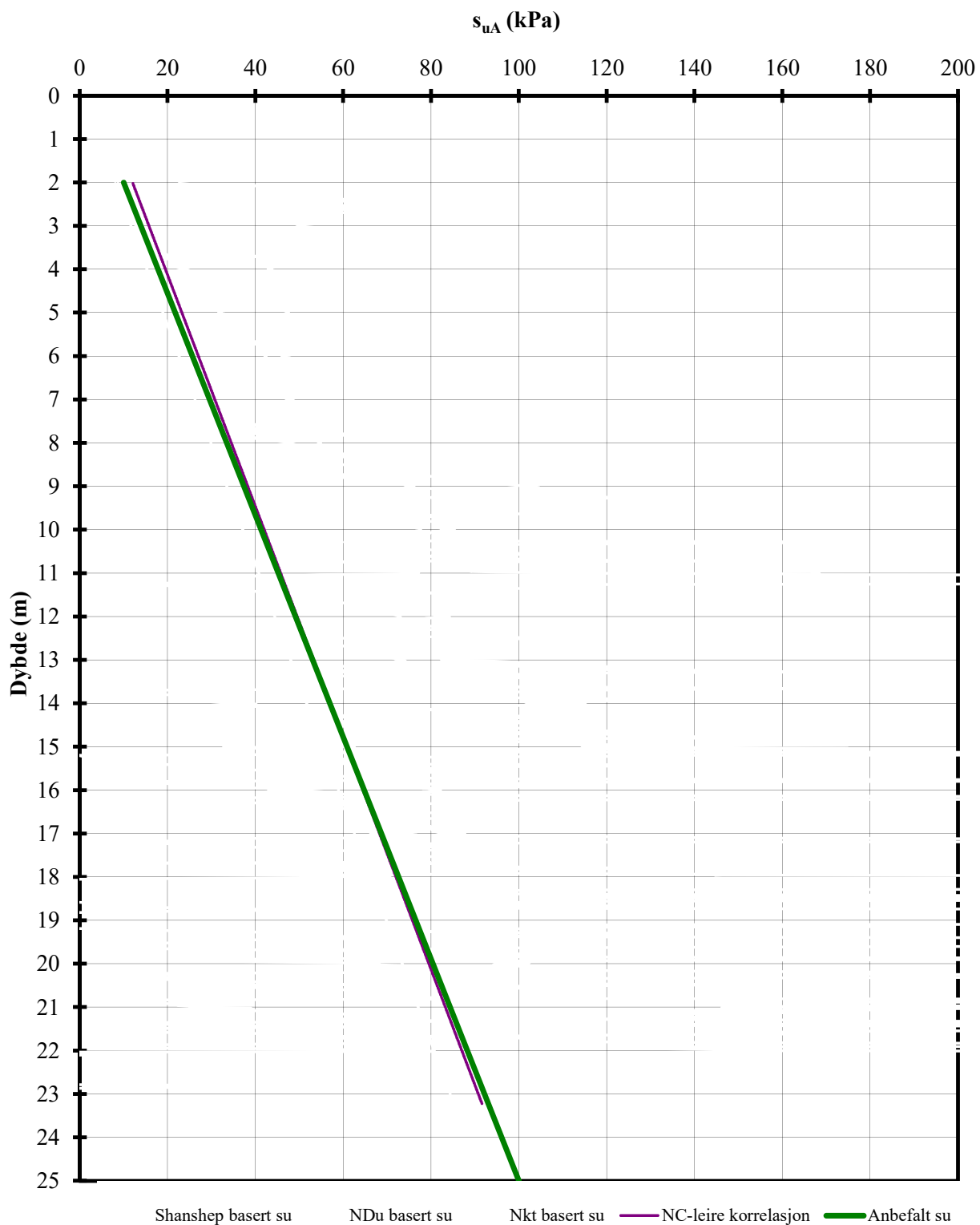
Kontrollert

RMo

Godkjent

RMo





Terrengkote : 40 m

Tidligere kotenivå : 40 m

α - faktor

m - faktor

0.3 Undertrykk : 7.5 kPa/m

0.8 Grunnvannndybde : 2 m

Kvikkleire utretning "Light"

Aktiv skjærstyrke basert på forhold for NC-leire- for toppen av skråningen

Borhull 955-19

Rapport nr.

20170367

Figur nr.

A11

Tegner

TLe

Dato

14/05/2018

Kontrollert

RMo

Godkjent

RMo



FORKLARINGER:

- Dreiesonering

○ Enkel sonering

▽ Trykksonering

└─ Boring avsluttet

└─ Antatt fjell, berg

— Antatt berg

— 1:15-linje

■ Antatt sprøbruddmateriale
- ☆ Fjellkontrollboring

● Dreietrykksonering

⊕ Totalsonering

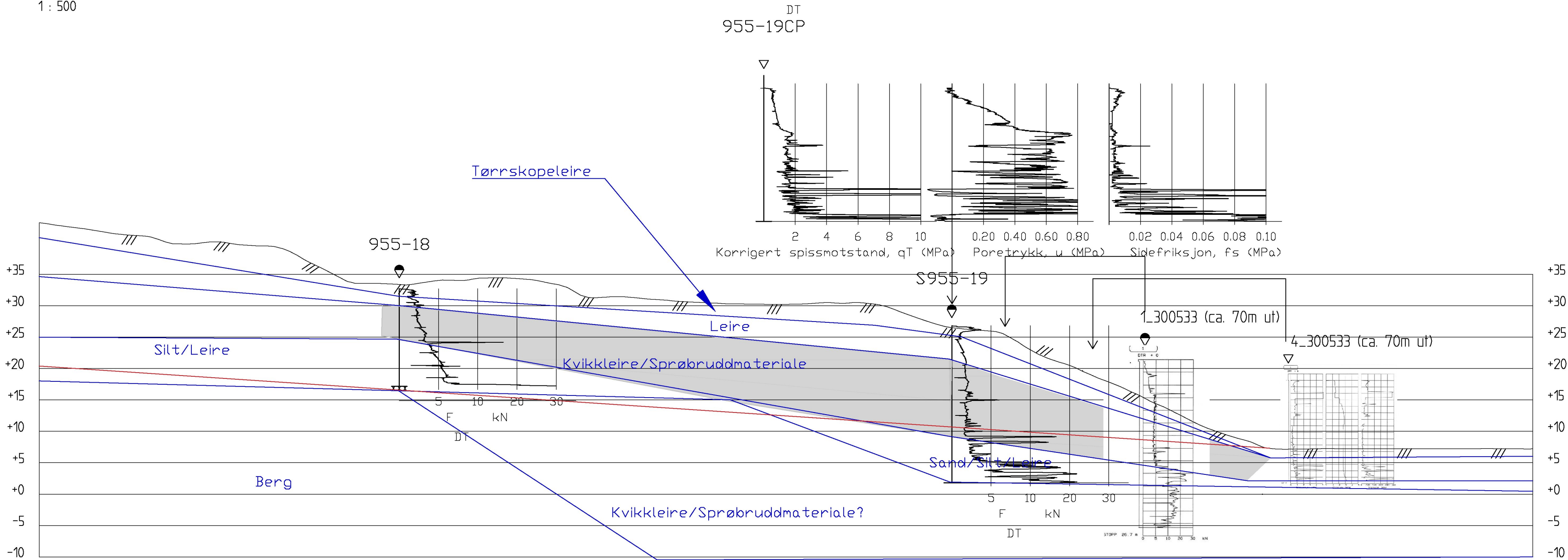
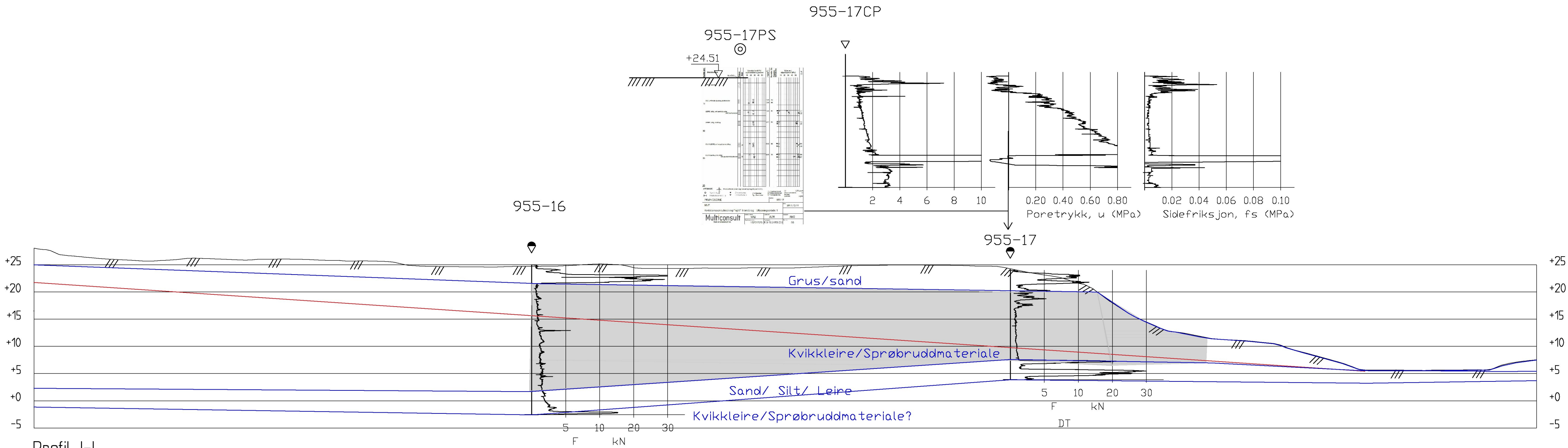
└─ Antatt stein, blokk eller fast grunn

└─ Boret i fjell
- ⊙ Prøveserie

□ Prøvegrop

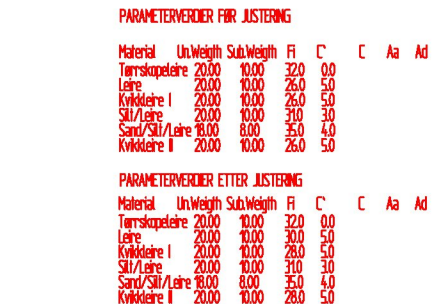
+ Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling

⋈ Fjell i dagen



Tegningsstempel	Tegningsnr.	Rev.
-----------------	-------------	------

Rev.	Revisjon	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag Norges vassdrags- og energidirektorat		Status		Original format A-1	
Sone 955 Solem Foss Profil I-J For stabilitetsberegning		Tegningens tittel		Profil I-J_beregnet.dwg	
		1500		NGI	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3830 Ullevål Stadion NO-0808 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2018-05-14 Oppdragsgiver	Kontr./Tegnet TLe Tegningsskisse	Kontrollert RMo	Godkjent RMo
20170367		701		0	



Profil J-
1 : 500

FORKLARINGER:

- | | | | |
|-------------------|-----------------------|----------------|--------------------|
| ● Driesondering | ☆ Fjellkontrollboring | ⊙ Prøveserie | ⊖ Paretrykksmåling |
| ○ Enkel sondering | ⬇ Dreietrykksondering | □ Prøvegrop | ⋈ Fjell i dagen |
| ▽ Trykksondering | ⊕ Totalsondering | + Vinge-boring | |

- | | |
|------------------|--------------------------------------|
| Boring avsluttet | Antatt stein, blokk eller fast grunn |
|------------------|--------------------------------------|

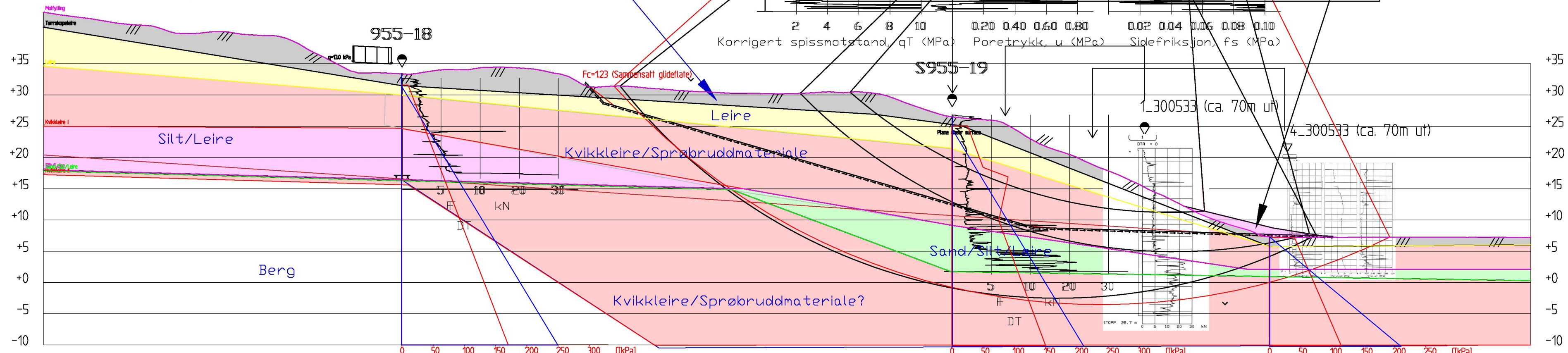
- | | |
|--------------------|-------------------|
| Antatt fjell, berg | xxx Boret i fjell |
|--------------------|-------------------|

- Antatt fjellførsløp
— 1:15-linje

[illegible]

[illegible]

Material	Un	Wegh	Sub	Wegh	FI	C	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	19.00	10.00			420.00					
Tørnskopeleire	20.00	10.00			320.00					
Leire	20.00	10.00				C-prof	100	0.63	0.35	
Kvikkleire I	20.00	10.00				C-prof	100	0.63	0.35	
Silt/Leire	20.00	10.00				C-prof	100	0.63	0.35	
Sand/Silt/Leire	19.00	10.00			350.40					
Kvikkleire I	20.00	10.00				C-prof	100	0.63	0.35	



Profil J-J
1: 500

Resultat fil : g:\geoteknik\20170367\Norge\drift\955\statistikk - profil J - total spenning - 2m oppfyllingR8
g:\geoteknik\20170367\Norge\drift\955\statistikk - profil J - total spenning - 2m oppfyllingR8

FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

- └ Boring avsluttet
- └ Antatt stein, blokk eller fast grunn

- └ Antatt fjell, berg
- └ Boret i fjell

- Antatt fjellforløp
- 1:15-linje

Motfylling 1.5-2 m på tåa
Utstrekning ca. 14 m oppover bakken
Utstrekning ca. 10 m ned fra tåa
Sprengstein (fi=42°)

Beskrivelse		Dato	Tegn.	Kontn.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag Sone 955 Solem Foss Profil J Stabilitetsberegning med tiltak - motfylling Totalspenning (udrenert)		Status			
		Original, formal			
		A-3.0			
		Tegningens tittelavn			
		955 SolemFoss-Profil J.dwg			
		Målestokk			
		1:500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2018-08-02 Oppdragsnr. 20170367	Konstr./Tegnet TLe Tegningsnr. 720	Kontrollert RMo	Godkjent RMo 0



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.		
Norges vassdrags- og energidirektorat Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag		Status Original: format A-3.0 Tegningsnr./Navn: 955 SolemFoss-Profil J.dwg					
		Sone 955 Solem Foss Profil J Stabilitetsberegning med tiltak - motfylling (1.5m) Effektivspenning (drenert)		Målestokk 1500			
		NGI Sognsveien 72 - PO Box 9330 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2018-09-15 Oppdragssnr. 20170367	Konstr./Tegnet TLe Tegningsnr. 721-D	Kontrollert RMo	Godkjent RMo 0
		Rev.		Rev.			



Result file: g:\genetic\20190607 Nishigaki\1955\Nishigaki_FSP\profile\spinning\SIMULATED\RELASTETWE

1:15-linje

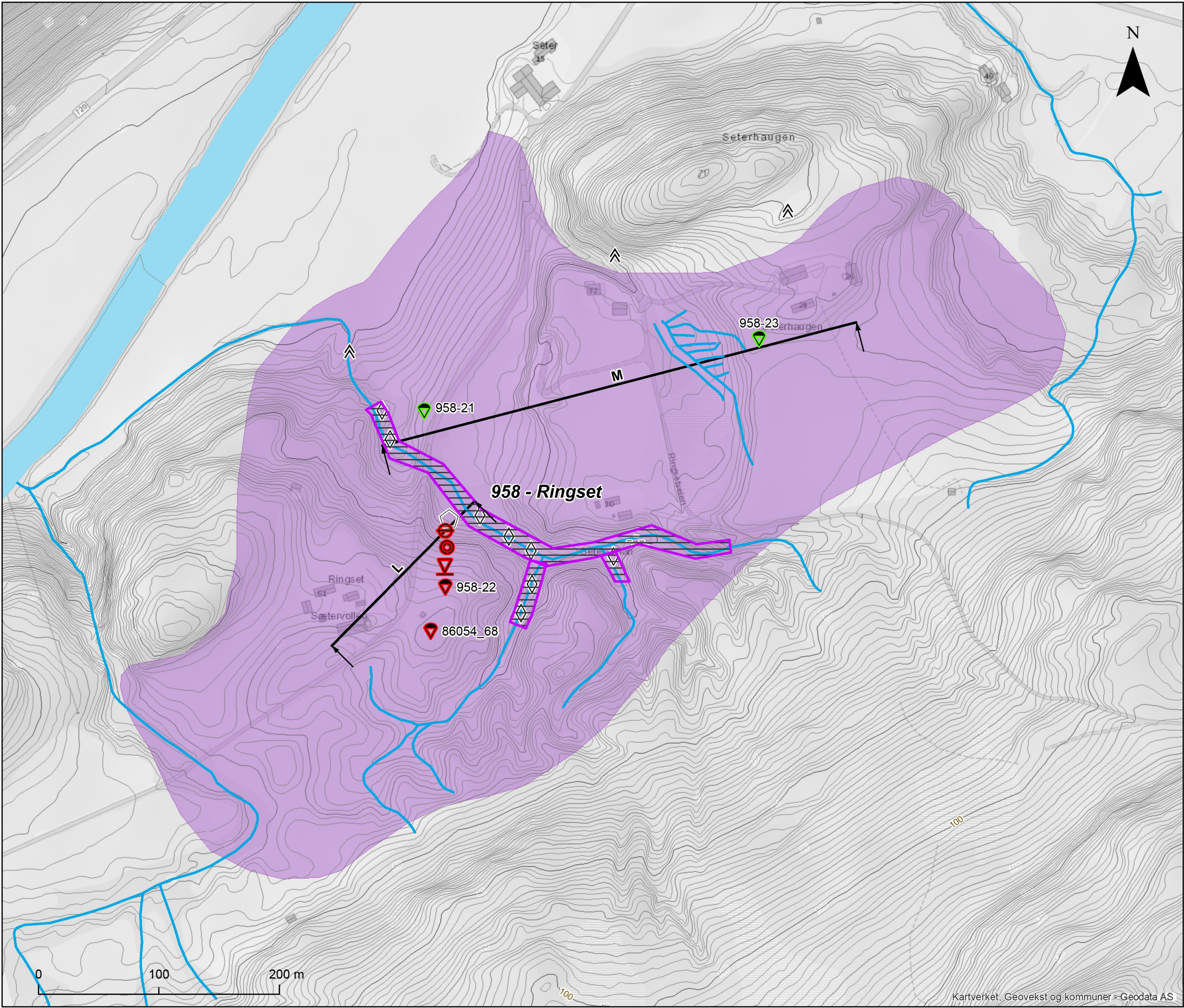
[illegible]

Vedlegg D

KVIKKLEIRESONE 958 – RINGSET

Boreplan
Prøveserie
Poretrykkmåling
Ødometerforsøk
CPTU tolkning
Profil med lagdeling
Stabilitetsberegning- Effektivspenning
Stabilitetsberegning-Totalspenning
Stabilitetsberegning-15% reduksjon av udrenert fasthet
Stabilitetsberegning med tiltak – Motfylling – Drenert
Stabilitetsberegning med tiltak – Motfylling

Kart no. 014-rev 03
RIG-TEG-958-200
RIG-TEG-958-350
RIG-TEG-958-400.1 til -402.2
Figur nr. A12 til A14
Tegn. nr. 702
Tegn. nr. 714
Tegn. nr. 715
Tegn. nr. 715-R
Tegn. nr. 722-D
Tegn. nr. 722



Tegnforklaring

Kvikkleirefarezone

- Aktuell
- Øvrige
- Tidligere faresone
- Anbefalt avlastning
- Anbefalt motfylling

Eksisterende og supplerende grunnundersøkelser

- CPTU
- Dreietrykksondering
- Dreiesondering
- Poretrykksmåling
- Prøveserie
- Totalsondering

Klassifisering

- Sannsynlig kvikkleire/sprøbruddmatr.
- Mulig kvikkleire/sprøbruddmatr.
- Antatt ingen kvikkleire/sprøbruddmatr.

