

Rapport

Oppdragsgiver: **NVE Midt-Norge**

Oppdrag: **Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik**

Emne: **Sone Tronstad
Leksvik**

Dato: **3. februar 2009**

Rev. - Dato

Oppdrag- /
Rapportnr. **412498 - 1**

Oppdragsleder: **Arne Vik**

Sign.: *Arne Vik*

Saksbehandler: **Erik Tørum**

Sign.: *Erik Tørum*

Kontaktperson
hos Oppdragsgiver: **Trude Skaret Krogstad**

Sammendrag:

I forbindelse med program for økt sikkerhet mot leirskred har NVE region Midt-Norge tildelt Multiconsult utredning av kvikkleiresonen Tronstad i Leksvik kommune. Arbeidet er i fase 3 av dette programmet der det skal utføres supplerende grunnundersøkelser og foreslås eventuelle stabilitetsforbedrende tiltak.

Det er utført et litteratursøk på tidligere grunnundersøkelser i- og i umiddelbar nærhet av sonen. Tidligere er det utført en rekke grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger i området. Det er i denne omgang utført supplerende grunnundersøkelser i to omganger for å avgrense sonen og gi input til stabilitetsberegninger.

De utførte undersøkelsene viser at det sannsynligvis er lommer av kvikkleire innenfor den opprinnelige sonen. Størst kvikkleireforekomster er registrert ved Lastøra industriområde og i krysset mellom RV 755 og FV 86. Det er også registrert kvikkleire ved gården Tronstad, men det er usikkert om det er sammenhengende kvikkleireforekomster mellom disse lommene. Nord for den opprinnelige sonen er det også påvist sensitiv leire i et tynnere lag. Det er derfor anbefalt å opprette en ny kvikkleiresone for dette området. Denne er foreslått kalt Korsgata.

Det er foretatt en revurdering av faregrad, konsekvens og risikoklasse for sonen. Følgende konklusjoner foreligger:

- ✓ Faregrad: Lav – begge soner
- ✓ Konsekvens: Meget alvorlig – begge soner
- ✓ Risiko: Tronstad klasse 4 og Korsgata klasse 3

Det er foretatt stabilitetsberegninger i tre profiler og det er dokumentert tilstrekkelig sikkerhet ($F_s > 1,4$) både for langtidstilstanden ved drenerte effektivspenningsanalyser og kortidstilstanden ved ADP-analyse.

Det er ikke dokumentert forhold som viser aktiv graving i bekkene/ elva i sonene. Det er derfor etter vår mening ikke behov for tiltak i sonene. Det tilrås uansett at det utføres jevnlig overvåkning av erosjonsforholdene i sonene slik at en unngår initialhendelser som kan medføre bakovergrepene kvikkleireskred.

Innholdsfortegnelse

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | Innledning | 3 |
| 2. | Utførte grunnundersøkelser | 4 |
| 3. | Terreng og grunnforhold | 5 |
| 4. | Vurdering av kvikkleireforekomst og klassifisering av sone | 8 |
| 4.1 | Utbredelse av kvikkleire | 8 |
| 4.2 | Tiltaksklasse og krav til stabilitet og kontroll | 9 |
| 4.3 | Skadekonsekvensevaluering | 9 |
| 4.4 | Faregradsevaluering | 11 |
| 4.5 | Risikoklasse | 13 |
| 4.6 | Nytt forslag til soneinndeling og klassifisering | 14 |
| 4.6.1 | Tronstad | 14 |
| 4.6.2 | Korsgata | 14 |
| 5. | Områdestabilitet | 15 |
| 5.1.1 | Vurdering av stabilitetskritiske profiler | 15 |
| 5.1.2 | Styrkeparametere og beregningsmetodikk | 15 |
| 5.1.3 | Beregningsresultater og vurderinger | 17 |
| 6. | Konklusjon og behov for tiltak | 21 |
| 7. | Sluttkommentar | 21 |
| 8. | Referanser | 21 |

Tegninger

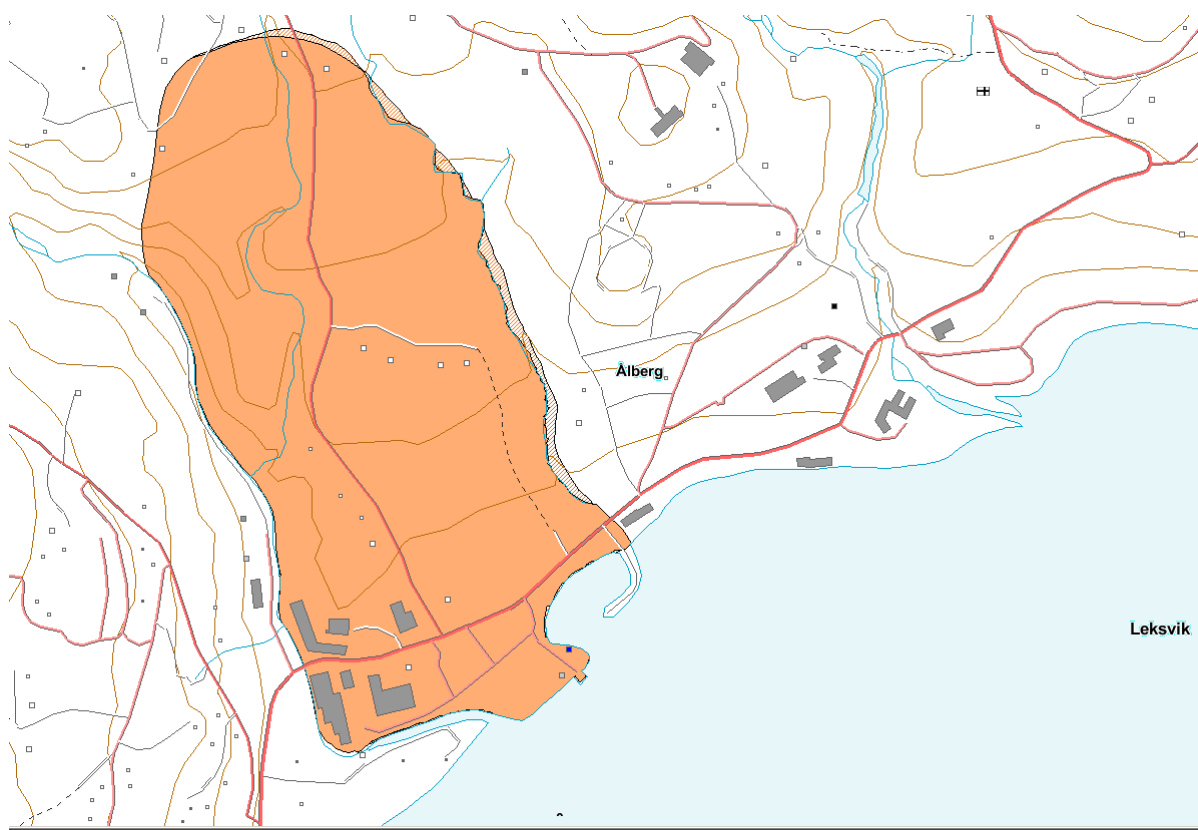
| | | |
|--------------------|---|--------------------------|
| 412498-0 | Oversiktskart | M = 1 : 50 000 |
| 412498-1 | Borplan | M = 1 : 4 000 |
| 412498-101 til 102 | Lengdeprofiler | M = 1 : 500, M = 1 : 400 |
| 412498-110 til 119 | Tolkning av CPTU | |
| 412498-120 | Sampleplott treaksialforsøk, aktiv deviatorspenningssti | |
| 412498-160 til 162 | Stabilitetsberegninger GeoSuite | |

Vedlegg

| | |
|-----------|--|
| Vedlegg A | Resultater fra stabilitetsberegninger PLAXIS |
|-----------|--|

1. Innledning

I forbindelse med program for økt sikkerhet mot leirskred har Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) region Midt-Norge tildelt Multiconsult utredning av kvikkleiresonen Tronstad i Leksvik kommune. Arbeidet er i fase 3 av dette programmet der det skal utføres supplerende grunnundersøkelser og foreslås eventuelle stabilitetsforbedrende tiltak. Det er i den forbindelse utført grunnundersøkelser for å bedre bestemmelsen av utbredelse av kvikkleire, gi input til stabilitetsberegninger og dermed gi grunnlag til å revurdere sonens faregrad og risiko. Det inngår også i oppdraget å foreslå eventuelle tiltak for å bedre stabiliteten i sonen, først og fremst i og langs vassdrag. Figur 1-1 viser en oversiktsskisse over sonen slik den er trukket før dette arbeidet startet.



Figur 1-1 Kvikkleiresone Tronstad (www.skrednett.no).

Kvikkleiresonen Tronstad hadde før dette arbeidet startet følgende status:

- ✓ Faregrad: Middels
- ✓ Konsekvens: Meget alvorlig
- ✓ Risiko: Klasse 4

Det er tidligere oppgitt at hovedårsaken til at sonen kommer ut med middels faregrad er "store høydeforskjeller, sensitiv leire og at det foregår noe erosjon i vassdragene" /3/.

Konsekvensklasse meget alvorlig er i samme rapport begrunnet med ”mye bebyggelse, industri og viktige veiforbindelser i Leksvik-området”.

2. Utførte grunnundersøkelser

NGI har tidligere utført kvikkleirekartlegging i 1992 /5/ der det er utført et kombinert dreietrykk- og vingeborpunkt inne i sonen som påviste kvikkleire. I tillegg ble det utført en dreietrykksondering drøye 100 m fra den inntegnede faresonen. Denne indikerte ikke-kvikke masser.

Multiconsult har utført et litteratursøk på tidligere grunnundersøkelser i og i umiddelbar nærhet av sonen. Statens vegvesen (SVV) i Nord-Trøndelag og Leksvik kommune har vært behjelpelige med å skaffe tilveie tidligere undersøkelser. Tidligere er det utført en rekke grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger i området. Noteby og Geoteam har utført undersøkelser i forbindelse med industriområdet /8/, /9/, /20/, /21/ og /22/. Statens vegvesen har utført undersøkelser langs dagens RV 755, andre alternative traséer til denne og FV 86 /10/, /11/, /12/, /13/, /14/, /15/, /16/, /17/, /18/, /19/. I forbindelse med etablering av havneanlegg og molo har Kummeneje utført grunnundersøkelser og vurderinger sør på området på og utenfor Lastøra /23/, /24/, /25/, /26/ og /27/.

I forbindelse med detaljvurderinger av kvikkleiresonen er det utført grunnundersøkelser av Rambøll i to omganger /6/ og /7/. I første runde ble det utført dreietrykksonderinger i 15 punkter, 2 CPTU, prøvetaking i 3 punkter samt installasjon av 4 poretrykksmålere i 2 lokasjoner. Punktene er plassert både inne i sonen og utenfor for å bedre grunnlaget for en evaluering av sonen samt å gi input på styrkeparametere for stabilitetsberegninger. Det ble spesielt fokusert på å avgrense sonens utstrekning i de nordlige delene der det tidligere er utført få grunnundersøkelser. I andre runde, utført i felt oktober-november 2008 ble det supplert med dreietrykksonderinger i 3 punkter, 2 punkter med totalsonderinger, 3 CPTU og 3 poretrykksmålere hver i 2 dybdenivåer.

Det henvises til borplanen, tegning nr. 412498-1, for en sammenstilling av de utførte undersøkelsene i sonen. Det er på denne antydnet mulig og påvist kvikkleire i form av røde symboler.

Poretrykksmålingene ved borpunkt 12 og 13 er avlest av Rambøll i etterkant av installasjon (november 2007) og av Multiconsult i februar 2008. I den siste runden med grunnundersøkelser er de nye poretrykksmålerne avlest en gang samt at måler ved borpunkt 13 er avlest.

Grunnvannsstanden er av Rambøll rapportert til å ligge ca. 2,5 m u.t. i borpunkt 12, ca. 2,0 m u.t. i borpunkt 13, ca. 4 m i borpunkt 20 og ca. 5 m u.t. i borpunkt NO97-2. Det er for alle målingene registrert et undertrykk i forhold til dette for den dypeste poretrykksmåleren.

Tabell 2-1 viser de avleste verdiene, som er relativt konstante for begge avlesningstidspunktene.

Tabell 2-1 Avlesning av piezometere.

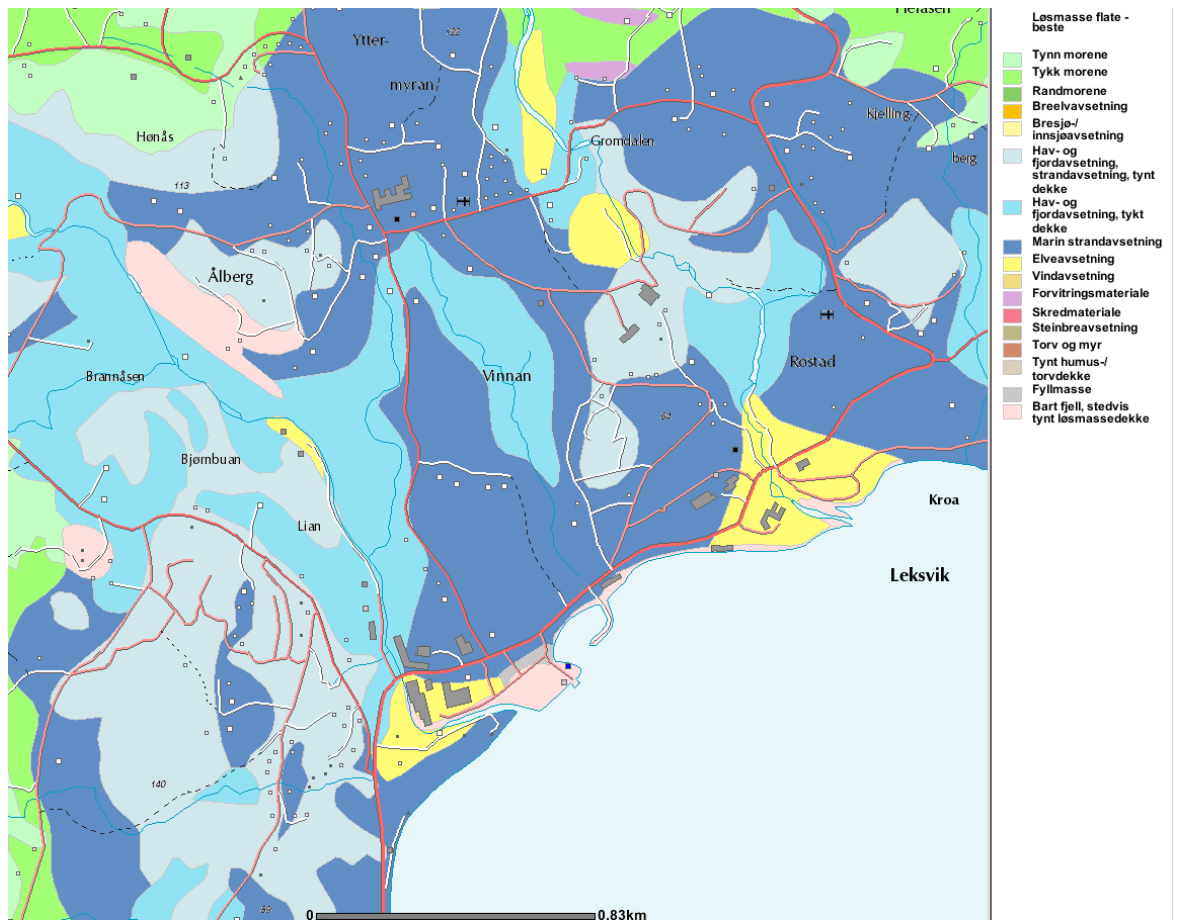
| Piezometer/ borhull nr. | Dybde under terreng [m] | November 2007 | Februar 2008 | November 2008 |
|----------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Poretrykk [kPa] | Poretrykk [kPa] | Poretrykk [kPa] |
| 12 - 1 | 3,5 | 10 | 11 | - |
| 12 - 2 | 7,0 | 27 | 27 | - |
| 13 - 1 | 6,0 | 40 | 41 | 43 |
| 13 - 2 | 11,5 | 58 | 70 | 70 |
| 16 - 1 | 10,0 | - | - | 64 |
| 16 - 2 | 14,5 | - | - | 29 |
| 20 - 1 | 5,0 | - | - | 38 |
| 20 - 2 | 8,0 | - | - | 15 |
| NO97-2 - 1 | 7,0 | - | - | 20 |
| NO97-2 - 2 | 11,7 | - | - | 56 |

3. Terreng og grunnforhold

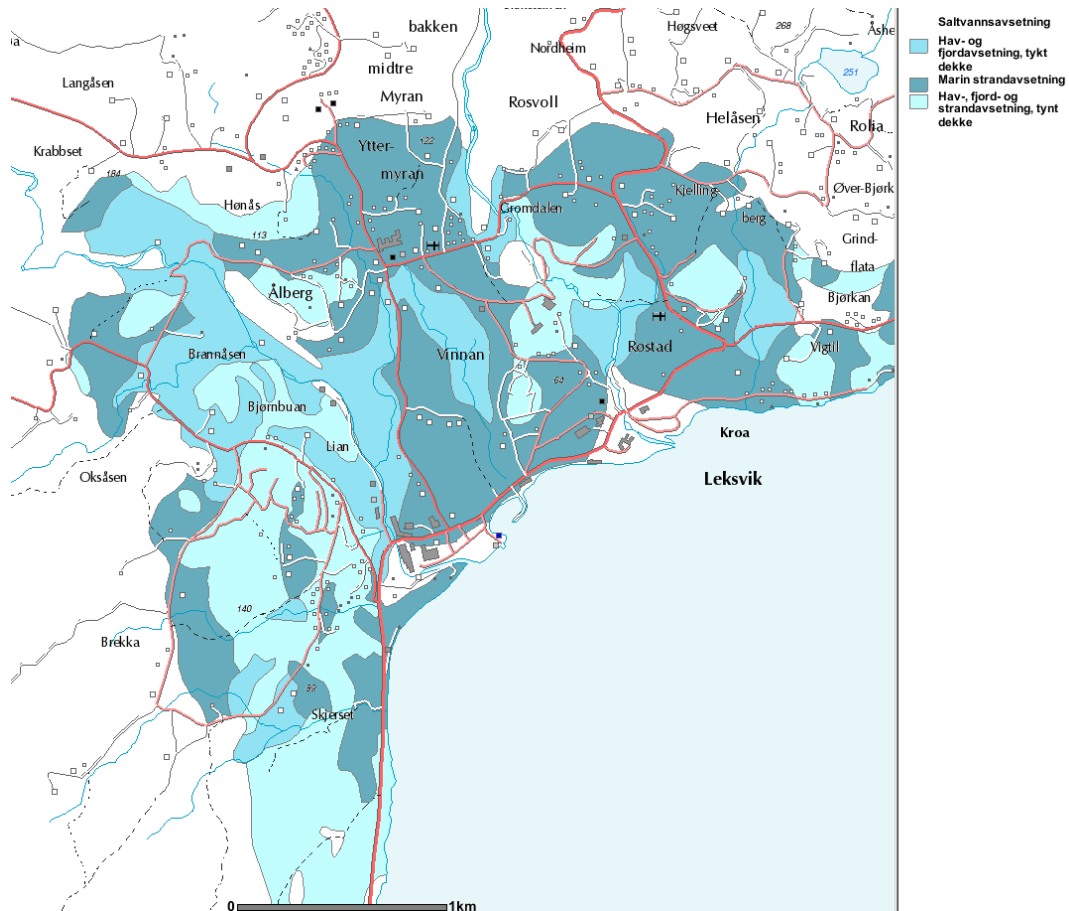
Sonen begrenses av Ytterelva i vest. Korsgatabekken renner omtrent midt gjennom sonen ned til Ytterelva og Rønningsbekken avgrenser sonen i øst. Disse bekkene danner raviner og bekkedaler. Korsgatabekken er for øvrig lukket (lagt i rør) på en strekning på ca. 150 m midt i sonen ved profil 3. Sonen består i hovedsak av landbruksareal, men det er også stor industrivirksomhet på det sørvestlige området. Den opprinnelige innregnede sonen dekker et areal i underkant av 700 dekar og strekker seg fra Trondheimsfjorden og opp til ca. kote +90.

Det er tidligere utført en befaring i området av NVE med påfølgende klassifisering av sonen /2/. Dette arbeidet konkluderer med at det pågår noe erosjon i Rønningsbekken og aktiv erosjon i Korsgatabekken. I Ytterelva lengst vest i sonen er det litt erosjon mens det ved utløpet til fjorden ikke er registrert erosjon.

Løsmassene i området Tronstad består i hovedsak av hav- og fjordavsetninger og marine strandavsetninger. Det er også lokale innslag av tilnærmet bart fjell og noe elveavsetninger, spesielt på Lastøra nede ved fjorden. Figur 3-1 viser et kvartærgeologisk løsmassekart over området og Figur 3-2 viser et kart over saltvannsavsetninger som indikerer største mulige utbredelse av kvikkleire.



Figur 3-1 Kvartærgeologisk løssmassekart (www.ngu.no).



Figur 3-2 Saltvannsavsetninger (www.ngu.no).

Grunnundersøkelsene som er utført i denne omgangen viser at det for store deler er lavsensitive leirer på området. Det er imidlertid tidligere dokumentert kvikkleire i lommer innenfor sonen. For de utførte undersøkelsene i denne omgangen er det påvist kvikkleire i flere punkt som ligger noe nord for den inntegnede sonen. Dette er et tynt sjikt ned mot faste masser, antatt som berg.

