

Rapport

Oppdragsgiver: **NVE Midt-Norge**

Oppdrag: **Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik**

Emne: **Sone Storaunet-Skei og Grønlia
Rissa**

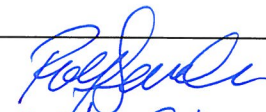
Dato: **18. februar 2009**

Rev. - Dato: **6. april 2011**

Oppdrag- /
Rapportnr.: **412498 – 2 rev 02**

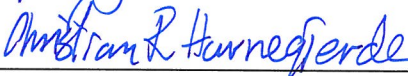
Oppdragsleder: **Rolf B. Sandven**

Sign.:



Saksbehandler: **Christian Rekdal Havnegjerde**

Sign.:



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 kvikkleiresonene Storaunet-Skei og Grønlia i Rissa kommune. Arbeidet er i fase 3 av dette programmet der det skal utføres supplerende grunnundersøkelser og foreslås eventuelle stabilitetsforbedrende tiltak. Multiconsult har utført et litteratursøk på tidligere grunnundersøkelser innenfor og i umiddelbar nærhet av sonen. Disse er tatt inn sammen med supplerende undersøkelser utført i tre omganger (2007, 2008 og senest i 2010) for å avgrense sonene og gi forbedret input til stabilitetsberegningene.

De utførte undersøkelsene i sonen Storaunet-Skei viser at det er til dels meget stor mektighet av sensitiv/ kvikk leire. De største kvikkleiremektighetene er registrert nord i sonen opp mot sone Ersland. Det anses som sannsynlig at det er en sammenhengende kvikkleireforekomst mellom disse sonene. Disse er slått sammen til en sone og utstrekningen er utvidet noe i øst og i nord. Resultater fra felt- og laboratorieundersøkelsene viser at leira/ kvikkleira er tilnærmet normalkonsolidert til stor dybde. Stabilitetsberegninger viser generelt at sikkerheten er tilnærmet 1,0 i ADP-analysen og generelt noe høyere i drenert tilstand. Nord i sonen er det imidlertid lokalt labil stabilitet også i de drenerte analysene. Resultater fra supplerende grunnundersøkelser gir en svak forbedring av beregnet sikkerhet. I sone Grønlia er det utført et mindre omfang grunnundersøkelser, og det er kun avdekket et tynt lag med sensitiv leire. Overslagsberegninger på stabiliteten indikerer at skråningen står med tilnærmet rasvinkel ned mot bekkeløpet.

Det tilrås at det utføres elveforbygning langs Prestelva og Slettabekken for å hindre graving i kvikk- og/eller sensitiv leire. I tillegg tilrås stabilitetsforbedrende tiltak i noen grad, se kap. 6. Det er foretatt en revurdering av faregrad, skadekonsekvens- og risikoklasse for sonene. Følgende konklusjoner foreligger:

Sone:	Storaunet-Skei	Grønlia
✓ Faregrad:	Høy	Middels
✓ Konsekvens:	Meget alvorlig	Alvorlig
✓ Risiko:	Klasse 5	Klasse 3

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	4
2.	Utførte grunnundersøkelser.....	5
3.	Terreng og grunnforhold.....	6
3.1	Storaunet-Skei	6
3.2	Grønlia	8
4.	Vurdering av kvikkleireforekomst og klassifisering av sonene	9
4.1	Utbredelse av kvikkleire.....	9
4.1.1	Storaunet-Skei	9
4.1.2	Grønlia.....	10
4.2	Tiltaksklasse og krav til stabilitet og kontroll.....	10
4.3	Skadekonsekvensevaluering	10
4.4	Faregradsevaluering.....	12
4.5	Risikoklasse	14
4.6	Nytt forslag til soneinndeling og klassifisering	15
4.6.1	Storaunet-Skei	15
4.6.2	Grønlia.....	15
5.	Områdestabilitet.....	16
5.1.1	Vurdering av stabilitetskritiske profiler	16
5.1.2	Skjærfasthetsparametre og beregningsmetodikk	16
5.1.3	Beregningsresultater og vurderinger.....	19
6.	Behov for tiltak	23
6.1	Storaunet-Skei	23
6.2	Grønlia.....	23
7.	Sluttkommentar.....	24
8.	Referanser	25

Tegninger

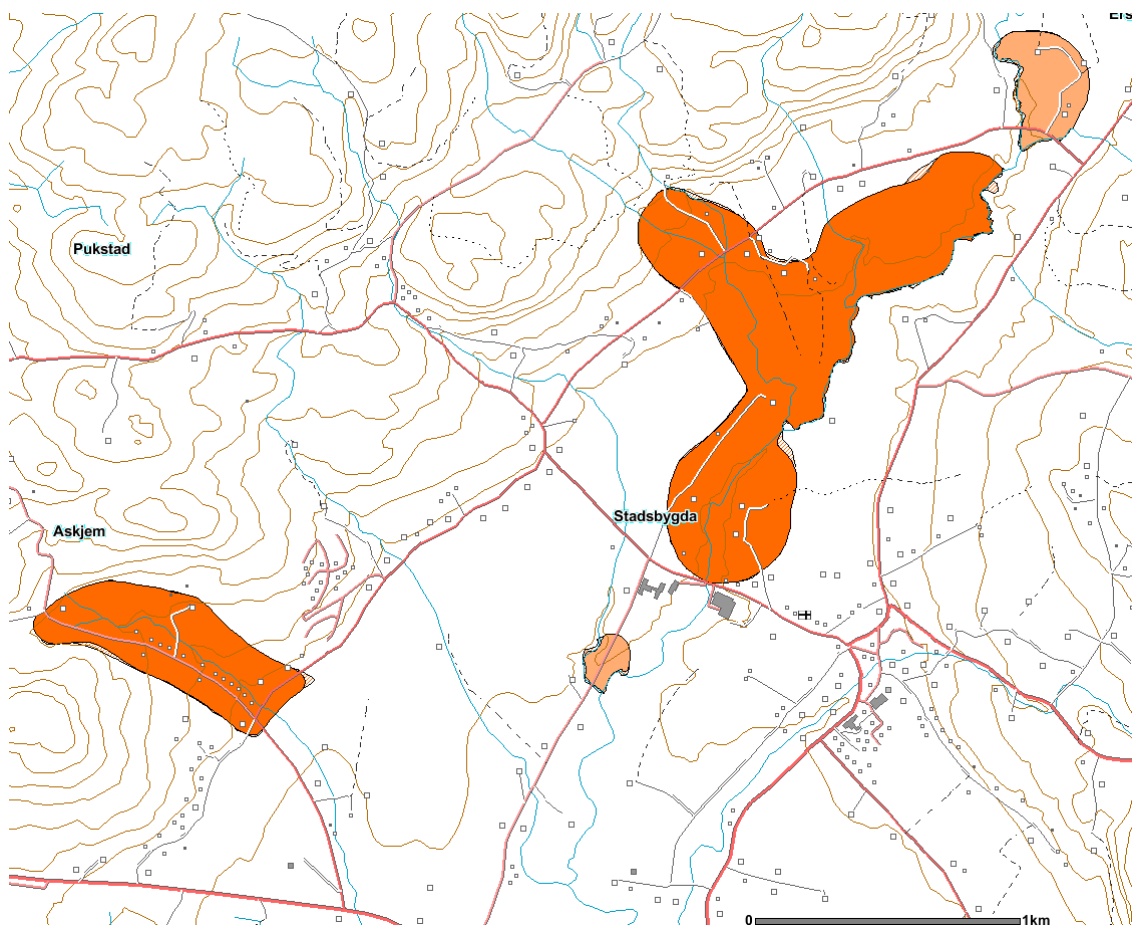
412498-0a	Oversiktskart	M = 1 : 50 000
412498-2 og 3	Borplaner	M = 1 : 4 000 / 1 : 5000
412498-103-107	Lengdeprofiler	
412498-130 til 157	Tolkning av CPTU	
412498-170 til 178b	Stabilitetsberegninger GeoSuite	
412498-180	Samleplott treksialforsøk, aktiv deviatorspenningssti	

Vedlegg

Vedlegg A	Resultater fra stabilitetsberegninger PLAXIS
Vedlegg B	Innmålingsprofiler Nidaros Oppmåling
Vedlegg C	Tolking av treksialforsøk, BP 17

1. Innledning

I forbindelse med program for økt sikkerhet mot leirskred har Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), region Midt-Norge tildelt Multiconsult utredning av kvikkleiresonene Storaunet-Skei og Grønlia i Stadsbygda i Rissa 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 klarlegge utbredelse av kvikkleire, gi input til stabilitetsberegninger og dermed revurdere kvikkleiresonens faregrad, skadekonsekvens- og risikoklasse. Det inngår også i oppdraget å foreslå eventuelle tiltak til å bedre stabiliteten i sonen, først og fremst i og langs vassdrag. Figur 1-1 viser en oversiktsskisse over sonene (områdene med mørkerød farge) slik de er trukket før dette arbeidet startet.



Figur 1-1 Kvikkleiresone Storaunet-Skei og Grønlia (www.skrednett.no).

Kvikkleiresonene hadde før dette arbeidet startet status som listet i Tabell 1-1.

Tabell 1-1 Status kvikkleiresoner før supplerende grunnundersøkelser.

	Storaunet-Skei (937)	Grønlia (935)
Faregrad	Høy	Høy
Skadekonsekvensklasse	Alvorlig	Alvorlig
Risikoklasse	4	3

Det er tidligere oppgitt at hovedårsaken til høy faregrad i sonene er ”store høydeforskjeller, sensitiv leire og at det foregår noe erosjon i vassdragene” /3/.

2. Utførte grunnundersøkelser

Multiconsult har utført et litteratursøk på tidligere grunnundersøkelser innenfor og i umiddelbar nærhet av sonene. NVE, NGI og Statens vegvesen (SVV) i Sør-Trøndelag har vært hjelpelige med å skaffe tilveie resultater fra tidligere undersøkelser.