Observasjoner

- Berg i dagen
- Erosjon i bekk/elv
- Fylling
- Gammel skredgrop
- Leire
- Skredkant (NGU)
- Sikringstilak (NVE)

Målestokk (A3): 1:5000 Datum: EUREF 89, Kartprojeksjon: UTM 33

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag		
Rissa kommune	Prosjektnr. 20170367	Kart nr. 014-rev04
-Klassifiserte grunnundersøkelser -Kritiske snitt -Befaringsobservasjoner -Anbefalte tiltak Faresone 958 Ringset	Utført KST	Dato 2018-08-21
	Kontrollert TLe	Godkjent RMo

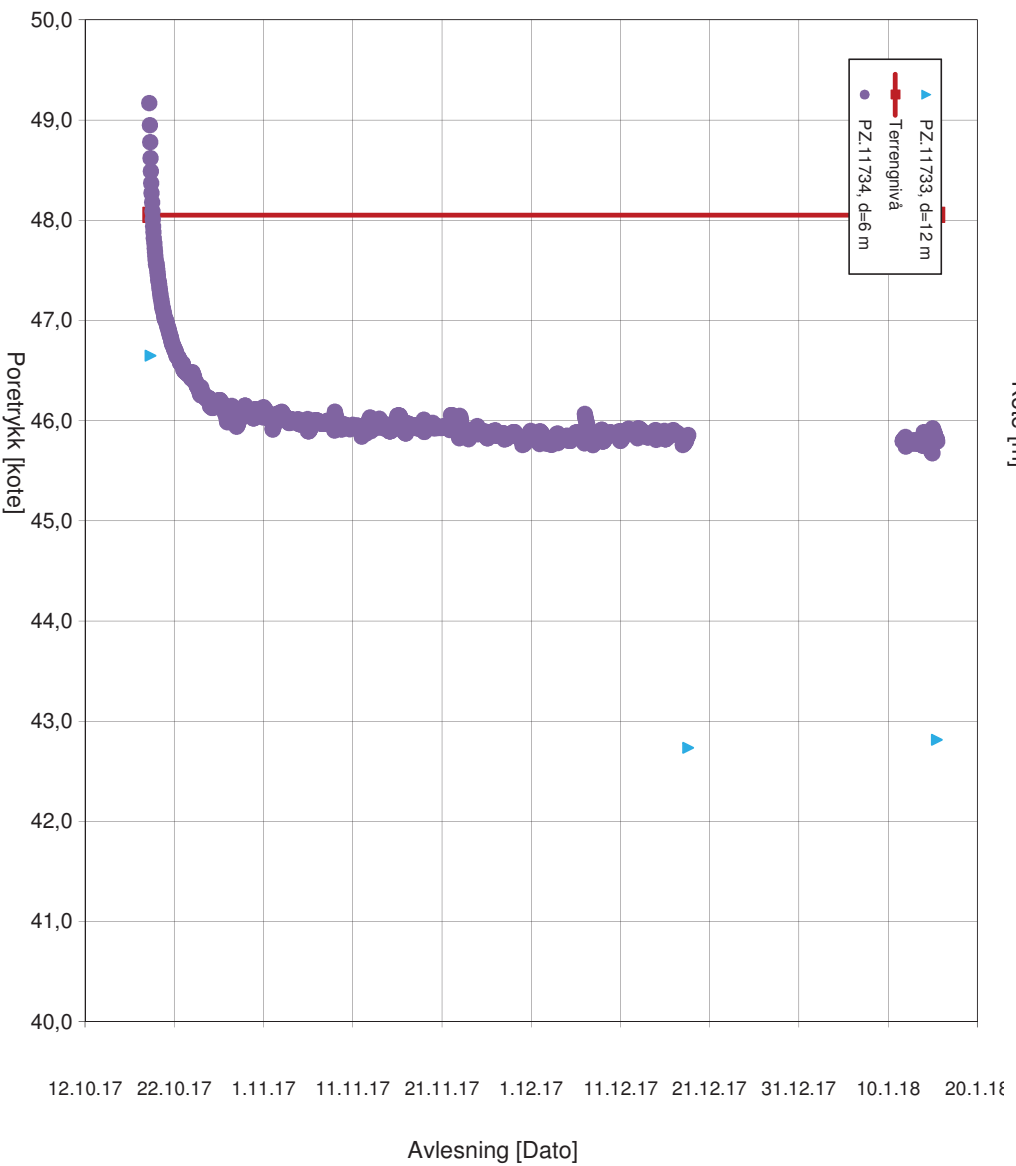
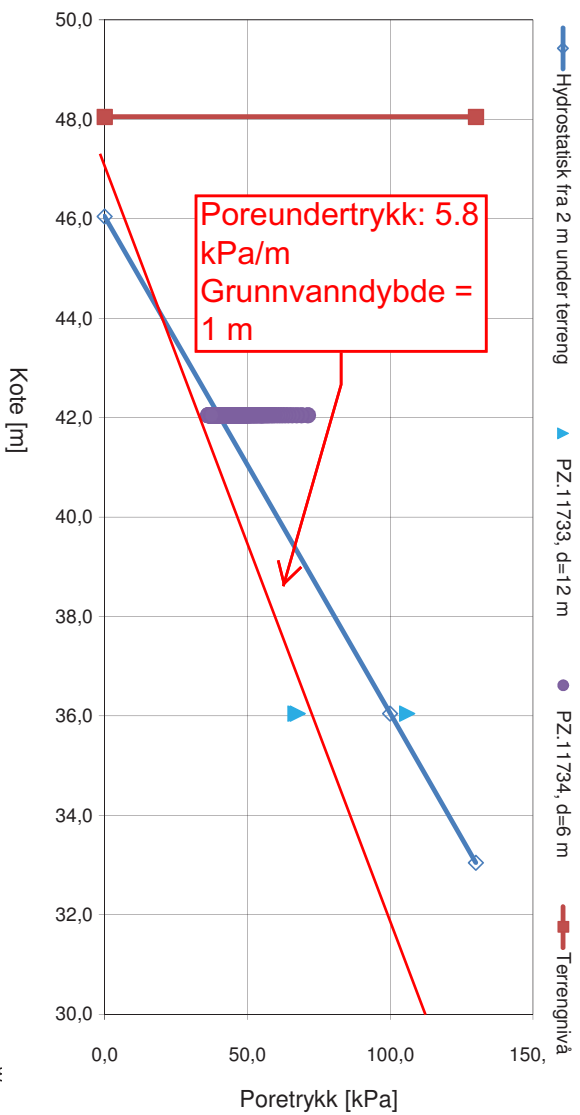
[illegible]

PRØVESERIE

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysningssområde 1

Multiconsult
www.multiconsult.no



PORETRYKKS MÅLING

Elektriske poretryksmålere, BP. 958-22

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag

MULTICONCONSULT NORGE AS

Sluppenvegen, 15
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00

Oppdragsnr.

10200526

Tegn.nr.

RIG-TEG-958-350

Rev.

00

Konstr./Tegnet

AMG

Kontrollert

ALM

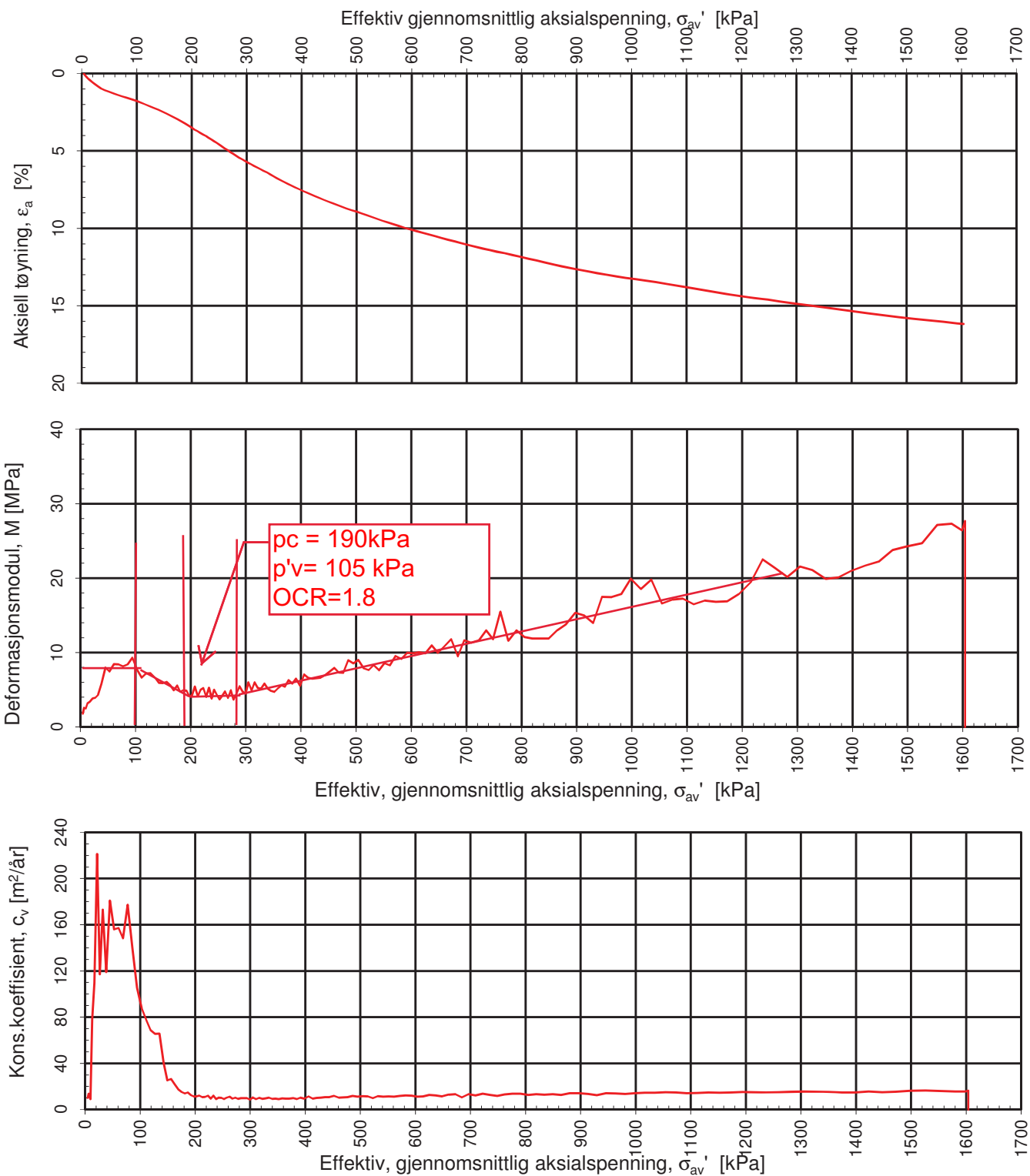
Dato

18.01.18

Godkjent

ANG

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³): **1.99**
Vanninnhold w (%): **29.00**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **70.92**

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysingsområde 1

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

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-400_h958-22, d7,40m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

23.11.2017

Dybde, z (m):

7.45

Borpunkt nr.:

958-22

Forsøknr.:

1

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-958-400.1

Prosedyre:

CRS

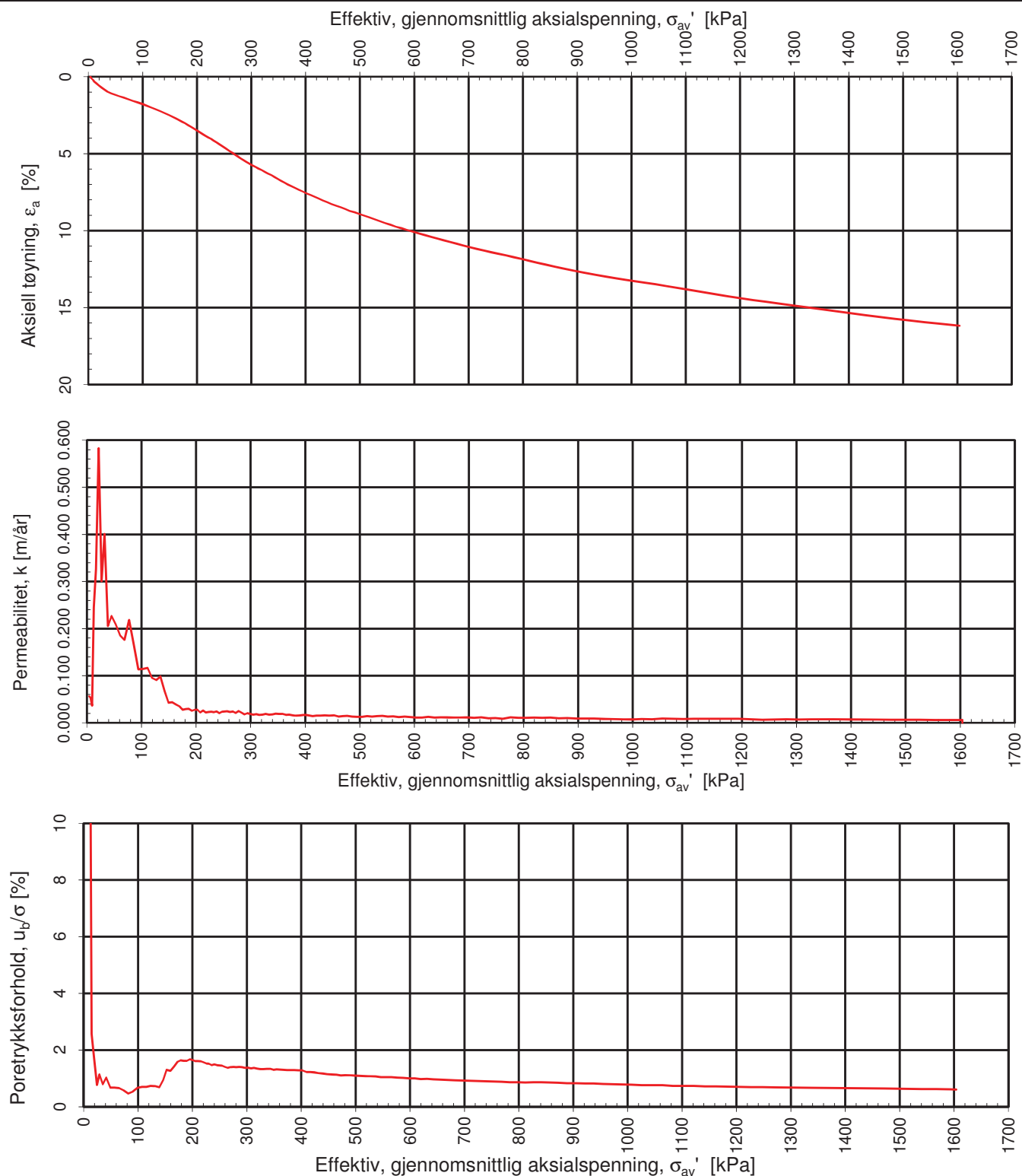
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³):

1.99

Vanninnhold w (%):

29.00

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

70.92

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysningssområde 1

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

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-400_h958-22, d7,40m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

23.11.2017

Dybde, z (m):

7.45

Borpunkt nr.:

958-22

Forsøknr.:

1

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-958-400.2

Prosedyre:

CRS

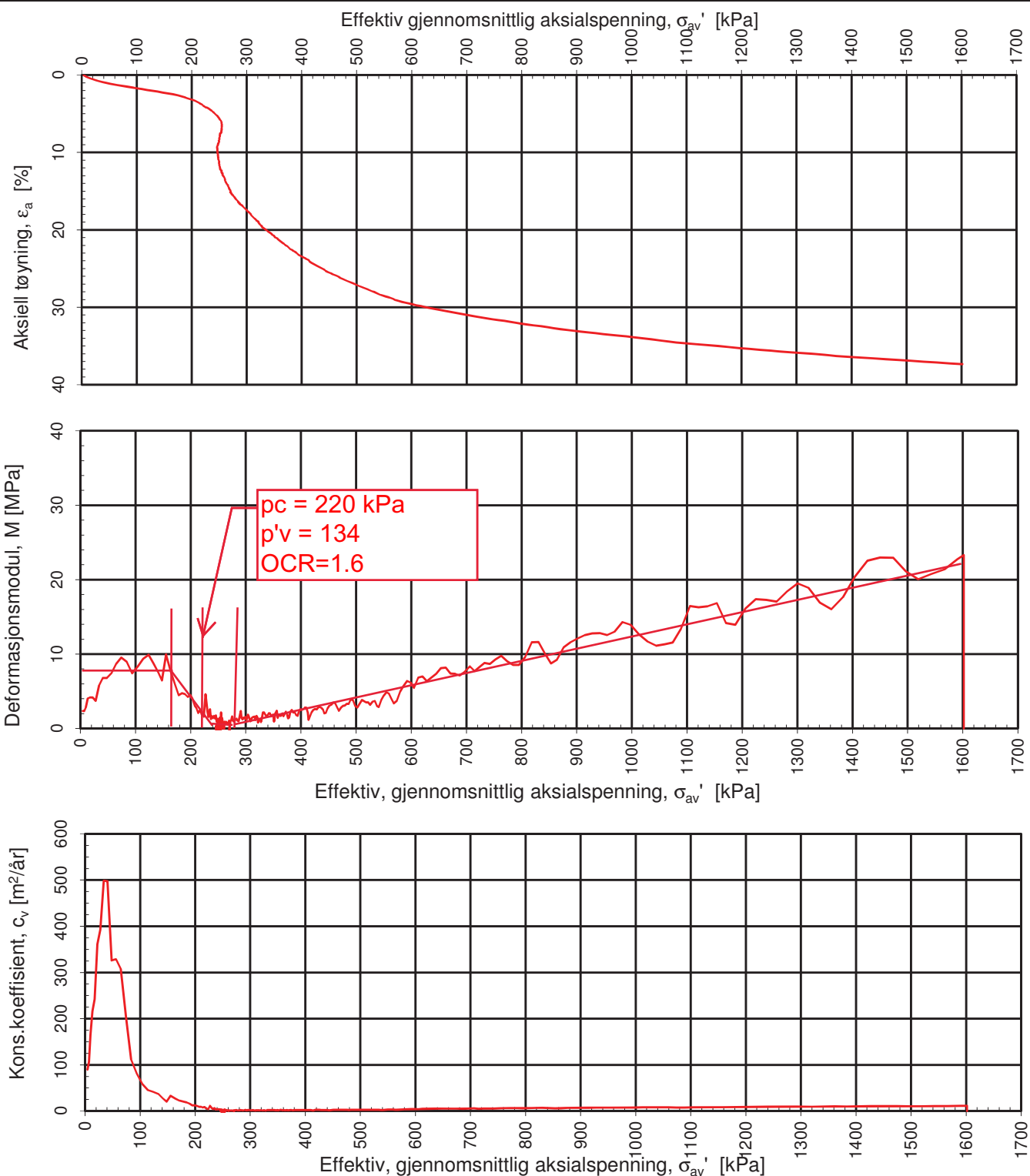
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³): **1.81**
Vanninnhold w (%): **43.10**

Effektivt overlagringstrykk, σ_{vo}' (kPa): **72.85**

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysingsområde 1

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

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-401_h958-22, d9,40m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

23.11.2017

Dybde, z (m):

9.40

Borpunkt nr.:

958-22

Forsøknr.:

2

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-958-401.1

Prosedyre:

CRS

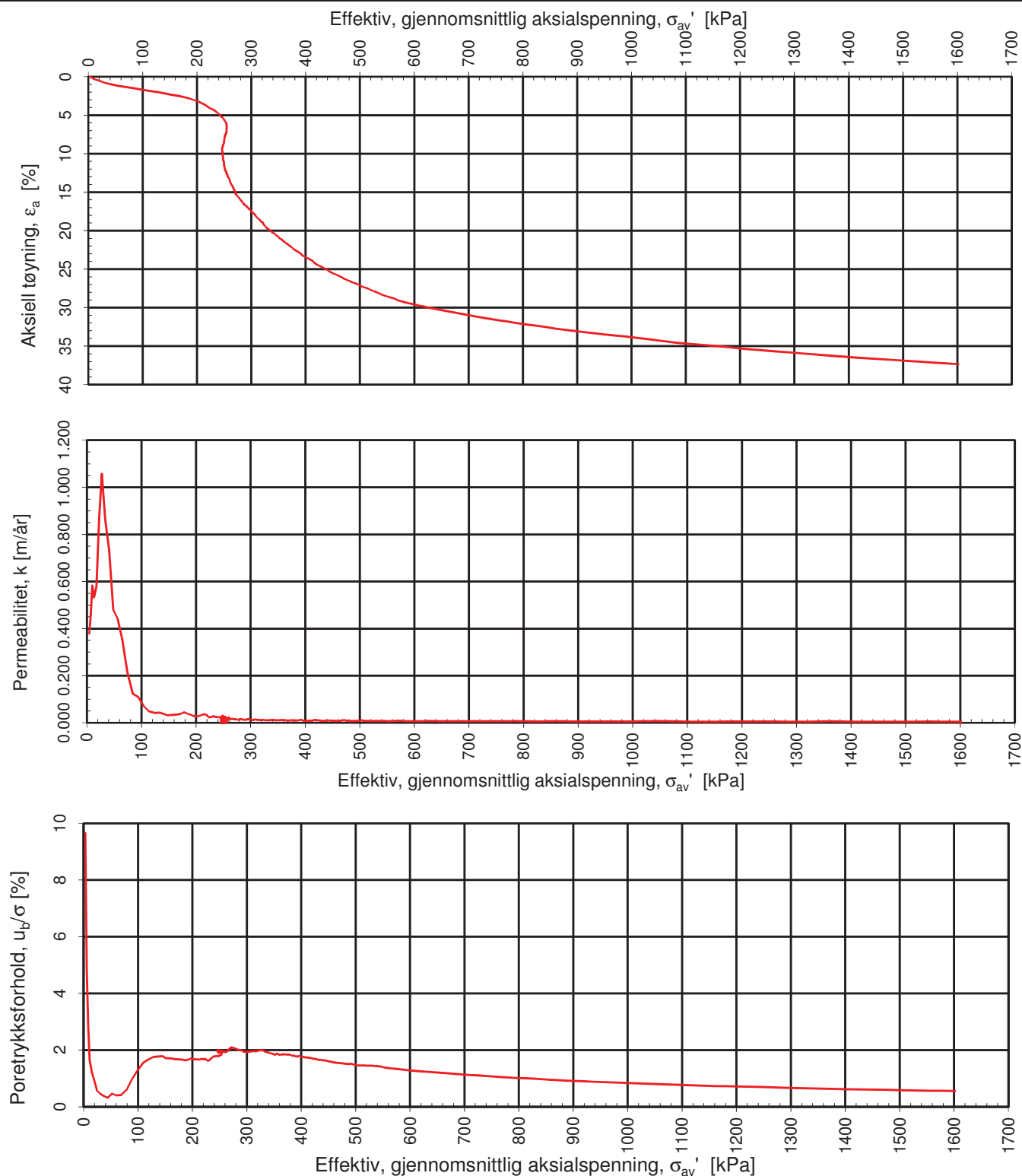
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³):