Det er utført tolkning av CPTU-resultater fra de 5 CPTUene som er utført i denne omgang. Tolkningene viser at i punkt 19 er løsmassene generelt noe overkonsolidert med overkonsolideringsgrad, $OCR > 2$ tolket ut fra et tidligere overlageringstrykk på $\Delta p' = 130$ kPa. Videre er det i borpunkt NO97-2 utført en CPTU som også viser en del overkonsolidering. Det er tolket OCR fra $\Delta p' = 130$ kPa også her. I borpunkt 12, 16 og 20 er det registrert litt mer lagdelte grunnforhold og tolkningen av overkonsolideringsgrad fra CPTU er noe vanskeligere. I disse punktene er det indikasjoner på at det er noe mindre overkonsolidering i enkelte dybder. Tolkningene er vist i tegning nr. 412498-110 til 119.

Det er også presentert et samleplott på de to treaksialforsøkene som er utført i borpunkt 13. Resultatene fra treaksialforsøkene viser utpresset porevann i konsolideringsfasen på mellom 1,7 – 2,0 % (ϵ_v). For OCR-nivå i området 2 – 3, tatt fra CPTU 19, klassifiseres dette som akseptabel kvalitet. For OCR større enn 3 er dette imidlertid å betrakte som et dårlig forsøk. Spenningsstiene vist i tegning 412498-120 antyder en viss prøvoforstyrrelse.

4. Vurdering av kvikkleireforekomst og klassifisering av sone

4.1 Utbredelse av kvikkleire

Det er utført en samlet vurdering av alle tilgjengelige grunnundersøkelser i området. I borplanen er det brukt fargekoder på tidligere utførte grunnundersøkelser og nye prøveserier for antatt/ påvist kvikkleire (rød) og punkter med antatt/ påvist ikke-kvikke masser (grønn). Det gjøres følgende oppsummering av tidligere grunnundersøkelser:

- ✓ Statens vegvesens boringer langs RV 755 har i stor grad dokumentert utbredelsen av kvikkleire langs eksisterende trasé, langs en trasé noe lenger nord og en trase gjennom industriområdet sør for dagens veg /19/. Det er utført dreietrykksonderinger som indikerer kvikkleire rundt krysset til FV 86. Det er også registrert lav bormotstand uten økning i dybden nord for industriområdet og Grandan Øvre. Dette kan være kvikkleire.
- ✓ Sørøst i sonen og videre østover utenfor kvikkleiresonen er det utført en rekke dreietrykksonderinger og prøvetakingslokasjoner /15/ og /19/. Det er utført dreietrykksonderinger i 3 – 4 punkter øst for krysset mellom RV 755 og FV 86 som indikerer kvikkleire. Videre østover er det imidlertid gradvis fastere masser, noe det også er i traséen som er undersøkt lengre nord. Disse sonderingene begrenser således utbredelsen av kvikkleire i den sørøstlige delen av sonen.
- ✓ Ved utløpet av Ytterelva på Lastøra er det foretatt flere grunnundersøkelser av Kummeneje både på land og ute i marbakken. Her er det ikke registrert kvikkleire i form av opptatte prøver. Det er imidlertid registrert et lag av bløt leire under topplaget av sand. Det er også rapportert at denne leira er sensitiv og muligens er kvikk i dybden /26/.
- ✓ Statens vegvesens boringer fra 1974 på Lastøra /14/ påviser kvikkleireforekomster i form av opptatte 54 mm prøver lengst vest på Lastøra, utenfor den opprinnelige sonen.
- ✓ Notebys grunnundersøkelser på industriområde Grandan /8/ har avdekket kvikkleire på nordsiden av krysset mellom RV 755 og FV 86. Det er også avdekket kvikkleire for deler av industriområdet lenger vest /8/ mens det i andre deler kun er avdekket ikke-kvikke masser /20/.
- ✓ NGI's borpunkt fra kvikkleirekartleggingens første del /5/ påviser kvikkleire ved vingeoring like sør for tunet på gården Tronstad. Det ble også utført en sondering drøye 100 m nordøst for sonen. Denne indikerte ikke kvikkleire.
- ✓ Det er utført grunnundersøkelser langs FV 86 der det er registrert kvikkleire ved vingebor vest for innkjørselen til Tronstad gård og omtrent 100 m lengre nord /10/. Lenger nord i veglinja til fylkesvegen er det ikke registrert kvikkleire opp mot den inntegnede sonebegrensningen.
- ✓ Nord for den tidligere inntegnede linjen er det utført grunnundersøkelser av SVV /18/ der det er registrert et relativt bløtt lag. Dette laget er av SVV betegnet som silt. Etter vår mening indikerer noen av dreietrykksonderingene at det kan være innslag av kvikkeire/ sensitiv silt (kvikk) for deler av dette området. Ved opptaket av prøver i punkt 7 i underkant av 200 m vest for disse punktene, ble det registrert et meget tynt sjikt av kvikkleire. Dette kan dreie seg om en lomme av kvikkleire som strekker seg mot FV 86.

De supplerende undersøkelsene utført i denne kartleggingsjobben begrenser kvikkleireforekomstene ytterligere:

- ✓ Det er i den vestlige delen av sonen utført flere dreietrykksonderinger som indikerer lite sensitive masser i punkt 2, 3, 4, 5, 11 og 14. Totalsondringer i vest av sonen har dokumentert at det ikke påtreffes sensitive lag ned til fjell (borpunkt 14) eller ned til ca. 34 m u.t. (borpunkt 4).
- ✓ I punkt 7 nord for den opprinnelige sonen er det tatt en prøveserie. Denne viser at det er et tynt sjikt med kvikkleire på omtrent 1 m mektighet i en dybde på 3 - 4 m u.t. Dette kan indikere at de utførte dreietrykksonderingene fra SVV noe lengre øst også kan være utført gjennom tynne sjikt av kvikkleire. Det er videre supplert med dreietrykksonderinger og CPTU for å prøve å avgrense denne kvikkleireforekomsten. I nord er denne som sådan ikke endelig avgrenset, men det basert på kvartergeologiske kart kan største mulige utbredelse etableres.
- ✓ Videre østover er det i punkt 15 registrert et sjikt med lav sonderingsmotstand. Dette **kan** være kvikkleire, men etter vår mening er dette antageligvis et siltlag. Sør for dette er det i punkt 8, 9 og 10 registret relativt stor bormotstand. Disse punktene indikerer lite sensitive masser.

Generelt har de supplerende grunnundersøkelsene innsnevret utbredelsen av kvikkleire. Det kan synes som om det er usammenhengende lommer av kvikkleire på området. Den største mektigheten og utbredelsen er registrert ved industriområdet og krysset mellom RV 755 og FV 86.

Det vurderes at grunnundersøkelsene er tilstrekkelige til å avgrense kvikkleireutbredelsen i to soner. Den opprinnelige sonen Tronstad foreslås noe innsnevret i nord og i øst. Sørvest for utløpet av Ytterelva er det registrert kvikkleire, dette dreier seg også sannsynligvis om en lokal lomme, denne foreslås å inkludere i denne sonen. I tillegg behandler denne rapporten en ny, separat sone lenger nord, denne foreslås kalt Korsgata.

4.2 Tiltaksklasse og krav til stabilitet og kontroll

Iht. NVE-retningslinjene /1/ stilles det ulike krav til sikkerhetsmessig vurdering på reguleringsplannivå avhengig av tiltaksklasse sonen faller innenfor. Kravet til tiltak er avhengig av tre tiltaksklasser og tre faregradsklasser.

For denne revurderingen av kvikkleiresonen er det lagt vekt på å videre dokumentere utbredelsen av kvikkleire og vurdere stabiliteten i antatt stabilitetskritiske profiler. Dette tilsvarer en sikkerhetsmessig vurdering i tiltaksklasse K3. Denne krever en faregradsevaluering og stabilitetsanalyse der det dokumenteres tilstrekkelig γ_m eller tilstrekkelig forbedring av stabiliteten.

Sikkerhetsnivå mot utglidning representeres ved materialkoeffisient γ_m . Krav til sikkerhetsnivå i tiltaksklasse 3 og faregradsklasse "Lav" er satt til $\gamma_m \geq 1,4$. Hvis det ikke kan dokumenteres tilstrekkelig sikkerhet kreves at stabiliteten forbedres iht. NVE-retningslinjenes vedlegg 2, figur 5.5.

Ovennevnte krav legges til grunn for videre vurderinger i sonen.

4.3 Skadekonsekvensevaluering

Området er tidligere definert med skadekonsekvensklasse meget alvorlig /3/. Det er utført en revidert skadekonsekvensvurdering. Skadekonsekvensevalueringen er utført iht. retningslinjer i

NGI-rapport 20001008-2, rev. 2 datert 16.12.2002 "Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire" /3/. Det er tatt hensyn til NGI's opprinnelige vurdering av sonene datert 23.02.2005. Det er imidlertid vurdert konsekvensen for oppdemming/ flom noe strengere enn den opprinnelige vurderingen.

Evalueringen er utført ihht klassifiseringskriterier som vist i Tabell 4-1. Den utregnede scoren for sonen er vist i Tabell 4-2. Soner med poengverdi mellom 23 og 45 havner i skadekonsekvensklasse meget alvorlig. Basert på våre vurderinger er dermed sonen fortsatt å betrakte som skadekonsekvensklasse **meget alvorlig**.

Tabell 4-1 Grunnlag for evaluering av skadekonsekvens, hentet fra /4/.

| Faktorer | Vekttall | Konsekvens, score | | | |
|-------------------------------|----------|-------------------|-------------|--------------|------------|
| | | 3 | 2 | 1 | 0 |
| Boligheter, antall | 4 | Tett > 5 | Spredt > 5 | Spredt < 5 | Ingen |
| Næringsbygg, personer | 3 | > 50 | 10 - 50 | < 10 | Ingen |
| Annen bebyggelse, verdi | 1 | Stor | Betydelig | Begrenset | Ingen |
| Vei, ÅDT | 2 | > 5000 | 1001 - 5000 | 100 - 1000 | < 100 |
| Toglinje, baneprioritet | 2 | 1 - 2 | 3 - 4 | 5 | Ingen |
| Kraftnett | 1 | Sentral | Regional | Distribusjon | Lokal |
| Oppdemming/flom | 2 | Alvorlig | Middels | Liten | Ingen |
| Sum poeng | | 45 | 30 | 15 | 0 |
| % av maksimal poengsum | | 100 % | 67 % | 33 % | 0 % |

Tabell 4-2 Evaluering av skadekonsekvens sone Tronstad, utført ihht. /4/.

| Faktorer | Vekttall | Score | Produkt | Merknad/vurdering |
|-------------------------|----------|-------|-----------|--|
| Boligheter, antall | 4 | 3 | 12 | |
| Næringsbygg, personer | 3 | 3 | 9 | Skole antatt > 50. |
| Annen bebyggelse, verdi | 1 | 0 | 0 | |
| Vei, ÅDT | 2 | 2 | 4 | Maksimal ÅDT på 2300 for RV755 ved Grandan ihht nasjonal vegdatabank (hentet januar 2008). |
| Toglinje, baneprioritet | 2 | 0 | 0 | |
| Kraftnett | 1 | 1 | 1 | Antatt at dette er distribusjonsnett. |
| Oppdemming/flom | 2 | 2 | 4 | Oppdemming/ flom i uløpet av Ytterelva kan medføre erosjon og dermed initialras som kan gripe bakover. |
| Poengverdi | | | 30 | Konsekvensklasse meget alvorlig |
| | | | | |

Tabell 4-3 Evaluering av skadekonsekvens sone Korsgata, utført iht. /4/.

| Faktorer | Vekttall | Score | Produkt | Merknad/vurdering |
|-------------------------|----------|-------|-----------|---|
| Boligheter, antall | 4 | 3 | 12 | |
| Næringsbygg, personer | 3 | 3 | 9 | |
| Annen bebyggelse, verdi | 1 | 0 | 0 | |
| Vei, ÅDT | 2 | 1 | 2 | Maksimal ÅDT på 650 for FV 88 iht nasjonal vegdatabank (hentet januar 2009). |
| Toglinje, baneprioritet | 2 | 0 | 0 | |
| Kraftnett | 1 | 1 | 1 | Antatt at dette er distribusjonsnett. |
| Oppdemming/floam | 2 | 1 | 2 | Korsgatabekken antatt for liten vassføring til å medføre vesentlig oppdemming/ floam. |
| Poengverdi | | | 26 | Konsekvensklasse meget alvorlig |

4.4 Faregradsevaluering

Området er tidligere definert med faregrad middels /3/. Det er utført en revidert faregradevaluering basert på litteraturstudiet på tidligere grunnundersøkelser i området samt de nye undersøkelsene utført høsten 2007. Faregradsevalueringen er utført iht. retningslinjer i NGI-rapport 20001008-2, rev. 2 datert 16.12.2002 ”Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire” /3/.

Evalueringen er utført iht klassifiseringskriterier som vist i Tabell 4-4. Den utregnede scoren for sonen er vist i Tabell 4-5. Det er tatt utgangspunkt i total høydeforskjell for hele sonen da en vurdering av stabilitetskritisk profil samlet sett (skråningshøyde + kvikkleiremektighet) vil gi lavere score enn hele sonen. De opprinnelige vurderingene til NGI er ikke vektlagt vesentlig da det er tilkommet mye ny informasjon for vurderingen av faregrad.

Tabell 4-4 Grunnlag for evaluering av faregrad, hentet fra /4/.

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

Tabell 4-5 Faregradsevaluering av Tronstad, utført ihht. /4/.

| Faktorer | Vekttall | Score | Produkt | Merknad/vurdering |
|----------------------|----------|-------|-----------|--|
| Tidl. skredaktivitet | 1 | 0 | 0 | Ingen tidl. Skredaktivitet funnet basert på kvartergeologiske kart. |
| Skråningshøyde | 2 | 3 | 6 | Total høydeforskjell i den opprinnelige sonen er ca. H=90 m. For stabilitetskritiske skråninger er høyden imidlertid mindre. |
| OCR | 2 | 1 | 2 | Basert på tolking av de utførte CPTUene er overkonsolideringsgrad i dybden generelt OCR > 2,0. Lokalt er den imidlertid tolket noe lavere og lagt til grunn. |
| Poretrykk | 3/-3 | 1 | -3 | Poretrykksmålinger indikerer undertrykk for de dypeste målemerne. |
| Kvikkleiremektighet | 2 | 1 | 2 | Mektighet av kvikkleireforekomsten er tidligere registrert inntil ca.20 m /8/, dvs. < H/4, der H=90 m |
| Sensitivitet | 1 | 2 | 2 | St er for enkeltprøver tidligere /5/målt opptil 50 i kvikkleira. |
| Erosjon | 3 | 2 | 6 | Erosjonen som er registrert i bekkedalene er sannsynligvis ikke i direkte kontakt med kvikkleire. |
| Inngrep | 3/-3 | 0 | 0 | Det er tatt utgangspunkt i dagens situasjon. Ved større inngrep (tiltaksklasse K2-K4) kreves det dokumentert sikkerhet for det aktuelle prosjektet. |
| Poengverdi | | | 15 | Gir faregradsklasse "Lav" |

Tabell 4-6 Faregradsevaluering av Korsgata, utført ihht. /4/.

| Faktorer | Vekttall | Score | Produkt | Merknad/vurdering |
|----------------------|----------|-------|-----------|---|
| Tidl. skredaktivitet | 1 | 0 | 0 | Ingen tidl. Skredaktivitet funnet basert på kvartergeologiske kart. |
| Skråningshøyde | 2 | 3 | 6 | Total høydeforskjell i er ca. H=70 m. For stabilitetskritiske skråninger er høyden imidlertid mindre. |
| OCR | 2 | 2 | 4 | Basert på tolking av utført CPTU er overkonsolideringsgrad generelt > 1,2. |
| Poretrykk | 3/-3 | 1 | -3 | Poretrykksmålinger indikerer undertrykk for de dypeste målemerne. |
| Kvikkleiremektighet | 2 | 1 | 2 | Mektighet av kvikkleireforekomsten (sensitiv leire) er registrert inntil ca. 4 m, dvs. < H/4, der H=70 m |
| Sensitivitet | 1 | 2 | 2 | S _t er for enkeltprøver målt opptil 55 i kvikkleira |
| Erosjon | 3 | 2 | 2 | Det er ikke foretatt en detaljert befaring med tanke på erosjon i denne sonen. Det er antatt samme forhold som lengre sør i Korsgatabekken. |
| Inngrep | 3/-3 | 0 | 0 | Det er tatt utgangspunkt i dagens situasjon. Ved større inngrep (tiltaksklasse K2-K4) kreves det dokumentert sikkerhet for det aktuelle prosjektet. |
| Poengverdi | | | 13 | Gir faregradsklasse "Lav" |

Soner med poengverdi mellom 0 og 17 havner i faregradsklasse lav. Basert på de nye vurderingene er dermed sonen reklassifisert med **faregrad lav**. På grunnlag av de oppsatte kriteriene vil dermed sonen, relativt sett, ha lav sannsynlighet for at skred skal inntreffe.

4.5 Risikoklasse

Risiko er definert som sannsynlighet ganger konsekvens. For evaluering av kvikkleiresoner er det benyttet et risikobegrep som er lik skadekonsekvens ganger faregrad der tallverdien for risiko framkommer ved å multiplisere prosenttallet av skadekonsekvens med prosenttallet av faregrad /3/. Følgende tall er beregnet for kvikkleiresonene

$$\text{Tronstad:} \quad \text{Risiko} = \left[\frac{30}{45} \cdot 100 \right] \cdot \left[\frac{15}{51} \cdot 100 \right] = 1961 \quad = \text{risikoklasse 4}$$

$$\text{Korsgata:} \quad \text{Risiko} = \left[\frac{26}{45} \cdot 100 \right] \cdot \left[\frac{13}{51} \cdot 100 \right] = 1473 \quad = \text{risikoklasse 3}$$

Dette medfører risikoklasse 4 for sone Tronstad og klasse 3 for Korsgata.

4.6 Nytt forslag til soneinndeling og klassifisering

4.6.1 Tronstad

På bakgrunn av de supplerende undersøkelsene tilrås det at sonen Tronstad innsnevres noe. I og med at faresonene skal representere en realistisk maksimal utbredelse av et eventuelt skred kan imidlertid noen masser som ikke er sensitive inngå i et slikt skred. Forslag til ny soneinndeling er vist på borplanen i tegning 412498-1. Som vist så foreslås det å innsnevre sonen noe i nord.

Den østlige delen av sonen er foreslått å inkludere all bebyggelse i midten av sonen da utstrekningen er noe usikker. Videre sørover foreslås det å trekke sonen noe lengre vest. Dette begrunnes i de utførte dreietrykksonderingene 8, 9 og 10 i denne omgangen samt tidligere utførte undersøkelser av SVV for en alternativ vegtrasé /19/ har avdekket ikke-sensitive masser.

Vest i sonen foreslås det å trekke sonen langs Korsgatabekken og ned til Ytterelva da eventuelle utglidninger lenger oppe kan medføre utglidninger også i ikke-sensitive masser. Det er registrert kvikkleire for deler av Lastøra, helt sørvest på borplanen. Det foreslås å inkludere disse boringene inn i sonen da en eventuell oppdemming av Ytterelva kan medføre graving også i dette området.

På bakgrunn av faregrads- og konsekvensvurderingene presentert i kapittel 4 tilrås det at sone Tronstad får følgende status:

- ✓ Faregrad: Lav
- ✓ Konsekvens: Meget alvorlig
- ✓ Risiko: Klasse 4

4.6.2 Korsgata

Nord for sone Tronstad er det påvist et lag med sensitiv leire ved punkt 7, 18, 19 og 20. I tillegg er det utført en rekke boringer av SVV i 1979 som indikerer sensitive lag. Dette laget er av relativt liten mektighet, maksimalt ca. 4 m.

Begrensningen av denne sonen er basert på utførte sonderinger i øst, sør og vest. I nord er den ikke avgrenset i helhet, men her tilrås det å trekke sonen til grensen for saltvannsavsetninger basert på kvartærgeologisk kart. Forslaget til soneinndeling er vist på tegning 412498-1.

Og den nye sonen (foreløpig kalt Korsgata) får følgende status:

- ✓ Faregrad: Lav
- ✓ Konsekvens: Meget alvorlig
- ✓ Risiko: Klasse 3

5. Områdestabilitet

5.1.1 Vurdering av stabilitetskritiske profiler

Stabilitetskritisk område:

Stabilitetskritiske områder der det er påvist kvikkleire vurderes å være et profil som går nord for industriområdet ned til Ytterelva, Profil 2 (se borplan tegning nr. 412498-1), samt et profil som går ned mot Korsgatabekken midt i sonen (Profil 3).