NGI har tidligere utført kvikkleirekartlegging i 1988 /5/, der det er utført dreietrykksonderinger og opptak av prøver i og utenfor sonene. Utover punktene som er utført fra første del av kvikkleirekartleggingen har Kummeneje utført grunnundersøkelser ved gården Askjemdal midt i sone Storaunet-Skei. De fleste av borpunktene fra denne undersøkelsen indikerer ikke-kvikke masser, men det er registrert en lomme som indikerer kvikkleire ved NGIs borpunkt nr. 12. Noe sør for sonen har SVV utført grunnundersøkelser ved Blikkåsbekken /9/. Dette er markert som en egen kvikkleiresone, Oppigarda. I Grønli har vi ikke klart å skaffe tilveie data fra tidligere grunnundersøkelser. Her er det kun NGIs dreietrykksondering nr. 17 fra 1988 som finnes av tidligere boringer. Tidligere boringer er markert på borplanene, se tegningene 412498-2 og -3. Fargekodene på disse gamle undersøkelsene viser indikasjon på kvikk/sensitiv leire (rød) og antatte ikke-sensitive masser (grønn).

I forbindelse med detaljvurderinger av kvikkleiresonen er det utført grunnundersøkelser av Rambøll i tre omganger /6/, /7/ og /18/ etter borplaner utarbeidet av Multiconsult. I første runde med grunnundersøkelser ble det i sone Storaunet-Skei totalt utført dreietrykksonderinger i 15 borpunkter, CPTU i 5 borpunkter, prøvetaking i 3 borpunkter samt installasjon av 2 poretrykksmålere i en lokasjon. I Grønli ble det utført 4 dreietrykksonderinger og opptak av 1 prøveserie. Punktene er plassert både innenfor og utenfor sonen for å bedre grunnlaget for en evaluering av sonen, samt å gi skjærfasthetsparametre for stabilitetsberegninger. For Storaunet-Skei ble det spesielt fokusert på å avgrense sonens utstrekning i periferien, samt å gi input til stabilitetsberegninger i antatt kritiske profiler. Det henvises til borplanene i tegningene 412498-2 og -3 for en sammenstilling av de utførte undersøkelsene i sonen. I borplanen er påvist/ antatt kvikkleire vist med røde symboler for tidligere utførte sonderinger, samt for nye prøveserier. For Grønli var det større usikkerhet knyttet til utbredelse av sonen før arbeidet startet. Det ble derfor i større grad fokusert på å dokumentere utbredelsen av kvikkleire inne i sonen.

Runde to med grunnundersøkelser (2008) ble utført for å bedre parameterbestemmelsene av antatt stabilitetskritiske områder. I sonen Storaunet-Skei ble det i 2008 utført 4 dreietrykksonderinger, 3 CPTU og installasjon av 2 poretrykksmålere i ett borpunkt. Nord i sone Storaunet-Skei/ Ersland ble det utført dreietrykksonderinger for å forsøke å avgrense kvikkleireforekomsten. Det er også utført profilering av 3 profiler som input til stabilitetsberegningene. I sone Grønli er det i 2008-undersøkelsen utført 3 dreietrykksonderinger, 1 CPTU og ett punkt med poretrykksmåler i to dybder. Det er utført avgrensende sonderinger i sone Grønli.

Runde tre med supplerende grunnundersøkelser (2010) ble utført for å bedre parameterbestemmelsene i stabilitetskritiske områder. I Storaunet-Skei er det i 2010 utført 2 dreietrykksonderinger, 2 CPTU, installasjon av 2 poretrykksmålere i ett borpunkt og prøvetaking i 7 punkter, hvorav en prøveserie med 54 mm stempelprøvetaker og skovlboringer i 6 punkter.

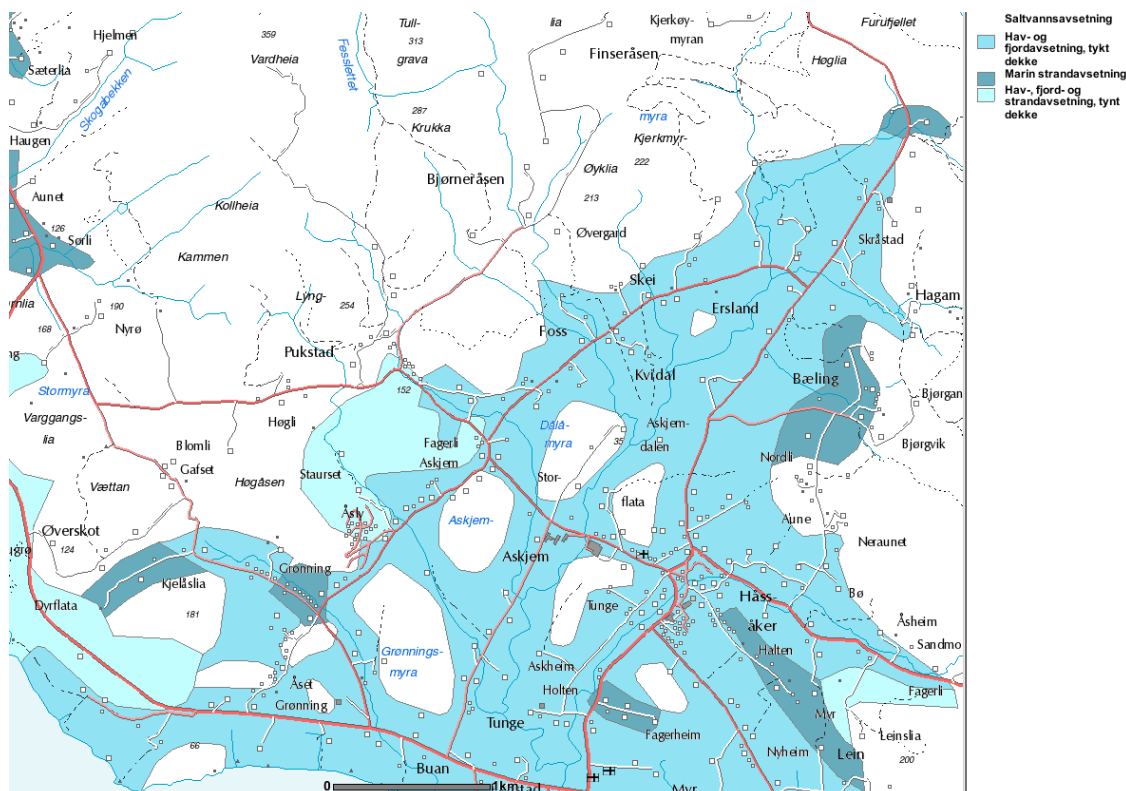
normalkonsoliderte i dybden. Tolkningene av aktiv udrenert skjærfasthet (s_u^A) og overkonsolideringsgrad (OCR) er vist i tegningene 412498-130 til -157. Det er også presentert et samleplott av de tre aktive treaksialforsøkene som er utført i borpunkt 3 og 10. Resultatene fra treaksialforsøkene viser utpresset porevann i konsolideringsfasen på mellom 3,6 – 6,4 % (ϵ_v). På prøver fra borpunkt 17 er det presentert plott av 2 aktive og 2 passive treaksialforsøk. Resultatene fra de 4 treaksialforsøkene viser utpresset porevann i konsolideringsfasen på mellom 0,8 - 1,3 med OCR=5. I henhold til vanlig benyttede klassifiseringskriterier basert på endring i porevann og OCR /17/ ender disse 3 forsøkene i kvalitetsklasse ”dårlig” til ”meget dårlig”. Spenningsstiene vist i tegning 412498-140 tyder også på at det er stor prøveforstyrrelse for treaksialforsøkene som er utført i /6/. Disse er av den grunn ikke blitt vektlagt ved uttak av skjærfasthetsparametre.

Poretrykkmålingene ved borpunkt 3 i Storaunet-Skei er avlest av Rambøll i etterkant av installasjon (november 2007) og av Multiconsult i februar 2008. Grunnvannsstanden er av Rambøll rapportert til å ligge ca. 2,3 m u.t. i borpunktet. Den siste målingen viser høyest poretrykk for begge målerne. Tabell 3-1 viser de avleste verdiene. Det er i begge punktene registrert et poretrykk som er større enn hydrostatisk fra GV 2,3 m u.t. I den dypeste måleren ble det registrert vann helt til topp slange i det hydrauliske piezometeret. Virkelig poretrykkstilstand er derfor sannsynligvis verre enn det som er målt. I den dypeste måleren i borhull nr. 9 er det registrert et undertrykk i forhold til hydrostatisk poretrykkstilstand. Det er usikkert om dette har innstilt seg i likevekt med omgivelsene ved avlesningstidspunktet. Det er derfor valgt å benytte poreovertrykket som målt i 9-1 i relative forhold videre i dybden. I borhull 17 viser begge målerne poreovertrykk i forhold til hydrostatisk poretrykkstilstand. Lineariteten mellom de to målingene indikerer en poretrykksfordeling som ligger 65 % over hydrostatisk poretrykksfordeling.

Tabell 3-1 Avlesning av piezometere Storaunet-Skei.

Piezometer/ borhull nr.	Dybde under terreng [m]	November 2007	Februar 2008	November 2008	Mars 2010
		Poretrykk [kPa]	Poretrykk [kPa]	Poretrykk [kPa]	Poretrykk [kPa]
3-1	10,0	77	90	-	-
3-2	22,0	223	> 230 ¹⁾	-	-
9-1	15,0	-	-	158	-
9-2	25,0	-	-	186	-
17-1	4,5				55
17-2	9,5				140

¹⁾ Avlesningen viste vann helt opp til topp piezometerslange 1,0 m over terreng. Virkelig poretrykk vil sannsynligvis være større.



Figur 3-2 Fordeling av saltvannsavsetninger (www.ngu.no).

3.2 Grønlia

Denne sonen består av et område på ca. 290 dekar som består av jordbruksareal samt flere eneboliger langs veien opp gjennom sonen. Høydeforskjellen i den inntegnede sonen er ca. 75 m fra kote +25 til +100 over en distanse på ca. 1 km.

Som vist i Figur 3-1 består området Grønlia stort sett av hav- og fjordavsetninger med tykt dekke. I den søndre delen av sonen samt nordvest for avgresningen består løsmassene av marine strandavsetninger.

Slettebekken går gjennom sonen og det er et ravinert terreng ned mot denne. I befaringen som er utført av NVE /2/ er det konkludert med at det pågår aktiv erosjon i alle yttersvinger i denne bekken. Det er også pekt på faren ved oppdemming av denne bekken etter et eventuelt ras. Denne faren mener vi imidlertid er liten basert på de seneste grunnundersøkelsene og vurderingene presentert i denne rapporten.

Bebyggelsen langs veien er plassert nær kanten av ravineskråningene ned mot Slettebekken. Disse er således truet av eventuelle glidninger som måtte finne sted langs vassdraget.