1.81

Vanninnhold w (%):

43.10

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

72.85

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysningssområde 1

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

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-401_h958-22, d9,40m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

23.11.2017

Dybde, z (m):

9.40

Borpunkt nr.:

958-22

Forsøknr.:

2

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-958-401.2

Prosedyre:

CRS

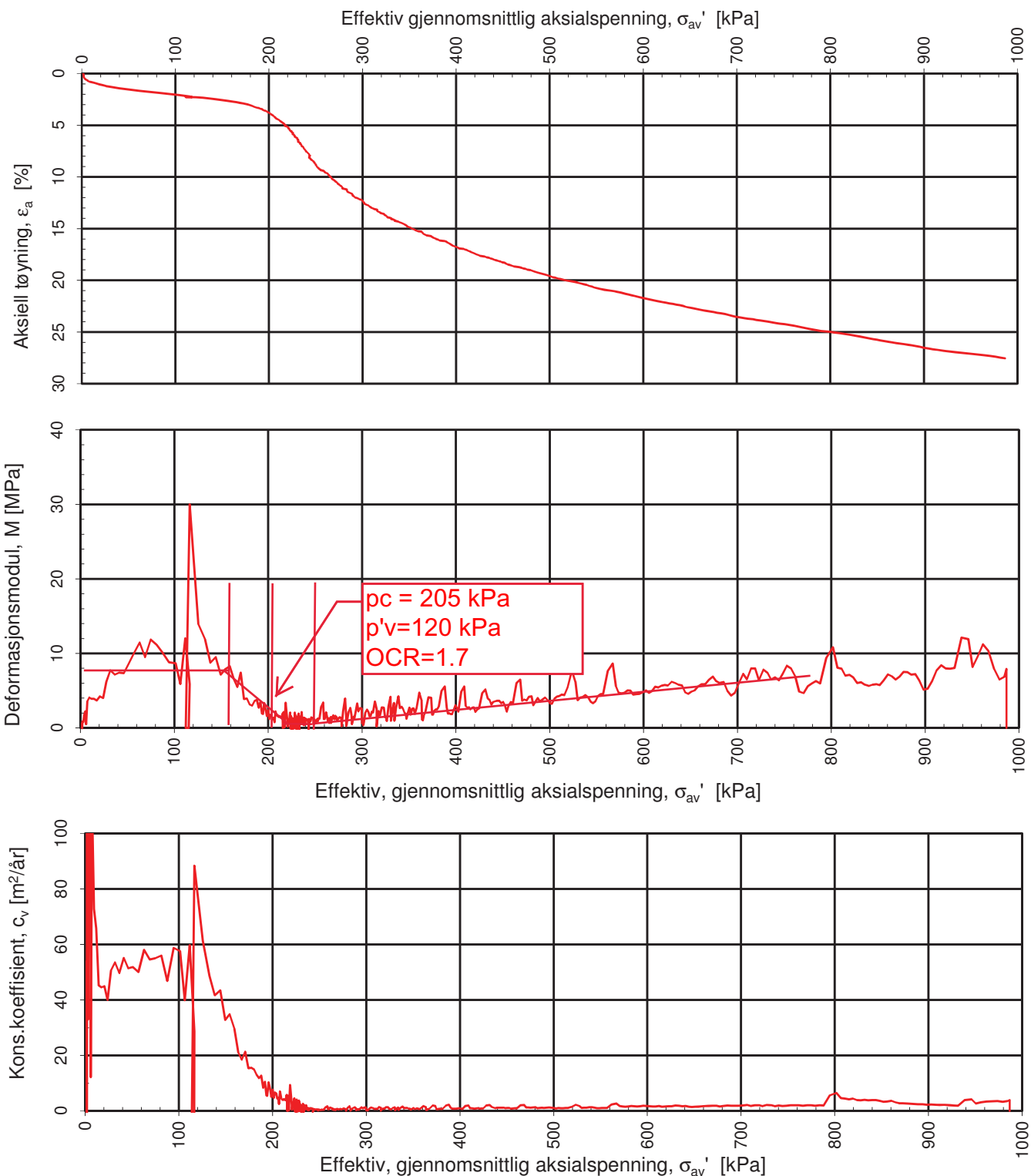
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm^3): **1.80**
Vanninnhold w (%): **51.30**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **63.94**

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysingsområde 1

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

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-402_h958-22, d8,35m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

01.12.2017

Dybde, z (m):

8.35

Borpunkt nr.:

958-22

Forsøknr.:

3

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-958.402.1

Prosedyre:

CRS

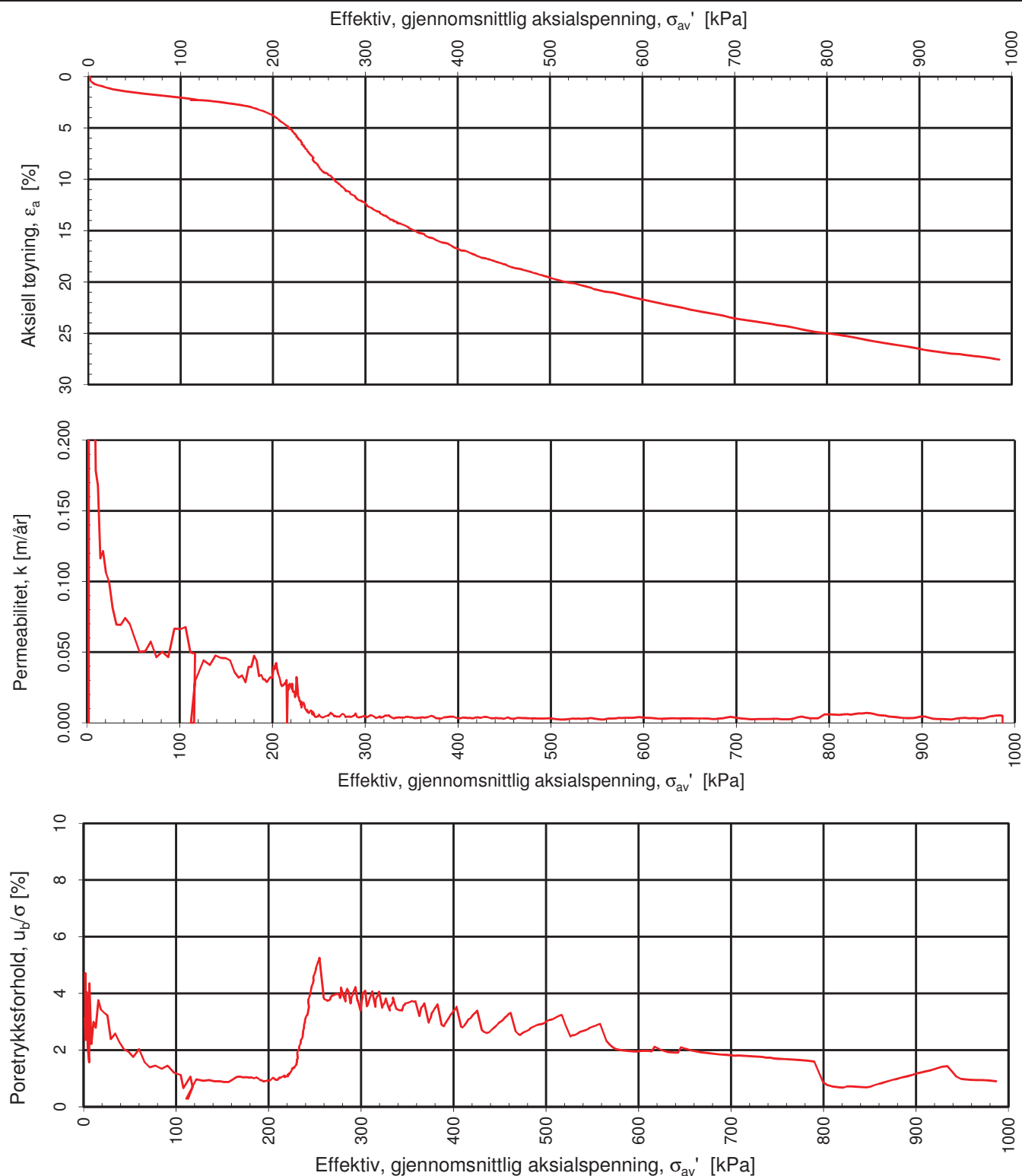
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Densitet ρ (g/cm³):

1.80

Vanninnhold w (%):

51.30

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

63.94

NVE

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysningssområde 1

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, k og u_0/σ .

Tegningens filnavn:

10200523-RIG-TEG-402_h958-22, d8,35m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

01.12.2017

Dybde, z (m):

8.35

Borpunkt nr.:

958-22

Forsøknr.:

3

Tegnet av:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Oppdrag nr.:

10200523

Tegning nr.:

RIG-TEG-958.402.2

Prosedyre:

CRS

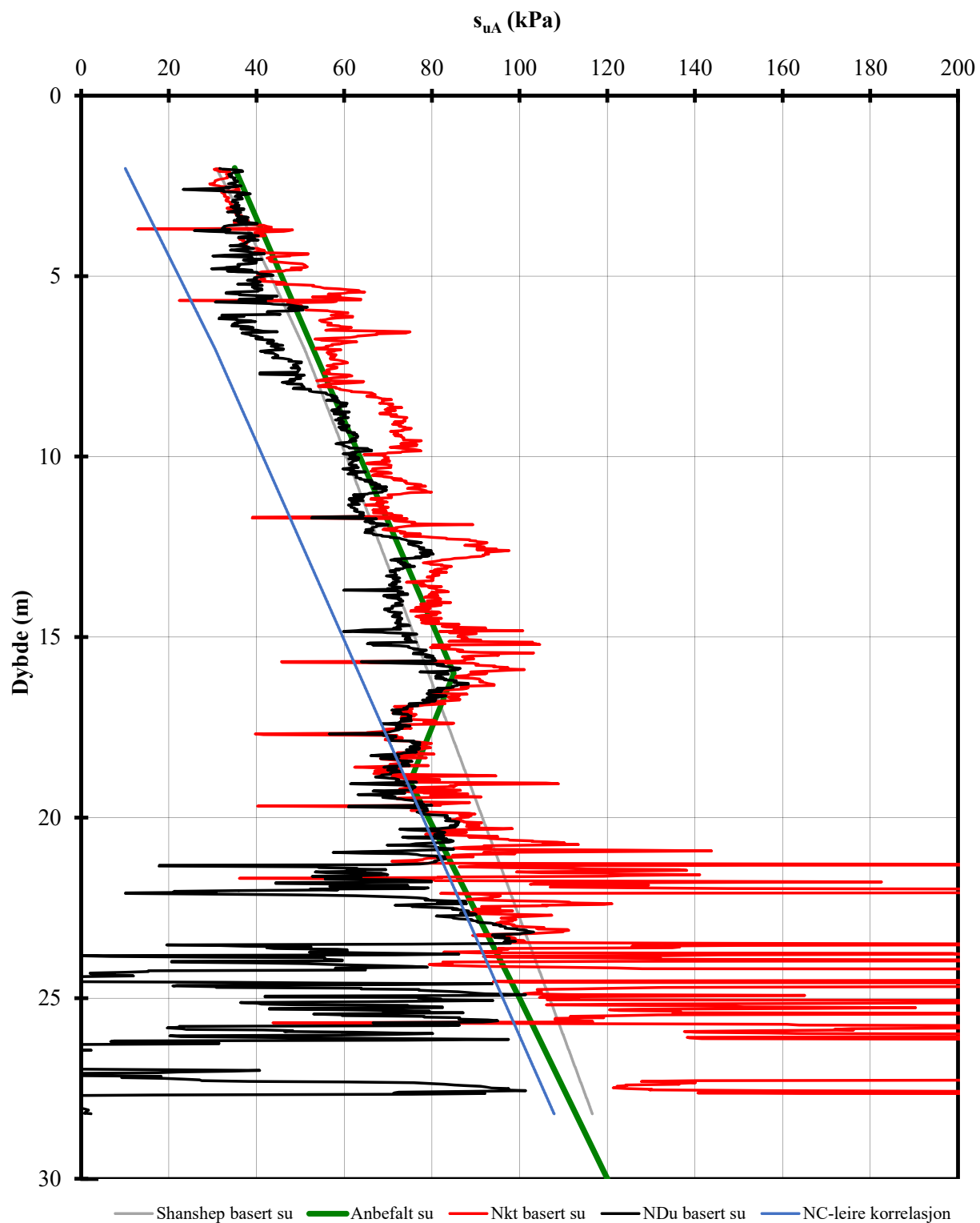
Godkjent:

ANG

Programrevisjon:

24.06.2016

Multi
consult



Terrengkote : 48.1 m

Tidligere kotenivå : 58 m

α - faktor

m - faktor

0.3 Undertrykk (innmålt): 5.8 kPa/m

0.8 Grunnvannndybde : 1 m

Kvikkleire utretning "Light"

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og SHANSEP

Borhull 958-22

Rapport nr.

20170367

Figur nr.

A12

Tegner

TLe

Dato

14/05/2018

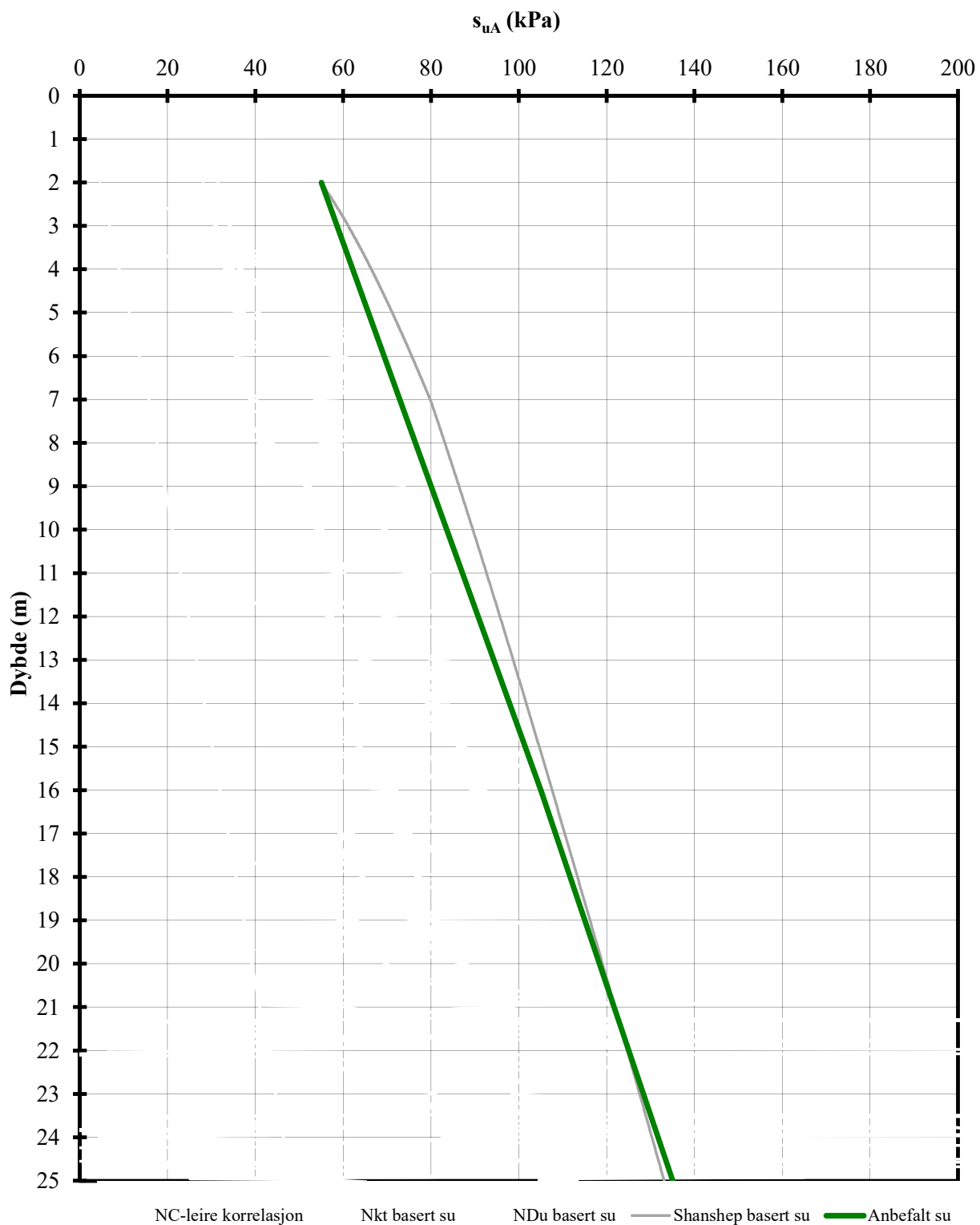
Kontrollert

RMo

Godkjent

RMo





Terrengkote : 30 m
 Tidligere kotenivå : 58 m

α - faktor
 m - faktor

0.3 Overtrykk: 12 kPa/m
 0.8 Grunnvannndybde : 0 m

Kvikkleire utretning "Light"

Aktiv skjærstyrke basert på SHANSEP - for forten av skråningen
 Borhull 958-22

Rapport nr.
 20170367

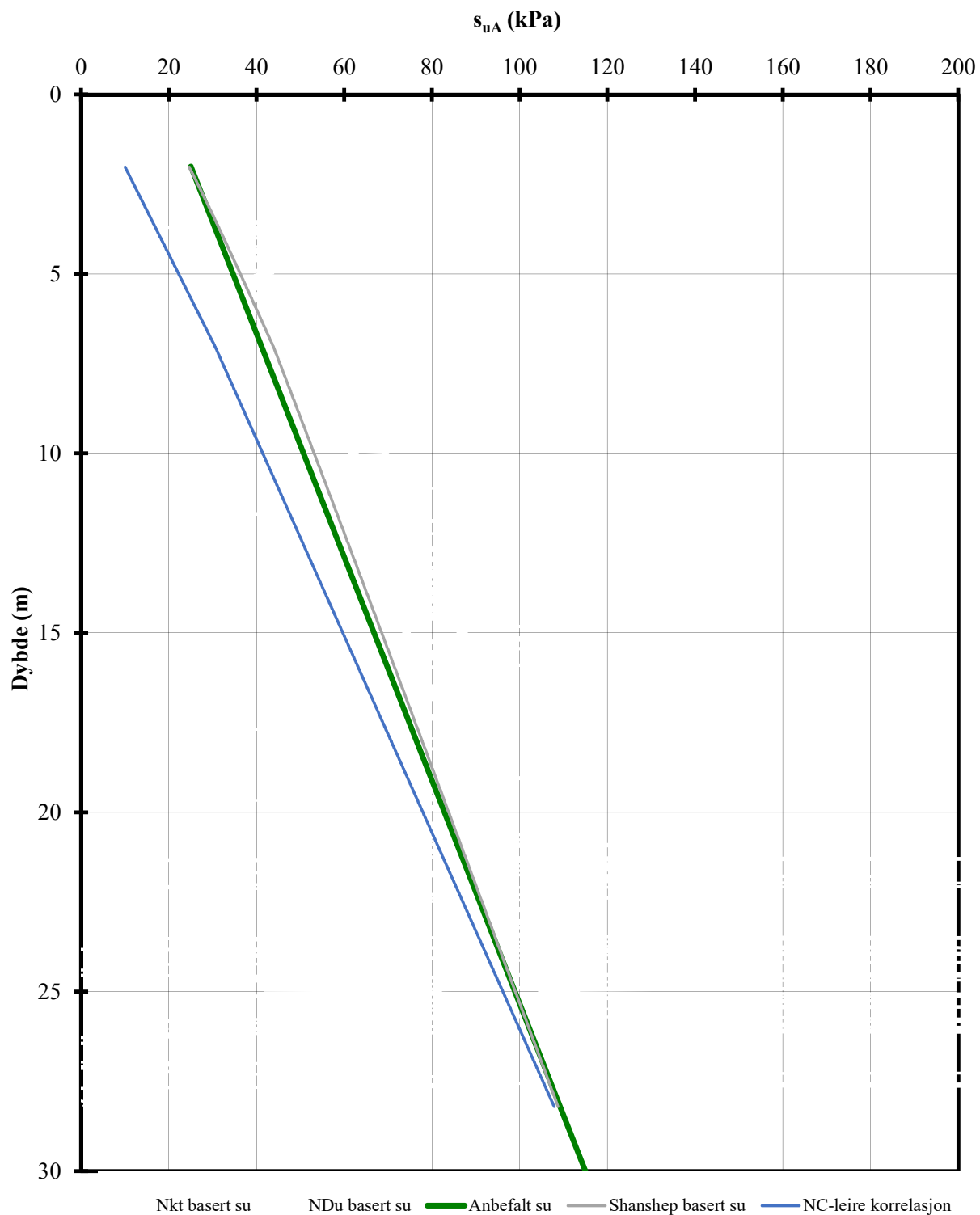
Figur nr.
 A13

Tegner
 TLe

Dato
 14/05/2018

Kontrollert
 RMo
 Godkjent
 RMo





Terrengkote : 51 m
 Tidligere kotenivå : 58 m

α - faktor
 m - faktor

0.3 Undetrykk: 5.8 kPa/m
 0.8 Grunnvannndybde: 1 m

Kvikkleire utretning "Light"

Aktiv skjærstyrke basert på SHANSEP og forhold for NC-leire
 For toppen av skråningen
 Borhull 958-22