For profil 2 er det foretatt en dreietrykksondering i denne omgangen, punkt 2. Tidligere er det imidlertid foretatt dreietrykksonderinger og opptak av 54 mm prøvesylindere med rutineundersøkelser. Profil 2 er vist i tegning nr. 412498-101. Avgrensingen av kvikkleire ned mot Ytterelva er noe usikker. I beregningene er det antatt at denne kiler ut ned mot borpunkt 2 der det er registrert faste masser i 5 m dybde og stopp mot fast grunn. Lenger ned mot elva er det imidlertid tidligere sondert dypere, her indikerer dreietrykksonderingen et fastere lag under topplaget av sand. Det er en relativt glatt og bratt borkurve, noe som kan indikere overkonsolidert leire (se tegning 412498-101). Det forventes at denne delen av profilet har vesentlig høyere udrenert skjærstyrke enn ved tidligere dreietrykksondering Noteby 2 og Noteby 3. Det er uansett valgt å tolke dette som et lag med leire beregningene

Ved profil 3 er det tidligere grunnundersøkt i forbindelse med utbygging av FV 86 /10/. Det er presentert et profil i SVV's rapport der det er utført dreiesonderinger, vingebor og opptak av prøver for klassifisering. Disse er også presentert i vårt profil 3, se tegning nr. 412498-102. Dette gir en god bestemmelse av lagdelingen i dette profilet. Kvikkleira er påvist i dybder fra 6 til 10 m u.t., mens mektigheten er noe usikker. Det er i dette profilet tidligere utført stabilitetsforbedrende tiltak i form av oppfylling av dalbunnen samt at bekken er lagt i rør.

Stabilitetsvurdering av øvrige områder:

I tillegg er det sett på et profil ved Tronstad midt i sonen (tegning nr. 412498-101) der det er påvist kvikkleire. Her er det utført både CPTU og opptak av prøver med treaksialforsøk, slik at grunnlaget er noe bedre for uttak av skjærstyrkeparametere.

5.1.2 Styrkeparametere og beregningsmetodikk

Valgte styrkeparametere for udrenert skjærstyrke er hovedsakelig basert på utførte CPTU-sonderinger. Opptatte 54 mm sylinderprøver er vurdert å være forstyrret, slik at målt skjærstyrke gir for lave verdier også for treaksialforsøkene.

CPTU-sonderingene er tolket ved hjelp av egenutviklede tolkingsverktøy, der udrenert skjærstyrke er tolket in-situ via empiriske korrelasjoner som er tilbakeregnet fra blokkprøver /28/ og /30/. For punkt 12 er det benyttet tolkning på spissmotstandsbasis da dette er relativt grove masser der det bygges lite poretrykk under sonderingen. Ved punkt 16, NO97-2 og 19 er det imidlertid forhold som gjør at en poretrykksbasert tolkning er foretrukket når en kommer ned i det homogene leirlaget. For dybder ned til ca. 5 meter i punkt 19 er det imidlertid vektlagt spissmotstandstolkning også her da det bygges lite/ uryddig poretrykk. Det er vedlagt tegninger som viser tolket s_u^A og tolket OCR. For alle tolkninger er skjærstyrken redusert med 15 % i og med at skjærstyrken er tatt ut fra blokkprøvekorrelasjoner.

I profil 1 er det utført beregninger både på effektivspenningsbasis og en ADP-analyse. Det er for ADP-analysen tatt utgangspunkt i konstant overkonsolidering på $\Delta p' = 130$ kPa, noe som er tolket i CPTU både ved borpunkt NGI-19 og NO97-2. For effektivspenningsanalysen i profil 1

er det benyttet antatt konservative verdier i hele løsmasselaget på $a = 10 \text{ kPa}$ og $\varphi = 26,7^\circ$.
Benyttede materialparametere er vist i Tabell 5-1.

Tabell 5-1 Lagdeling med styreparametere profil 1.

| Lag | Materiale | Tyngdetetthet [kN/m ³] | Friksjonsvinkel, φ [°] | Attraksjon, a [kPa] | Udrenert skjærstyrke, s_u^A [kPa] | s_u^{DSS}/s_u^A [-] | s_u^P/s_u^A [-] |
|-----|-----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|---|--------------------------|----------------------|
| 1 | Tørr- skorpe | 19,5 | 26,7 | 0 | - | - | - |
| 2 | Sand | 19,5 | 33,0 | 0 | - | - | - |
| 3 | Leire | 19,5 | 26,6 | 5 | Se tegning – 114 & 118 | 0,6 | 0,3 |
| 4 | Kvikkleire | 19,5 | 21,8 | 0 | Se tegning – 114 & 118 | 0,6 | 0,3 |
| 5 | Leire | 19,5 | 26,6 | 0 | Se tegning – 114 & 118 | 0,6 | 0,3 |
| 6 | Morene | 19,5 | 38,0 | 10 | - | - | - |

De drenerte beregningene utført i profil 2 er utført med erfaringsverdier på friksjonsvinkel og attraksjon, antatt noe konservativt i og med at det ikke er utført treaksialforsøk her og for å ta høyde for prinsippet om tøyingskompatibilitet som beskrevet i /1/.

I profil 2 er det utført beregninger basert på tolket CPTU i borpunkt NO97-2. Det er lagt til grunn en normaliseringsfunksjon basert på tidligere overlagingstrykk (SHANSEP). Det er for hele profilet tatt utgangspunkt i denne ene tolkningen, noe som anses som konservativt da terrengnivået antagelig er noe nederodert ned mot Ytterelva. Det er utført en ADP-analyse i stabilitetsprogrammet GeoSuite /33/ der det er antatt konservative ADP forhold på $s_u^{DSS}/s_u^A = 0.6$ og $s_u^P/s_u^A = 0.3$. For uttak av s_u -profil er det antatt hydrostatisk poretrykk med grunnvannstand 2 m under terreng. Dette er også lagt inn i beregningen i GeoSuite. En tyngdetetthet på $19,5 \text{ kN/m}^3$ er benyttet. Tabell 5-2 viser jordarts- og styrkeparametere som er benyttet i stabilitetsberegningene for profil 2

Tabell 5-2 Lagdeling med styreparametere profil 2.

| Lag | Materiale | Tyngdetetthet [kN/m ³] | Friksjonsvinkel, φ [°] | Attraksjon, a [kPa] | Udrenert skjærstyrke, s_u^A [kPa] | s_u^{DSS}/s_u^A [-] | s_u^P/s_u^A [-] |
|-----|------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|---|--------------------------|----------------------|
| 1 | Sand | 19,5 | 33,0 | 0 | - | - | - |
| 2 | Leire | 19,5 | 26,6 | 5 | Se tegning – 118 | 0,6 | 0,3 |
| 3 | Kvikkleire | 19,5 | 21,8 | 0 | Se tegning – 118 | 0,6 | 0,3 |
| 4 | Leire | 19,5 | 26,6 | 0 | Se tegning – 118 | 0,6 | 0,3 |
| 5 | Morene | 19,5 | 38,0 | 10 | - | - | - |

I profil 3 er det tidligere utført 2 vingeboringer som viser lave s_u -verdier i dybden. Dersom disse verdiene ble benyttet direkte i en stabilitetsberegning ville det sannsynligvis resulterte i en beregnet sikkerhetsfaktor mindre enn 1,0. Sammenligningsstudier på uttak av skjærstyrke viser imidlertid at vingebor underestimerer skjærstyrken for lavplastiske leirer og spesielt i kvikkleire

(bla diskutert i /35/). Det er derfor valgt å ikke benytte disse verdiene direkte i beregningen. I stedet er det utført supplerende CPTU der det er dokumentert at leira er noe overkonsolidert i toppen. Det er utført en ADP-analyse i stabilitetsprogrammet GeoSuite med samme verdier som for profil 2. Det er tatt hensyn til at terrengnivået er nederodert slik at det er relativt sett høyere overkonsolideringsgrad ned i skråningen. For beregnet s_u -profil er det tatt utgangspunkt i SHANSEP med normaliseringsforhold 0,30 og spenningseksponent $m = 0,9$. Det er konservativt modellert med grunnvannstand hydrostatisk fra 2 meter under terreng.

For dette snittet er det tidligere utført stabilitetsforbedrende tiltak da bekken ble lagt i rør. I og med at sikkerheten er beregnet til 1,4 er det ikke funnet nødvendig å beregne hvilken prosentvis forbedring dette tiltaket utgjorde.

Tabell 5-3 Lagdeling med styrkeparametere profil 3.

| Lag | Materiale | Tyngdetetthet [kN/m ³] | Friksjonsvinkel, ϕ [°] | Attraksjon, a [kPa] | Udrenert skjærstyrke, s_u^A [kPa] | s_u^{DSS}/s_u^A [-] | s_u^P/s_u^A [-] |
|-----|-------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--|--------------------------|----------------------|
| 1 | Sandig grus | 20,0 | 37,0 | 0 | - | - | - |
| 2 | Leire | 20,0 | 26,6 | 5 | Se tegning - 120 | 0,6 | 0,3 |
| 3 | Kvikkleire | 20,0 | 21,8 | 0 | Se tegning - 120 | 0,6 | 0,3 |
| 5 | Morene | 20,0 | 38,0 | 10 | - | - | - |

5.1.3 Beregningsresultater og vurderinger

Resultater fra utførte beregninger på effektiv- og totalspenningsbasis er vist i Tabell 5-4. De drenerte beregningene er utført i elementmetodeprogrammet PLAXIS. Også beregninger med midlere udrenert skjærstyrke er utført i PLAXIS. Disse er imidlertid å betrakte som overslagsberegninger da det er utført mer raffinerte beregninger i GeoSuite. For utskrift av PLAXIS-beregningene se Vedlegg A mens utskrifter fra GeoSuite er vist på tegning 412498-160 til 162. Kritisk skjærflate fra PLAXIS-beregningene er vist på Figur 5-1 til Figur 5-5. Som det framgår av resultatene er minste beregnet sikkerhetsfaktor på effektivspenningsbasis (langtidstilstanden) i profil 3 $F_s = 1,64$ og for ADP-analyse i samme profil $F_s = 1,48$.

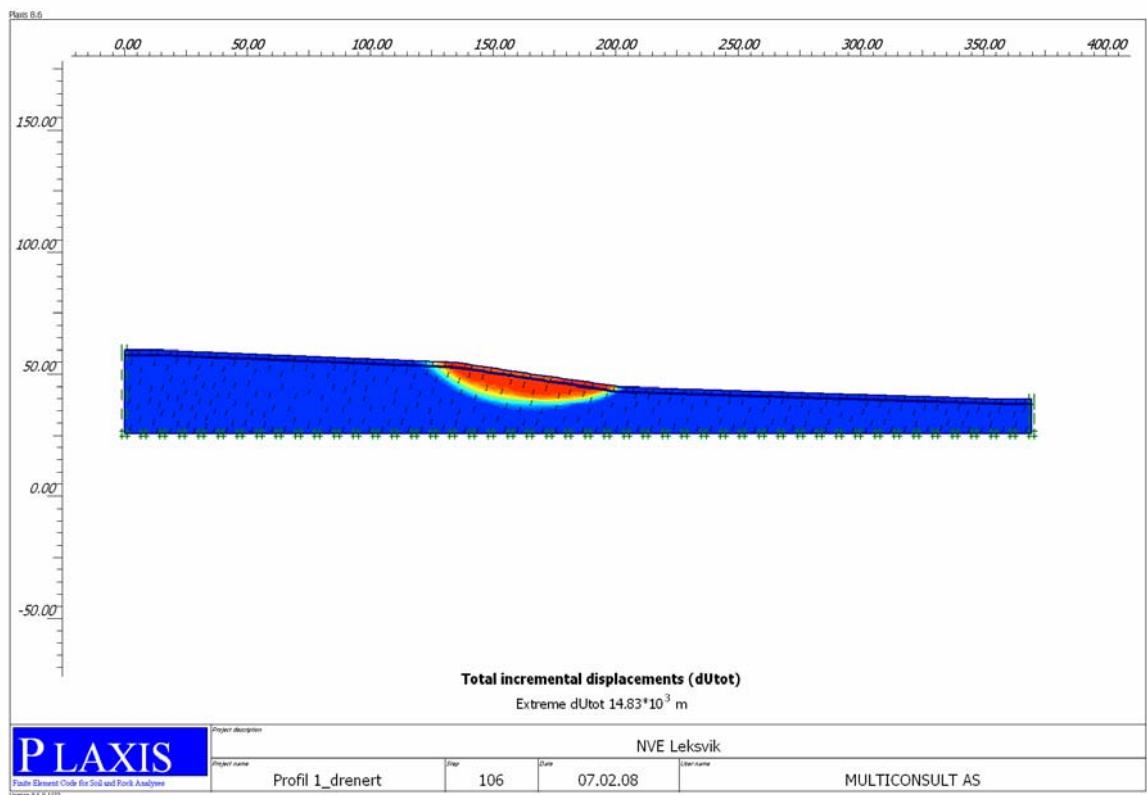
Beregninger på totalspenningsbasis ble i første omgang utført med en isotrop jordmodell, der midlere skjærstyrke er korrelert mot effektivspenning i kvikkleire og leire basert på konservative antagelser. Disse beregningene er å betrakte som konservative overslagsberegninger.

I profil 1 er det også for ADP-analysen kontrollert langstrakte skjærflater som går ned mot profil 2 hvor det kan forventes kontinuerlige lag av kvikkleire. Kritisk skjærflate i profil 1 er imidlertid funnet til å ligge lokalt rundt det bratteste partiet.

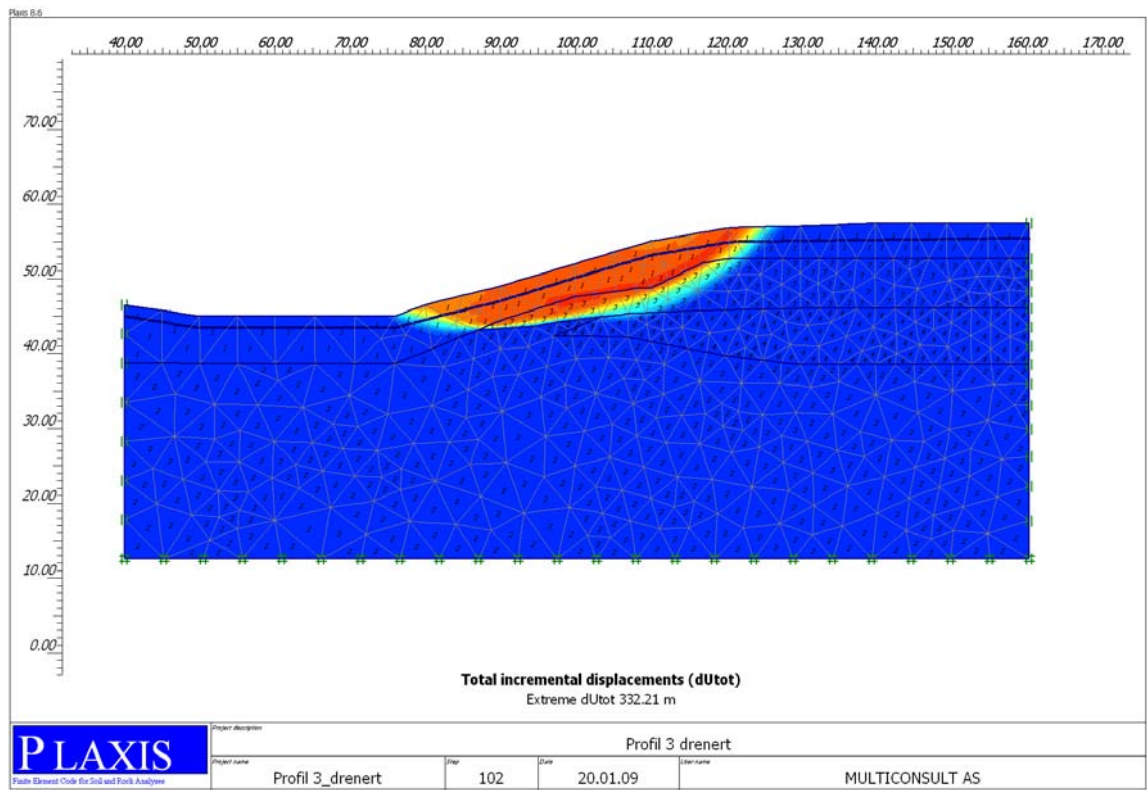
Tabell 5-4 Resultater fra stabilitetsberegninger - sikkerhetsfaktorer.

| Profil | Drenert - Effektivspenningsanalyse | Udrenert – totalspenningsanalyse- midlere s_u | Udrenert – totalspenningsanalyse- midlere ADP |
|--------|---------------------------------------|---|---|
| | PLAXIS | PLAXIS | GeoSuite / BEAST |
| 1 | 2,63 | - | 1,88 |
| 2 | 1,89 | 1,45 | 1,55 |
| 3 | 1,64 | (1,28) ¹⁾ | 1,48 |

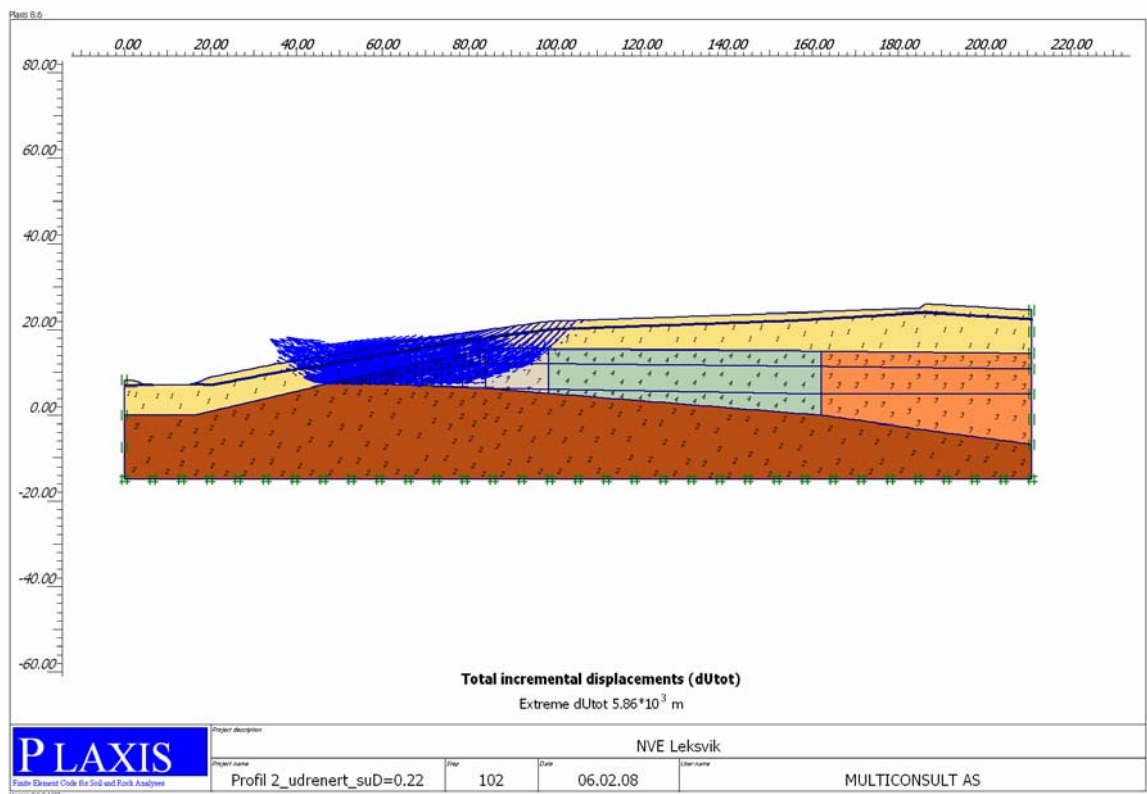
¹⁾ Basert på laveste sannsynlige s_u for siste runde med grunnundersøkelser - konservativt.



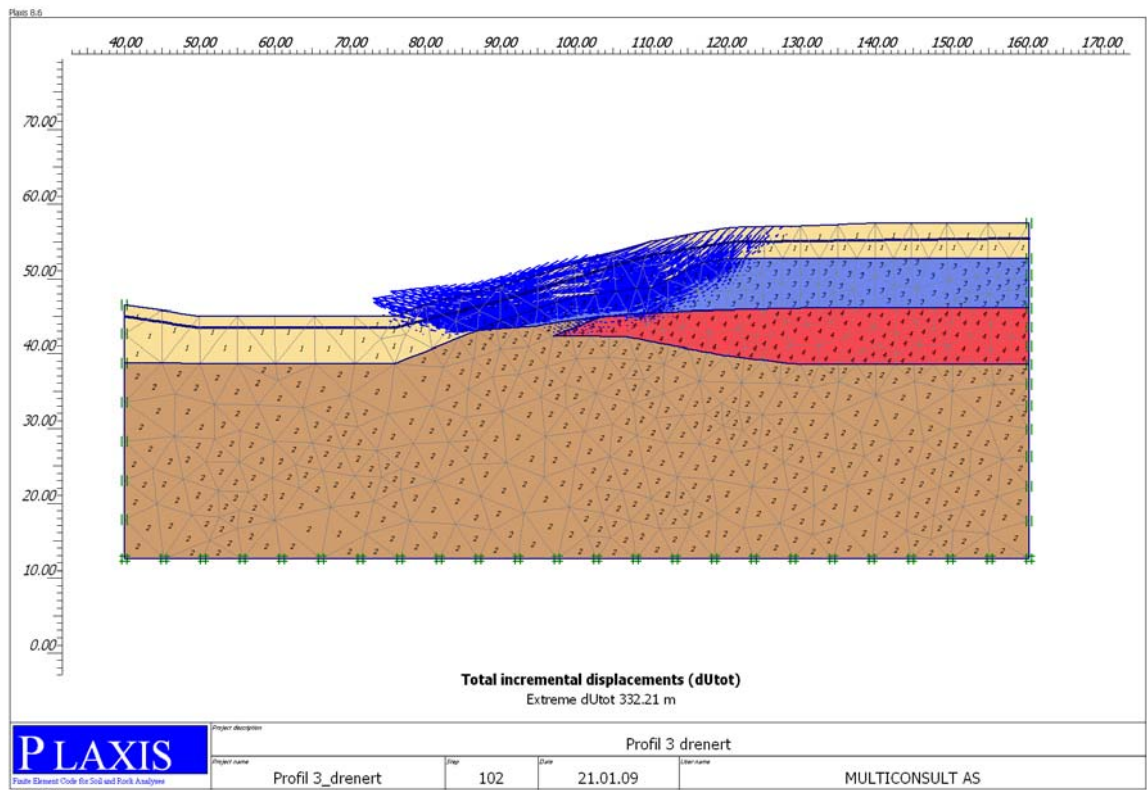
Figur 5-1 Kritisk skjærflate profil 1 for effektivspenningsanalyse etter c-phi reduksjon i PLAXIS.