I denne sonen var det stor usikkerhet til utbredelse av kvikkleire før dette arbeidet startet da det kun var en dreietrykksondering inne i sonen fra den første runden med kvikkleirekartlegging /5/. Denne sonderingen indikerte ikke-sensitive masser, men det var usikkerhet med tanke på mulig beliggenhet av sensitive masser under laget sonderingen stoppet i. I første omgang ble det derfor valgt å utføre relativt få dreietrykksonderinger for å bestemme om sonen bestod av kvikkleire. Det er utført dreietrykksonderinger i fire punkter for identifisering av kvikkleireforekomster. I tillegg er det tatt opp en prøveserie som er rutineundersøkt i laboratoriet /6/.

De installerte poretrykksmålerne i borhull 3 viser hydrostatisk poretrykksfordeling fra ca. 3,7 m under terreng, se Tabell 3-2.

Tabell 3-2 Avlesning av piezometere, Grønlia

Piezometer/ borhull nr.	Dybde under terreng [m]	November 2008
		Poretrykk [kPa]
3-1	7,0	34
3-2	10,0	66

4. Vurdering av kvikkleireforekomst og klassifisering av sonene

4.1 Utbredelse av kvikkleire

4.1.1 Storaunet-Skei

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

- ✓ NGI har i første del av kvikkleirekartleggingen identifisert 5 borpunkter med antatt/ påvist kvikkleire inne i sonen og 2 borpunkter like øst for den inntegnede sonen med antatte/ påviste ikke-sensitive masser /5/. Det er også utført to sonderinger innenfor og i nærheten av sone Ersland like nord for denne sonen. Borpunkt NGI 86-7 viser kvikkleire mens borpunkt NGI 86-6 indikerer ikke-sensitive masser.
- ✓ Kummeneje har utført grunnundersøkelser i forbindelse med planering av et bakkeområde på gården Askjemdal. Her er det generelt registrert ikke-sensitive masser. Det er imidlertid registrert en lomme av kvikkleire ved tidligere NGI boring nr. 12.

De supplerende undersøkelsene utført i denne omgangen begrenser kvikkleireforekomstene ytterligere:

- ✓ I sør er det utført en dreietrykksondering i borpunkt 1 som indikerer ikke-sensitive masser ned mot FV202.
- ✓ Det er i den vestlige delen av sonen utført to dreietrykksonderinger og en CPTU på Dålåmyra som indikerer lite sensitive masser i borpunkt 4 og 5. Det er videre østover i borpunkt 2 og 3 på hver sin side av Prestelva ikke registrert sensitive masser.
- ✓ Inne i sonen ble det utført sonderinger ved Fossbekken i borpunkt 6 og 7. Disse indikerer lavsensitiv leire i dybden. Også borpunkt 15 noe lenger nord indikerer ikke-sensitiv leire.
- ✓ I borpunkt 14 er det tatt opp prøver av kvikkleire. Sammen med NGIs borpunkt nr. 10 viser det at det er kvikkleire rundt gårdene nordvest i sonen.
- ✓ I borpunkt NGI-11, 10, 11 og 12 i de østlige delene er det registrert kvikkleire i varierende mektighet. Boringene som er utført tyder på at kvikkleireutbredelsen er noe større i østlig retning enn den inntegnede sonen tilsier.

- ✓ Nord for den opprinnelige sonen, mellom sonene Storaunet-Skei og Ersland, er det utført et punkt med dreietrykksondering og CPTU (borpunkt 9). Resultatene fra disse viser at det er antatt kvikkleire til dybde over 40 m. Det er registrert et tynt tørrskorpelag på 1-2 m over den mektige avsetningen av kvikk/ sensitiv leire. Det anses som sannsynlig at det er en sammenhengende kvikkleireforekomst mellom sonene Storaunet-Skei og Ersland.
- ✓ Borpunkt 16 helt nord i sonen indikerer et tykt lag på mektighet av 16-17 m med kvikkleire/ sensitiv leire. Kvikkleireforekomstens avgrensning mot nord er således ikke dokumentert gjennom boringer. Sonens utbredelse her er derfor basert på kvartærgeologiske kart, dvs. utbredelsen av saltvannsavsetninger.

4.1.2 Grønli

For denne sonen indikerer dreietrykksonderingene 1, 2, 4, 5, 6 og 7 lite sensitive masser. Ved borpunkt 3 på vestsiden av Slettabekken er det registrert et lag med meget sensitiv leire fra ca. 7 m dybde u.t.. Mektigheten på dette laget er anslått til å være ca. 3 m. Utbredelsen av dette sensitive laget er usikker, og det vites derfor ikke om dette laget slår ut i nivå med bekken. Borpunkt 5 indikerer imidlertid lite sensitive masser, og det er derfor sannsynlig at dette laget kiler ut oppe i skråningen slik at det ikke er kvikk- eller sensitiv leire i direkte kontakt med Slettabekken.

4.2 Tiltaksklasse og krav til stabilitet og kontroll

I henhold til NVEs retningslinjer /1/ stilles det ulike krav til sikkerhetsmessig vurdering på reguleringsplannivå avhengig av hvilken faregrad og tiltaksklasse sonen faller innenfor. Kravet til sikkerhetsnivå og eventuelt forbedring av dette klassifiseres gjennom fire tiltaksklasser og tre faregradsklasser.

For denne revurderingen av kvikkeleiresonen er det lagt vekt på å dokumentere utbredelsen av kvikkleire og vurdere stabiliteten i antatt stabilitetskritiske profiler. Det er ikke tatt stilling til hvilken tiltaksklasse sonen havner innenfor i forbindelse med krav til sikkerhetsmessige vurderinger på reguleringsplannivå /1/. Dette må vurderes særskilt for hver enkelt byggesak, blant annet i forhold til tilflytting av mennesker i forbindelse med tiltaket.

I arbeidet er det uansett ønskelig og enten dokumentere tilstrekkelig γ_m eller foreta en forbedring av stabiliteten i sonen, dersom det er for lav beregningsmessig sikkerhet mot kvikkleireskred. Kravet til prosentvis forbedring ved dokumenterte lave sikkerhetsfaktorer er ikke satt rigid i sonene, da det ikke er spesifikke byggeplaner som er vurdert her. Det vil imidlertid foretas vurderinger basert på praktiske og samfunnsøkonomiske forhold tilpasset de enkelte sonene.

4.3 Skadekonsekvensevaluering

Områdene er tidligere definert med skadekonsekvensklasse **Alvorlig** /3/. Det er utført en revidert skadekonsekvensvurdering i henhold til 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 etter klassifiseringskriterier som vist i Tabell 4-1. Den utregnede scoren for sonene er vist i tabellene 4-2 og 4-3. Soner med poengverdi mellom 7 til 22 havner i skadekonsekvensklasse **Alvorlig**, mens poengverdi mellom 23 og 45 gir klasse **Meget alvorlig**. Basert på våre vurderinger har derved sonen Storaunet-Skei skadekonsekvensklasse **Meget alvorlig**, mens sonen Grønli fortsatt har skadekonsekvensklasse **Alvorlig**.

Tabell 4-1 Grunnlag for evaluering av skadekonsekvensklasse, 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/floam	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum poeng		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Tabell 4-2 Evaluering av skadekonsekvensklasse for Storaunet-Skei, etter /4/.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Boligheter, antall	4	2	8	
Næringsbygg, personer	3	3	9	Like sør for sonen ligger skole og en industribedrift. Dette er tatt inn i denne posten da utløpssonen av et eventuelt ras og/ eller en eventuell oppdemming kan true skolen og næringsbebyggelsen.
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	
Vei, ÅDT	2	1	2	Maksimal ÅDT på 721 for FV201 iht nasjonal vegdatabank (hentet februar 2008).
Toglinje, baneprioritet	2	0	0	
Kraftnett	1	1	1	Antatt at dette er distribusjonsnett.
Oppdemming/floam	2	2	4	Oppdemming/ floam i uløpet av Prestelva kan medføre erosjon og dermed initialras som kan gripe bakover.
Poengverdi			24	→ Skadekonsekvensklasse Meget alvorlig

Tabell 4-3 Evaluering av skadekonsekvensklasse for Grønlia, etter /4/.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Boligheter, antall	4	2	8	
Næringsbygg, personer	3	0	0	
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	
Vei, ÅDT	2	0	0	Maksimal ÅDT på 83 for FV203 iht nasjonal vegdatabank (hentet februar 2008).
Toglinje, baneprioritet	2	0	0	
Kraftnett	1	1	1	Antatt at dette er distribusjonsnett.
Oppdemming/flom	2	0	0	Slettabekken vurderes til å ha for liten vannføring til å skape flomfare ved oppdemning. De oppdaterte vurderingene i denne rapporten har innsnevret sonen betydelig. Vurderingene utført av NVE i befaringsrapportem der flombølge/ oppdemming er satt til kategori Alvorlig anses som ikke relevant basert på de avgrensede undersøkelsene.
Poengverdi			9	→ Skadekonsekvensklasse Alvorlig

4.4 Faregradsevaluering

Områdene er tidligere definert med faregrad høy /3/. Det er utført en revidert faregradevaluering basert på litteraturstudiet av 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 i henhold til klassifiseringskriterier vist i Tabell 4-4. Den utregnede scoren for sonene er vist i tabellene 4-5 og 4-6. 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.