Rapport nr.
 20170367

Figur nr.
 A14

Tegner
 TLe

Dato
 14/05/2018

Kontrollert
 RMo

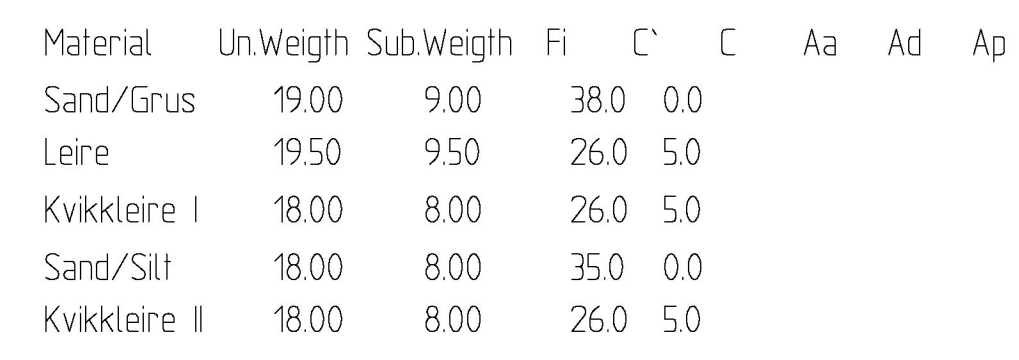
Godkjent
 RMo



● Driesondring ☆ Fjellkontrollboring ⊙ Praveserie ⊕ Poretrykksmåling
 ○ Enkel sondring ○ Dredetrykksondring □ Dreiegrøp ⚡ Fjell i dagen
 ▽ Trykksondring ⊕ Totalsondring + Vingebrøt ⚡ Fjell i dagen

| Boring avsluttet | Antall stein, blokk eller fast grunn
 | Antall fjell, berg | Boret i fjell
 — Antall berg
 — 15-line
 ■ Antall sprøbruddmateriale

[illegible]

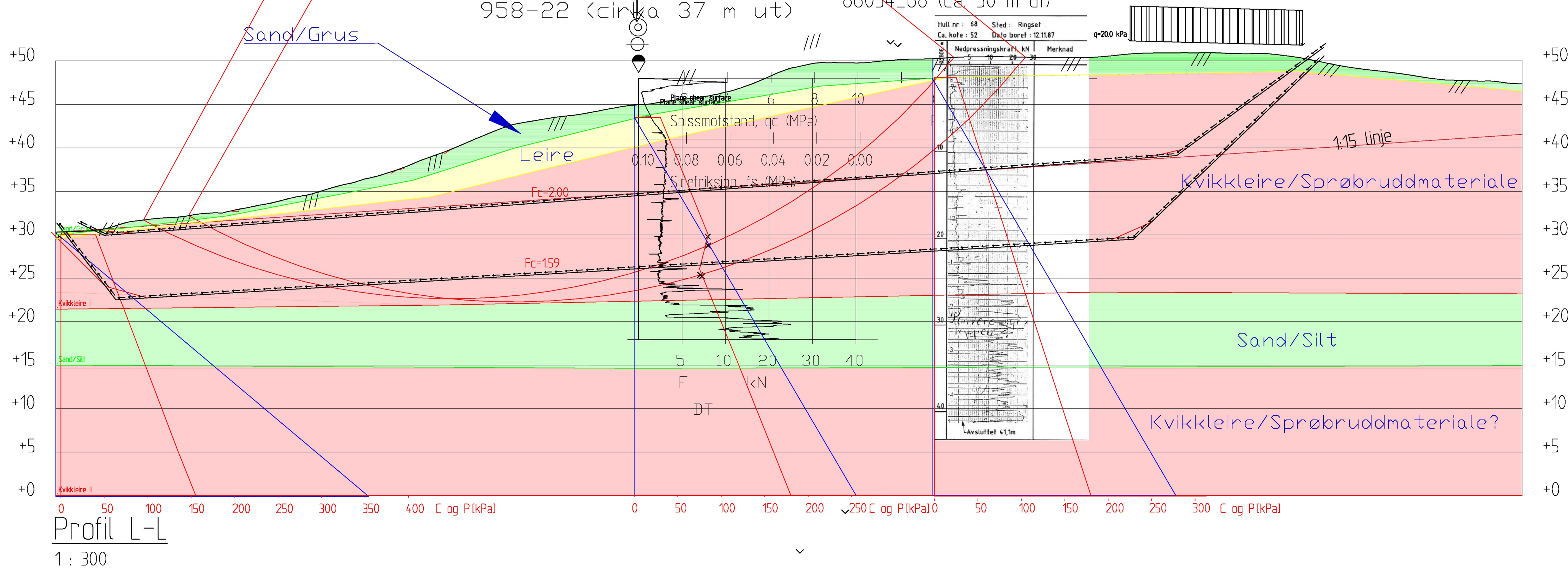
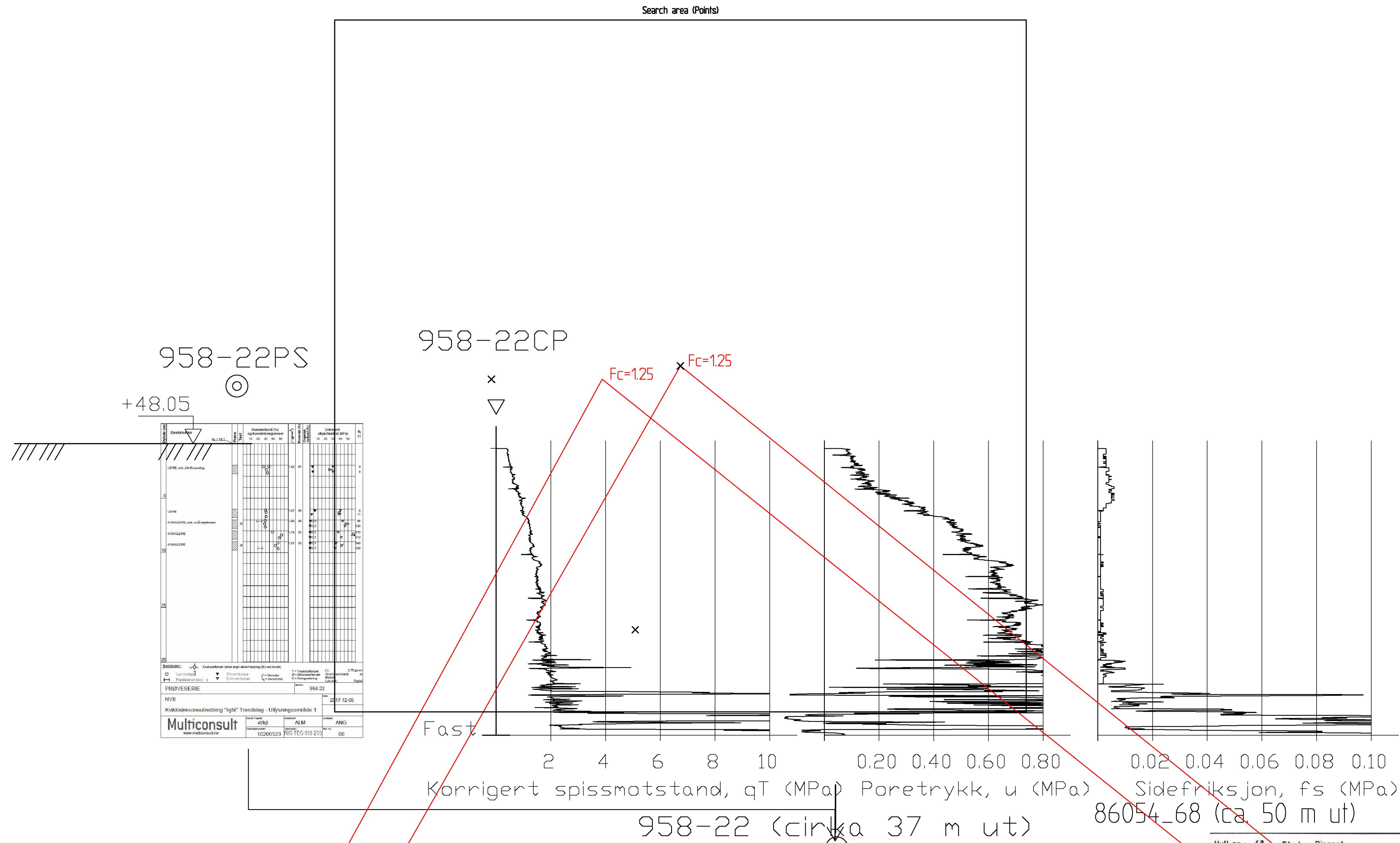


FORKLARINGER:

- Driesondering ☆ Fjellkontrollboring ⊕ Prøveserie ⊖ Poretrykksmåling
 ○ Enkel sondering ⚡ Dreietrykkssondering □ Prøvegrop ⋈ Fjell i dagen
 ▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vinge-boring
- | Boring avsluttet | Antatt stein, blokk eller fast grunn
 | Antatt fjell, berg | Boret i fjell
 xxx
 — Antatt fjellforløp

Tegningsfillet	Tegningsnr.	Rev
----------------	-------------	-----

[illegible]

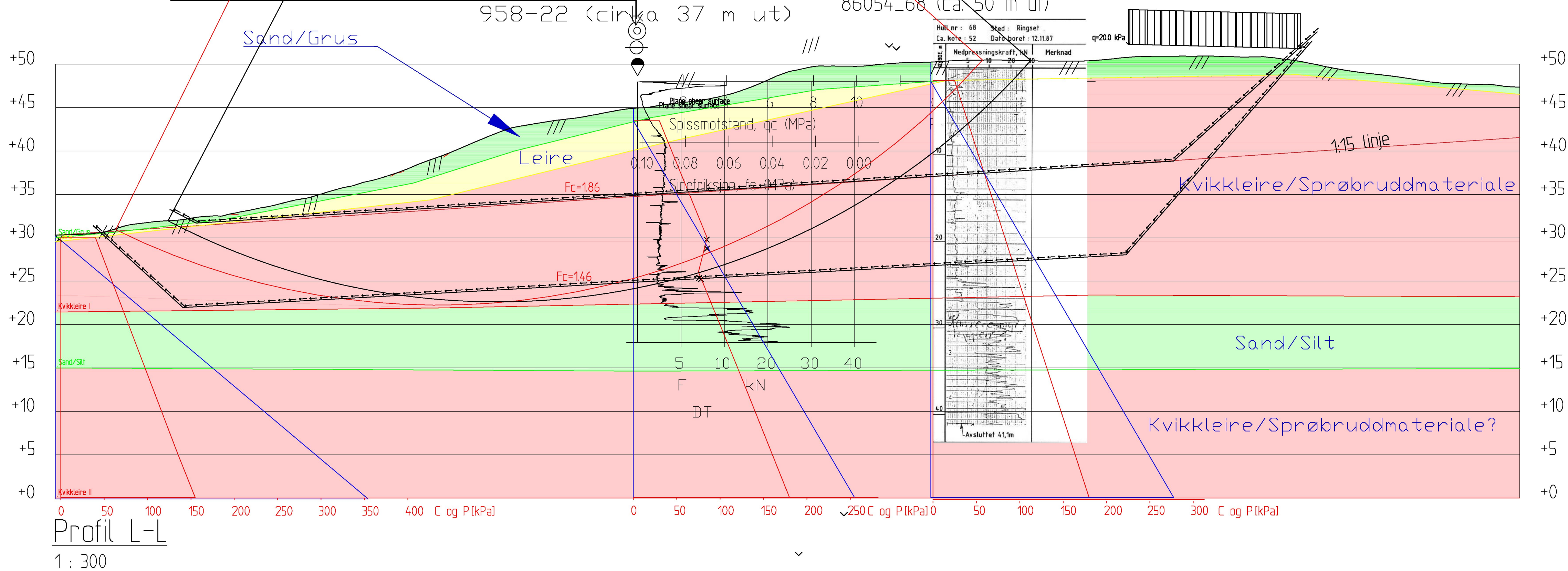
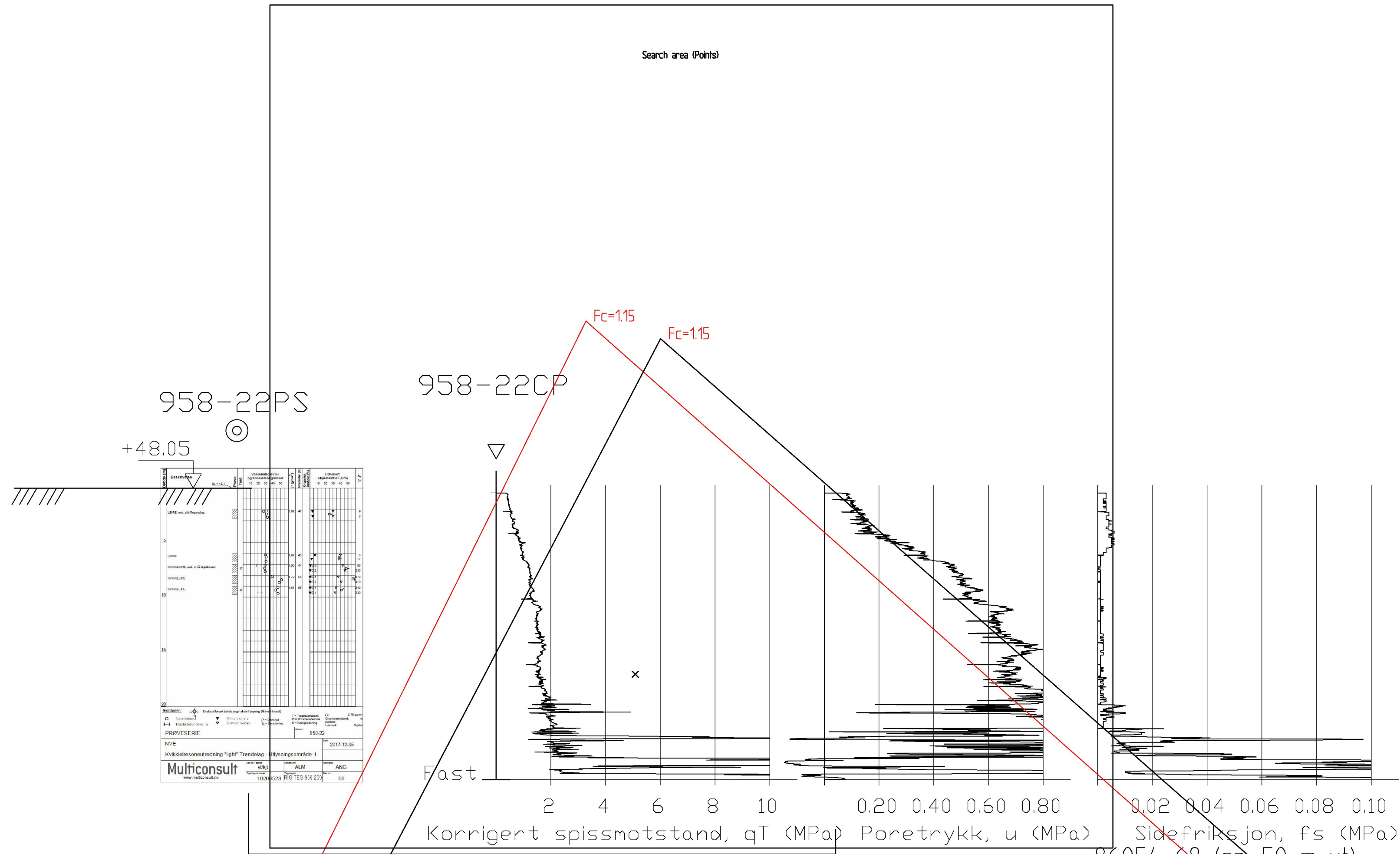


FORKLARINGER:

- Dreiesondering ⚙ Fjellkontrollboring ⊙ Prøveserie ⊕ Poretrykksmåling
- Enkel sondering ⚡ Dreietrykkssondering □ Prøvegrop ⚡ Fjell i dagen
- ▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vingeboring
- └ Boring avsluttet └ Antatt stein, blokk eller fast grunn
- └ Antatt fjell, berg └ Boret i fjell
- Antatt fjellforløp

Tegningstittel	Tegningsskr	Rev
----------------	-------------	-----



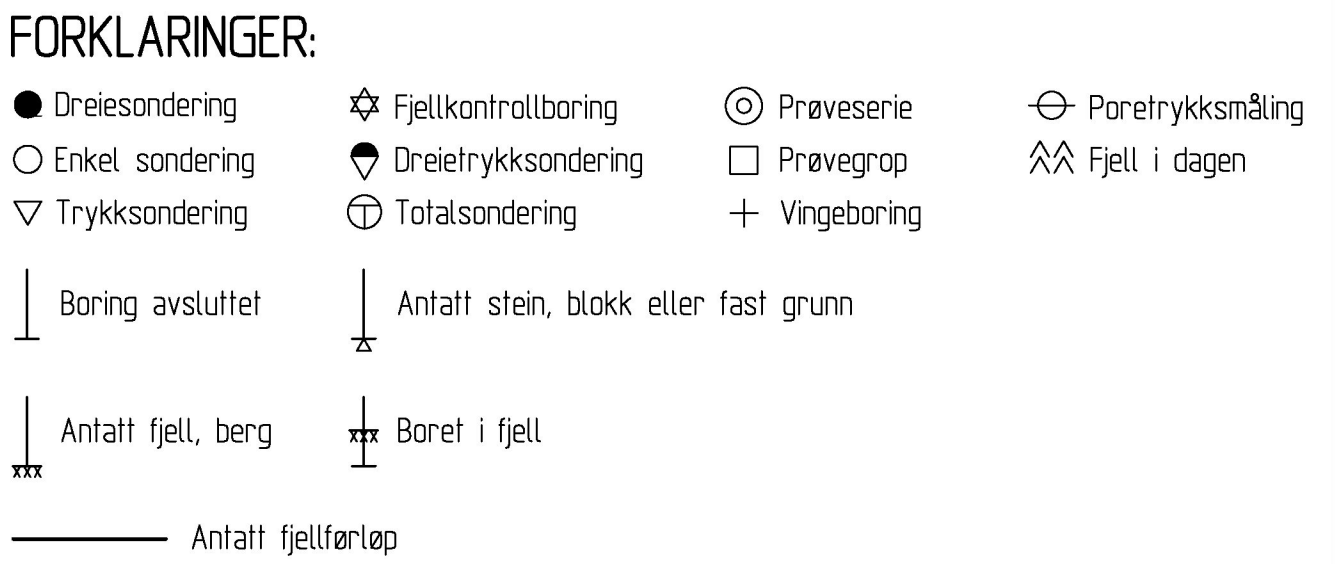


FORKLARINGER:

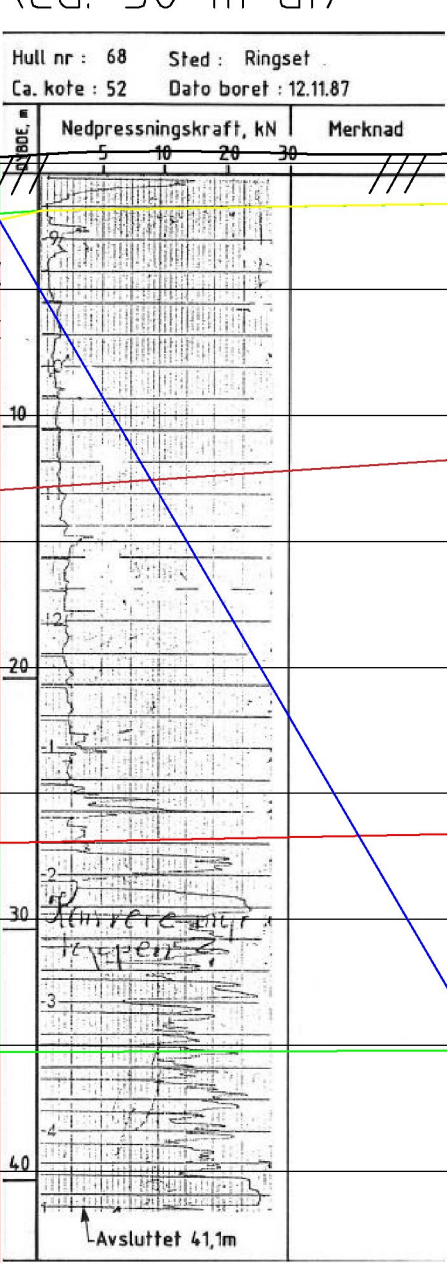
- Dreiesondering ⚙ Fjellkontrollboring ⊙ Prøveserie ⊕ Poretrykksmåling
- Enkel sondering ⚡ Dreietrykkssondering □ Prøvegrop ⚡ Fjell i dagen
- ▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vingeboring
- └ Boring avsluttet └ Antatt stein, blokk eller fast grunn
- └ Antatt fjell, berg └ Boret i fjell
- Antatt fjellførsløp

Tegningstittel	Tegningsnr.	Rev.
----------------	-------------	------





Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Moffylling	19.00	9.00	42.0	0.0				
Sand/Grus	19.00	9.00	38.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	26.0	5.0				
Kvikkleire I	18.00	8.00	26.0	5.0				
Sand/Silt	18.00	8.00	35.0	0.0				
Kvikkleire II	18.00	8.00	26.0	5.0				