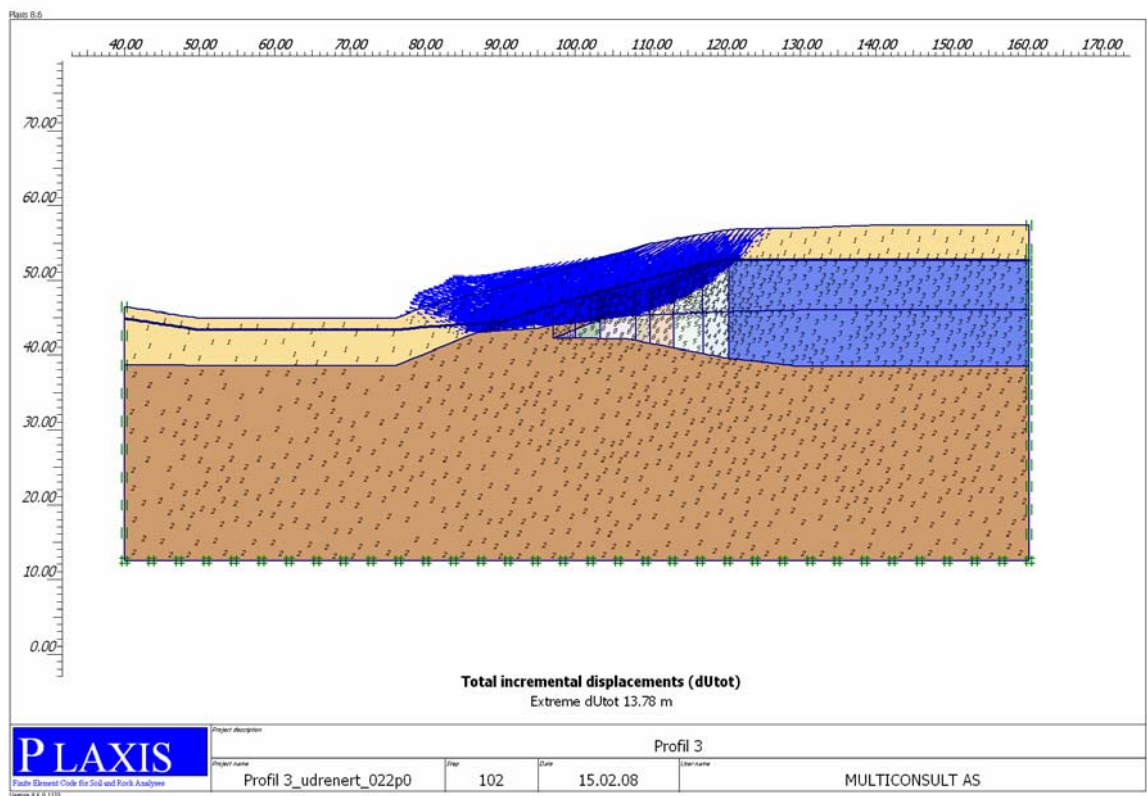
Figur 5-2 Kritisk skjærflate profil 2 for effektivspenningsanalyse etter c-phi reduksjon i PLAXIS.



Figur 5-3 Kritisk skjærflate profil 2 for totalspenningsanalyse etter c-phi reduksjon i PLAXIS.



Figur 5-4 Kritisk skjærflate profil 3 for effektivspenningsanalyse etter c-phi reduksjon i PLAXIS.



Figur 5-5 Kritisk skjærflate profil 3 for totalspenningsanalyse etter c-phi reduksjon i PLAXIS.

Konklusjon stabilitetsberegninger:

Det er dokumentert sikkerhetsfaktorer $F_s > 1,4$ for alle analyserte profiler. Utførte stabilitetsberegninger viser at både kortidstilstanden og langtidsstabiliteten på effektivspenningsbasis er tilstrekkelig.

Det understrekes at det ikke er gjort detaljerte vurderinger av en eventuell utbygging av verken sonen eller de analyserte profilene.

6. Konklusjon og behov for tiltak

Stabilitetsanalyser viser at det er tilstrekkelig sikkerhet mot skred i sonene. Det er ikke dokumentert forhold som viser aktiv graving i bekkene/ elva i sonene. Det er derfor etter vår mening ikke behov for tiltak i sonene.

Det tilrås uansett at det utføres jevnlig overvåkning av erosjonsforholdene i sonene slik at en unngår initialhendelser som kan medføre bakovergripende kvikkleireskred. Spesielt bør det utføres en befaring langs Korsgatabekken i sone Korsgata. Denne befaringen bør fortrinnsvis utføres under vårløsning/ ved høy vannføring.

7. Sluttkommentar

Geotekniske vurderinger i denne rapporten er av generell karakter i forbindelse evalueringen av sonen.

Det vil være behov for ytterligere medvirkning av geotekniker og supplerende undersøkelser ved detaljprosjektering av eventuell utbygging og/ eller masseforflytning innenfor kvikkleiresonen.

8. Referanser

- /1/ NVE. *Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag*. Datert 01.07.2008.
- /2/ NVE (2005). *Klassifisering av kvikkleiresoner. Åfjord, Bjugn, Leksvik og Orkanger*. Datert 06.01.2005.
- /3/ NGI rapport nr. 20001008-31. *Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred i Leksvik kommune*. Datert 17.01.2006.
- /4/ NGI rapport nr. 20001008-2. *Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire*. Rev 2, datert 16.12.2006.
- /5/ NGI rapport nr. 910043-2. *Kartlegging av kvikkleireområder*. 1992
- /6/ Rambøll rapport nr. 6070700-01. *NVE Region Midt-Norge. Leksvik område Tronstad*. Datert 20.12.2007.
- /7/ Rambøll rapport nr. 6070700-03. *NVE Region Midt-Norge. Leksvik område Tronstad*. Datert 09.12.2008.

- /8/ Noteby rapport nr. 57186-1. *Grandan øvre, Leksvik. Industritomt. Geotekniske undersøkelser.* Datert 10.05.1996.
- /9/ Noteby rapport nr. 57305-1. *Industriområde Grandan, Leksvik. Geotekniske undersøkelser. Vurdering av utbyggingsmuligheter.* Datert 03.04.1997.
- /10/ Statens vegvesen rapport VD-566A. *Fylkesveg 86 Grande-Myran. Grunnundersøkelser for utbygging langs eksisterende veg. Bakkeplanering, anleggsveg ved profil 650.* Datert 16.05.1979.
- /11/ Statens vegvesen rapport VD-566B. *Fylkesveg 86 Grande-Myran. Grunnundersøkelser for utbygging langs eksisterende veg. Bakkeplanering, anleggsveg ved profil 650.* Datert 02.10.1979.
- /12/ Statens vegvesen rapport VD-899B-2. *RV. 755 Leksvik. Grunnundersøkelser for fylling ved Grande ytre.* Datert 03.04.1986.
- /13/ Statens vegvesen rapport VD-899B-3. *RV. 755 Leksvik. Utvidelse av fyllingsområde ved Grande ytre.* Datert 18.06.1986.
- /14/ Statens vegvesen rapport G-296A-1. *Leksvik kommune. Grunnundersøkelser på Lastøra.* Datert 03.12.1974.
- /15/ Statens vegvesen rapport VD-711B. *RV. 755 Leksvik – X Fv. 89. Grunnundersøkelser for detaljplan.* Datert 04.02.1994.
- /16/ Statens vegvesen rapport VD-899B. *RV. 755 Leksvik. Grunnundersøkelser for byggeplan Røstad - Leksvik.* Datert 29.05.1985.
- /17/ Statens vegvesen rapport VD-899A. *RV. 755 Leksvik. Grunnundersøkelser bru over Ytterelva.* Datert 28.03.1985.
- /18/ Statens vegvesen rapport G-278A. *FV. 86 Rønningen – Myran, Leksvik.* Datert oktober 1974.
- /19/ Statens vegvesen rapport VD-711A. *RV. 755 Grande – Røstad, Leksvik.* Datert 1976.
- /20/ Geoteam rapport nr. 32898.1. *Industriområde Ytterelva. Geotekniske undersøkelser.* Datert 21.08.1992.
- /21/ Geoteam rapport nr. 32443.01. *Lastøra industriområde. Geotekniske vurdering.* Datert 29.08.1990.
- /22/ Geoteam rapport nr. 32433.02. *Lastøra industriområde. Geotekniske gjennomførbarhetsvurdering.* Datert 08.02.1991.
- /23/ Kummeneje rapport nr. o.1737. *Havneanlegg Leksvik. Enkel grunnundersøkelse og stabilitetsmessig vurdering.* Datert 01.02.1974.
- /24/ Kummeneje rapport nr. o.1737-2. *Mudring for småbåthavn- og kaibasseng. Fundamentering av kai. Grunnundersøkelser og geoteknisk vurdering.* Datert 03.11.1978.
- /25/ Kummeneje rapport nr. o.2070-2. *Havne og industriområde. Supplerende vurderinger av*

- oppfyllings- og stabilitetsforhold. Datert 07.07.1976.
- /26/ Kummeneje rapport nr. o.2070-3. *Grunnundersøkelser av massetak for mudring utenfor Lastøra. Geoteknisk vurdering.* Datert 19.12.1977.
- /27/ Kummeneje rapport nr. o.3813-3. *Rønningstua, Leksvik. Geoteknisk undersøkelse for nybygg.* Datert 24.05.1982.
- /28/ CPTU EXTRA. *Regneark for avansert tolkning av CPTU.* Brukermanual utviklet av Rolf Sandven. Datert 25.06.2007.
- /29/ Lunne T., Robertson P.K. og Powell J.J.M. (1997). *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice.* Blackie Academic & Professional.
- /30/ Karlsrud K. et al. (2005). *CPTU correlations for clays.* Proceedings, ICSMGE, Osaka s 693 - 702.
- /31/ PLAXIS bv (2006). *PLAXIS 2D - Version 8 users manual.* Delft, Nederland.
- /32/ STABIL v.3 (2000). *A Program for Stability Analysis of Slopes.* Multiconsult rapport nr. 39100-1, datert 01.10.2000.
- /33/ GeoSuite Stability v.4.0 (2008). *Novapoint GeoSuite Toolbox.* Vianova GeoSuite AB , datert 16.04.2008.
- /34/ Karlsrud K. , Aas G. and Gregersen O. (1984). *Can we predict landslides hazards in soft sensitive clays? Summary of Norwegian Practice and Experiences.* Proceedings of the 4th International Symposium on Landslides, Toronto, Vol I, p. 107-130.
- /35/ Karlsrud K. (2003). *Tolkning og fastlegging av jordparametere. Karakteristisk jordprofil.* NGF-kurs. Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger, innlegg 4.1. 20-22 mai 2003, Hell.

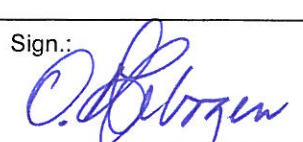
Arkivreferanser:

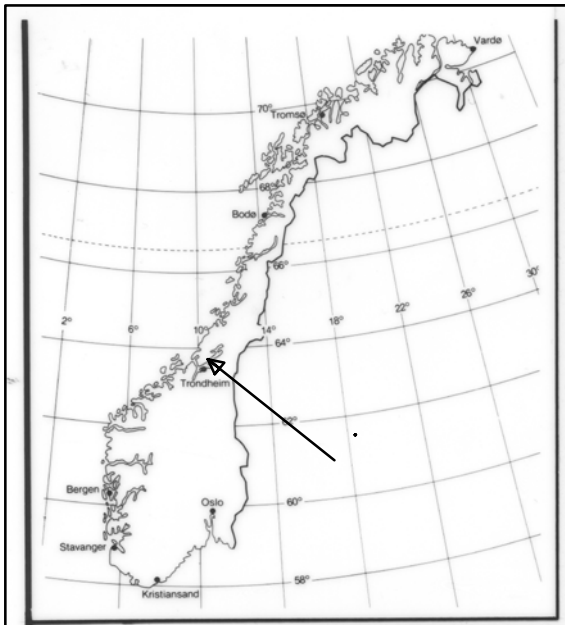
| | | | |
|-------------|-------------------------------------|------------------------|-------------|
| Fagområde: | Geoteknikk | | |
| Stikkord: | Kvikkleire, kartlegging, stabilitet | | |
| Land/Fylke: | Nord-Trøndelag | Kartblad: | 1622III |
| Kommune: | Leksvik | UTM koordinater, Sone: | 32V |
| Sted: | Tronstad | Øst: 5797 | Nord: 70609 |

Distribusjon:

- Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)
 Intern
 Fri

Dokumentkontroll:

| | | Dokument | | Revisjon 1 | | Revisjon 2 | | Revisjon 3 | |
|---|-------------|-----------------|------|------------|------|---|------|------------|------|
| | | 3. februar 2009 | | | | | | | |
| | | Dato | Sign | Dato | Sign | Dato | Sign | Dato | Sign |
| Forutsetninger | Utarbeidet | 3/2-09 | ET | | | | | | |
| | Kontrollert | 3/2-09 | HN | | | | | | |
| Grunnlagsdata | Utarbeidet | 3/2-09 | ET | | | | | | |
| | Kontrollert | 3/2-09 | HN | | | | | | |
| Teknisk innhold | Utarbeidet | 3/2-09 | ET | | | | | | |
| | Kontrollert | 3/2-09 | HN | | | | | | |
| Format | Utarbeidet | 3/2-09 | ET | | | | | | |
| | Kontrollert | 3/2-09 | HN | | | | | | |
| Anmerkninger | | | | | | | | | |
| Godkjent for utsendelse (Seksjonsleder/Avdelingsleder) | | | | Dato: | | Sign.: | | | |
| | | | | 03.02.2009 | |  | | | |



NVE Region Midt-Norge
 Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik
 Tronstad, Leksvik

| | |
|--|-----|
| Original format A4 | Fag |
| Tegningens filnavn oversiktskart_Leksvik.dwg | |
| Underlagets filnavn | |

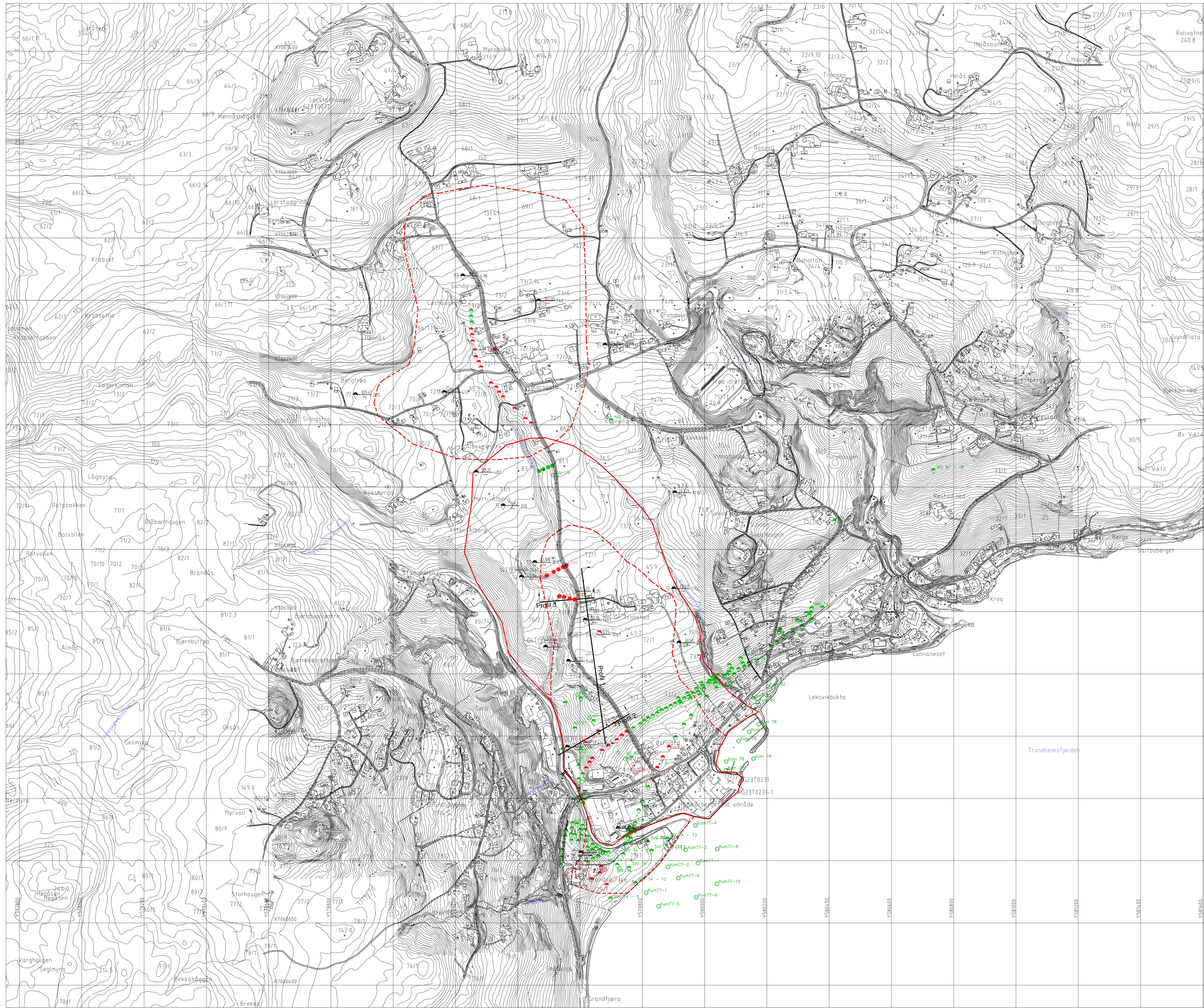
Oversiktskart

| | |
|-----------------------------|--|
| Målestokk 1:50000 | |
|-----------------------------|--|

MULTICONSULT AS

7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70

| | | | |
|-----------------------|------------------------|--------------------|----------------|
| Dato 07.02.2007 | Konstr./Tegnet erit | Kontrollert oaf | Godkjent oå |
| Oppdragsnr. 412498 | Tegningsnr. 0 | | Rev. |



Tegningsnett:

| | | |
|--------------|--------------|------|
| Tegningsnett | Tegningsnett | Rev. |
|--------------|--------------|------|

Fargekoder:
 Rød: antatt/ påvist kvikkleire/ sensitiv leire
 Grønn: antatt/ påvist ikke sensitiv leire
 Svart: nye sonderinger 2007/2008

NB! For sonderinger utført i 2007/2008 indikerer sonderingene innenfor sonene kvikk/ sensitiv leire
 ■ Opprinnelig kvikkleiresone
 ■■■■■ Forslag til ny soneavgrensning

Borprogram 2007:
 15 stk dreietrykkssonderinger
 2 prøveserier
 3 CPTU
 Installasjon av 4 hydrauliske poretrykksmålere

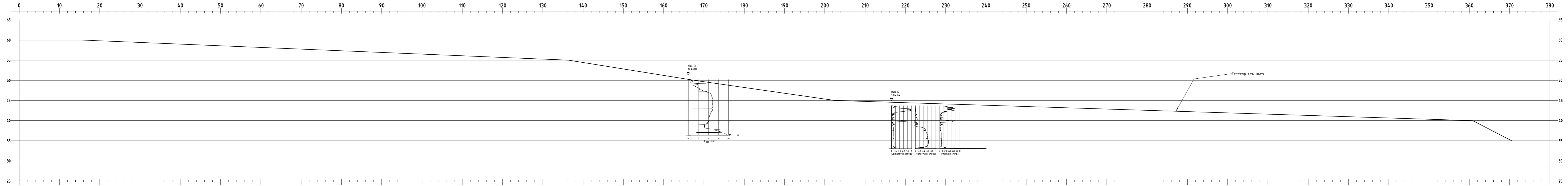
Borprogram 2008:
 2 stk totalsonderinger m/ fjellkontrollboring
 3 stk dreietrykkssonderinger
 3 CPTU
 Installasjon av totalt 6 hydrauliske poretrykksmålere i 3 punkter
 1 borhull med Ø54 mm prøvetaking

Forkortelser (årstall henviser til rapport):
 NO Noteby
 SV Statens vegvesen
 NDI Norges Geotekniske Institutt
 Kum Kummeneje
 GT Geoteam