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 for Storaunet-Skei, etter /4/.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	3	3	Tidligere skred er funnet basert på NGUs skredatabase med skader på bygninger og veier ved Kvidal like øst for sonen (1871 og 1872).
Skråningshøyde	2	3	6	Total høydeforskjell i den opprinnelige sonen er ca. H=65 m. For stabilitetskritiske skrånninger er høyden imidlertid mindre.
OCR	2	3	6	Basert på tolking av de to utførte CPTUene er overkonsolideringsgrad i dybden ned mot OCR = 1,0 - 1,2.
Poretrykk	3/-3	3	9	Poretrykksmålinger viser overtrykk. Usikker størrelse, men uansett større enn +30 kPa
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Mektighet av kvikkleireforekomsten er i punkt 9 opp mot 35 – 40 m, dvs. < H/2, der H=65 m
Sensitivitet	1	3	3	S _t er for enkeltprøver er målt opptil 140 i kvikkleira
Erosjon	3	3	9	Det er registrert aktiv erosjon i Prestelva og Fossbekken /2/.
Inngrep	3/-3	0	0	Det er tatt utgangspunkt i dagens situasjon. Ved større inngrep (tiltaksklasse K2-K4) kreves det dokumentert sikkerhet og evaluering for det aktuelle prosjektet.
Poengverdi			42	Gir faregradsklasse ”Høy”

Tabell 4-6 Faregradsevaluering for Grønlia, etter /4/.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	3	3	To gamle rasgroper registrert i /2/.
Skråningshøyde	2	3	6	Total høydeforskjell i den opprinnelige sonen er ca. H=75 m. For stabilitetskritiske skrånninger er høyden imidlertid vesentlig mindre, ca. 13 m.
OCR	2	0	0	Basert på resultater fra CPTU er OCR tolket > 2,0 på plataet.
Poretrykk	3/-3	0	0	Hydrostatisk poretrykk målt i punkt 3.
Kvikkleiremektighet	2	1	2	Det er ikke registrert kvikkleire. Mektighet på sensitiv leire er ca. 3 m, dvs. < H/4, der H=75m
Sensitivitet	1	2	2	St er i /5/ målt opptil 44.
Erosjon	3	3	9	Det er registrert aktiv erosjon i alle yttersvinger /2/.
Inngrep	3/-3	0	0	Det er tatt utgangspunkt i dagens situasjon. Ved større inngrep (tiltaksklasse K2-K4) kreves det dokumentert sikkerhet og evaluering for det aktuelle prosjektet.
Poengverdi			22	Gir faregradsklasse "Middels"

Soner med poengverdi mellom 0 og 17 havner i faregradsklasse lav, 18 – 25 i middels og 26 – 51 i høy. Basert på de nye vurderingene er dermed sonen Grønlia reklassifisert med **faregrad Middels** mens Storaunet-Skei beholder faregradsklasse **Høy**.

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/.

$$\text{Risiko} = \left[\frac{\text{Skadekonsekvensscore}}{45} \cdot 100 \right] \cdot \left[\frac{\text{Faregradsscore}}{51} \cdot 100 \right]$$

Tabell 4-7 viser tall som er beregnet for kvikkleiresonene.

Tabell 4-7 Beregning av risikoklasse

	Faregradstall	Konsekvenstall	Risikotall	Risikoklasse
Storaunet-Skei (937)	42	24	4392	5
Grønlia (935)	22	9	863	3

4.6 Nytt forslag til soneinndeling og klassifisering

På bakgrunn av de supplerende undersøkelsene tilrås det at sonene endres 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 borplanene i tegningene 412498-2 og -3.

4.6.1 Storaunet-Skei

De vestlige delene av sonen som allerede er trukket begrenser etter vår mening realistisk en største mulig utbredelse av et eventuelt kvikkleireskred. I de østlige delene er det imidlertid påvist kvikkleire med noe større utbredelse. Det er også sannsynlig at det er en sammenhengende kvikkleireforekomst mellom denne sonen og sonen Ersland i den nordlige utstrekningen. Vi er av den oppfatning av at disse to sonene bør slås sammen til en sone i det videre arbeidet. Det er trukket et forslag til ny soneinndeling i borplanen vist i tegning 412498-2.

Det er både på kvartærgeologisk kart og under grunnundersøkelsene påvist soner med ikke-sensitive masser. Disse ”øyene” med relativt sett bedre grunnforhold vil høyst sannsynlig ikke rase ut ved et tenkt kvikkleireskred, men det kan ikke utelukkes at disse områdene blir truffet av ovenforliggende masser ved en skredutvikling. Det tilrås derfor at disse ”øyene” tas inn i sonen.

Generelt er det registrert til dels svært stor mektighet av kvikkleire i sonen. Dersom det først skjer et initialras er det dermed stor fare for en retrogressiv (bakovergrepene) skredutvikling analogt med hva som skjedde i f. eks Rissaraset (1978). Det er derfor svært viktig å begrense eventuelle utløsende årsaker i sonen. Våre anbefalinger til status på denne sonen er som følger:

- ✓ Faregrad: Høy
- ✓ Skadekonsekvens: Meget alvorlig
- ✓ Risiko: Klasse 5

4.6.2 Grønlia

Før denne runden med undersøkelser startet var det usikkerhet med tanke på om sonen besto av kvikkleire. I punktene som er utført innenfor denne sonen er det ikke påvist kvikkleire. Det er imidlertid påvist et lag med sensitiv leire som ligger omtrent midt i sonen. Sensitiv leire med $S_t > 15$ og $s_r < 2,0$ kPa behandles i henhold til NVEs retningslinjer /1/ som kvikkleire og sonen bør derfor ha status som kvikkleiresone.

Laget med sensitiv leire er avgrenset med dreietrykksondering i borpunktene 5, 6 og 7. Det anses som sannsynlig at dette laget kiler ut før bekken. Sonen er vist på tegning 412498-3.

Våre anbefalinger til status på denne sonen er som følger:

- ✓ Faregrad: Middels
- ✓ Skadekonsekvens: Alvorlig
- ✓ Risiko: Klasse 3

5. Områdestabilitet

5.1.1 Vurdering av stabilitetskritiske profiler

Stabilitetskritisk område:

For Storaunet-Skei er stabilitetskritiske situasjoner vurdert å være initialras som går langs Prestelva. Det er ikke boret i selve elveløpet, men basert på de utførte undersøkelsene er det sannsynlig at kvikkleira slår ut tilnærmet i elvenivå med liten overdekning. Det er derfor valgt å utføre beregninger i 3 profiler langs Prestelva i denne omgang. Disse profilene (1, 5 og 8) er innmålt av Nidaros Oppmåling med GPS (se tegningene 412498-103 til 107).

For sonen Grønlia er det registrert sensitiv leire ved punkt 3. Her er det en svært bratt skråning ned mot Slettabekken. Det er kun utført rutineundersøkelser på de opptatte prøvene i punkt 3. Basert på resultater fra disse er det utført en stabilitetsberegning ved punkt 3.

Stabilitetsvurdering av øvrige områder:

Et initialras i Storaunet-Skei kan være svært uheldig og medføre retrogressiv (bakovergrepene) skredaktivitet dersom forholdene ligger til rette for det. Dette styres av sensitiviteten til massene som ligger bakenfor et eventuelt initialskred, men vil også påvirkes av eventuelle barrierer som for eksempel bergterskler eller soner med ikke-sensitivt materiale. Det er derfor svært viktig å bestemme beliggenheten og omfanget av kvikkleire i forhold til vassdraget.

Minst overdekning av kvikkleire og størst skråningshelning er funnet nord i sonen ved Ersland. Her er det utført beregninger i et profil i yttersving av elva (profil 8). I tillegg er det utført beregninger i profilene 1 og 5, nedstrøms profil 8.

5.1.2 Skjærfasthetsparametre og beregningsmetodikk

Valgte skjærfasthetsparametre for drenert og udrenert skjærfasthet er hovedsakelig basert på utførte CPTU-sonderinger. Opptatte 54 mm sylindrerprøver er vurdert å være forstyrret.

Det er utført stabilitetsberegninger med GeoSuite, som er basert på lamellemetodeprogrammet BEAST, i både drenert og udrenert tilstand. I tillegg er det supplert med beregninger i elementmetodeprogrammet PLAXIS for enkelte snitt.

CPTU-sonderingene er tolket ved hjelp av egenutviklet tolkingsverktøy, der udrenert skjærfasthet er tolket via empiriske korrelasjoner som er tilbakeregnet fra treaksialforsøk på blokkprøver /10/ og /12/. Det er i hovedsak benyttet en tolkning på poretrykksbasis da det generelt er homogene forhold av bløte, finkornige masser. Det er generelt benyttet hydrostatisk poretrykksfordeling i tolkningene. Der det er utført poretrykksmåling er det imidlertid tolket med det registrerte poreovertrykket. For CPTU 3 og NGI-11 er det benyttet 30 % overtrykk og for CPTU 9 er det benyttet 10 %.

I CPTU-sonderinger utført i 2010 og for CPTU sonderinger der ny informasjon om poretrykkstilstanden foreligger er følgende brukt:

BP 17: Poretrykksmåling i BP 17 viser at grunnvannstanden ligger 1,0 m under terreng og med et poretrykk langt over hydrostatisk. I tolkning av CPTU er det benyttet en grunnvannstand på 1 m under terreng og et poretrykk som tilsvarer hydrostatisk verdi + 65,0 %.

BP 18: Nærmeste poretrykksmåling er i BP 9, som ligger ca 10 m høyere i terrenget enn BP 18. Poretrykksmålingene i BP 9 er ikke vurdert som relevante i BP 18. I tolkning av CPTU i BP 18 er det antatt en grunnvannstand på 2,0 m under terreng og et poretrykk som tilsvarer hydrostatisk verdi + 40,0 %

BP 18a: Samme forutsetning som i BP 18

BP 19: Nærmeste poretrykksmåling er i BP 17, BP 19 ligger ca 14 meter høyere i terrenget enn BP 17. I tolking av CPTU i BP 19 er det benyttet en grunnvannstand på 3,0 meter under terreng og et poretrykk som tilsvarer hydrostatisk verdi + 45,0 %.

BP 20: Nærmeste poretrykksmåling er i BP 9, og ligger på ca samme kotehøyde. Poretrykksmåler i BP 9 forteller ingenting om formen på poretrykket i de øverste 15 m, disse målingene er derfor ikke vektlagt i vurderingen. I tolking av CPTU er det derfor antatt en grunnvannstand på 2,0 m under terreng og et poretrykk som tilsvarer hydrostatisk verdi + 20 %

To av CPTU-sonderingene som er utført har svært stort helningsavvik fra vertikalaksen i stor dybde. CPTU 3 og 9 har avvik fra vertikalaksen ved sonderingsstopp henholdsvis større enn 20° og større enn 30°. Dette medfører at tolkningen av parametere er usikker for disse sonderingene. Det er vedlagt tegninger som viser tolket s_{uA} og tolket OCR. For uttaket av karakteristisk profil er skjærfastheten redusert med 15 % i og med at skjærfastheten er bestemt fra blokkprøvekorrelasjoner.

ADP-faktorer i kvikkleire/ leire er basert på erfaringstall fra tidligere laboratorieforsøk på høykvalitets prøver, bl.a. presentert i /12/. For typiske magre kvikkleirer ($I_p < 5$ %) som ofte finnes i Trøndelag er det tidligere dokumentert svært lave ADP-forhold. For beregninger presentert i denne rapporten er det derfor benyttet antatt konservative faktorer på $s_{uDSS}/s_{uA} = 0,6$ og $s_{uP}/s_{uA} = 0,3$.