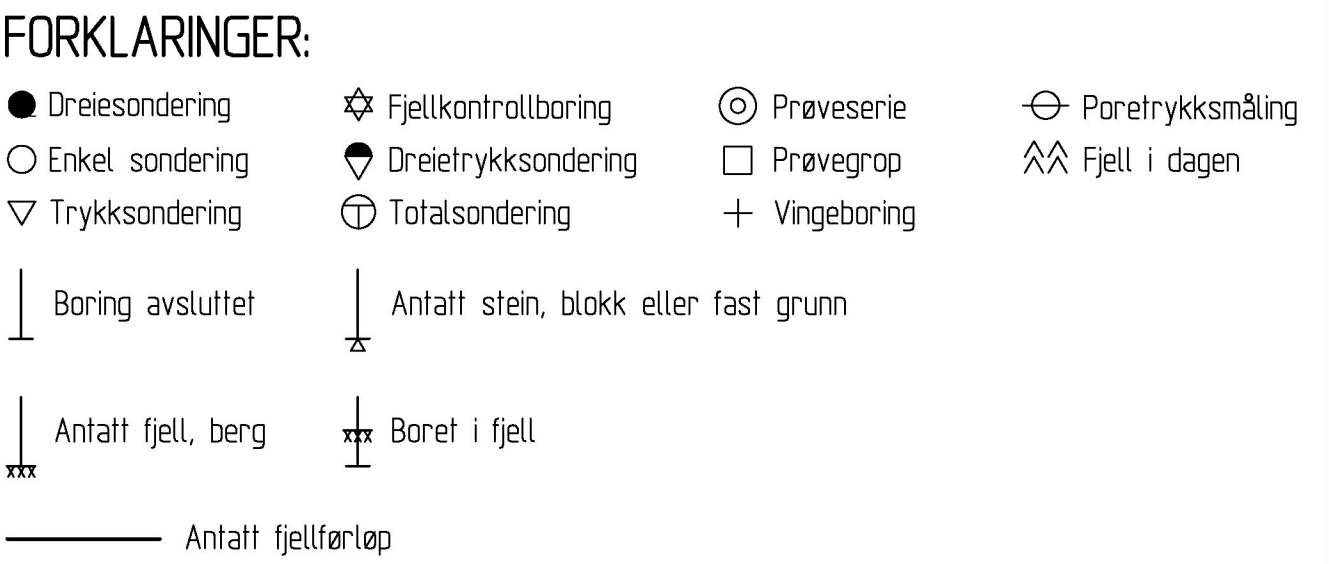
Profil L-L

1 : 300

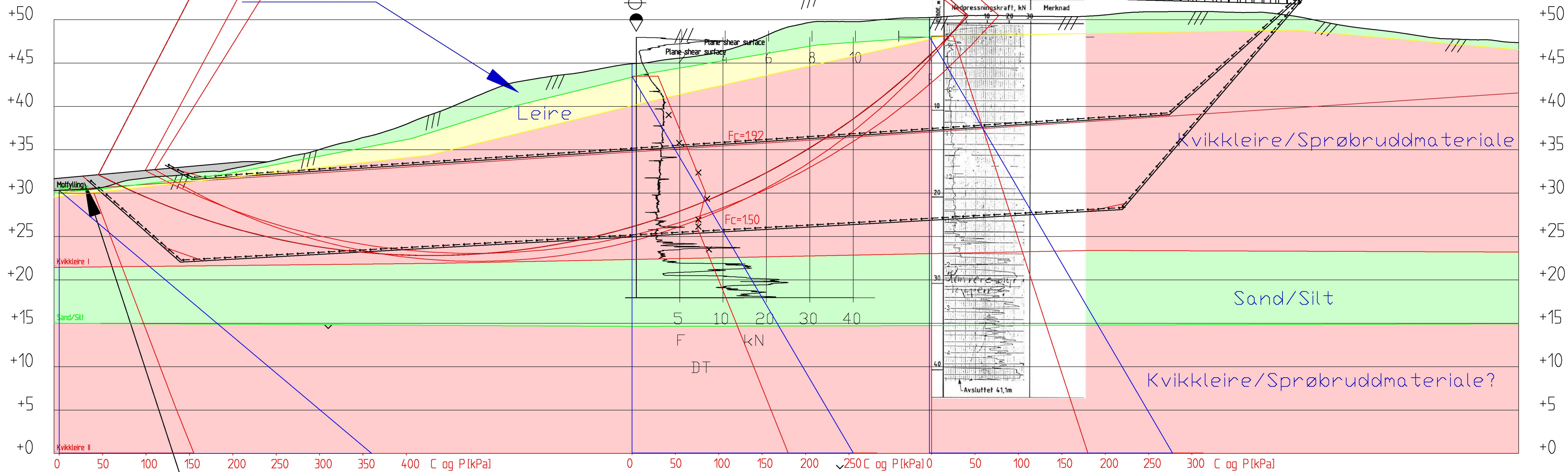
Heve bekkbunn 1.5m
Motfylling av sprengstein ($\phi=42^\circ$)
Utstrekning 20 m fra tåa oppover bakken

Result file : g:\geoarkiv\20170367 \nstabgraf.rtf\958 ringset profil LR1

[illegible]



Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Moffylling	19.00	9.00	42.0	0.0				
Sand/Grus	19.00	9.00	38.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire I	18.00	8.00			C-prof	0.85	0.63	0.35
Sand/Silt	18.00	8.00						
Kvikkleire II	18.00	8.00			C-prof	0.85	0.63	0.35



1 : 300

Heve bekkbunn 1.5m
Motfylling av sprengstein ($\phi=42^\circ$)
Utstrekning 20 m fra tåa oppover bakken

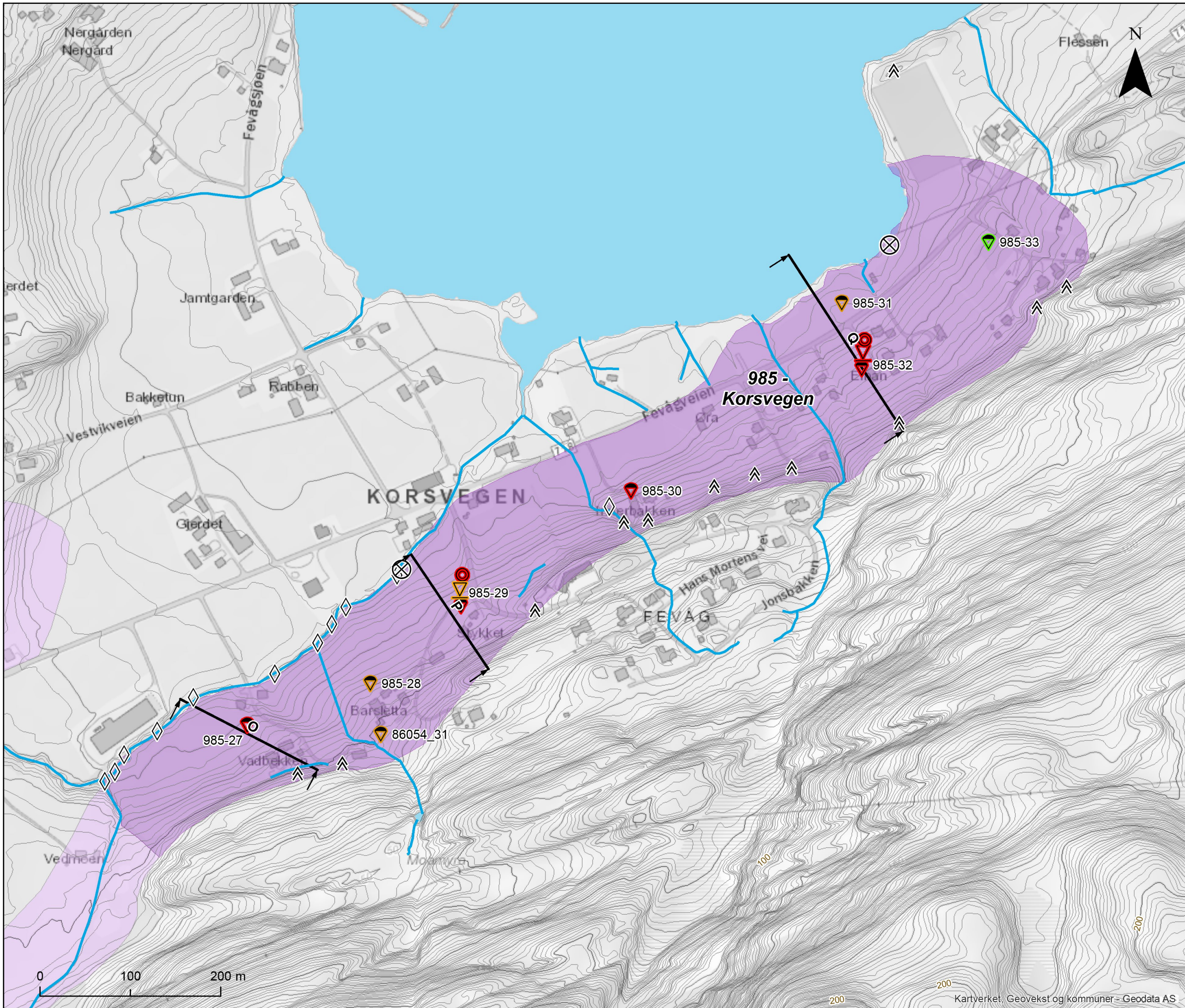
Resultat file : g:\geocarkiv\20170367 \stabgraf.nit\958 ringset profil i -reduceret 15procent - tiltak.R11

[illegible]

Vedlegg E

KVIKKLEIRESONE 985 - KORSVEGEN

Boreplan	Kart no. 016-rev 03
Prøveserie	RIG-TEG-985-200 til -201
CPTU tolkning	Figur nr. A15 til A18
Profil med lagdeling	Tegn. nr. 703
Stabilitetsberegning- Effektivspenning	Tegn. nr. 716
Stabilitetsberegning-Totalspenning	Tegn. nr. 717
Stabilitetsberegning-15% reduksjon av udrenert fasthet	Tegn. nr. 717-R



Tegnforklaring

Kvikkleirefarezone

- Aktuell
- Øvrige
- Tidligere faresone
- Anbefalt avlastning
- Anbefalt motfylling

Eksisterende og supplerende grunnundersøkelser

- CPTU
- Dreietrykkssondering
- Dreiesondering
- Poretrykksmåling
- Prøveserie
- Totalsondering

Klassifisering

- Sannsynlig kvikkleire/sprøbruddmatr.
- Mulig kvikkleire/sprøbruddmatr.
- Antatt ingen kvikkleire/sprøbruddmatr.

Observasjoner

- Berg i dagen
- Erosjon i bekk/elv
- Fylling
- Gammel skredgrop
- Leire
- Skredkant (NGU)
- Sikringstilak (NVE)

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag		
Rissa kommune	Prosjektnr. 20170367	Kart nr. 016-rev04
-Klassifiserte grunnundersøkelser -Kritiske snitt -Befaringsobservasjoner -Anbefalte tiltak Faresone 985 Korsvegen	Utført KST	Dato 2018-08-21
	Kontrollert TLe	Godkjent RMo

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm ³)	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
5																	
	KVIKKLEIRE, noe sandig								1,95	48		▼0,1					210
	KVIKKLEIRE, enk. sand-/og gruskorn								1,93	48		▼0,1					270
10																	
15																	
20																	

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

○ Vanninnhold ∇ Omrørt konus ρ = Densitet T = Treaksialforsøk ρ_s : 2,75 g/cm³

┌ Plastisitetsindeks, Ip ∇ Uomrørt konus S_t = Sensitivitet Ø = Ødometerforsøk Grunnvannstand: m

K = Korngradering Lab-bok: Digital

PRØVESERIE		Borhull: 985-29	
NVE			Dato: 2017-12-04
Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysingsområde 1			
 www.multiconsult.no	Konstr./Tegnet: vt/kjt	Kontrollert: ALM	Godkjent: ANG
	Oppdragsnummer: 10200523	Tegningsnr.: RIG-TEG-985-200	Rev. nr.: 00

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm ³)	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
5	LEIRE, enk. meget tynne siltlag								2,08	39							15
10	LEIRE Overgang til KVIKKLEIRE v/5,65m								2,05	41							24 30
15	LEIRE								2,09	39							23 21
20																	

Symboler:

Enaksialforsøk (strek angir aksial tøying (%) ved brudd)
 Vanninnhold
 Plastisitetsindeks, Ip
 Omrørt konus
 Uomrørt konus

ρ = Densitet
 S_t = Sensitivitet
T = Treaksialforsøk
 $\emptyset$ = Ødometerforsøk
K = Korngradering

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

PRØVESERIE

Borhull:

985-32

NVE

Dato:

2017-12-04

Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Utlysningssområde 1

Multiconsult
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

vt/kjt

Kontrollert:

ALM

Godkjent:

ANG

Oppdragsnummer:

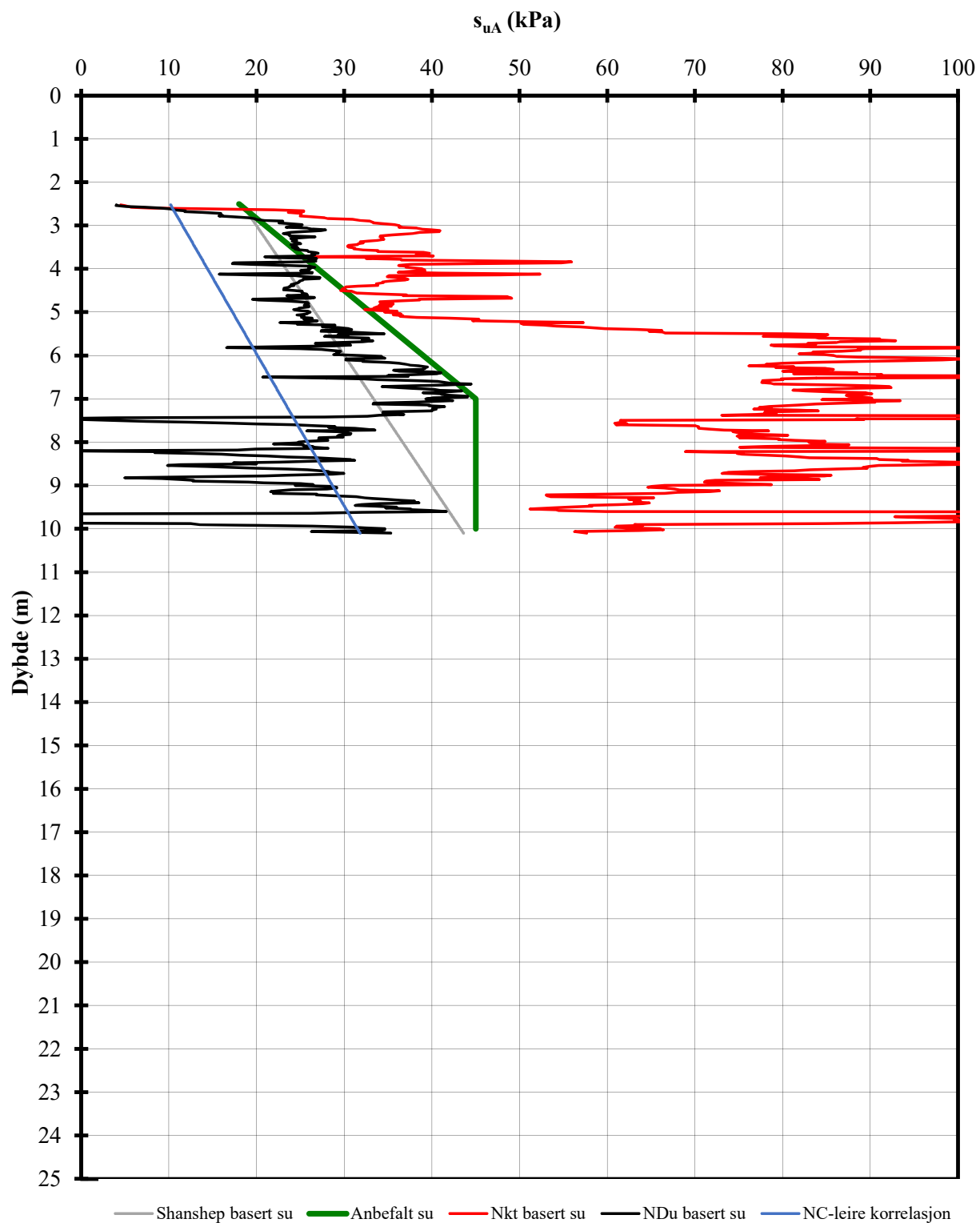
10200523

Tegningsnr.:

RIG-TEG-985-201

Rev. nr.:

00



Terrengkote : 12.3 m
Tidligere kotenivå : 16 m

α - faktor
m - faktor

0.3 Hydrostatisk
0.8 Grunnvannndybde : 1 m

Kvikkleire utretning "light"

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og SHANSEP
Borhull 985-29

Rapport nr.
20170367

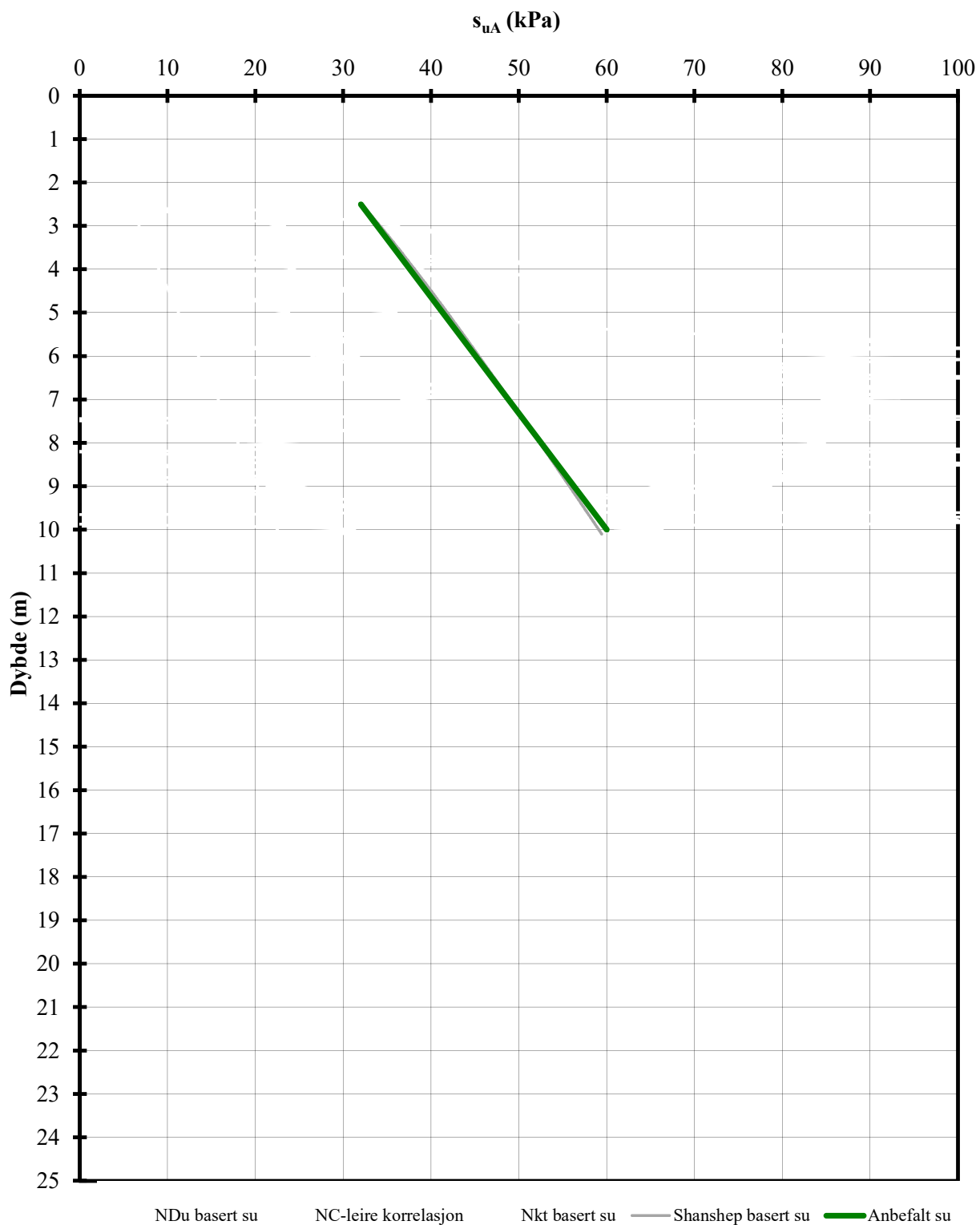
Figur nr.
A15

Tegner
TLe

Dato
14/05/2018

Kontrollert
RMo
Godkjent
RMo





Terrengkote : 4 m

Tidligere kotenivå : 16 m

α - faktor

m - faktor

0.3 Overtrykk: 12kPa/m

0.8 Grunnvanndybde : 0 m

Kvikkleire utretning "light"

Aktiv skjærstyrke basert på SHANSEP - for foten av skråningen

Borhull 985-29

Rapport nr.

20170367

Figur nr.