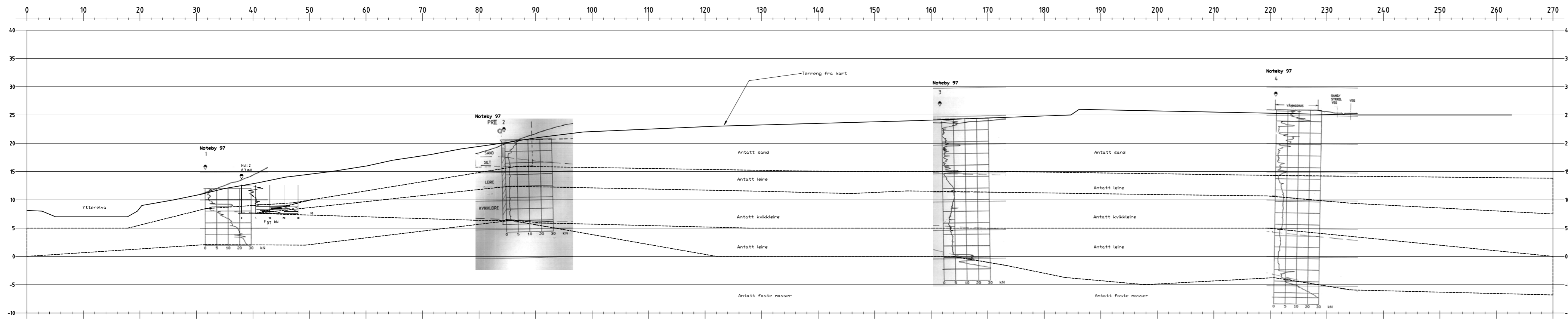
NB! Tidligere utførte boringer er omtrentlig plassert ut fra gamle borplaner og kan derfor avvike noe fra kartet.

| | | | | | |
|--------------------|--|------------|-----------------|-------------|----------|
| Rev. | beskrivelse | dato | tegner | kontr. | leder |
| | NVE Region Midt-Norge Trondheim, Leksvik Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik | 03.02.2009 | | | |
| Borplan | | | | | |
| MULTICONCONSULT AS | | | | | 1:4000 |
| Prosjekt | | 03.02.2009 | Kontroll/tegner | Kontrollert | Godkjent |
| No. 73 10 62 00 | | 412498 | 1 | Rev. | 08 |

Profil 1

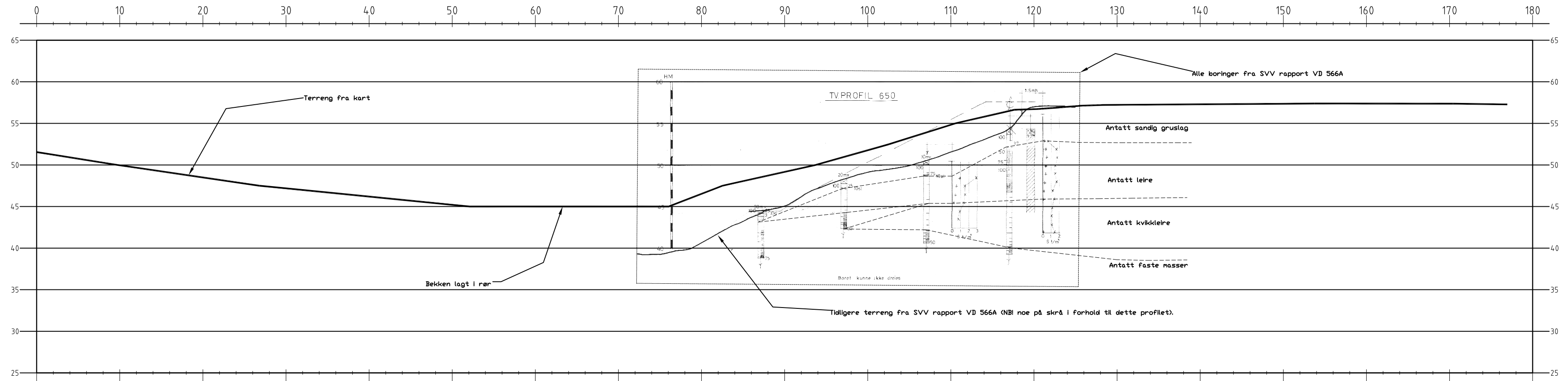


Profil 2

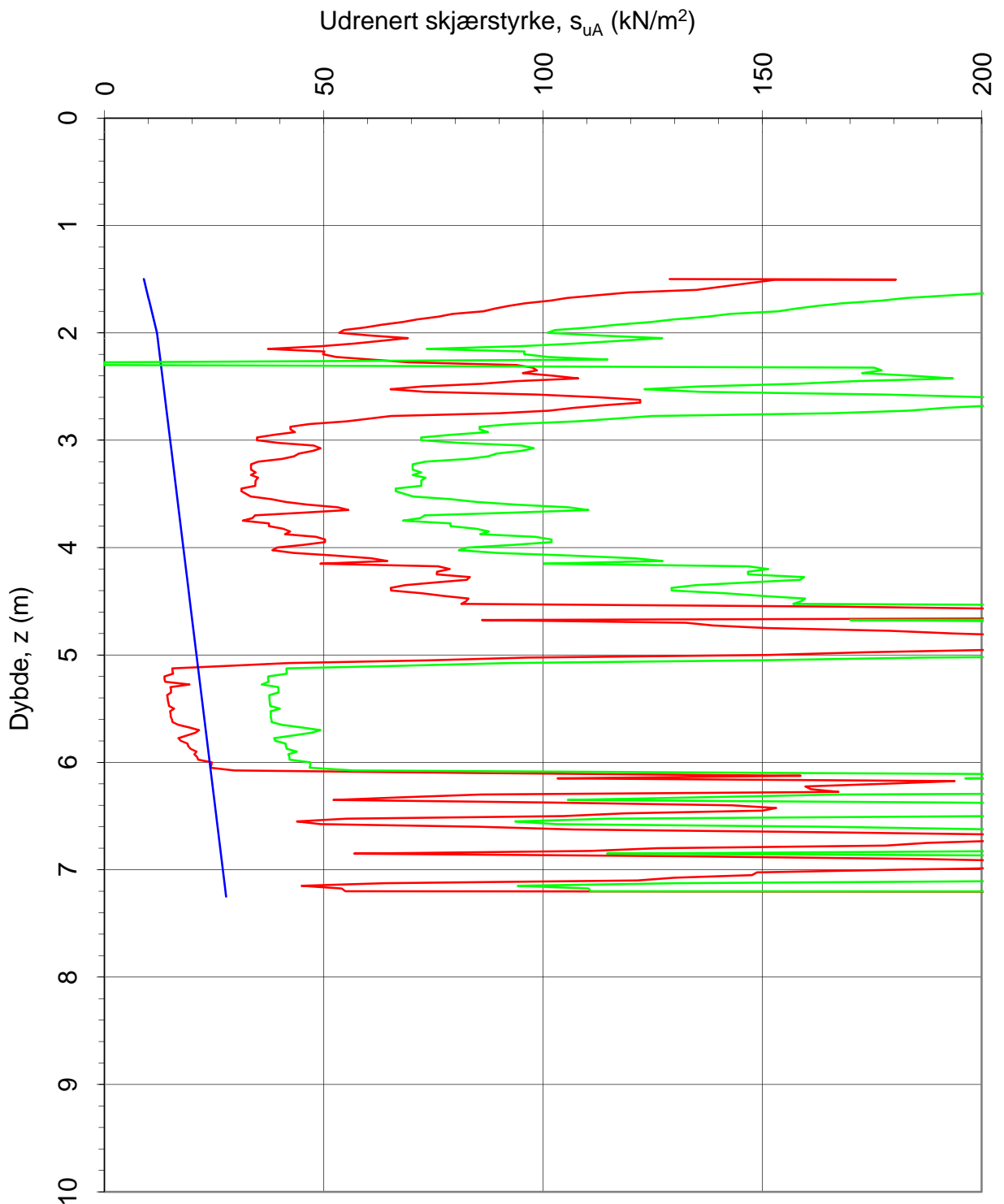


| | | | | | |
|---|---|--|---------------------|-------------|----------|
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
| | NVE Region Midt-Norge Tronstad, Leksvik Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik | Original format | Fag | | |
| | Profil 1 og 2 | Tegningens filnavn Borplan_tronstad_rev01.dwg | Underlagets filnavn | | |
| | | Målestokk | 1:500 | | |
| MULTICONSULT AS | | Dato | Konstr./Tegnet | Kontrollert | Godkjent |
| 7486 TRONDHEIM | | 03.02.2009 | erit | hn | oå |
| Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70 | | Oppdragsnr. | Tegningsnr. | | Rev. |
| | | 412498 | -101 | | |

Profil 3



| | | | | | |
|---|---|--|---|----------------|-------------|
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
| | NVE Region Midt-Norge Tronstad, Leksvik Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik | Original format | F | a | g |
| | Profil 3 | Tegningens filnavn Borplan_tronstad_rev01.dwg | Underlagets filnavn | | |
| | | Målestokk |  | | |
| | | 1:400 | | | |
| MULTICONSULT AS | | Dato 03.02.2009 | Konstr./Tegnet erit | Kontrollert hn | Godkjent oå |
| 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70 | | Oppdragsnr. 412498 | Tegningsnr. -102 | Rev. | |



— $suA = qn/(18.7-12.5 \cdot Bq)$
— $suA, NC, 0,3po'$
— $suA = qn/(7.8+2.5 \log OCR+0.082lp)$

NVE Kvikkleirekartlegging Leksvik

Tegningens filnavn:
CPTU_12_EXTRA.xls

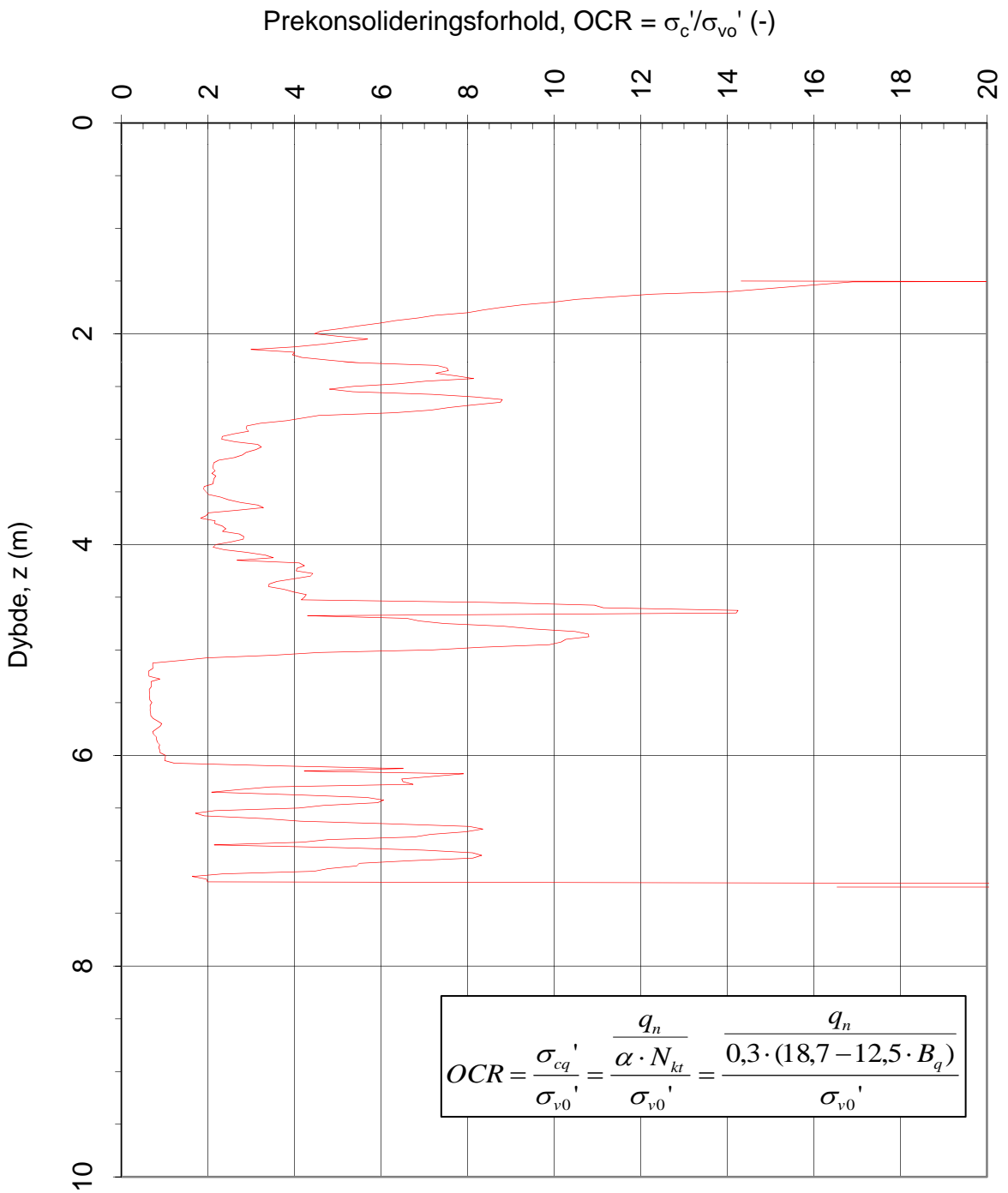
Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , tolket på spissmotstandsbasis



| | | | |
|------------------------|------------------|--------------|------------------|
| CPTU id.: | CPTU 12_Tronstad | | |
| MULTICONSULT AS | Dato: | Tegnet: | Kontrollert: |
| | 31.01.2008 | EriT | ARV |
| | Oppdrag nr.: | Tegning nr.: | Programrevisjon: |
| | 412498 | 110 | 14.08.2007 |

Godkjent:
OÅ

Rev.:



— Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, spissmotstand

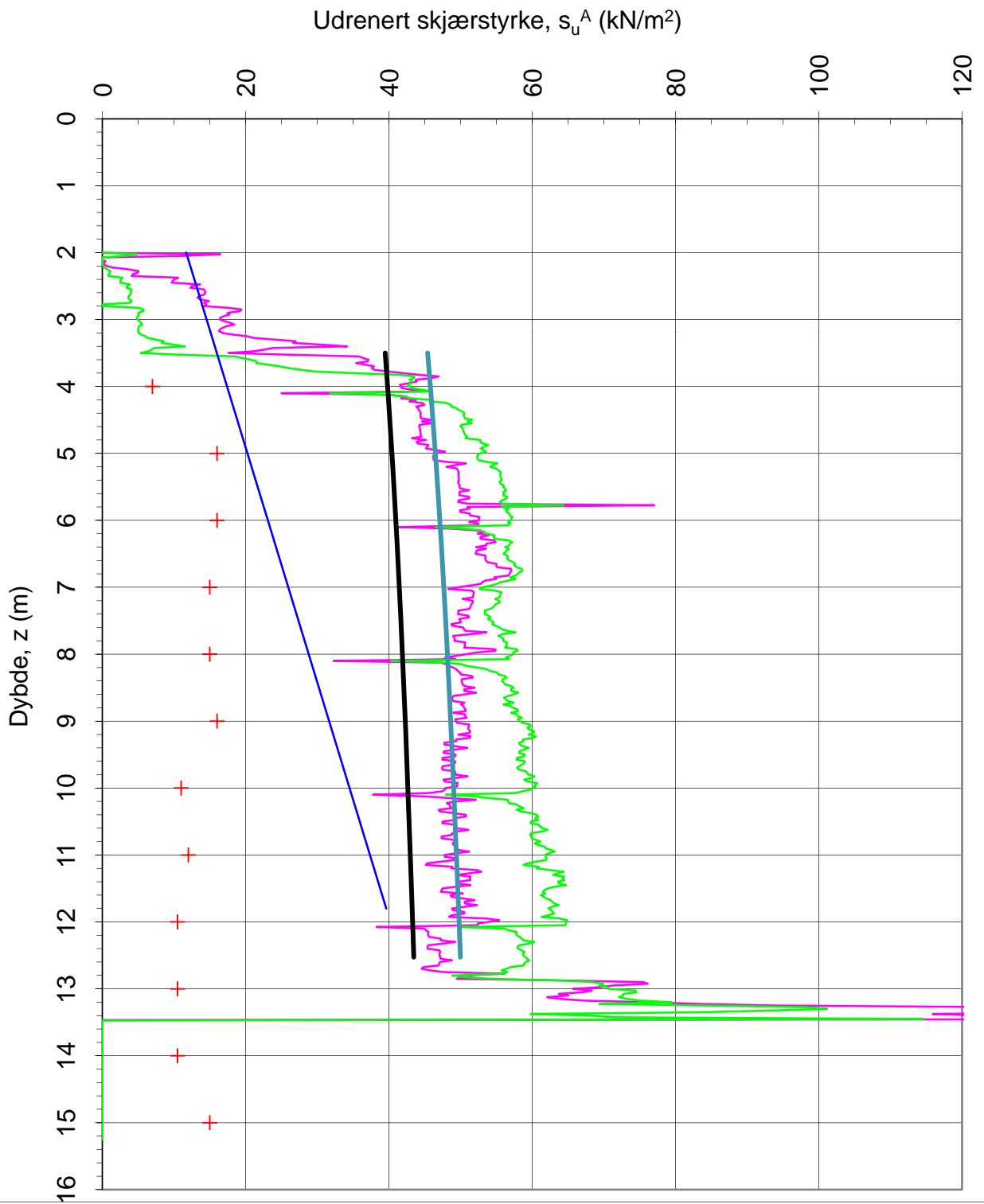
NVE Kvikkleirekartlegging Leksvik

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

Tegningens filnavn:



| | | | | |
|------------------------|------------------|--------------|------------------|-----------|
| CPTU id.: | CPTU 12_Tronstad | | | |
| MULTICONSULT AS | Dato: | Tegnet: | Kontrollert: | Godkjent: |
| | 31.01.2008 | EriT | ARV | OÄ |
| | Oppdrag nr.: | Tegning nr.: | Programrevisjon: | Rev.: |
| | 412498 | 111 | 14.08.2007 | |



- $s_{uA} = Du^2/(1.8+7.25 \cdot B_q)$
- $s_{uA} = Du^2/(9.8-4.5 \log OCR + 0lp)$
- s_{uA} , NC, $0,3p_0'$ (u hydr.)
- + Vingebor - SVV 79 (ukorrigert)
- Design: SHANSEP- s_{uA} - $pc' = 170$ kPa, $s_{uA}/p_0' = 0.3$ & $m = 0.9$ karakteristisk
- Design: SHANSEP- s_{uA} - $pc' = 170$ kPa, $s_{uA}/p_0' = 0.3$ & $m = 0.9$ redusert 15 %

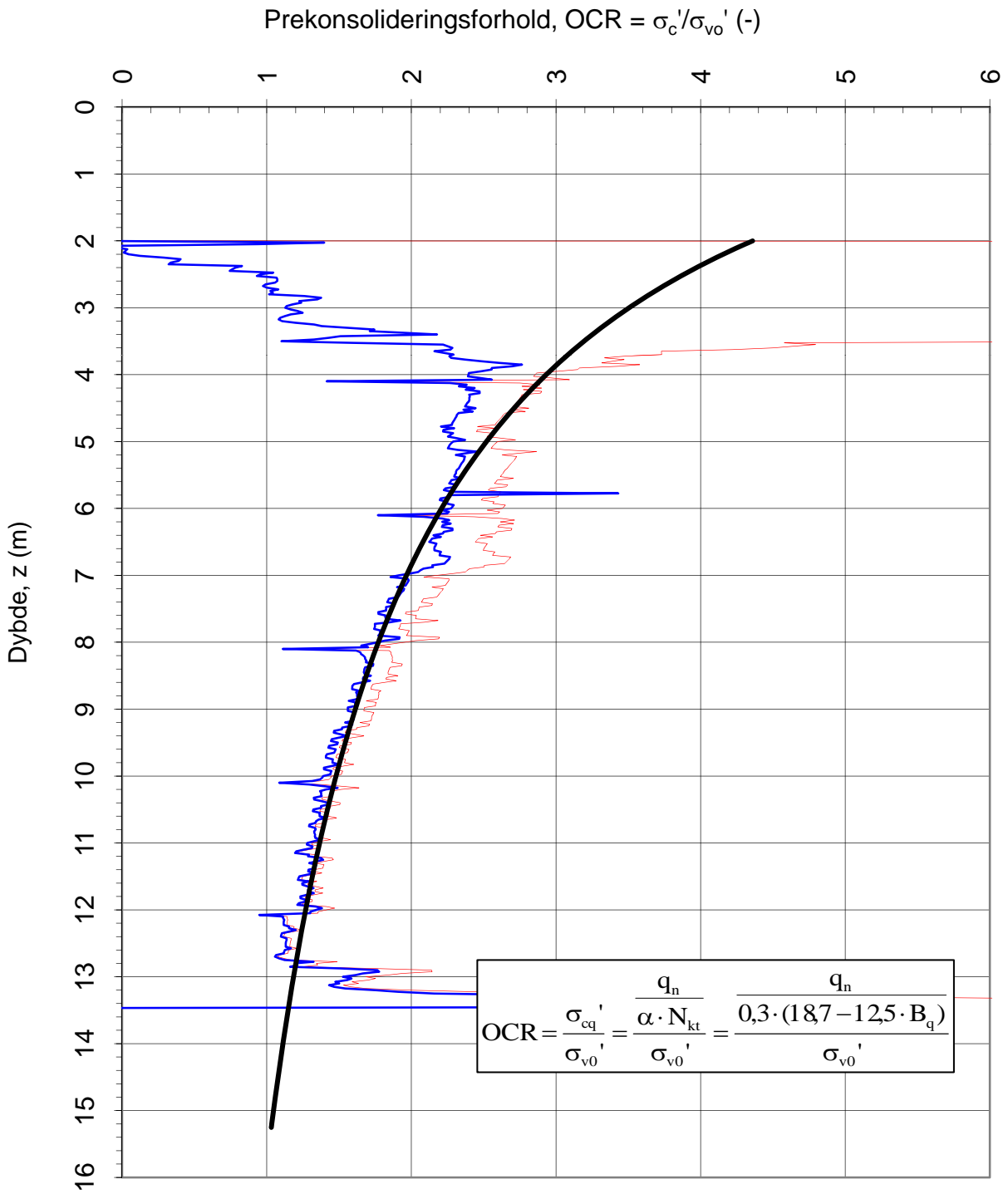
NVE Kvikkleirekartl. Rissa og Leksvik

Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot B_q .