5.1.2.1 Profil 1 Storaunet-Skei

For profil 1 i Storaunet-Skei er det utført CPTU-sonderinger i borpunkt 3 og NGI-11 samt at det er tatt opp prøver i borhull 3. For uttak av effektivspenningsparametere er tolkede friksjonsvinkler ved de utførte lokasjonene hensyntatt. Dette er vist på tegning 412498-180. Det påpekes at de tolkede verdiene er bruddverdier. Disse er nedskalert for å ta høyde for et lavere tøyingsnivå. En gjennomsnittlig friksjonsvinkel på 25° er konservativt antatt for profil 1. I og med at det er registrert et poreovertrykk i punkt 3 er det lagt inn et poreovertrykk tilsvarende tyngdetetthet for vann på 13 kN/m^3 , dvs. 30 % større enn hydrostatisk. Dette er også benyttet i tolkning av CPTU ved borpunkt 3 og NGI-11. For boring 3 er det benyttet korrelasjoner for lavsensitive leirer iht. /12/ mens det i borpunkt NGI-11, hvor det er påvist kvikkleire, er benyttet tolkningsfaktorer for $S_t > 15$. Det er tolket noe større overkonsolidering ved borpunkt 3 enn ved NGI-11. Dette tyder på at terrenget er noe mer nederodert ned mot Prestelva i dette profilet. Tabell 5-1 viser de benyttede parametrene i stabilitetsberegningene for profil 1.

Tabell 5-1 Lagdeling med skjærfasthetsparametre i profil 1, Storaunet-Skei.

Lag	Materiale	Tyngdetetthet [kN/m ³]	Friksjons- vinkel, φ' [°]	Attraksjon, a [kPa]	Udrenert skjærfasthet, s_{uA} [kPa]	s_{uDSS}/s_{uA} [-]	s_{uP}/s_{uA} [-]
1	Tørskorpeleire	20,0	33,0	0	-	-	-
2	Leire (sensitiv)	20,0	25,0	0	Se tegning 132 og 148	0,6	0,3

5.1.2.2 Profil 5 Storaunet-Skei

CPTU 18 og 18a viser at grunnen består av et lag med noe overkonsoliderte materialer i toppen, ned til ca. 5-7 m under terreng. Dette laget kan for eksempel være rasmasser. Videre i dybden er det i dette punktet lett overkonsoliderte masser. Tolkning av s_{uA} er vist på tegning 412498-144 for CPTU 18 og tegning 412498-146 for CPTU 18a. CPTU 20 ligger på toppen av plataet, her

viser sonderingen lett overkonsoliderte masser. Tolkning av s_{uA} er vist på tegning 412498-154. Videre i dybden er det lagt til grunn en s_{uA} som øker med 2,8 kPa/m. Det er tatt utgangspunkt i 40 % poreovertrykk med GV på 2 m u.t. ved elveløp og 20 % poreovertrykk med GV 2 m u.t. ved CPTU 20. Midt i skråningen er det tatt utgangspunkt i et s_u -profil som er interpolert mellom CPTU 18 og CPTU 20.

Tabell 5-2 Lagdeling med skjærfasthetsparametre i profil 5, Storaunet-Skei.

Lag	Materiale	Tyngdetetthet [kN/m ³]	Friksjons- vinkel, φ' [°]	Attraksjon, a [kPa]	Udrenert skjærfasthet, s_{uA} [kPa]	s_{uDSS}/s_{uA} [-]	s_{uP}/s_{uA} [-]
1	Tørskorpeleire	20,0	33,0	0	-	-	-
2	Kvikkleire	20,0	27,0	10	Se tegning 144, 146 og 154	0,6	0,3
3	Leire	20,0	27,0	10	øker med 2,8 kPa/m	0,6	0,3

5.1.2.3 Profil 8 Storaunet-Skei

For dette profilet er det benyttet samme friksjonsvinkler som for profil 5 på tørskorpelaget og kvikkleira. Det er indikasjoner på noe mindre mektighet av tørskorpe og det er derfor modellert kun med 1,5 m mektighet. Poretrykket er i denne analysen modellert med et poreovertrykk på 65 % med GV på 1 m u.t. ved borpunkt 17. Dette er i overensstemmelse med målt poretrykk i dette punktet. Ved CPTU 19 på toppen av skråning er modellert med et poreovertrykk på 45 % med GV på 3 m u.t.

For ADP-analysen er det tatt utgangspunkt i CPTU 17 og CPTU 19 for tolkning av aktiv skjærfasthet, tolket s_{uA} er vist på tegningene 412498-142 og -150 Det er tolket et tidligere effektivt overlagingstrykk på 150 kPa over dagens spenningstilstand ved CPTU 17. Det er antatt at dette er en ravinert skråning slik at terrenget på toppen ikke er nederodert.

CPTU 17 viser meget usikker respons under ca. 13,5 m der både registrert spissmotstand og poretrykk går ned. Det anses som mulig at dette kan dreie seg om utstyrstekniske forhold pga responsen i det noe fastere laget ved ca. 13 m. Det kan imidlertid ikke utelukkes at skjærfasthetsparametrene i dette laget er dårligere. Dette kan bla skyldes et poreovertrykk i grunnen som er påvist ved borhull 17.. Tabell 5-3 oppsummerer de benyttede parametrene for dette profilet.

Tabell 5-3 Lagdeling med skjærfasthetsparametre i profil 8, Storaunet-Skei.

Lag	Materiale	Tyngdetetthet [kN/m ³]	Friksjons- vinkel, φ' [°]	Attraksjon, a [kPa]	Udrenert skjærfasthet, s_{uA} [kPa]	s_{uDSS}/s_{uA} [-]	s_{uP}/s_{uA} [-]
1	Tørskorpeleire	20,0	33,0	0	-	-	-
2	Kvikkleire	20,0	27,0	10	Se tegning 142 for skråningsfot, og tegning 150 for skråningstopp, interpolert i mellom	0,6	0,3

5.1.2.4 Profil 1 Grønlia

Det er for profil 1 i Grønlia utført en beregning der det sensitive leirlaget er modellert som et udrenert materiale, noe som kan være realistisk respons ved erosjon i bekkedalen. Det er i første omgang utført en overslagsberegning basert på rutineundersøkelsene ved borpunkt 3. På bakgrunn av supplerende undersøkelser med CPTU er det utført en ADP-analyse i stabilitetsprogrammet GeoSuite /14/ der det er antatt konservative ADP forhold på $s_{uDSS}/s_{uA} = 0,6$ og $s_{uP}/s_{uA} = 0,3$. I tolkningen av CPTU er det lagt vekt på tolkning på spissmotstandsbasis basert på korrelasjoner fra /12/. Laget med sensitiv leire har den laveste udrenerte skjærfastheten. Skjærfasthetsparametre i den drenerte analysen er basert på antatt konservative erfaringstall. Det er benyttet samme friksjonsvinkel på den sensitive leira her som er benyttet for kvikkleira i Storaunet-Skei på $\phi = 25^\circ$.

Det er i analysene benyttet en grunnvannstand som ligger 3,7 m under terreng basert på målt poretrykk. I PLAXIS-beregningen er det lagt inn et lag med større attraksjon i overflaten av skråningen for å tvinge fram sikkerheten for en dypereliggende skjærflate. Overflaten er uansett med denne skråningshelningen labil. Den udrenerte PLAXIS-beregningen er å betrakte som en overslagsberegning, da denne er utført basert på grunnlaget før utførelsen av CPTU og poretrykksmålingene. Tabell 5-4 viser de benyttede parametrene for profil 1 i Grønlia.

Tabell 5-4 Lagdeling med skjærfasthetsparametre i profil 1 Grønlia.

Lag	Materiale	Tyngdetetthet [kN/m ³]	Friksjons- vinkel, ϕ' [°]	Attraksjon, a [kPa]	Udrenert skjærfasthet styrke, s_{uA} [kPa]	s_{uDSS}/s_{uA} [-]	s_{uP}/s_{uA} [-]
1	Sand	20,5	31,0	0	-	-	-
2	Tørreskorpeleire	20,5	31,0	0	-	-	-
3	Leire (sensitiv)	20,5	25,0	10	Se tegning 130	0,6	0,3
4	Morene	20,5	35,0	20	-	-	-

5.1.3 Beregningsresultater og vurderinger

Som det framgår av Tabell 5-5 Resultater fra stabilitetsberegninger - sikkerhetsfaktorer, er minimum sikkerhetsfaktor på effektivspenningsbasis (langtidstilstanden) beregnet til ca $F_s = 0,99$ for profil 8 i Storaunet-Skei, og til ca. 1,0 for profil 1 i Grønlia. Med andre ord er sikkerheten mot kvikkleireskred her for lav. For totalspenningsanalysene er det generelt beregnet lavere sikkerhet mot utglidning i Storaunet-Skei. Beregnet sikkerhetsfaktor for de tre snittene er relativt lik, fra 1,02 – 1,06. I profil 8, med verst antatte s_u – fordeling i dybden er beregnet sikkerhet så lav som $F_s = 1,00$.

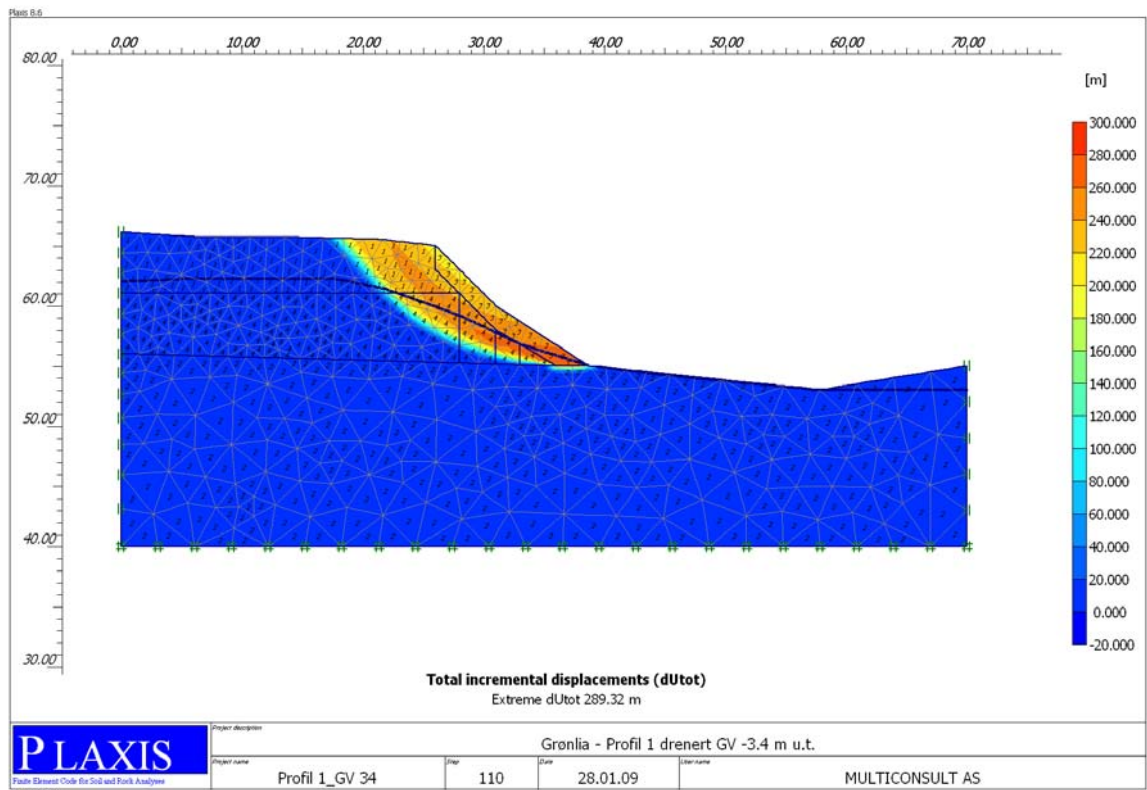
Tabell 5-5 Resultater fra stabilitetsberegninger - sikkerhetsfaktorer.