A16

Tegner

TLe

Dato

14/05/2018

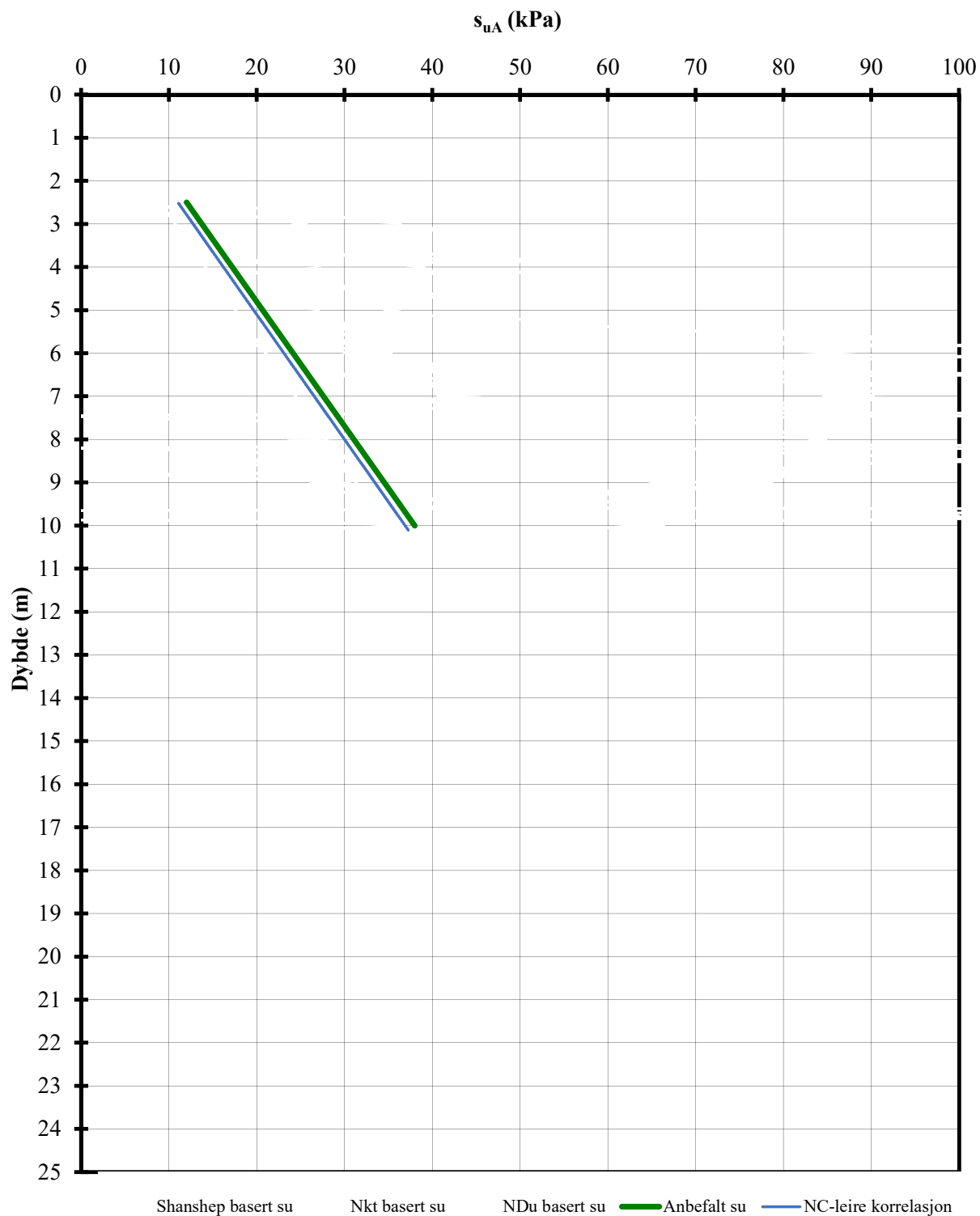
Kontrollert

RMo

Godkjent

RMo





Terrengkote : 16 m

Tidligere kotenivå : 16 m

α - faktor

m - faktor

0.3 Undertrykk: 8 kPa/m

0.8 Grunnvannndybde :1 m

Kvikkleire utretning "light"

Aktiv skjærstyrke basert på forhold for normalkosolidert leire
For toppen av skråningen

Borhull 985-29

Rapport nr.

20170367

Figur nr.

A17

Tegner

TLe

Dato

14/05/2018

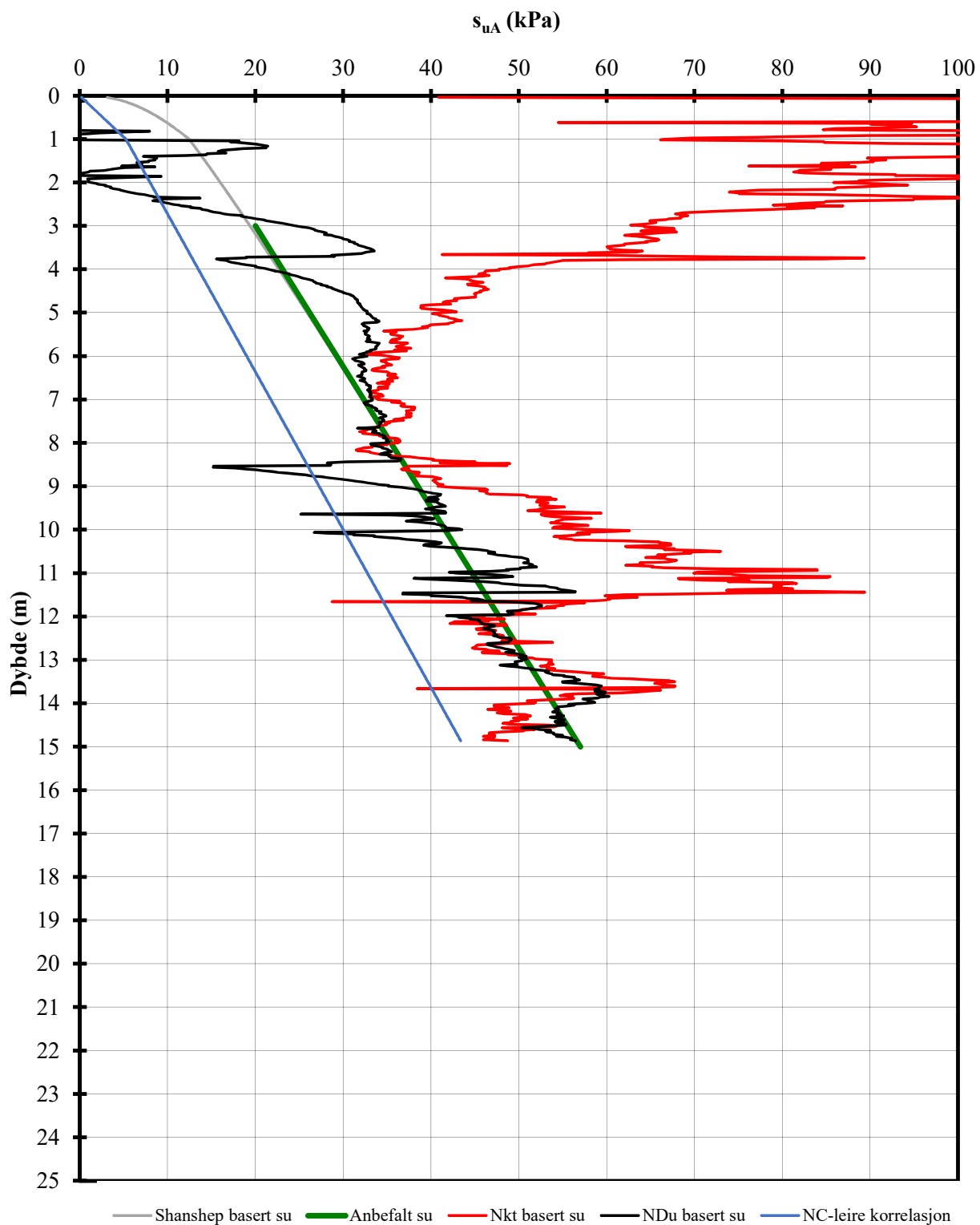
Kontrollert

RMo

Godkjent

RMo





Terrengekote : 9.4 m

Tidligere kotenivå : 16 m

α - faktor

m - faktor

0.25 Hydrostatisk

0.6 Grunnvannndybde :1 m

Kvikkleire utretning "light"

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og SHANSEP

Borhull 985-32

Rapport nr.

20170367

Figur nr.

A18

Tegner

TLe

Dato

14/05/2018

Kontrollert

RMo

Godkjent

RMo



FORKLARINGER:

- Dreiesondering

○ Enkel sondering

▽ Trykksondering

┃ Boring avsluttet

┃ Antatt fjell, berg

----- Antatt berg

— 1:15-linje

■ Antatt sprøbruddmateriale
- ☆ Fjellkontrollboring

● Dreietrykksondering

⊕ Totalsondering

⊕ Dreietrykksmåling

□ Prøvegrop

⊕ Vinge-boring

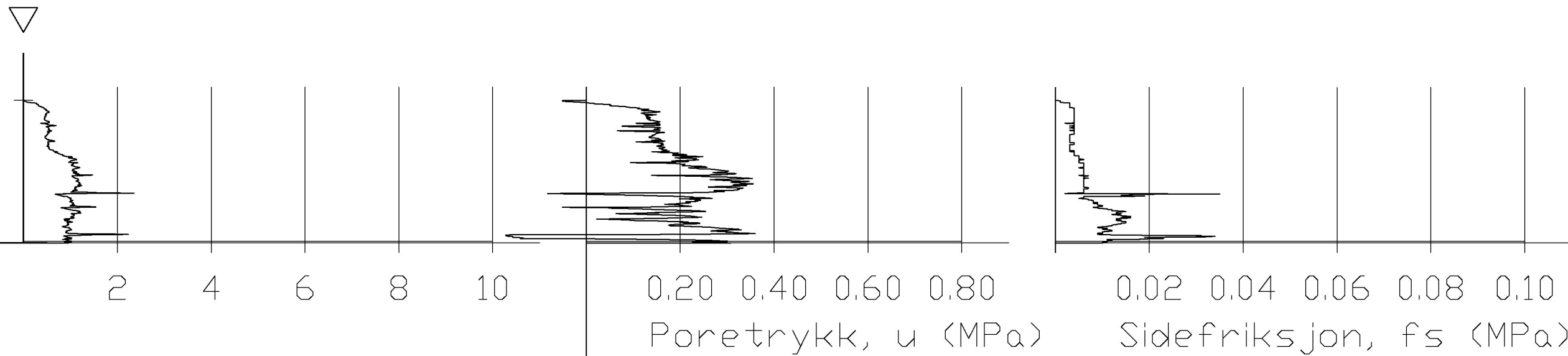
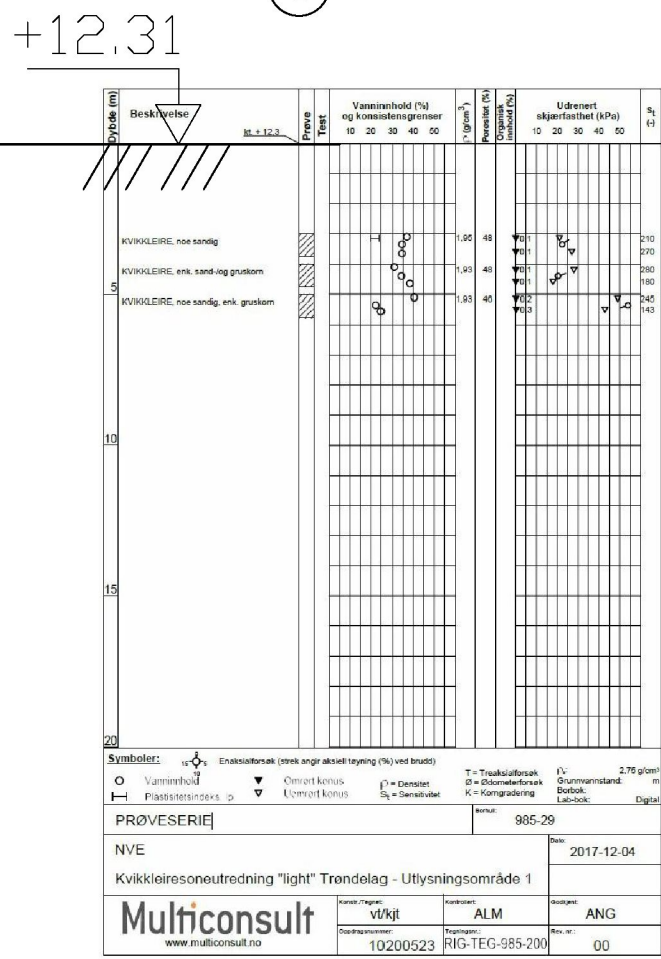
┃ Antatt stein, blokk eller fast grunn

┃ Boret i fjell
- ⊙ Prøveserie

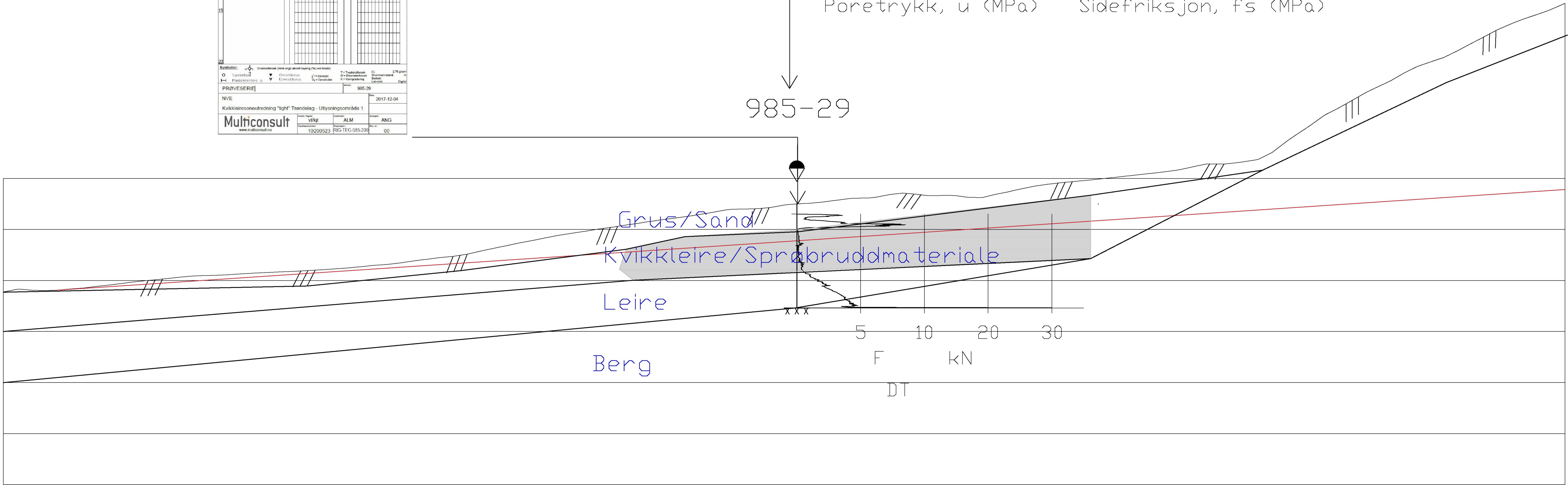
⊕ Vinge-boring
- ⊕ Poretrykksmåling

⌘ Fjell i dagen

985-29PS 985-29CP



985-29



Profil P-P
1 : 250

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kont	Godk
Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag		Status			
Norges vassdrags- og energidirektorat		Original format			
Sone 985 Korsvegen		Tegningens filnavn			
Profil P		Profil P-beregnet.dwg			
For stabilitetsberegning		1250	NGI		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2018-05-14 Dokument 20170367	Konstr./Tegnet TLe 703	Kontrollert RMo	Godkjent RMo 0

FORKLARINGER:

- Dreiesonering

○ Enkel sondering

▽ Trykksondering

⊙ Prøveserie

□ Prøvegrop

⊕ Vingeboring

⊖ Boring avsluttet

⊖ Antatt fjell, berg

⊖ Antatt fjell, berg
- ☆ Fjellkontrollboring

⬇ Dreietrykksondering

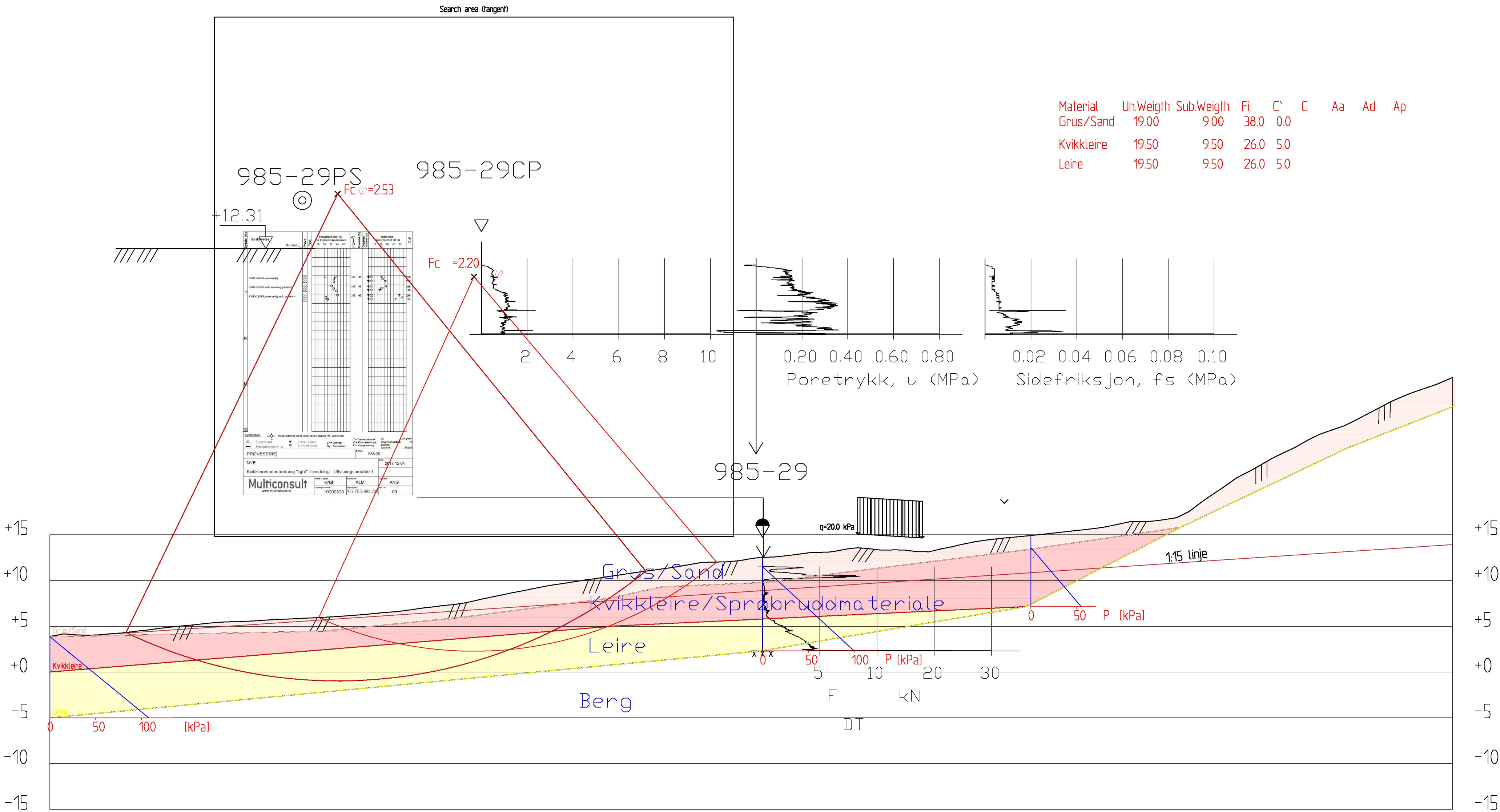
⊕ Totalsondering

⊖ Antatt stein, blokk eller fast grunn

⊖ Boret i fjell

⊖ Antatt fjellforløp
- ⊖ Poretrykksmåling

⊖ Fjell i dagen



Profil P-P

1 : 300

g:\geotekn\20170367\stab\graf\985 korsvegen profil.pdwg

g:\geotekn\20170367\stab\graf\985 korsvegen profil.pdwg

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godkj.
Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag		Status			
Norges vassdrags- og energidirektorat		Original format			
		A-1			
		Tegningsnavn: 985 Korsvegen-Profil P.dwg			
985 Korsvegen		1300		NGI	
Profil P					
Stabilitetsberegning					
Effektivspenning (dreneret)					
NGI		Dato	Kontroll./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lilleveit Stadion		2018-06-15	T.L.	R.M.	R.M.
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20170367	716		0
www.ngi.no					

● Dreiesondering ⚙ Fjellkontrollboring ⊕ Prøveserie ⊕ Poretrykksmåling
 ○ Enkel sondering ⚡ Dreietrykksondering □ Prøvegrop ⚡ Fjell i dagen
 ▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vingeboring

 | Boring avsluttet | Antatt stein, blokk eller fast grunn

 | Antatt fjell, berg | Boret i fjell
 xxx

 — Antatt fjellforløp



g:\geoarkiv\20170367 \stabgraf.rtf\985 korsvegen profil.p.dwg

[illegible]

Vedlegg F

KONSEKVENSAKTORER

Innhold

F1	Konsekvensfaktorer
----	--------------------

2

Tabell F 1 Konsekvensfaktorer i snittene i alle sonene i Rissa kommune

Sone	Løsne- område	Erosjon (etter befaring juli 2017)	Løsneområde skadekonsekvenser				Utløpsområde skadekonsekvenser				Kommentarer
			Boligheter	Næringsbygg	Annen bebyggelse	Veg/Toglinje/ Kraftnett	Boligheter	Næringsbygg	Annen bebyggelse	Veg/Toglinje/ Kraftnett	
939 Sør lia	A	Noe	0	0	-	Ingen	-	-	-	-	Sonen fjernes som kvikkleirefaresone.
	B	Ingen	2	2	-	Fylkesveg + privat veg + distribusjons nett	-	-	-	-	
943 Naust	C	Ingen	4	2	-	Kommunal / privat veg+ lokalt nett	-	-	-	-	Sonen skal ikke videre utredes med stabilitetsberegning. Beholde eksisterende avgrensing, faregrad, konsekvensklasse og risikoklasse.
	D	Ingen	2	2	-	Kommunal / privat veg + lokalt nett	-	-	-	-	
	E	Litt	5	0	-	Kommunal / privat veg	-	-	-	-	
944 Sandmo	F	Noe	2	-	-	Kommunal / privat veg + lokalt nett	-	-	-	-	Mektighet av kvikkleire / sprøbr.mat. mindre enn 40 % over 1:15-linja tilsier at rotasjonsskred eller flakskred er mest sannsynlig. Anbefalt for stabilitetsberegning. Mektighet av kvikkleire / sprøbr.mat. mindre enn 40 % over 1:15-linja tilsier at rotasjonsskred eller flakskred er mest sannsynlig. Mektighet av kvikkleire / sprøbr.mat. mindre enn 40 % over 1:15-linja tilsier at rotasjonsskred eller flakskred er mest sannsynlig.
	G	Noe	-	-	-	Kommunal / privat veg + lokalt nett	-	-	-	-	
	H	Ingen	4	-	-	Kommunal / privat veg + lokalt nett	-	-	-	-	
955 Solem Foss	I	Litt	1	-	-	Fylkesveg / privat veg + distribusjonsnett	-	-	-	-	Både retrogressivt skred og rotasjonsskred anses som sannsynlige mekanismer her pga. topografi og mektighet av kvikkleire / sprøbr.mat. (>40 %). Innledende stabilitetsberegning. Beregne videre om det er mest kristisk. Både retrogressivt og rotasjonsskred anses som
	J	Litt	2	-	-	Fylkesveg / privat veg	-	-	-	-	