Tegningens filnavn:



| | | | | |
|------------------------|------------------|--------------|------------------|-----------|
| CPTU id.: | CPTU 16_Tronstad | | | |
| MULTICONSULT AS | Dato: | Tegnet: | Kontrollert: | Godkjent: |
| | 15.01.2009 | EriT | ARV | OÅ |
| | Oppdrag nr.: | Tegning nr.: | Programrevisjon: | Rev.: |
| | 412498 | 112 | 14.08.2007 | |



- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, spissmotstand
- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, poretrykk
- Design $pc' = 170$ kPa

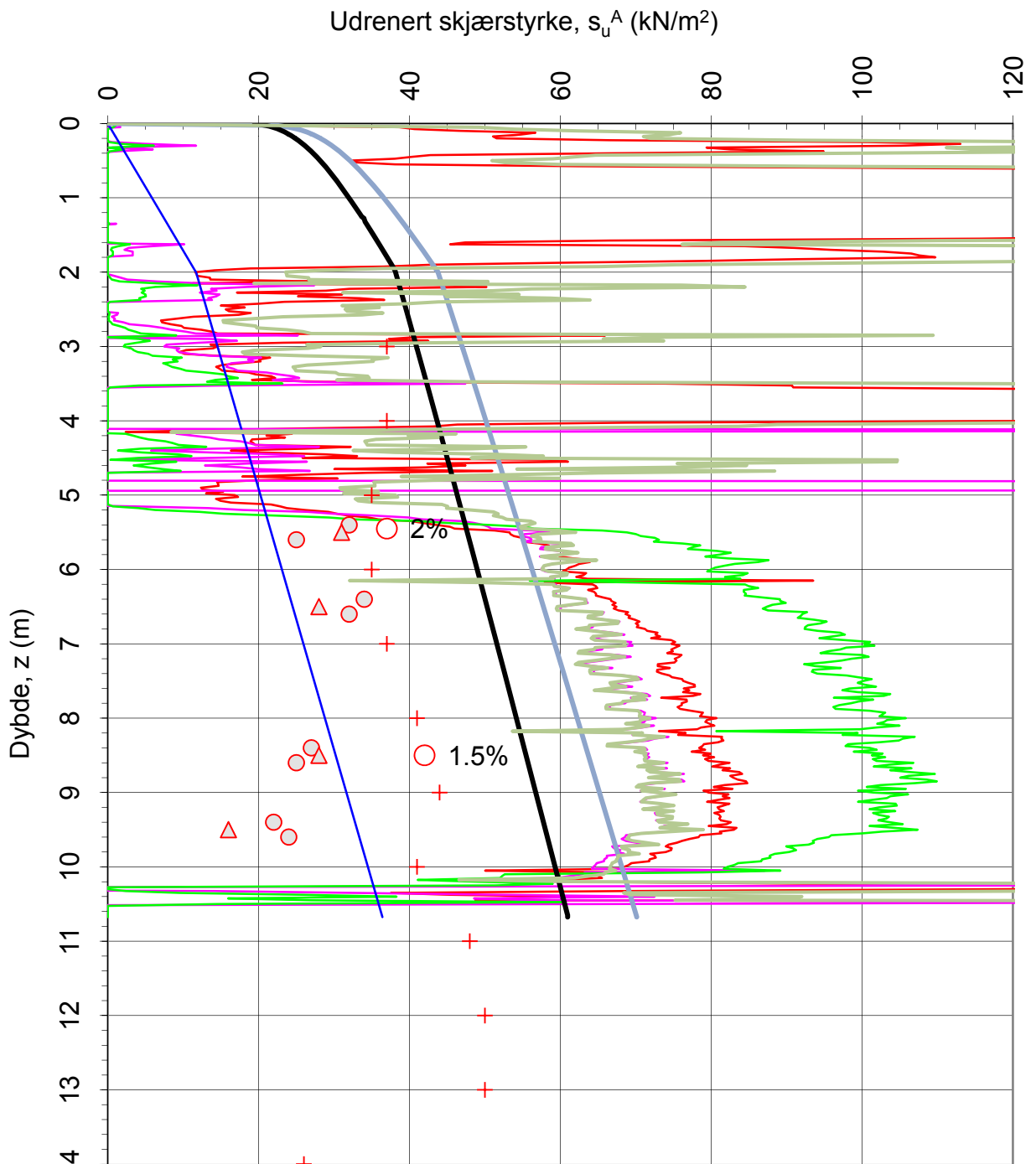
NVE Kvikkleirekartl. Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



| | | | | |
|------------------------|------------------|--------------|------------------|-----------|
| CPTU id.: | CPTU 16_Tronstad | | | |
| MULTICONSULT AS | Dato: | Tegnet: | Kontrollert: | Godkjent: |
| | 15.01.2009 | EriT | ARV | OÅ |
| | Oppdrag nr.: | Tegning nr.: | Programrevisjon: | Rev.: |
| | 412498 | 113 | 14.08.2007 | |



- $s_uA = qn/(18.7-12.5 \cdot Bq)$
- $s_uA = Du^2/(1.8+7.25 \cdot Bq)$
- $s_uA = Du^2/(9.8-4.5 \log OCR+0lp)$
- s_uA , NC, $0.3p_0'$ (u hydr.)
- s_uA , aktiv treaks - PR 13
- s_uA , rutine konus - PR 13
- △ s_uA , rutine enaks - PR 13
- Design: SHANSEP- s_uA - $\Delta p' = 130$ kPa, $s_uA/p_0' = 0.3$ & $m = 0.9$ karakteristisk
- Design: SHANSEP- s_uA - $\Delta p' = 130$ kPa, $s_uA/p_0' = 0.3$ & $m = 0.9$ redusert 15.0 %
- $s_uA = qn/(8.5+2.5 \log OCR+0lp)$

NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot B_q .

Tegningens filnavn:



CPTU id.:

CPTU 19_Tronstad

MULTICONSULT AS

Dato:
31.01.2008

Tegnet:
EriT

Kontrollert:
ARV

Godkjent:
OÅ

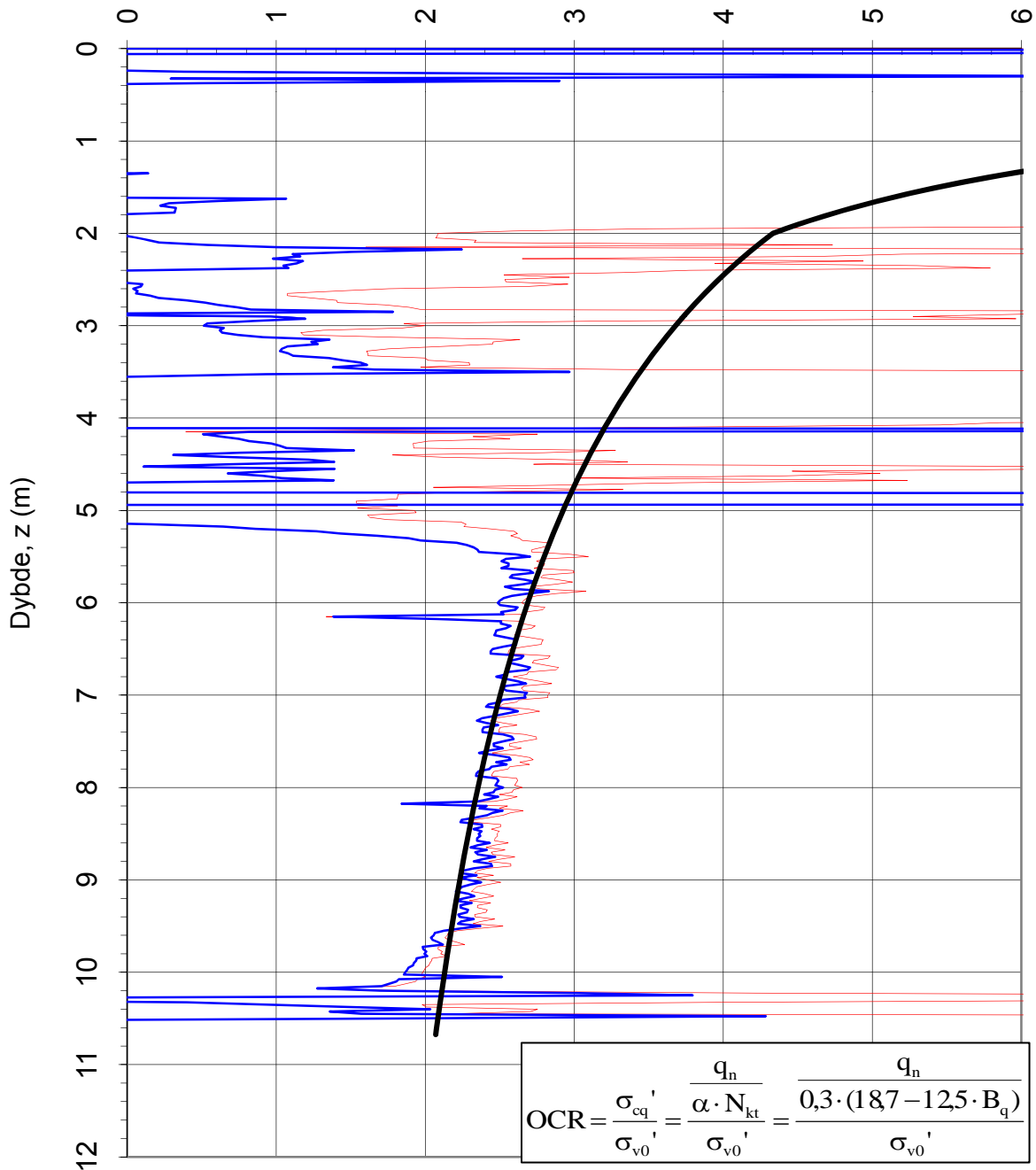
Oppdrag nr.:
412498

Tegning nr.:
114

Programrevisjon:
14.08.2007

Rev.:

Prekonsolideringsforhold, OCR = σ_c'/σ_{v0}' (-)



- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, spissmotstand
- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, poretrykk
- Design, $\Delta p' = 130$ kPa karakteristisk

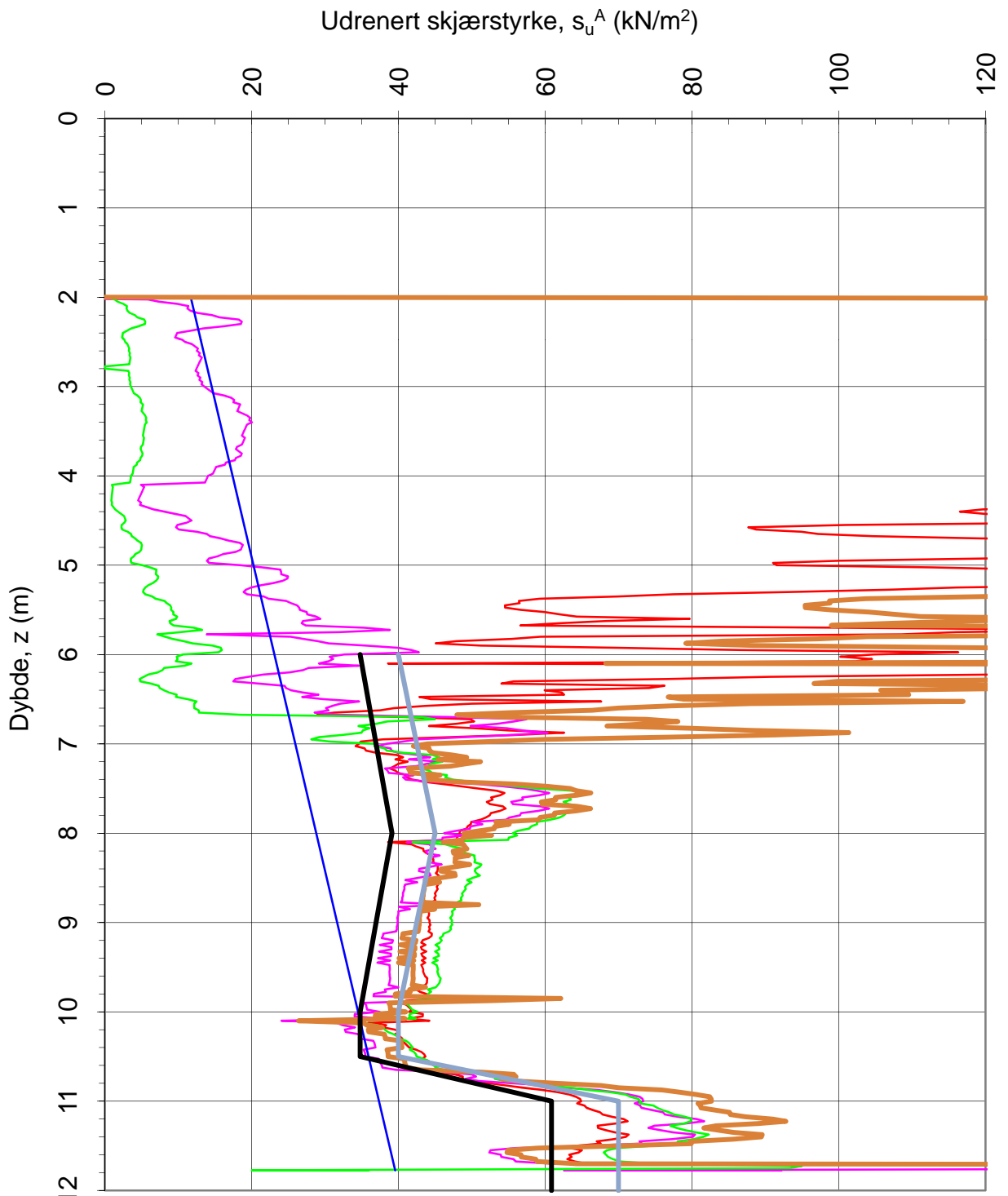
NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

Spenningshistorie, OCR = σ_c'/σ_{v0}' .

Tegningens filnavn:



| | | | | | |
|-----------------|------------------|--------------|------------------|-----------|-----|
| CPTU id.: | CPTU 19_Tronstad | | | Godkjent: | OÅ |
| MULTICONSULT AS | Dato: | Tegnet: | Kontrollert: | Rev.: | |
| | 31.01.2008 | EriT | ARV | 412498 | 115 |
| | Oppdrag nr.: | Tegning nr.: | Programrevisjon: | | |
| | 412498 | 115 | 14.08.2007 | | |



- $s_{uA} = q_n / (18.7 - 12.5 \cdot B_q)$
- $s_{uA} = D_u^2 / (9.8 - 4.5 \log OCR + 0 \cdot I_p)$
- $s_{uA} = q_n / (8.5 + 2.5 \log OCR + 0 \cdot I_p)$
- $s_{uA} = D_u^2 / (1.8 + 7.25 \cdot B_q)$
- s_{uA} , NC, 0,3po' (u hydr.)
- Designprofil karakteristisk
- Designprofil redusert 15 %

NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

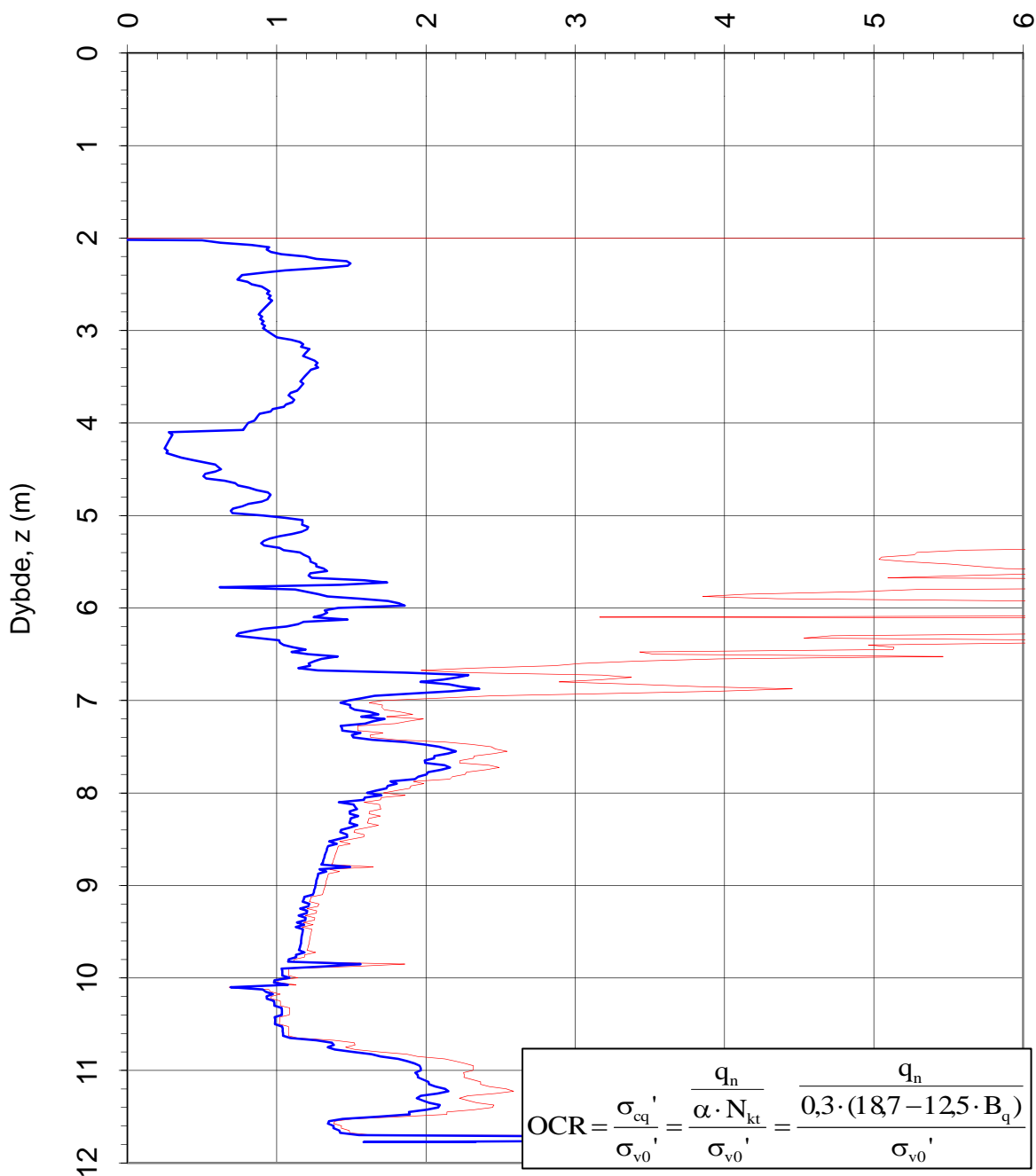
Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot B_q .