Profil	Drenert effektivspenningsanalyse		Udrenert – totalspennings- analyse midlere su	Udrenert – totalspennings- analyse ADP
	PLAXIS	GeoSuite/ BEAST	PLAXIS	GeoSuite/ BEAST
1 – Storaunet-Skei	-	1,74	-	1,06
5 – Storaunet-Skei	-	1,67	-	1,02
8 – Storaunet-Skei	-	0,99	-	1,05
8 – Storaunet-Skei med flytting av elveløp	-	1,75	-	1,1-
1 – Grønlia uten tiltak	0,98 (0,77 – 1,12 ¹⁾)	0,96	(1,03 ²⁾)	1,49
1 – Grønlia med tiltak	-	1,07	-	-

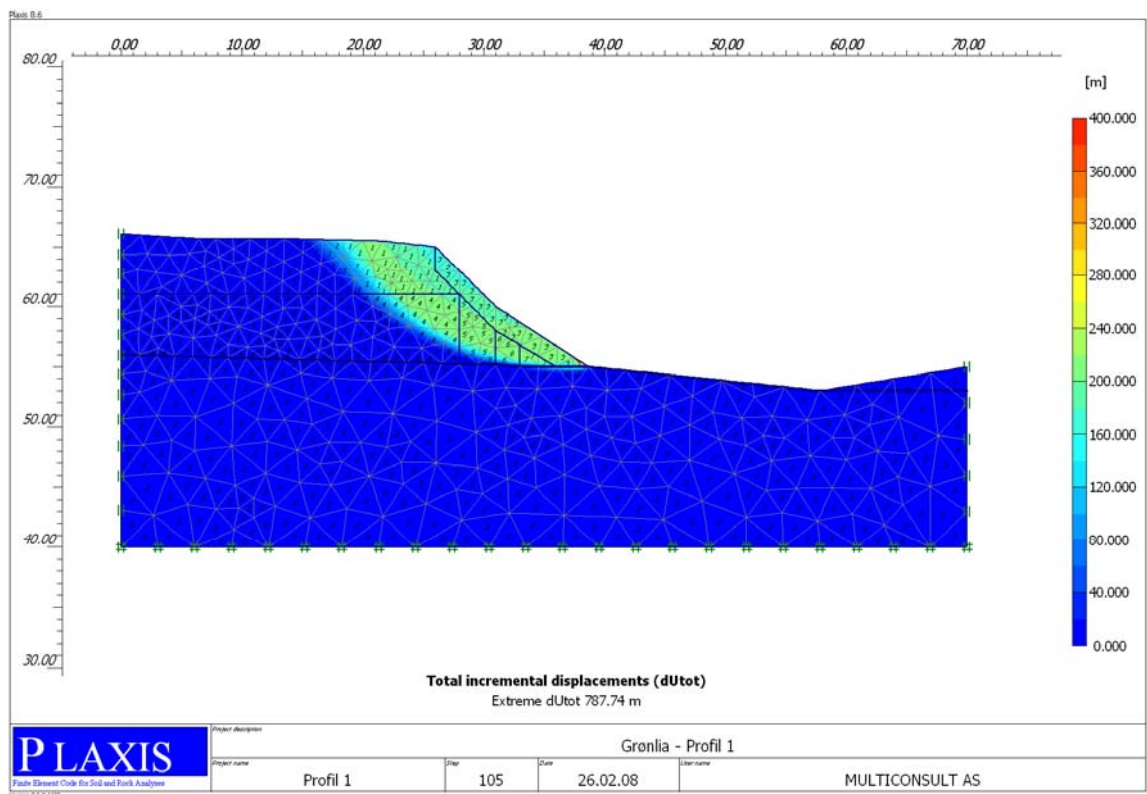
¹⁾ Avhengig av beliggenheten til grunnvannsstanden/ poretrykksforholdene (tidligere utførte beregninger).

²⁾ Overslag basert på antatt lav s_u før utførelse av CPTU.

Resultater fra GeoSuite er presentert på tegningene 412498-170 til 178. Utskrifter fra utførte beregninger på effektiv- og totalspenningsbasis i form av automatisk genererte PLAXIS-rapporter er vist i Vedlegg A. Kritisk skjærflate for hver av beregningene er vist i figurene nedenfor.



Figur 5-1 Kritisk skjærflate profil 1 Grønlia ved effektivspenningsanalyse med GV hydrostatisk 3,4 m under terreng i borpunkt.



Figur 5-2 Kritisk skjærflate profil 1 Grønlia ved totalspenningsanalyse (i leirlaget).

Profil 1 i Grønlia viser ADP-beregningen tilstrekkelig sikkerhet mot brudd. Her er det benyttet konstant s_u for alle høydekoter. Dette kan være noe ukonservativt men den drenerte analysen blir uansett dimensjonerende da det for den drenerte situasjonen er det beregnet sikkerhetsfaktor rundt 1,0. Dette anses som sannsynlig da dette er en ravineskråning som har innstilt seg på tilnærmet naturlig rasvinkel. Beliggenheten av grunnvannsspeilet og poretrykksforholdene i dybden er av avgjørende betydning for den endelige sikkerhetsfaktoren.

Basert på poretrykksforholdene avdekket under siste runde med grunnundersøkelser er det beregnet en sikkerhetsfaktor i dagens tilstand på 0,96. Tidligere utførte beregninger har vist at sikkerhetsfaktoren på effektivspenningsbasis varierer fra 0,77 – 1,12 basert på beliggenheten av grunnvannsspeilet. For vurdering av prosentvis forbedring er det tatt utgangspunkt i at skråningen står med sikkerhetsfaktor 1,0. Det tilrås at det utføres tiltak i bekkeløpet for å bedre sikkerheten for denne ravineskråningen. Med ett mulig tiltak, som vist på tegning 412498-172, er sikkerheten på effektivspenningsbasis øket med ca. 10 %. Eventuelt kan det planeres ned fra terrengtoppen dersom forholdene tillater det. Dette må avklares med grunneiere.

For profil 8 i Storaunet-Skei er det gjort en analyse med flytting av elveløp og motfylling i ravinert skråning. Dette har økt sikkerheten fra 0,99 til 1,75 på effektivspenningsbasis. En slik geometriendring vil imidlertid ikke øke sikkerheten på totalspenningsbasis med mer enn 4-5% med dagens parametergrunnlag. En økning i sikkerheten på totalspenningsbasis på for eksempel 10 % vil medføre vesentlig mer masseforflytning og/ eller behov for heving av elveløp (motfylling).

Basert på tredjepartskontrollørs kommentarer ble det i forrige revisjon utført en analyse i profil 8 der det er tatt høyde for 20 % overtrykk fra 5 m under terreng ved tolkning av CPTU. Dette resulterte i en sikkerhetsfaktor på 0,92. Med forbedret parametergrunnlag gir en analyse med 65 % poreovertrykk i tolking av CPTU 17 og 45 % poreovertrykk i tolking av CPTU 19 en beregnet sikkerhet på 1,05. Beregningen er vist i tegning 412498-178. Dette medfører at forbedret parametergrunnlag alene utgjør en forbedring i sikkerhet på 14 % på totalspenningsbasis.

For profil 5 ligger beregnet sikkerhetsfaktor på 1,67 på effektivspenningsbasis. På totalspenningsbasis ligger beregnet sikkerhetsfaktor på 1,02, noe som er en forbedring på 3 % som følge av forbedret parametergrunnlag. Poreovertrykk brukt i tolking av skjærfasthet fra CPTU i dette profilet er antatt å være konservativt, og det bør derfor utføres poretrykksmålinger for å optimalisere tolkningen av skjærfastheten.

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

6. Behov for tiltak

6.1 Storaunet-Skei

Stabilitetsberegninger har vist at det er lav sikkerhet mot kvikkleireskred i sonen. De drenerte analysene gir generelt høyere sikkerhet enn ADP-beregningen. Ved profil 8 ved Ersland er det imidlertid dokumentert labil sikkerhet mot utglidning også på effektivspenningsbasis.

I deler av sonen er det dokumentert liten overdekning av kvikkleire i forhold til Prestelva. En eventuell erosjon som blottet kvikkleiren vil kunne medføre et initialras som får muligheten til å gripe bakover inn i skråningen. Det viktigste med tanke på sikkerheten i denne sonen er derfor etter vår mening å hindre erodering i kvikkleire/ sensitiv leire. Det tilrås at det foretas elveforbygning med plastring langs Prestelva. Dette bør i vesentlig grad rettes inn mot steder det graves i yttersving, som ved profil 3, 4, 5, 6 og 8. I tillegg bør lokalstabiliteten forbedres ved profil 8 ved at det utføres bakkeplanering med flytting av elveløpet. Et eksempel på dette er vist på tegning 412498-177b der elveløpet er flyttet og det er lagt opp motfylling mot erodert skråning

Det tilrås at det legges opp til en forbedring av langtidsstabiliteten (drenerte analyser) i henhold til figur for ”forbedring” i NVE-veiledningen /1/ (dvs. forbedring på 10 % der det er beregnet 1,0 i sikkerhet). Dersom det skal legges opp til en forbedring av udrenert stabilitet vil imidlertid dette medføre vesentlig større og uforholdsmessige terrenginngrep. I og med at det er relativt slake skråninger vil store jordvolum måtte flyttes ved en sikkerhetsforbedring på for eksempel 10 %. Videre utredninger med tanke på sikringstiltak kan eventuelt utføres basert på samfunnsøkonomiske kriterier. Ved slike vurderinger må en ha i tankene at dette kan legge presedens for tilsvarende soner med slake skråninger og tilnærmet normalkonsoliderte grunnforhold med kvikkleire.