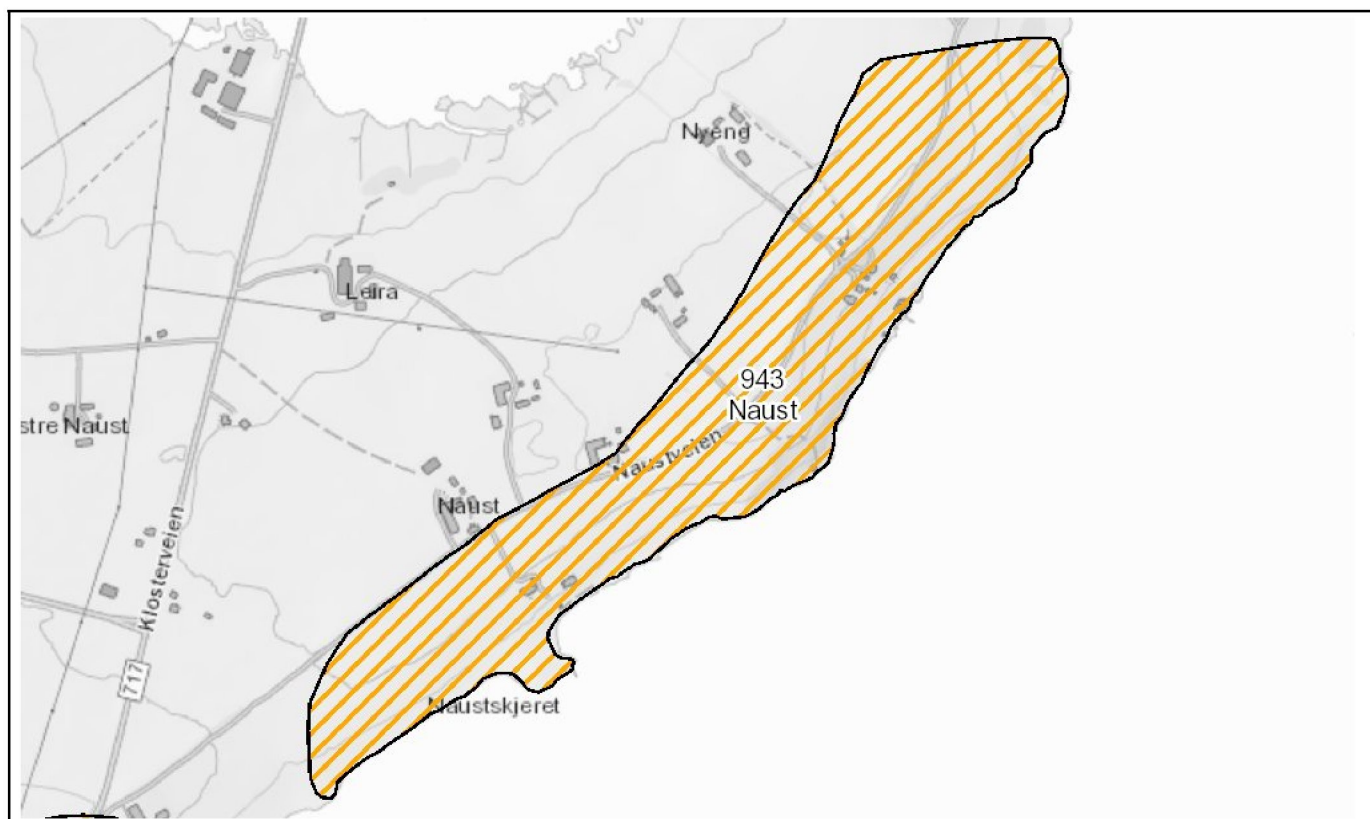
Sone	Løsne- område	Erosjon (etter befaring juli 2017)	Løsneområde skadekonsekvenser				Utløpsområde skadekonsekvenser				Kommentarer
			Boligenheter	Næringsbygg	Annen bebyggelse	Veg/Toglinje/ Kraftnett	Boligenheter	Næringsbygg	Annen bebyggelse	Veg/Toglinje/ Kraftnett	
						+ distribusjonsnett					sannsynlige mekanismer her pga. topografi og mektighet av kvikkleire / sprøbr.mat. (>40 %). Innledende stabilitetsberegning. Beregne videre om det er mest kristisk.
	K	Litt	2	-	-	Fylkesveg / privat veg + regionalt nett	-	-	-	-	Ingen fare for kvikkleireskred
958 Ringset	L	Noe	1	1	-	Kommunale veger + lokalt nett	1	-	-	Kommunale veier	Rotasjonsskred / flaskskred anses mest sannsynlig basert på mektighet av kvikkleire / sprøbr.mat., men retrogressivt skred kan heller ikke utelukkes (lite grunnlag). Anbefalt for stabilitetsberegning.
	M	Litt	2	-	-	Kommunale veger + lokalt nett	3	2	-	Kommunale veier	Ingen fare for kvikkleireskred.
972 Strandstad	N1	Noe	1	3	-	Fylkesveg + kommunal / privat veg lokalt nett	-	-	-	Kommunale veier	Lite fare for kvikkleireskred Soneavgrensing er revidert. Tatt bort delene på nordvest og sørøst side.
	N2	Noe	1	-	-	Fylkesveg + kommunal / privat veg lokalt nett	-	-	-	Kommunale veier	
985 Korsvegen	O	Litt	3	1	-	Fylkesveg + kommunal / privat veg lokalt nett	2	1	-	Fylkesvei	Flaskskred anses mest sannsynlig ut fra at terrenget er slakt og at mektigheten av sprøbruddmateriale over 1:15 – linja er mindre enn 40%.
	P	Litt	2	-	-	Fylkesveg + kommunal / privat veg lokalt nett	6	2	-	Fylkesvei	Flaskskred anses som mest sannsynlig ut fra at terrenget er slakt og at mektigheten av sprøbruddmateriale over 1:15 – linja er mindre enn 40%. Anbefalt for stabilitetsberegning.
	Q	Ingen	3-7	1	-	Fylkesveg + kommunal / privat veg lokalt nett	-	-	-	-	Flaskskred anses som mest sannsynlig ut fra at terrenget er slakt og at mektigheten av sprøbruddmateriale over 1:15 – linja er mindre enn 40%.

Vedlegg G

NY RISIKOEVALUERING OG
UTLØPSOMRÅDER FOR SONER SOM
UTREDES VIDERE MED BEREGNING

Kvikkleiresone 943: Naust - Kommune: Indre Fosen

Faregradklasse	Middels
Konsekvensklasse	Alvorlig
Risikoklasse	3
Grunnforhold	Mulig kvikkleire
Sonestatus	Supplerende undersøkelser/stabilitetsberegning
Opprettet	29.11.2004
Sist oppdatert	13.8.2018
Sist oppdatert av	STIFTELSEN NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT



Bemerkninger

Sonen er kartlagt på grunnlag av én dreietrykksondering utført av NGI ifm. den nasjonale kartleggingen av potensielt kvikkleireområder (86954-6). Senere har Multiconsult utført grunnboringer i sonen som viser mulig kvikkleire (410929). Prøveserien mellom 5 og 7 m i den sentrale delen av sonen viser omrørt udrenert skjær-styrke større enn 2 kPa (10200523-RIG-RAP), men vurderingen av CPTU basert på kriterier forslått i NIFS-126 rapport om detektering av kvikkleire indikerer sterkt mulig sprøbruddmateriale mellom 6 og 8 m og under 13 m i søndre del og sentralt i sonen (20170367-04-R).

Referanser

1.NGI- rapport 860054-1, datert mai 1989. 2.NGI- rapport 860054-2, datert september 1989.
3.NVE- rapport, Klassifisering av kvikkleiresoner, Rissa rapport 2, datert 09.02.2005.

Multiconsult 10200523-RIG-RAP-001 rev00 Datarapport geotekniske grunnundersøkelser - Rissa.pdf datert 2.2.2018

Norges Geotekniske Institutt 20170367-04-R_Rev01_side1-4 Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag Faresoner i Rissa datert 27.4.2018

Fareberegning

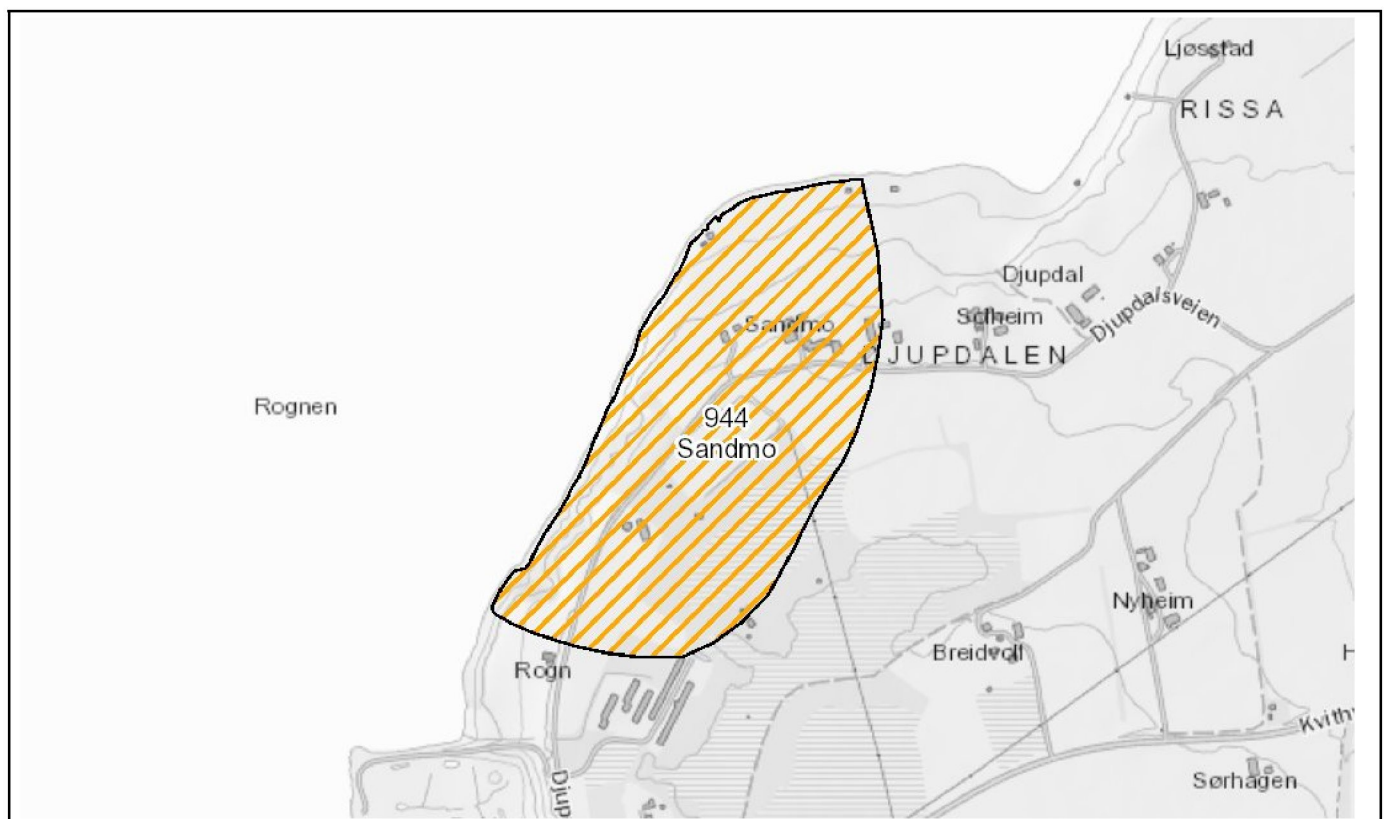
Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekt	Poeng
Skredaktivitet	Det fremgår en god del skredaktivitet med kvikkleire i Rissa kommune i dette området, sett ut fra kvartærgeologisk kart. Det kjente Rissa-skredet ligger i samme dalstrøk og tvers over innsjøen Botnen.	Høy	3	1	3
Skråningshøyde i meter	Området er i hovedsak flatt med en slak skråning ned mot Botnen.	<15	0	2	0
Forkonsolidering pga terrengsenkning	Opprinnelig terreng har trolig ikke ligget vesentlig høyere enn dagens terreng, men erosjon har medført at terrengnivået lokalt er noe senket. Antar normalkonsolidert. Ødometerforsøk viser OCR på ca. 1.0 - 1.3.	1,0-1,2	3	2	6
Poretrykk	Området er i hovedsak flatt, og har ikke særlig tilsig. Antar hydrostatisk poretrykk.	Hydrostatisk	0	3	0
Kvikkleiremektighet	Boring utført indikerer kvikkleire fra overflaten til en dybde på ca. 12 meter.	>H/2	3	2	6
Sensitivitet	Antar at sensitiviteten ligger i intervallet 30-100.	30-100	2	1	2
Erosjon	Det pågår litt erosjon i nord-østre del av sonen. Bølgeerosjon har skapt relativt bratte kanter ned mot Botnen. Det er også noe sig i terrenget.	Lite	1	3	3
Inngrep	Det er noen små fyllinger langs bredden som kan skape initialskred. Øker brattheten av skråningene som går mot Botnen.	Liten forverring	1	3	3

Fareberegning					
Total poengsum					23
Prosent av maks					45.10
Sist oppdatert	7.5.2018				

Konsekvensberegning					
Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekt	Poeng
Boligenheter	1 gårdsbruk og 5 eneboliger.	Spredt > 5	2	4	8
Næringsbygg	Ingen.	Ingen	0	3	0
Annen bebyggelse	Ingen.	Ingen	0	1	0
Veier	Kommunal vei. Antatt ÅDT.	100-1000	1	2	2
Toglinje	Ingen.	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Antatt distribusjonsnett.	Distribusjon	1	1	1
Oppdemning	Det er lite bebyggelse på andre siden av Botnen, men ved et større ras kan en flombølge gjøre skade.	Liten	1	2	2
Total poengsum					13
Prosent av maks					28.89
Sist oppdatert	7.5.2018				

Kvikkleiresone 944: Sandmo - Kommune: Indre Fosen

Faregradklasse	Middels
Konsekvensklasse	Alvorlig
Risikoklasse	3
Grunnforhold	Kvikkleire påvist, sikkerhetsfaktor < 1,4
Sonestatus	Supplerende undersøkelser/stabilitetsberegning
Opprettet	29.11.2004
Sist oppdatert	17.8.2018
Sist oppdatert av	STIFTELSEN NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT



Bemerkninger

Sandmo ble opprettet som en kvikkleirefare sone gjennom den nasjonale kartleggingen av områder med potensiell fare for kvikkleireskred [1-2]. Høsten 2017 ble det utført tre dreietrykksondering, CPTU, poretrykkmålinger og laboratoriet undersøkelser i sonen i forbindelse med NVEs prosjekt Kvikkleiresoneutredning "light", Trøndelag [3-4]. Grunnundersøkelser indikerer at løsmassene inneholder sprøbruddmateriale med sensitivitet mellom 10 og 50. Stabilitetsberegning viser de laveste sikkerhetsfaktorene på ca. 1.0 for begge effektiv og totalspenningsanalyse.

Referanser
NGI- rapport 860054-1, datert mai 1989
NGI- rapport 860054-2, datert september 1989
NVE- rapport, Klassifisering av kvikkleiresoner, Rissa rapport 2, datert 09.02.2005.
Multiconsult 10200523-RIG-RAP-001 rev01 Datarapport geotekniske grunnundersøkelser - Rissa datert 2.2.2018
Norges Geotekniske Institutt 82015-01 Ras ved Sandmo datert 8.8.1986

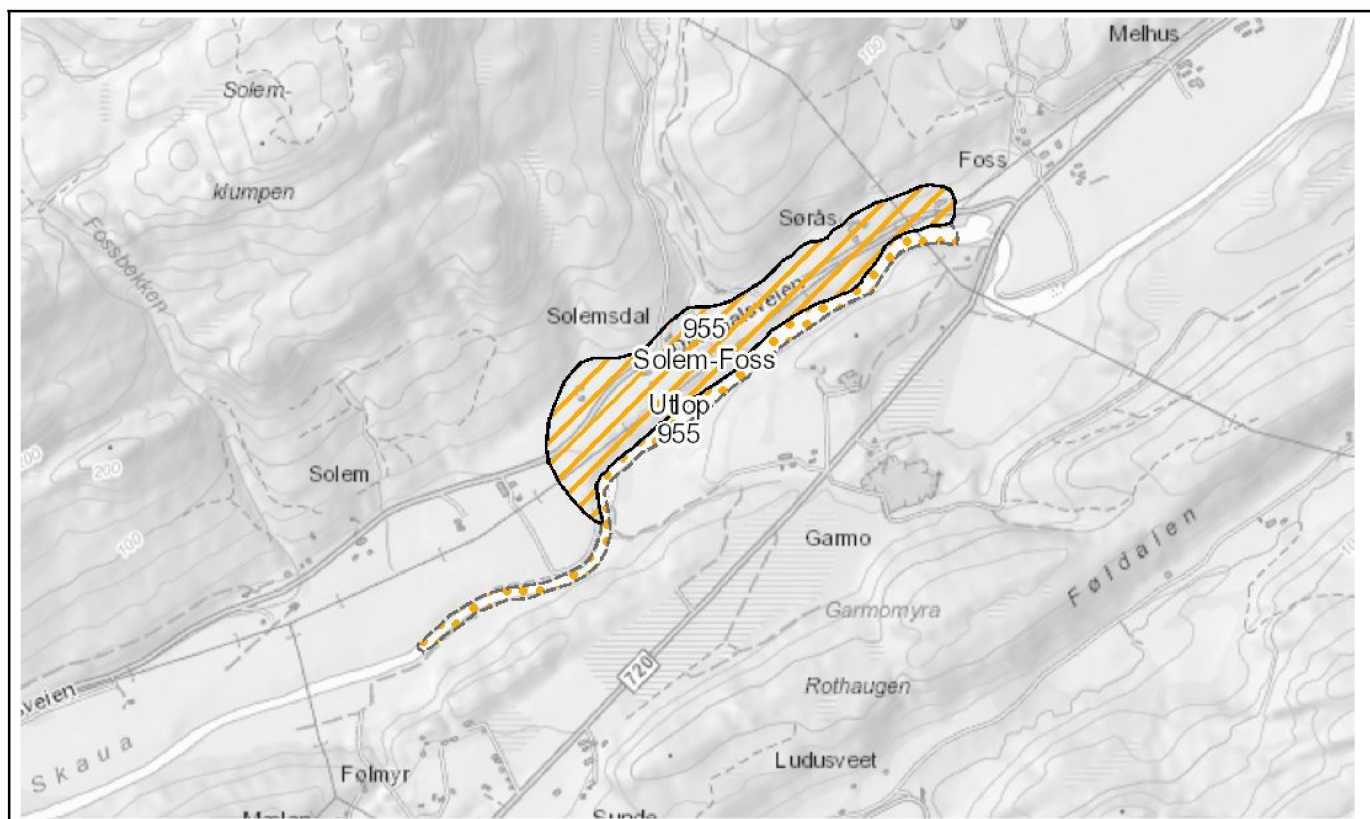
Fareberegning					
Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekt	Poeng
Skredaktivitet	Det fremgår en god del skredaktivitet med kvikkleire i Rissa kommune i dette området, sett ut fra kvartærgeologisk kart. Det kjente Rissa-skredet ligger i samme dalstrøk. Det er nedtegnet erosjonskanter på kvartærgeologisk kart.	Høy	3	1	3
Skråningshøyde i meter	Området består av et slakt platå med bratte rasskråninger mot Sundsbukta og Trondheimsfjorden.	20-30	2	2	4
Forkonsolidering pga terrengsenkning	Opprinnelig terreng har trolig ikke ligget vesentlig høyere enn dagens terreng, men erosjon har medført at terrengnivået lokalt er noe senket. Antar normalkonsolidert. Ødometerforsøk viser OCR = 1-1.1 i sonen.	1,0-1,2	3	2	6
Poretrykk	Det er en del torv og myrdannelser i bakkant av sonen, men dette har trolig liten innvirkning på poretrykket. Poretrykkmålinger i to dybder i et borepunkt indikerer mulig undertrykk.	-(20-50)	-2	3	-6
Kvikkleiremektighet	Sprøbruddmateriale påvist ved grunnboringer. Stabilitetsvurderinger viser akseptabel sikkerhet for områdets nåværende anvendelse. Antar middels mektighet på kvikkleirelag.	>H/2	3	2	6
Sensitivitet	Innmålte sensitiviteten ligger i	20-30	1	1	1

Fareberegning					
	intervallet 10-50. De fleste av verdiene er mindre enn 30.				
Erosjon	Det har gått flere ras med grunne rotasjoner i sonen. Det pågår noe erosjon langs sør-vestre del av sonen. Denne delen ligger ut mot Trondheimsfjorden og bølger står trolig rett mot de bratte rasskråningene. Kyststripen her er grunn.	Noe	2	3	6
Inngrep	Det er ikke gjort inngrep av betydning.	Ingen	0	3	0
Total poengsum					20
Prosent av maks					39.22
Sist oppdatert	14.8.2018				

Konsekvensberegning					
Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekt	Poeng
Boligheter	3 gårdsbruk, 2-3 boliger	Spredt > 5	2	4	8
Næringsbygg	Ingen.	Ingen	0	3	0
Annen bebyggelse	Ingen.	Ingen	0	1	0
Veier	Fylkesvei 141. Antatt ÅDT.	100-1000	1	2	2
Toglinje	Ingen.	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Antatt distribusjonsnett.	Distribusjon	1	1	1
Oppdemning	En flombølge vil bli spredt og uskadeliggjort i Trondheimsfjorden.	Ingen	0	2	0
Total poengsum					11
Prosent av maks					24.44
Sist oppdatert	13.8.2018				

Kvikkleiresone 955: Solem-Foss - Kommune: Indre Fosen

Faregradklasse	Middels
Konsekvensklasse	Alvorlig
Risikoklasse	3
Grunnforhold	Kvikkleire påvist, sikkerhetsfaktor < 1,4
Sonestatus	Supplerende undersøkelser/stabilitetsberegning
Opprettet	29.11.2004
Sist oppdatert	17.8.2018
Sist oppdatert av	STIFTELSEN NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT



Bemerkninger

Solem-Foss ble opprettet som en kvikkleirefare sone gjennom den nasjonale kartleggingen av områder med potensiell fare for kvikkleireskred [1-2]. Høsten 2017 ble det utført tre dreietrykksondering, CPTU, poretrykkmålinger og laboratoriet undersøkelser i sonen i forbindelse med NVEs prosjekt Kvikkleiresoneutredning "light", Trøndelag [3-4]. Grunnundersøkelser indikerer at løsmassene inneholder kvikkleire/sprøbruddmateriale med sensitivitet mellom ca. 30 og 300. Stabilitetsberegning viser de laveste sikkerhetsfaktorene på ca. 1.0 for begge effektiv og totalspenningsanalyse.