Tegningens filnavn:



| | | | |
|------------------------|------------------|--------------|------------------|
| CPTU id.: | CPTU 20_Tronstad | | |
| MULTICONSULT AS | Dato: | Tegnet: | Kontrollert: |
| | 15.01.2009 | EriT | ARV |
| | Oppdrag nr.: | Tegning nr.: | Programrevisjon: |
| | 412498 | 116 | 14.08.2007 |
| | Godkjent: | | Rev.: |
| | OÅ | | |

Prekonsolideringsforhold, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{v0}' (-)$



$$OCR = \frac{\sigma_{cq}'}{\sigma_{v0}'} = \frac{q_n}{\alpha \cdot N_{kt} \cdot \sigma_{v0}'} = \frac{q_n}{0,3 \cdot (187 - 12,5 \cdot B_q) \cdot \sigma_{v0}'}$$

— Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, spissmotstand
 — Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, poretrykk

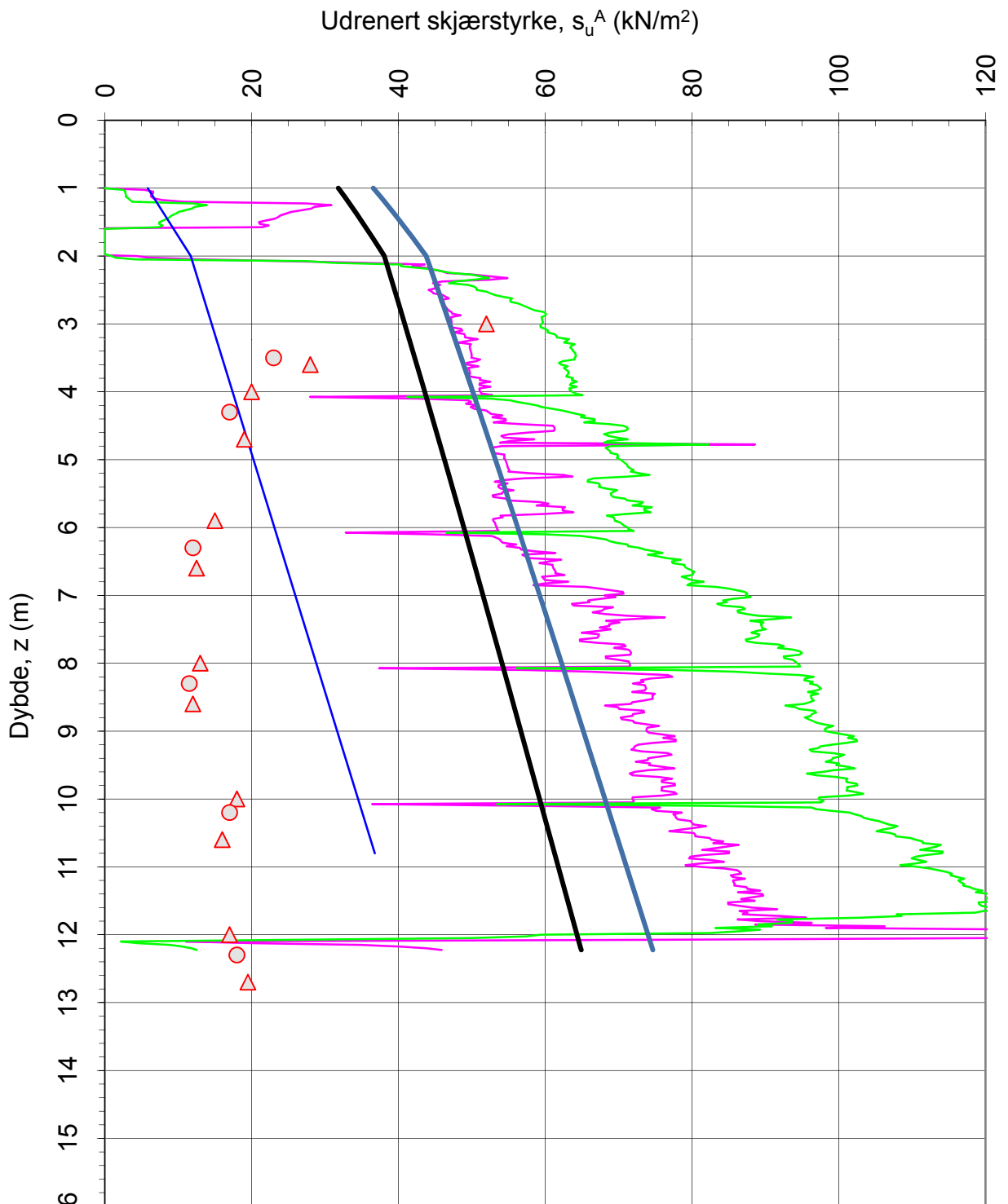
NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



| | | | | |
|-----------------|------------------|--------------|------------------|-----------|
| CPTU id.: | CPTU 20_Tronstad | | | |
| MULTICONSULT AS | Dato: | Tegnet: | Kontrollert: | Godkjent: |
| | 15.01.2009 | EriT | ARV | OÅ |
| | Oppdrag nr.: | Tegning nr.: | Programrevisjon: | Rev.: |
| | 412498 | 117 | 14.08.2007 | |



- $s_u^A = Du^2/(1.8+7.25 \cdot B_q)$
- $s_u^A = Du^2/(9.8-4.5 \log OCR + 0 I_p)$
- s_u^A , NC, $0.3 p_0'$ (u hydr.)
- △ s_u^A , rutine konus - PR NO 97-2
- s_u^A , rutine enaks - PR NO 97-2
- Design: SHANSEP- s_u^A - $\Delta p' = 130$ kPa, $s_u^A/p_0' = 0.3$ & $m = 0.9$ karakteristisk
- Design: SHANSEP- s_u^A - $\Delta p' = 130$ kPa, $s_u^A/p_0' = 0.3$ & $m = 0.9$ redusert 15.0 %

NVE Kvikkleirekartlegging Rissa og Leksvik

Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot B_q .

Tegningens filnavn:



CPTU id.:

CPTU NO 97-2_Tronstad

MULTICONSULT AS

Dato:

18.11.2008

Tegnet:

EriT

Kontrollert:

ARV

Godkjent:

OÅ

Oppdrag nr.:

412498

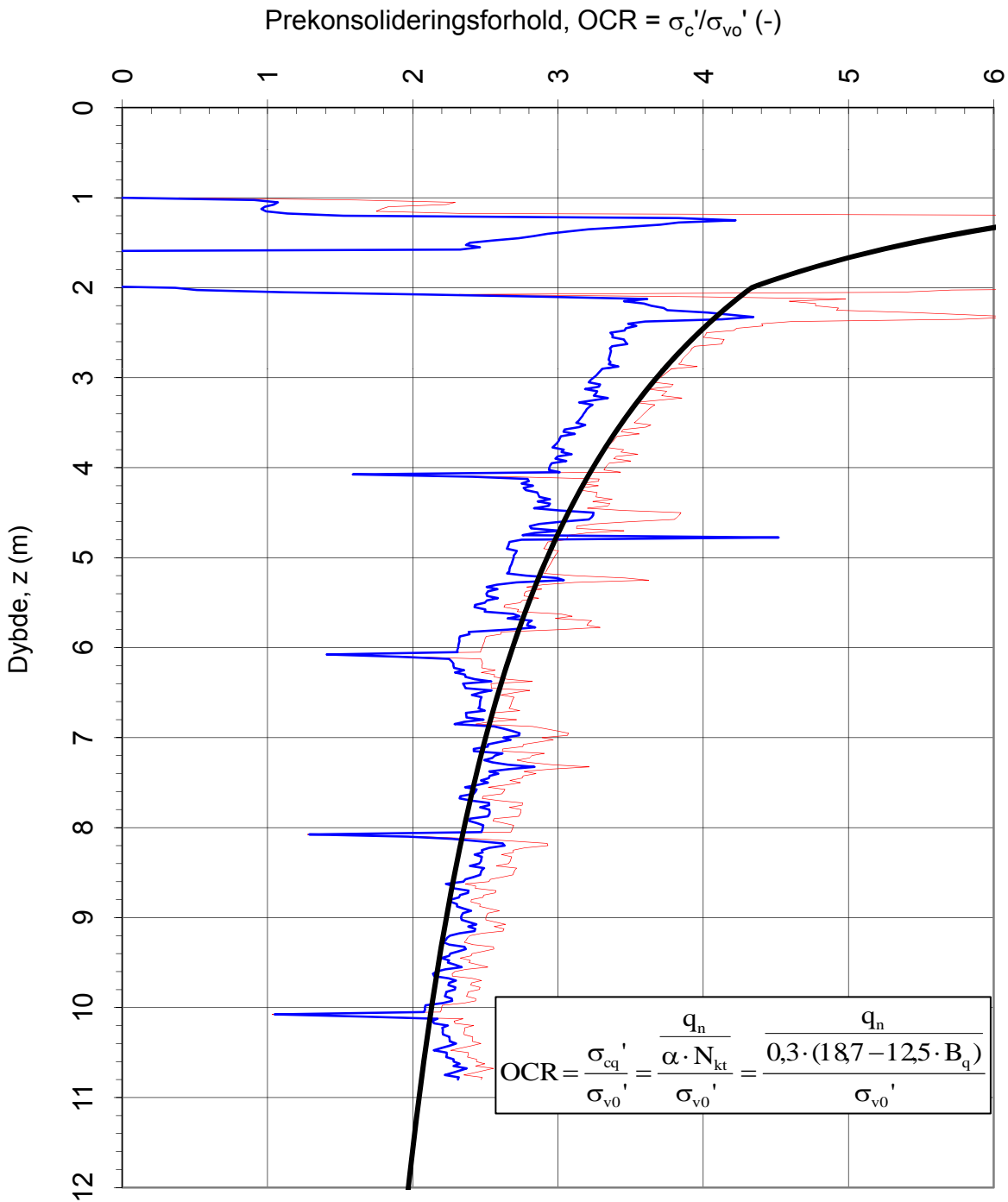
Tegning nr.:

118

Programrevisjon:

14.08.2007

Rev.:



- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, spissmotstand
- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, poretrykk
- Design, $\Delta p' = 130 \text{ kPa}$

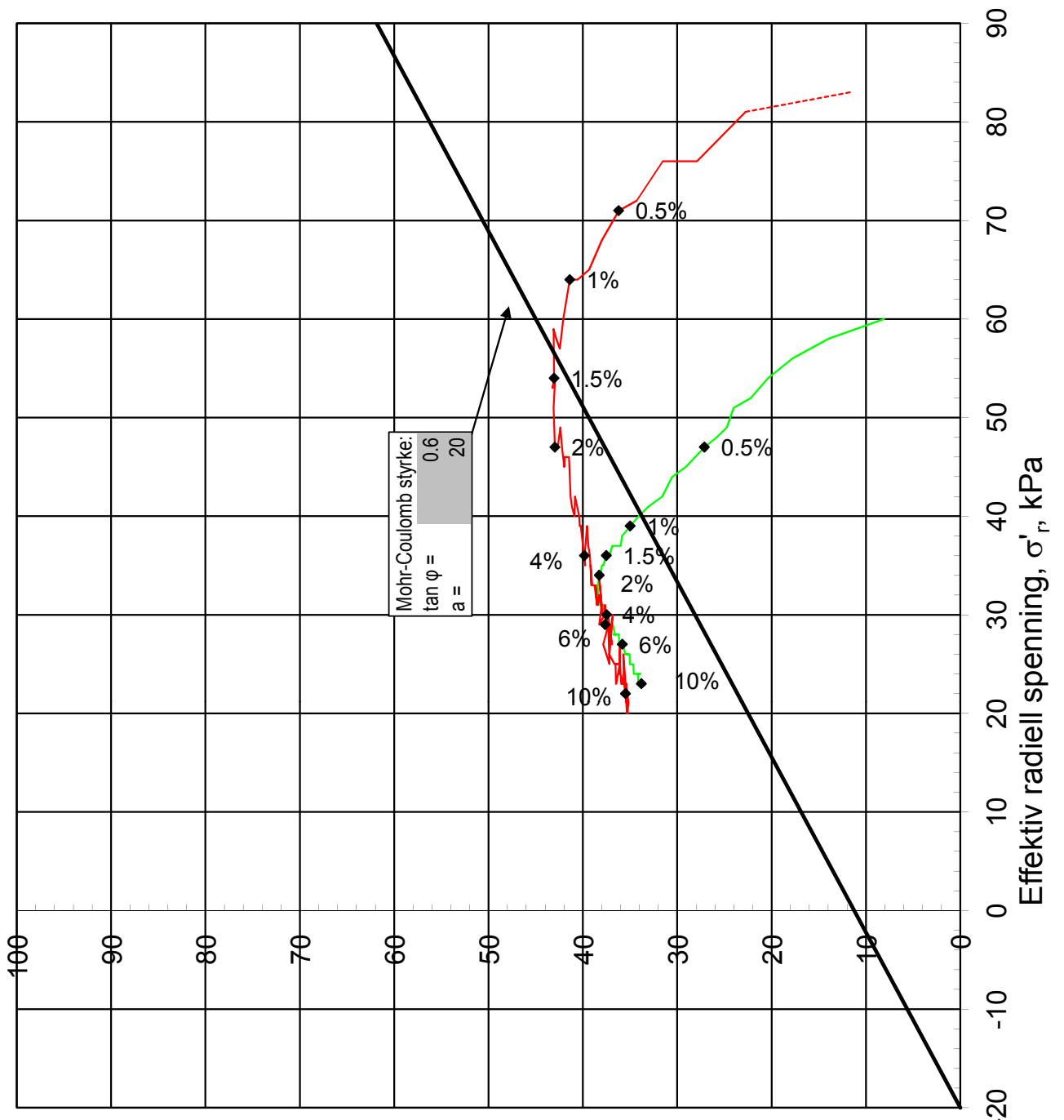
NVE Kvikkleirekartlegging Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



| | | | | |
|------------------------|-----------------------|--------------|------------------|-----------|
| CPTU id.: | CPTU NO 97-2_Tronstad | | | |
| MULTICONSULT AS | Dato: | Tegnet: | Kontrollert: | Godkjent: |
| | 18.11.2008 | EriT | ARV | OÅ |
| | Oppdrag nr.: | Tegning nr.: | Programrevisjon: | Rev.: |
| | 412498 | 119 | 14.08.2007 | |



Mohr-Coulomb styrke:
 tan φ = 0.6
 a = 20

— 5,45 m
 — 8,50 m

Skjærspenning, 1/2 (σ'ₐ - σ'ᵣ) kPa

Kvikkleirekartlegging Leksvik

NVE Region Midt-Norge

TREAKSIALFORSØK Aktivt, deviatorspenningssti samleplott

Tegningens filnavn:
 13_8,50_treaks.xls

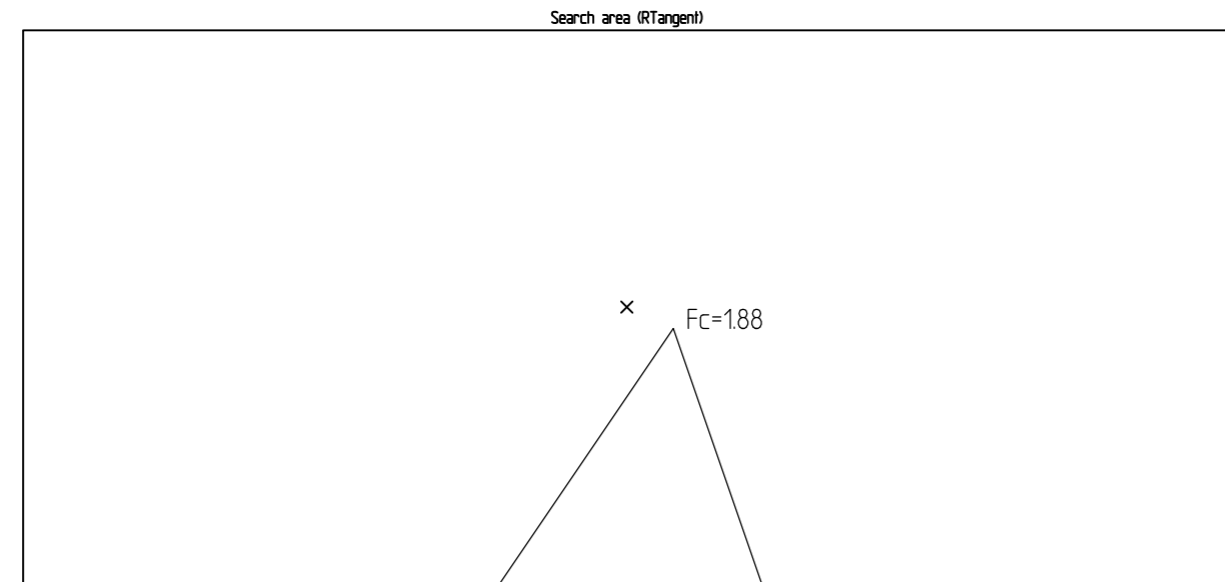
MULTICONSULT AS
 Sluppenvegen 23,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

| | | | |
|--------------|------------|--------------|---------------|
| Serie | 13 | Dybde | 5.45 og 8.5 m |
| Dato: | 25.01.2008 | Kontrollert: | |
| Oppdrag nr.: | 412498 | Tegning nr.: | 120 |

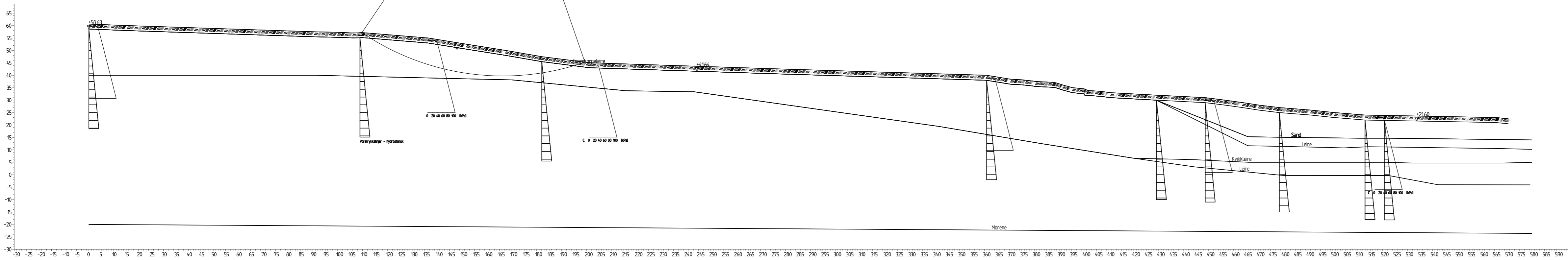
| | |
|-----------|------|
| Testnr. | |
| Godkjent: | |
| Tegnet: | EriT |

| | |
|-------|---|
| Rev.: | 0 |
|-------|---|



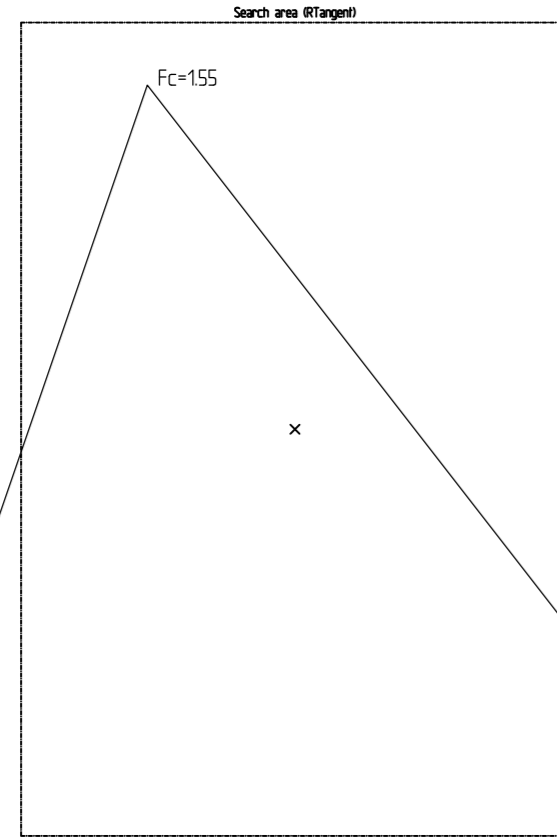


| Materiell | no | Un | Wegth | Fi | C | C | Aa | Ad | Ap | AltGw | Ru-factor | PwPress |
|----------------|----|------|-------|-----|----------|------|------|------|------|-------|-----------|---------|
| Tarrskorpelend | 1 | 1950 | 267 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Sand | 2 | 1950 | 330 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Lere | 3 | 1950 | --- | --- | C-profil | 1.00 | 0.60 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Kvikkleire | 4 | 1950 | --- | --- | C-profil | 1.00 | 0.60 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Lere | 5 | 1950 | --- | --- | C-profil | 1.00 | 0.60 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Morene | 6 | 1950 | 38.0 | 7.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

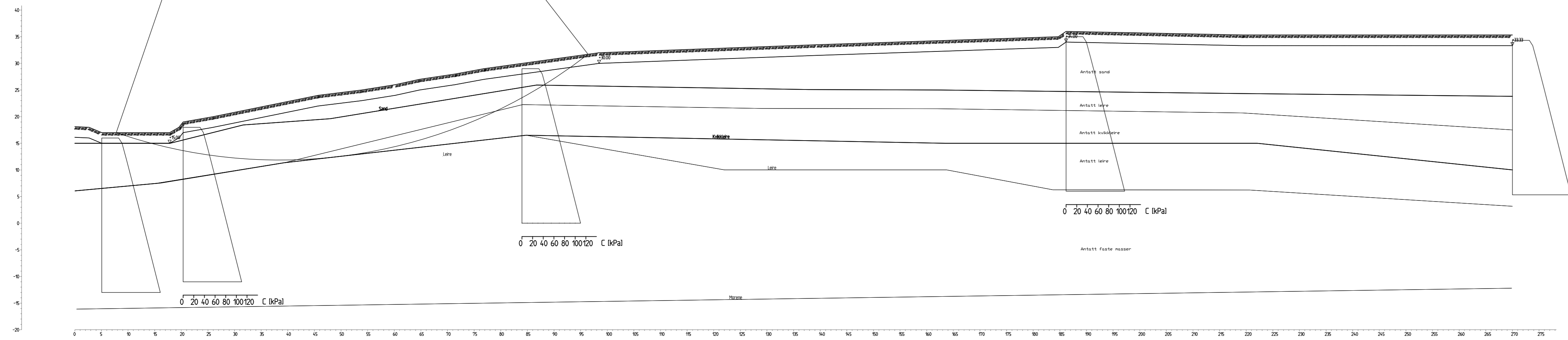


| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
|---|---|---------------------|-----------------------|---|-------------------------------|
| | NVE Region Midt-Norge Tronstad, Leksvik Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik | Original format | Fag | | |
| | Profil 1 Stabilitetsberegning GeoSuite ADP | Målestokk 1:1000 | | | |
| MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70 | | Dato 19.01.2009 | Oppdragsnr. 412498 | Konstr./Tegnet erit Tegningsnr. -160 | Godkjent arv Rev. oå |