Referanser
NGI- rapport 860054-1, datert mai 1989
NGI- rapport 860054-2, datert september 1989
NVE- rapport, Klassifisering av kvikkleiresoner, Rissa rapport 2, datert 09.02.2005
Multiconsult 10200523-RIG-RAP-001 rev01 - Datarapport geotekniske grunnundersøkelser - Rissa datert 2.2.2018
Norges Geotekniske Institutt 20170367-04-R Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag Faresoner i Rissa - Faresone Rissa datert 23.5.2018

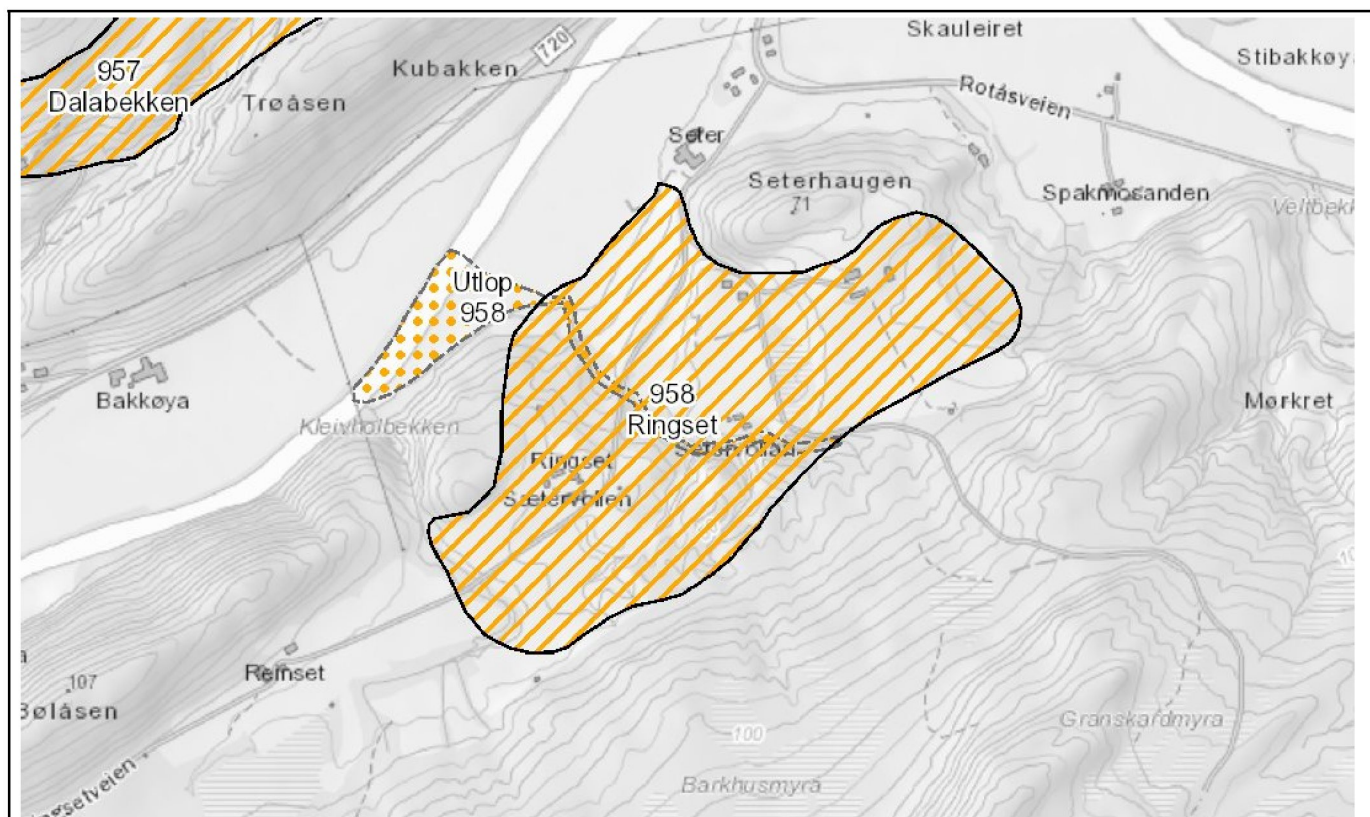
Fareberegning					
Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekt	Poeng
Skredaktivitet	Det fremgår en god del skredaktivitet med kvikkleire i Rissa kommune i dette området, sett ut fra kvartærgeologisk kart. Det kjente Rissa-skredet ligger i samme dalstrøk. På kvartærgeologisk kart kan gamle rasgroper sees på søndre del av sonen.	Høy	3	1	3
Skråningshøyde i meter	Området består av et platå med bratte erosjonskanter ned mot Skauga. De har en helning på ca. 1:2 til 1:2.5 på det bratteste.	>30	3	2	6
Forkonsolidering pga terrengsenkning	Utfra kvartærgeologisk kart er det elve- og bekkeavsetninger i overflaten av sonen. Opprinnelig terreng har trolig ikke ligget vesentlig høyere enn dagens terreng. Antar normalkonsolidert. Ødometerforsøk indikerer OCR mellom 1 og 1.4.	1,0-1,2	3	2	6
Poretrykk	Poretrykkmålinger i to dybder i et borpunkt viser undertrykk midt på skråningen.	-(20-50)	-2	3	-6
Kvikkleiremektighet	Noteby og Multiconsult (i 2017) har utført grunnundersøkelser på oppdrag fra NVE. Det er påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale i dybde 7-14 meter, og mulig kvikkleire/sprøbruddmateriale under 15 m.	>H/2	3	2	6
Sensitivitet	Innmålte sensitivitet viser verdier større enn 30 mellom 8	>100	3	1	3

Fareberegning					
	og 9 m, og større enn 200 mellom 12 og 15 m dybde.				
Erosjon	Det ble observert litt erosjon, hovedsakelig som sig på steder hvor grunnvann slår ut i skråningen ovenfor erosjonssikringen. Gamle utglidningene har ført til at trær og jordsmonn har rast ut og leire er blottlagt.	Lite	1	3	3
Inngrep	NVE har sikret nedre del av sonen mot Skauga. Her er det ingen erosjon. Lokalt er dette stabiliserende, men vil ikke ha innvirkning for hele sonen.	Liten forbedring	-1	3	-3
Total poengsum					18
Prosent av maks					35.29
Sist oppdatert	14.8.2018				

Konsekvensberegning					
Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekt	Poeng
Boligheter	5 gårdsbruk.	Spredt > 5	2	4	8
Næringsbygg	Ingen.	Ingen	0	3	0
Annen bebyggelse	Ingen.	Ingen	0	1	0
Veier	Fylkesvei 146.	100-1000	1	2	2
Toglinje	Ingen.	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Antatt distribusjonsnett.	Distribusjon	1	1	1
Oppdemning	En oppdemming av Skauga vil kunne skape flom nedstrøms. Det er en del bebyggelse både oppstrøms og nedstrøms sonen.	Middels	2	2	4
Total poengsum					15
Prosent av maks					33.33
Sist oppdatert	26.6.2018				

Kvikkleiresone 958: Ringset - Kommune: Indre Fosen

Faregradklasse	Middels
Konsekvensklasse	Alvorlig
Risikoklasse	3
Grunnforhold	Kvikkleire påvist, sikkerhetsfaktor < 1,4
Sonestatus	Supplerende undersøkelser/stabilitetsberegning
Opprettet	29.11.2004
Sist oppdatert	14.8.2018
Sist oppdatert av	STIFTELSEN NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT



Bemerkninger

Ringset ble opprettet som en kvikkleirefare sone gjennom den nasjonale kartleggingen av områder med potensiell fare for kvikkleireskred [1-2]. Høsten 2017 ble det utført tre dreietrykksondering, CPTU, poretrykkmålinger og laboratoriet undersøkelser i sonen i forbindelse med NVEs prosjekt Kvikkleiresoneutredning "light", Trøndelag [3-4]. Grunnundersøkelser indikerer at løsmassene inneholder kvikkleire/sprøbruddmateriale med sensitivitet mellom ca. 80 og 400. Stabilitetsberegning viser de laveste sikkerhetsfaktorene lavere enn 1.4 for totalspenningsanalyse.

Referanser

1.NGI- rapport 860054-1, datert mai 1989. 2.NGI- rapport 860054-2, datert september 1989.
3.NVE- rapport, Klassifisering av kvikkleiresoner, Rissa rapport 2, datert 09.02.2005.

Multiconsult 10200523-RIG-RAP-001 rev01 Datarapport geotekniske grunnundersøkelser - Rissa datert 2.2.2018

Norges Geotekniske Institutt 20170367-04-R Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag-Faresoner i Rissa datert 23.5.2018

Fareberegning

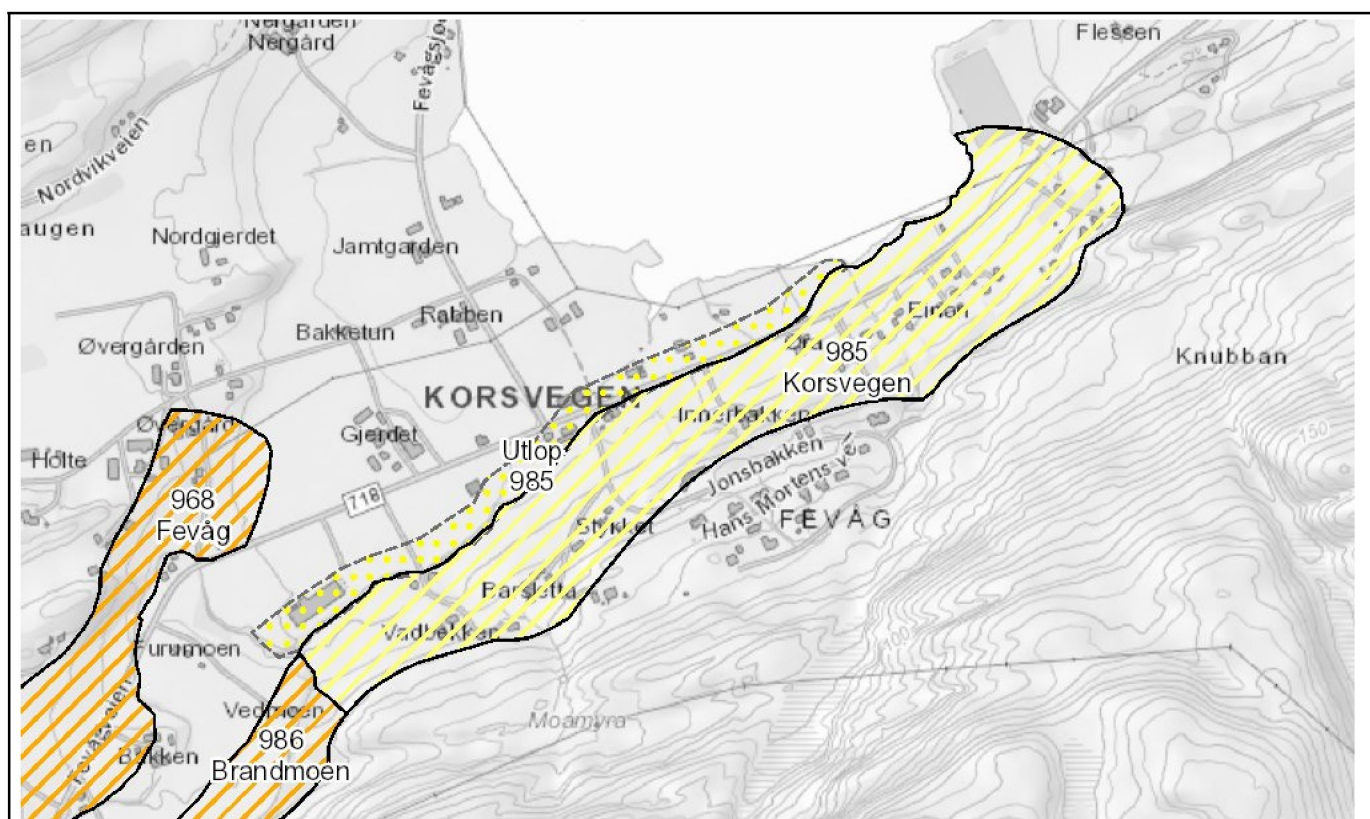
Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekt	Poeng
Skredaktivitet	Det fremgår en god del skredaktivitet med kvikkleire i Rissa kommune i dette området, sett ut fra kvartærgeologisk kart. Det kjente Rissa-skredet ligger i samme dalstrøk.	Høy	3	1	3
Skråningshøyde i meter	Området er delt i to av en stor ravine der det går en bekk. På hver side av bekken er det platå. Lokalt er skråningene ned mot bekken brattere enn 1:10.	20-30	2	2	4
Forkonsolidering pga terrengsenkning	Opprinnelig terreng har trolig ikke ligget vesentlig høyere enn dagens terreng, men erosjon har medført at terrengnivået lokalt er noe senket. Antar litt overkonsolidert. Ødometerforsøk indikerer OCR mellom 1.6 og 1.8.	1,5-2,0	1	2	2
Poretrykk	Poretrykkmålinger på to dybder i et borepunkt indikerer mulig undertrykk midt på skråningen.	-(0-20)	-1	3	-3
Kvikkleiremektighet	Boring indikerer kvikkleire i en dybde fra 1-28 meter. En total mektighet på 27 meter. På henholdsvis 12 og 18 meter er det sjikt med gruspartikler i prøvene.	>H/2	3	2	6
Sensitivitet	Prøveserie viser sensitivitet ca. 80 - 400 mellom 7 og 10 m dybde.	>100	3	1	3
Erosjon	Det er observert en del overflateutglidninger i hovedravine. Trær og	Noe	2	3	6

Fareberegning					
	jordsmonn har rast ut og leire er blottlagt. Bekken eroderer i leire, men det er en del grus og småstein på elvebunnen.				
Inngrep	Ingen inngrep av betydning.	Ingen	0	3	0
Total poengsum					21
Prosent av maks					41.18
Sist oppdatert	14.8.2018				

Konsekvensberegning					
Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekt	Poeng
Boligheter	2 gårdsbruk og 1 enebolig.	Spredt ≤ 5	1	4	4
Næringsbygg	Ingen.	Ingen	0	3	0
Annen bebyggelse	Ingen.	Ingen	0	1	0
Veier	Kommunal vei. Antatt ÅDT.	<100	0	2	0
Toglinje	Ingen.	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Antatt distribusjonsnett.	Distribusjon	1	1	1
Oppdemning	Muligheten for at et ras på denne sonen vil demme opp Skauga regnes som lav. Det er en del bebyggelse oppstrøms og nedstrøms.	Liten	1	2	2
Total poengsum					7
Prosent av maks					15.56
Sist oppdatert	26.6.2018				

Kvikkleiresone 985: Korsvegen - Kommune: Indre Fosen

Faregradklasse	Lav
Konsekvensklasse	Meget alvorlig
Risikoklasse	3
Grunnforhold	Kvikkleire påvist, sikkerhetsfaktor > 1,4
Sonestatus	Supplerende undersøkelser/stabilitetsberegning
Opprettet	30.11.2004
Sist oppdatert	17.8.2018
Sist oppdatert av	STIFTELSEN NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT



Bemerkninger

Korsvegen ble opprettet som en kvikkleirefare sone gjennom den nasjonale kartleggingen av områder med potensiell fare for kvikkleireskred [1-2]. Høsten 2017 ble det utført dreietrykksondering, CPTU og laboratoriet undersøkelser i sonen i forbindelse med NVEs prosjekt Kvikkleiresoneutredning "light", Trøndelag [3-4]. Grunnundersøkelser indikerer at løsmassene inneholder kvikkleire/sprøbruddmateriale med sensitivitet mellom ca. 20 og 300. Stabilitetsberegning viser at de laveste sikkerhetsfaktorene er høyere enn 1.4 for begge effektiv og totalspenningsanalyse.

Referanser
NGI- rapport 860054-1, datert mai 1989
NGI- rapport 860054-2, datert september 1989
NVE- rapport, Klassifisering av kvikkleiresoner, Rissa rapport 1, datert 13.01.2005
Multiconsult 10200523-RIG-RAP-001 rev01 Datarapport geotekniske grunnundersøkelser - Rissa datert 2.2.2018
Norges Geotekniske Institutt 20170367-04-R Kvikkleiresoneutredning "light" Trøndelag - Faresoner i Rissa datert 23.5.2018

Fareberegning					
Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekt	Poeng
Skredaktivitet	Det fremgår ingen skredaktivitet med kvikkleire i Rissa kommune i dette området, sett ut fra kvartærgeologisk kart. Marine leiravsetningers mektighet er begrenset i dette området.	Lav	1	1	1
Skråningshøyde i meter	Området heller slakt fra fjell i bakkant mot Fevågbukta.	<15	0	2	0
Forkonsolidering pga terrengsenkning	Opprinnelig terreng har trolig ikke ligget høyere enn dagens terreng, da store deler av området er marine strandavsetninger. Antar normalkonsolidert.	1,0-1,2	3	2	6
Poretrykk	Antatt hydrostatisk poretrykk.	Hydrostatisk	0	3	0
Kvikkleiremektighet	Boring indikerer kvikkleire fra overflate til 4.5 meters dyp.	>H/2	3	2	6
Sensitivitet	Innmålte sensitivitet ligger mellom 20 og 300.	>100	3	1	3
Erosjon	Det foregår litt erosjon i store deler av Vadbekken. Bunnsenkningen er på ca. 1.0 meter. Bekkebunnen består av stein, grus og silt. Det pågår litt erosjon i bekker øst på sonen. Bunnsenkningen er ca. 0.4 m.	Lite	1	3	3
Inngrep	Tørrmur langs venstre side av Vadbekken. En del skader, men fungerer brukbart. Mange bekker er lukket i forbindelse med boligområder.	Liten forbedring	-1	3	-3
Total poengsum					16
Prosent av maks					31.37
Sist oppdatert	13.8.2018				

Konsekvensberegning					
Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekt	Poeng
Boligheter	5 gårdsbruk, 13 eneboliger og et sykehjem.	Tett > 5	3	4	12
Næringsbygg	1 idrettshall.	<50	2	3	6
Annen bebyggelse	Ingen.	Ingen	0	1	0
Veier	Riksvei 718 og kommunal vei går på sonen.	1001-5000	2	2	4
Toglinje	Ingen.	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Antatt distribusjonsnett.	Distribusjon	1	1	1
Oppdemning	Noe bebyggelse på andre siden av Fevågbukta. Kan skades ved en flombølge.	Middels	2	2	4
Total poengsum					27
Prosent av maks					60.00
Sist oppdatert	26.6.2018				

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Delleveranse 4 - Beregningsforutsetninger		Dokumentnr./Document no. 20170367-07-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Norges vassdrag- og energidirektorat	Dato/Date 2018-06-21
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 1 / 2018-08-21
Distribusjon/Distribution FRI: Kan distribueres av Dokumentsenteret ved henvendelser / FREE: Can be distributed by the Document Centre on request		
Emneord/Keywords		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Trøndelag	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Verdal	Feltnavn/Field name
Sted/Location Verdal	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord:	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2018-06-21 Thi Minh Hue Le	2018-06-21 Ragnar Moholdt		
1	Inkluderer stabilitetsberegning med sikringstiltak	2018-08-21 Thi Minh Hue Le	2018-08-21 Ragnar Moholdt		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 21. august 2018	Prosjektleder/Project Manager Ragnar Moholdt
--	-------------------------------------	--

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