Profil 2



| Material | no | Un.Weigh | Fi | C | C | Aa | Ad | Ap | AltGw | Ru-factor | PWPress. |
|------------|----|----------|------|-----|----------|-----|------|------|-------|-----------|----------|
| Sand | 1 | 19.50 | 33.0 | 0.0 | | | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Leire | 2 | 19.50 | --- | --- | C-profil | 100 | 0.60 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Kvikkleire | 3 | 19.50 | --- | --- | C-profil | 100 | 0.60 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Leire | 4 | 19.50 | --- | --- | C-profil | 100 | 0.60 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Marene | 5 | 19.50 | 38.0 | 7.8 | | | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 |



| | | | | | |
|---|---|---|------------------------|--------------------|----------------|
| Rev. | Beskrivelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
| | NVE Region Midt-Norge Tronstad, Leksvik Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik | Original format | Fag | | |
| | Profil 2 Stabilitetsberegning GeoSuite ADP | Tegningens filnavn Profil_2_Tronstad.dwg | Underlogets filnavn | Målestokk 1:500 | |
| MULTICONSULT AS | | Dato 19.01.2009 | Konstr./Tegnet erit | Kontrollert hn | Godkjent oå |
| 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70 | | Oppdragsnr. 412498 | Tegningsnr. -161 | Rev. | |

Vedlegg A.1 Profil 1

PLAXIS REPORT

02/15/2008

User: MULTICONSULT AS

Title: NVE Leksvik

Table of Contents

| | |
|---------------------------------------|---|
| 1. General Information..... | 1 |
| 2. Mesh data..... | 2 |
| 3. Material data | 3 |
| 4. Calculation phases | 4 |
| 4.1. Total multipliers..... | 4 |
| 5. Results for phase 2..... | 5 |
| 5.2. Deformations..... | 5 |
| 5.2.1. Plot of total increments | 5 |

1. General Information

Table [1] units

| Type | Unit |
|--------|------|
| Length | m |
| Force | kN |
| Time | day |

Table [2] Model dimensions

| | min. | max. |
|---|--------|---------|
| X | 0.000 | 370.000 |
| Y | 26.000 | 60.000 |

Table [3] Model

| | |
|---------|--------------|
| Model | Plane Strain |
| Element | 15-Noded |

2. Mesh data

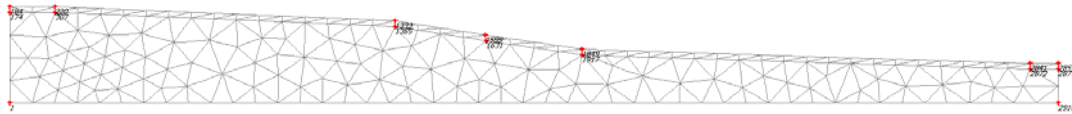


Fig. 1 Plot of the mesh with significant nodes

3. Material data

Table [4] Soil data sets parameters

| <i>Mohr-Coulomb</i> | | 1 |
|-------------------------------|------------------------|--------------|
| | | Leire |
| Type | | Drained |
| γ_{unsat} | [kN/m ³] | 19.50 |
| γ_{sat} | [kN/m ³] | 19.50 |
| k_x | [m/day] | 0.000 |
| k_y | [m/day] | 0.000 |
| e_{init} | [-] | 0.500 |
| c_k | [-] | 1E15 |
| E_{ref} | [kN/m ²] | 5000.000 |
| ν | [-] | 0.200 |
| G_{ref} | [kN/m ²] | 2083.333 |
| E_{oed} | [kN/m ²] | 5555.556 |
| c_{ref} | [kN/m ²] | 5.00 |
| ϕ | [°] | 26.70 |
| ψ | [°] | 0.00 |
| E_{inc} | [kN/m ² /m] | 0.00 |
| y_{ref} | [m] | 0.000 |
| $c_{increment}$ | [kN/m ² /m] | 0.00 |
| $T_{str.}$ | [kN/m ²] | 0.00 |
| $R_{inter.}$ | [-] | 1.00 |
| Interface permeability | | Neutral |

4. Calculation phases

Table [5] List of phases

| Phase | Ph-No. | Start phase | Calculation type | Load input | First step | Last step |
|---------------|--------|-------------|------------------|-------------------------|------------|-----------|
| Initial phase | 0 | 0 | | - | 0 | 0 |
| Gravitasjon | 1 | 0 | Plastic analysis | Total multipliers | 1 | 2 |
| Fs | 2 | 1 | Phi/c reduction | Incremental multipliers | 3 | 102 |

Table [6] Staged construction info

| Ph-No. | Active clusters | Inactive clusters | Active beams | Active geotextiles | Active anchors |
|--------|-----------------|-------------------|--------------|--------------------|----------------|
| 0 | 1, 2. | | | | |

4.1. Total multipliers

Table [7] Total multipliers - reached values

| Ph-No. | Displ. | Load A | Load B | Weight | Accel | Time | s-f |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 1 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 2 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 2.6292 |

5. Results for phase 2

5.2. Deformations

5.2.1. Plot of total increments

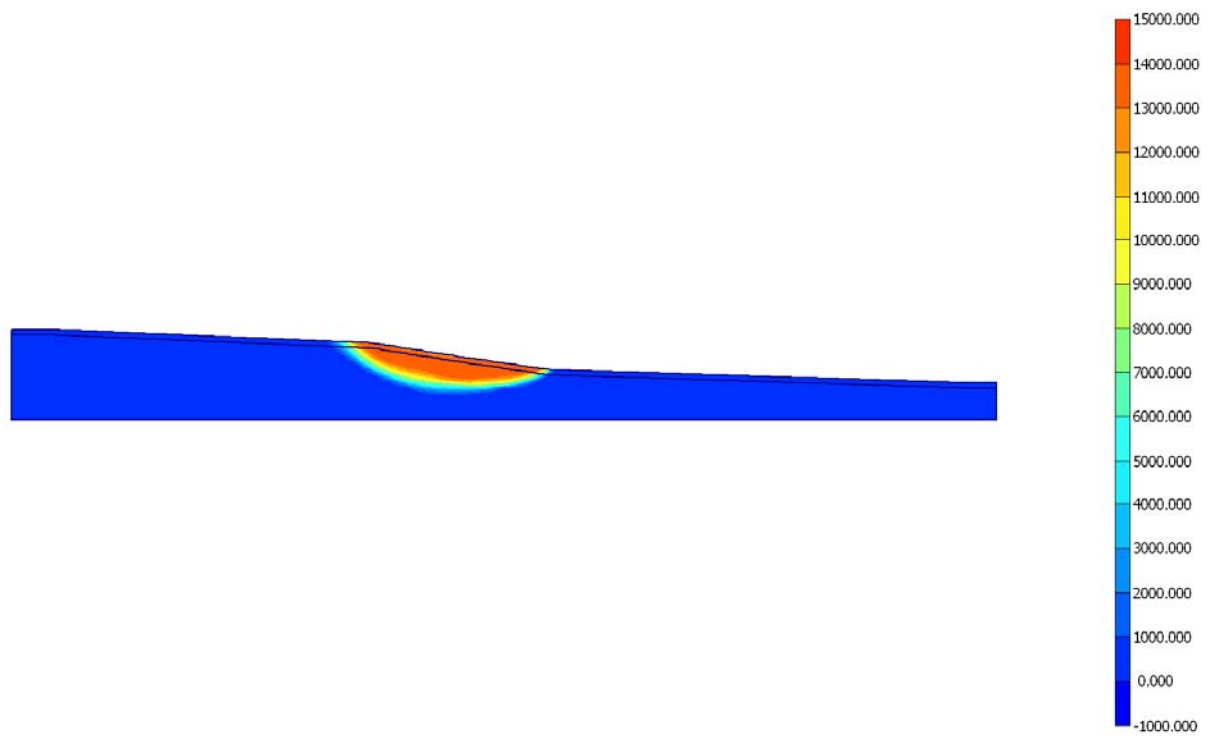


Fig. 2 Plot of total increments (shadings)
- Step no: 102 - (Phase: 2)

Vedlegg A.2 Profil 2

REPORT

01/21/2009

User: MULTICONCONSULT AS
Title: NVE Leksvik Profil 2 drenert

Table of Contents

| | |
|--------------------------------------|---|
| 1. General Information | 2 |
| 2. Geometry..... | 3 |
| 3. Mesh data..... | 3 |
| 4. Calculation phases..... | 4 |
| 4.1. Total multipliers | 4 |
| 5. Results for phase 2 | 5 |
| 5.2. Deformations..... | 5 |
| 5.2.1. Plot of total increments..... | 5 |

1. General Information

Table [1] units

| Type | Unit |
|--------|------|
| Length | m |
| Force | kN |
| Time | day |

Table [2] Model dimensions

| | min. | max. |
|---|---------|---------|
| X | 0.000 | 211.000 |
| Y | -15.000 | 26.000 |

Table [3] Model

| | |
|---------|--------------|
| Model | Plane Strain |
| Element | 15-Noded |

2. Geometry

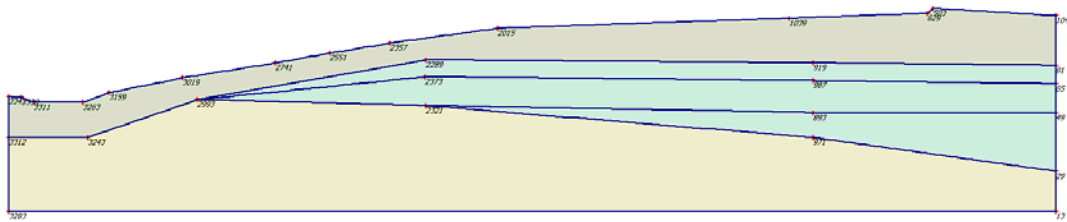


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

3. Mesh data

Table [4] Numbers, type of elements, integrations

| Type | Type of element | Type of integration | Total no. |
|------|-----------------|---------------------|-----------|
| Soil | 15-Noded | 12-point Gauss | 399 |

4. Calculation phases

Table [5] List of phases

| Phase | Ph-No. | Start phase | Calculation type | Load input | First step | Last step |
|---------------|--------|-------------|------------------|-------------------------|------------|-----------|
| Initial phase | 0 | 0 | | - | 0 | 0 |
| Initial fase | 1 | 0 | Plastic analysis | Staged construction | 1 | 15 |
| Sikkerhet | 2 | 1 | Phi/c reduction | Incremental multipliers | 16 | 315 |

Table [6] Staged construction info

| Ph-No. | Active clusters | Inactive clusters | Active beams | Active geotextiles | Active anchors |
|--------|-----------------|-------------------|--------------|--------------------|----------------|
| 0 | 1, 2, 3, 4, 5. | | | | |
| 1 | 1, 2, 3, 4, 5. | | | | |

4.1. Total multipliers

Table [7] Total multipliers - reached values

| Ph-No. | Displ. | Load A | Load B | Weight | Accel | Time | s-f |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 1 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 2 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.8850 |

5. Results for phase 2

5.2. Deformations

5.2.1. Plot of total increments

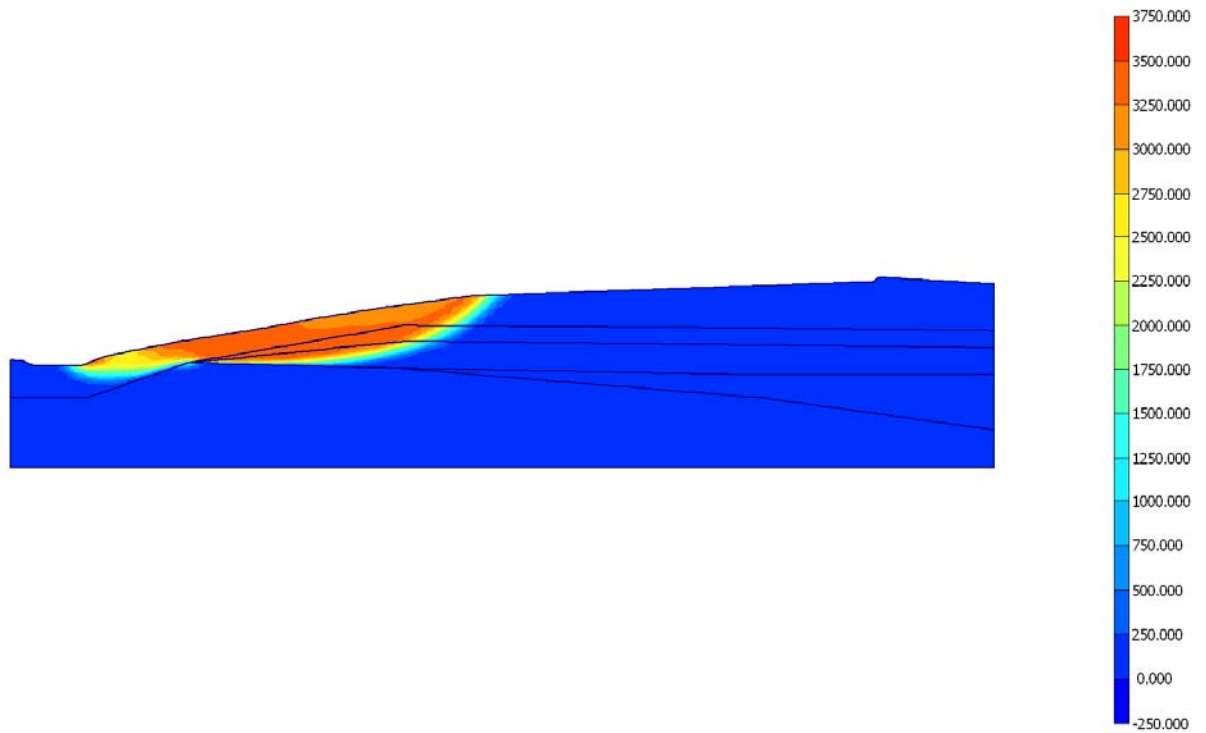


Fig. 2 Plot of total increments (shadings)

- Step no: 315 - (Phase: 2)

Vedlegg A.3 Profil 3

PLAXIS REPORT

01/21/2009

User: MULTICONSULT AS

Title: Profil 3 drenert

Table of Contents

| | |
|--------------------------------------|---|
| 1. General Information | 2 |
| 2. Geometry..... | 3 |
| 3. Mesh data..... | 3 |
| 4. Material data | 4 |
| 5. Calculation phases..... | 5 |
| 5.1. Total multipliers | 5 |
| 6. Results for phase 2 | 6 |
| 6.2. Deformations..... | 6 |
| 6.2.1. Plot of total increments..... | 6 |

1. General Information

Table [1] units

| Type | Unit |
|--------|------|
| Length | m |
| Force | kN |
| Time | day |

Table [2] Model dimensions

| | min. | max. |
|---|--------|---------|
| X | 40.000 | 160.500 |
| Y | 12.500 | 57.400 |

Table [3] Model

| | |
|---------|--------------|
| Model | Plane Strain |
| Element | 15-Noded |

2. Geometry

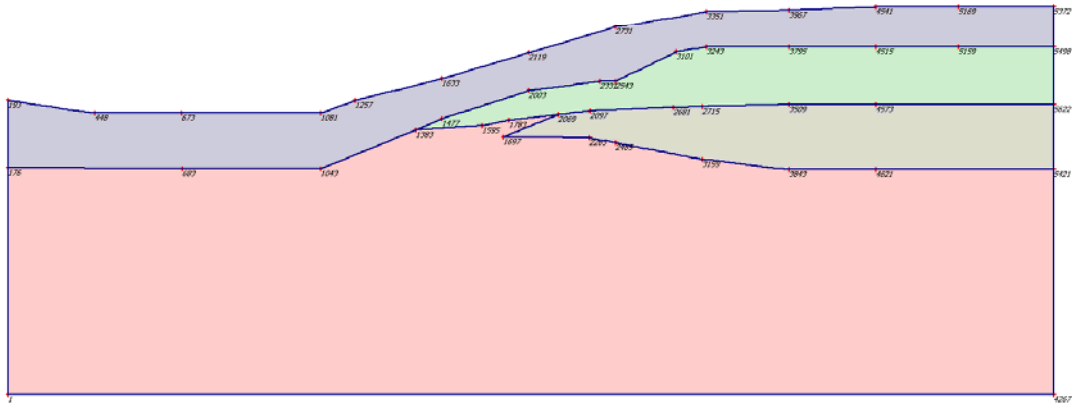


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

3. Mesh data

Table [4] Numbers, type of elements, integrations

| Type | Type of element | Type of integration | Total no. |
|------|-----------------|---------------------|-----------|
| Soil | 15-Noded | 12-point Gauss | 686 |

4. Material data

Table [5] Soil data sets parameters

| <i>Mohr-Coulomb</i> | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------|------------------------|-------------|-------------------------|---------------|--------------------|
| | | Sandig grus | Faste masser/ morene | Leire drenert | Kvikkleire drenert |
| Type | | Drained | Drained | Drained | Drained |
| γ_{unsat} | [kN/m ³] | 20.00 | 20.00 | 19.50 | 19.50 |
| γ_{sat} | [kN/m ³] | 20.00 | 20.00 | 19.50 | 19.50 |
| k_x | [m/day] | 1.000 | 1.000 | 0.001 | 0.001 |
| k_y | [m/day] | 1.000 | 1.000 | 0.001 | 0.001 |
| e_{init} | [-] | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| c_k | [-] | 1E15 | 1E15 | 1E15 | 1E15 |
| E_{ref} | [kN/m ²] | 20000.000 | 20000.000 | 10000.000 | 10000.000 |
| ν | [-] | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 |
| G_{ref} | [kN/m ²] | 8333.333 | 8333.333 | 4166.667 | 4166.667 |
| E_{oed} | [kN/m ²] | 22222.222 | 22222.222 | 11111.111 | 11111.111 |
| c_{ref} | [kN/m ²] | 0.00 | 0.00 | 2.50 | 0.00 |
| ϕ | [°] | 37.00 | 38.00 | 26.60 | 21.80 |
| ψ | [°] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| E_{inc} | [kN/m ² /m] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| y_{ref} | [m] | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| cincrement | [kN/m ² /m] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tstr. | [kN/m ²] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Rinter. | [-] | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Interface | | Neutral | Neutral | Neutral | Neutral |
| permeability | | | | | |

5. Calculation phases

Table [6] List of phases

| Phase | Ph-No. | Start phase | Calculation type | Load input | First step | Last step |
|---------------|--------|-------------|------------------|-------------------------|------------|-----------|
| Initial phase | 0 | 0 | | - | 0 | 0 |
| Gravitasjon | 1 | 0 | Plastic analysis | Total multipliers | 1 | 2 |
| Fs | 2 | 1 | Phi/c reduction | Incremental multipliers | 3 | 102 |

Table [7] Staged construction info

| Ph-No. | Active clusters | Inactive clusters | Active beams | Active geotextiles | Active anchors |
|--------|-----------------|-------------------|--------------|--------------------|----------------|
| 0 | 1, 2, 3, 4. | | | | |

5.1. Total multipliers

Table [8] Total multipliers - reached values

| Ph-No. | Displ. | Load A | Load B | Weight | Accel | Time | s-f |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 1 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| 2 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.6413 |

6. Results for phase 2

6.2. Deformations

6.2.1. Plot of total increments

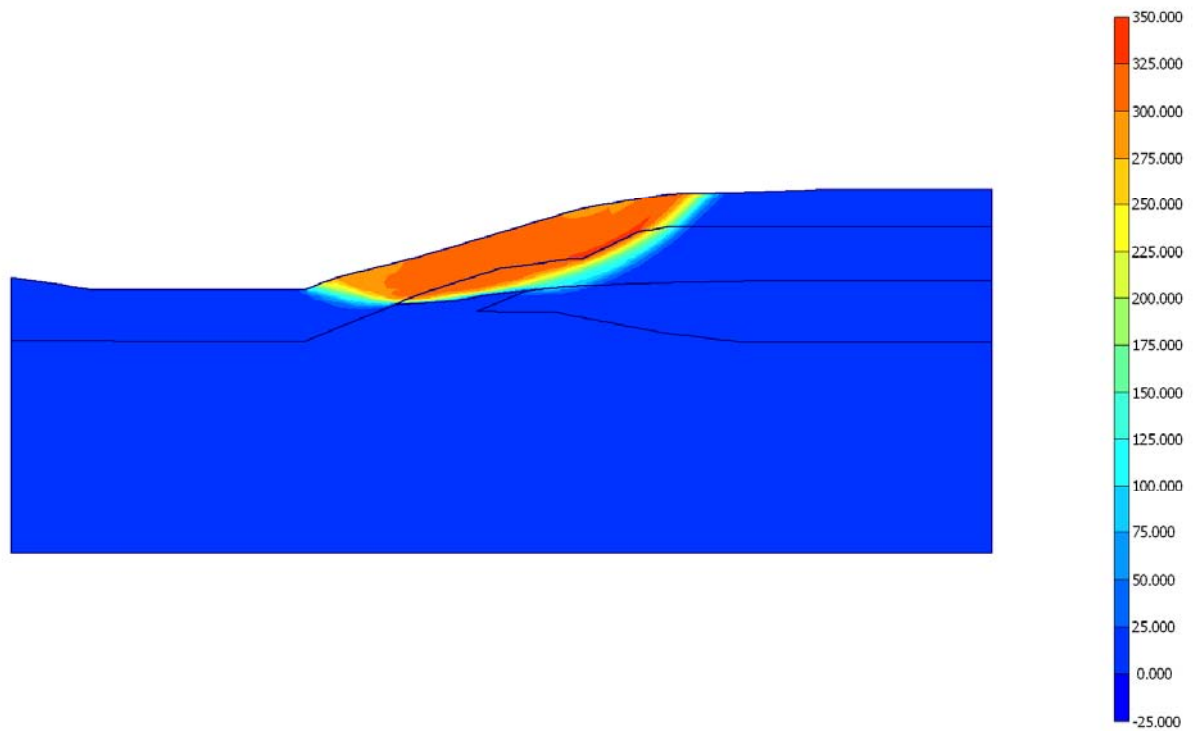


Fig. 2 Plot of total increments (shadings)

- Step no: 102 - (Phase: 2)