For eksiterende bebyggelse i området mener vi at stabiliserende tiltak i denne omgang kan begrenses til erosjonssikring samt lokal flytting av elveløp og etablering av motfylling mot enkelte skråninger. Dersom det skal reguleres for tilflytning i sonen må det utføres større tiltak for å tilfredsstille krav i tekniske forskrifter til plan og bygningsloven/ NVE-veilederen. Dette vil medføre behov for detaljerte analyser basert på foreliggende utbyggingsplaner. Det vil også være behov for supplerende grunnundersøkelser ved slike tiltak.

Detaljutføring av nødvendige tiltak forutsettes utført i samarbeid mellom NVE og rådgiver geoteknikk. Dette bør fortrinnsvis bestemmes basert på en befaring og det bør også utføres mer profilering der dette anses nødvendig. Det kan blant annet være behov for lokale tiltak også andre steder enn ved de vurderte profilene.

6.2 Grønlia

For denne sonen er det avdekket erosjon langs bekken. Minimum sikkerhetsfaktor er beregnet til ca. 1,0, dvs. at massene står på tilnærmet naturlig rasvinkel.

Det tilrås at det utføres forbygning med plastring i bekkeløpet for å hindre ytterligere erosjon og graving i sensitiv leire. Videre tilrås det at det legges inn en motfylling i bunnen av de bratteste skråningene for å øke sikkerhetsnivået lokalt. Dette gjelder for profil 1 og tilsvarende skråninger. En kombinasjon av plastring og heving av bekkeløpet vil være gunstig der forholdene gjør dette mulig.

For å hindre overflategliding i de bratte ravineskråningene vil det være gunstig å planere ned skråningstoppene der dette er mulig med tanke på bebyggelsen vest for Slettabekken. Dette forutsetter at det lokalt er tilstrekkelig overdekning over de sensitive massene. Detaljeringen inklusive utarbeidelse av retningslinjer for utførelse av sikringstiltaket kan utformes nærmere på forespørsel.

7. Sluttkommentar

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

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

8. Referanser

- /1/ NVE. *Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag*. Datert 01.07.2008.
- /2/ NVE (2005). *Klassifisering av kvikkleiresoner. Rissa*. Datert 09.02.2005.
- /3/ NGI rapport nr. 20001008-30. *Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred Rissa kommune*. Datert 20.03.2006.
- /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. 86054-2. *Kartlegging av kvikkleireområder*. 1988.
- /6/ Rambøll rapport nr. 6070700-02. *NVE Region Midt-Norge. Rissa område Storaunet-Skei og Grønlia*. Datert 09.01.2008.
- /7/ Rambøll rapport nr. 6070700-04. *NVE Region Midt-Norge. Rissa område Grønlia og Storaunet-Skei*. Datert 19.01.2009.
- /8/ Kummeneje rapport nr. 10927-1. *Bakkeplanering Askjemdal, gnr. 19/4 Rissa. Grunnundersøkelse og stabilitetsvurdering*. Datert 21.06.1995.
- /9/ Statens vegvesen rapport nr. Ud. 538A-1. *Grunnundersøkelser Fv. 201 Askim – Buan v/ Bliksåsbekken*. Datert 1987.
- /10/ CPTU EXTRA. *Regneark for avansert tolkning av CPTU*. Brukermanual utviklet av Rolf Sandven. Datert 25.06.2007.
- /11/ Lunne T., Robertson P.K. og Powell J.J.M. (1997). *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*. Blackie Academic & Professional.
- /12/ Karlsrud K. et al. (2005). *CPTU correlations for clays*. Proceedings, ICSMGE, Osaka s 693 - 702.
- /13/ PLAXIS bv (2006). *PLAXIS 2D - Version 8 users manual*. Delft, Nederland.
- /14/ GeoSuite Stability v.4.0 (2008). *Novapoint GeoSuite Toolbox*. Vianova GeoSuite AB , datert 16.04.2008.
- /15/ 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.
- /16/ 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.

- /17/ Lunne T., Berre T. & Strandvik S. (1997). *Sample disturbance effects in soft low plasticity Norwegian clay*. Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics, Almeida (ed.), Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5410 885.
- /18/ Rambøll rapport nr. 6070700-05. *NVE Region Midt-Norge. Kvikkleirekartlegging Storaunet-Skei*. Dateret 15.04.2010.

Arkivreferanser:

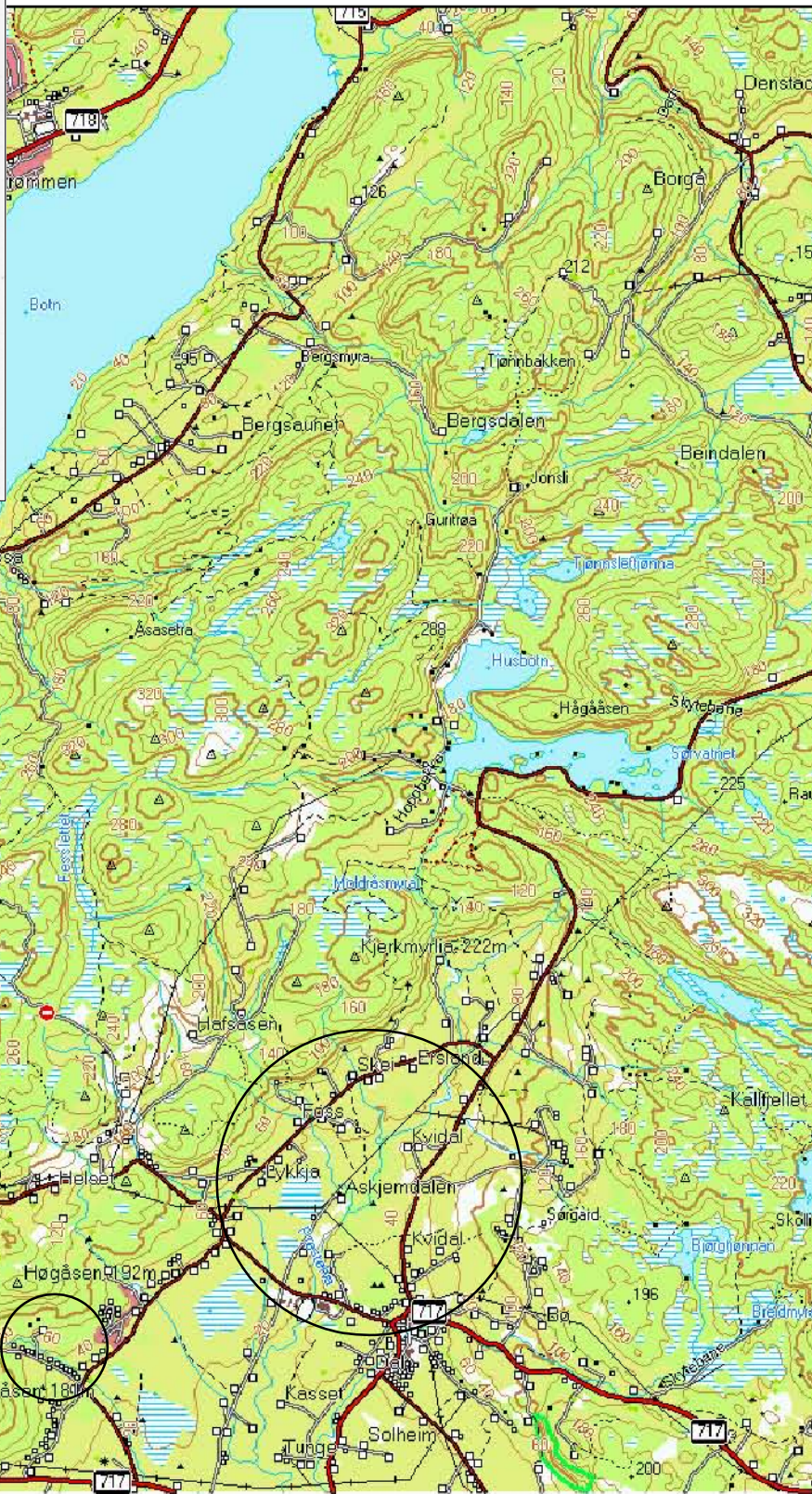
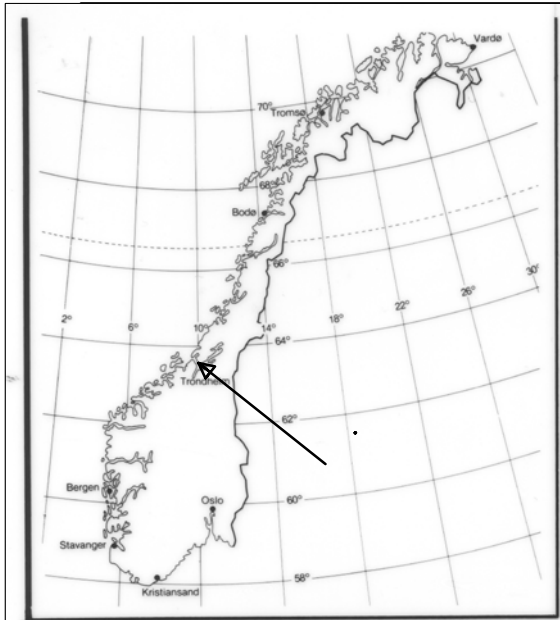
Fagområde:	Geoteknikk		
Stikkord:	Kvikkleirekartlegging, kvikkleire, stabilitet		
Land/Fylke:	Sør-Trøndelag	Kartblad:	1622III
Kommune:	Rissa	UTM koordinater, Sone:	32V
Sted:	Stadsbygda	Øst: 5499	Nord: 70432

Distribusjon:

- Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)
 Intern
 Fri

Dokumentkontroll:

		Dokument 18. februar 2009		Revisjon 1 16. april 2009		Revisjon 2 06. april 2011		Revisjon 3	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutsetninger	Utarbeidet	12.02.09	ET	16.04.09	ET	06.04.11	CRH		
	Kontrollert	16.02.09	ARV	16.04.09	ARV	06.04.11	ROLS		
Grunnlagsdata	Utarbeidet	12.02.09	ET	16.04.09	ET	06.04.11	CRH		
	Kontrollert	16.02.09	ARV	16.04.09	ARV	06.04.11	ROLS		
Teknisk innhold	Utarbeidet	12.02.09	ET	16.04.09	ET	06.04.11	CRH		
	Kontrollert	16.02.09	ARV	16.04.09	ARV	06.04.11	ROLS		
Format	Utarbeidet	12.02.09	ET	16.04.09	ET	06.04.11	CRH		
	Kontrollert	16.02.09	ARV			06.04.11	ROLS		
Anmerkninger									
Godkjent for utsendelse (Seksjonsleder/Avdelingsleder)						Dato:	Sign.:		
						07.04.2011	Olav Hørgren		



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

Oversiktskart

Original format A4 Fag

Tegningens filnavn oversiktskart.dwg
 Underlagets filnavn

Målestokk
 1:50000



MULTICONSULT AS

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

Dato 27.02.2007

Oppdragsnr. 412498

Konstr./Tegnet erit

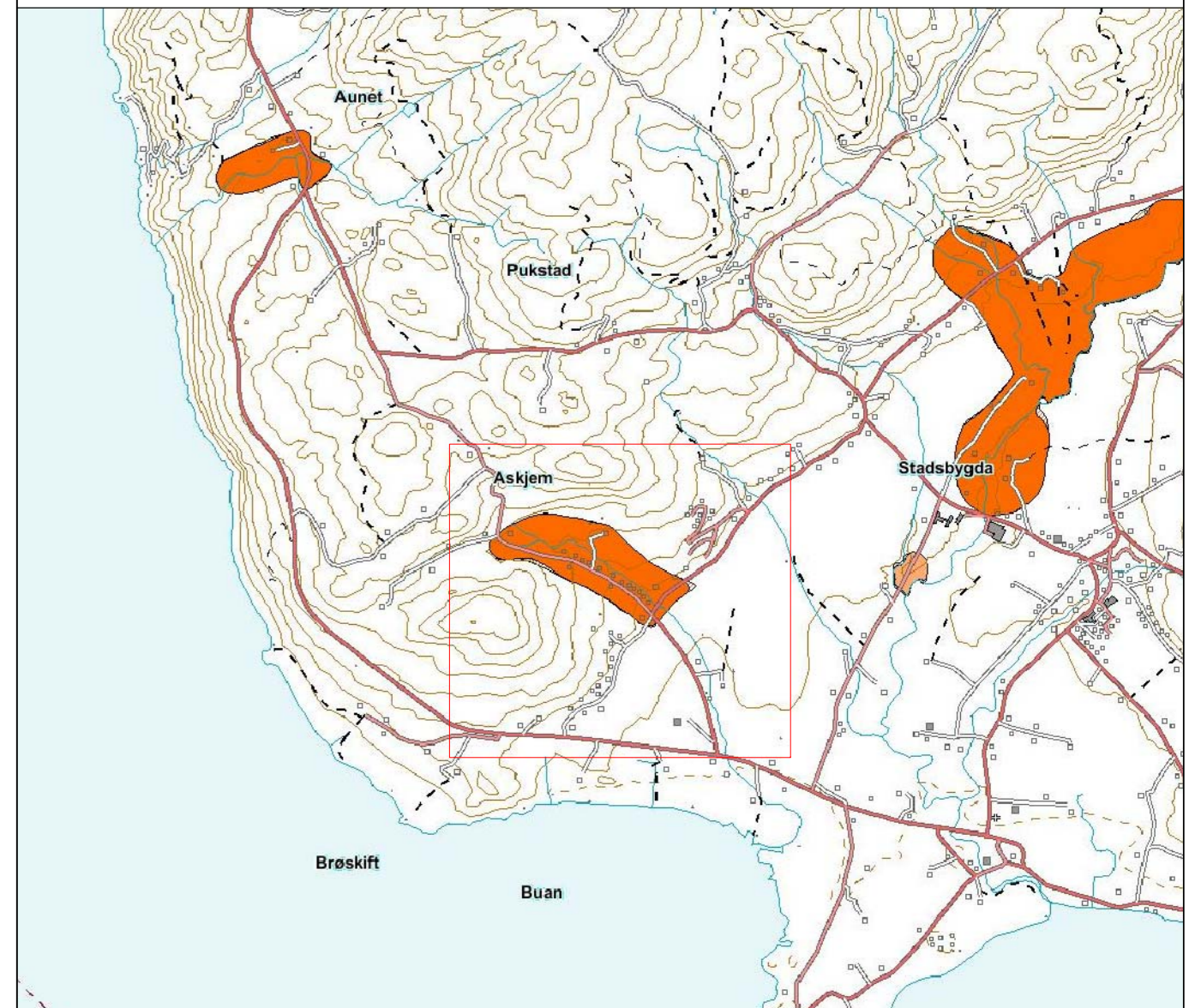
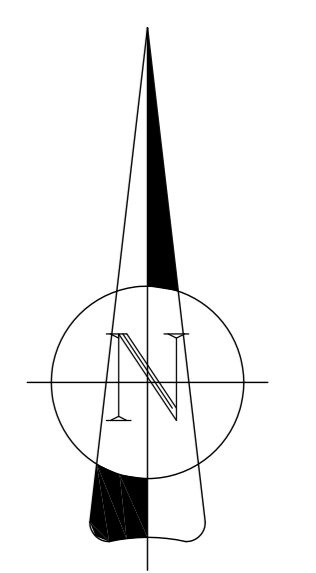
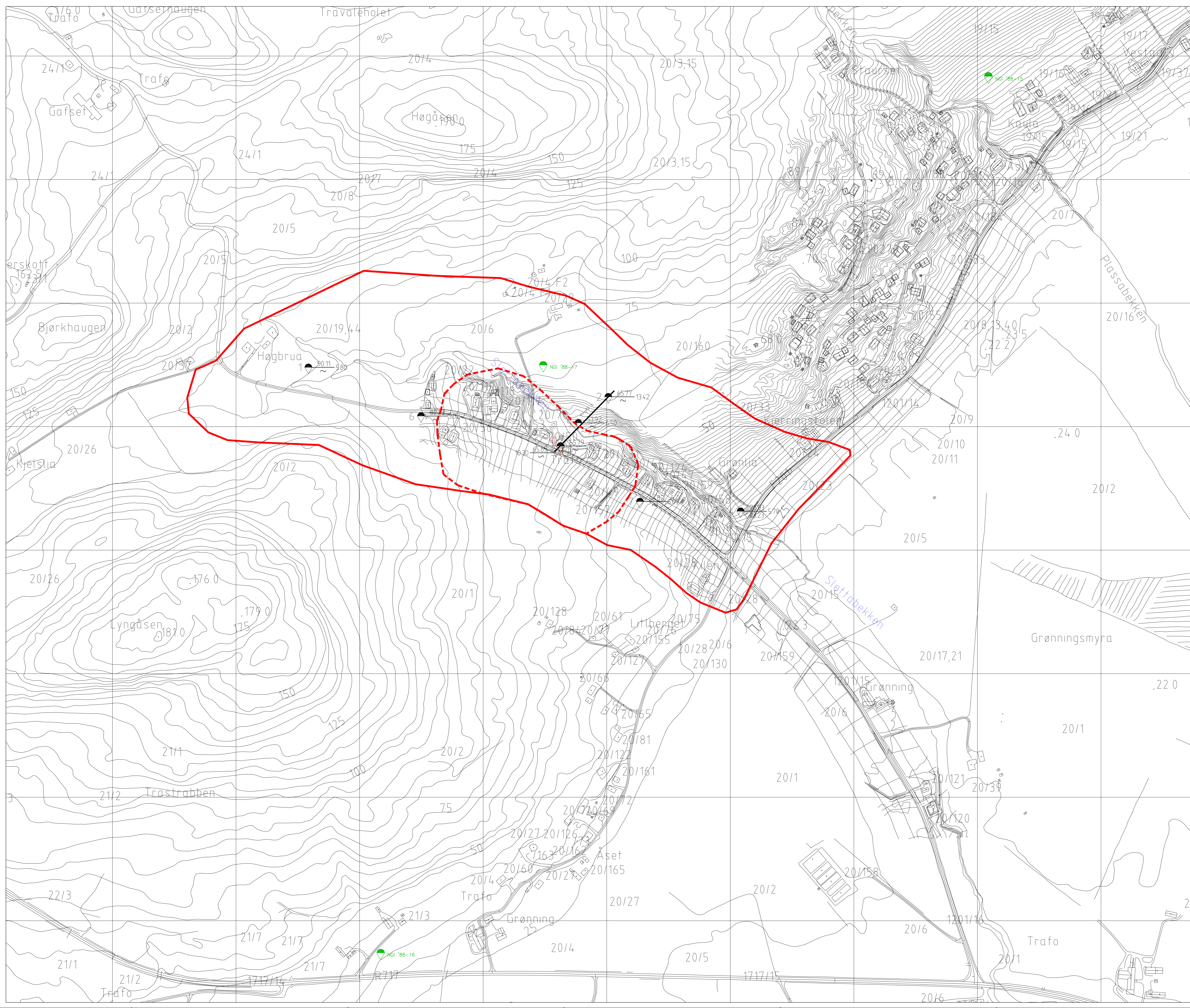
Tegningsnr. 0a

Kontrollert oaf

Godkjent oå

Godkjent oå

Rev.



Tegningstittel: Tegningsnr.: Rev.:

- DREISSONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RÅNSONDERING
- TOTALSONDERING
- ⊗ FJELDKONTROLLBORING
- ⊗ KJERNEBORING
- ⊗ DREIETRYKKSONDERING
- ⊗ DRUPLETTRYKKSONDERING
- PRØVESERIE
- PRØVEGRUPP
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊗ VINGEBORING
- ⊗ PERETRYKKNALING
- ⊗ FJELL I DAGEN

BORING NR: Rumbull
 LAGBOK NR: Rumbull
 KARTGRANULASJON: 500-f5 fra NVE
 UTANGSPUNKT FOR INVEJLEMENT: Kun digital kart benyttet
 Koordinater: UTM zone 32N, Elev 89

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

— Opprinnelig kvikkleiresone
 - - - Forslag til ny soneavgrensning

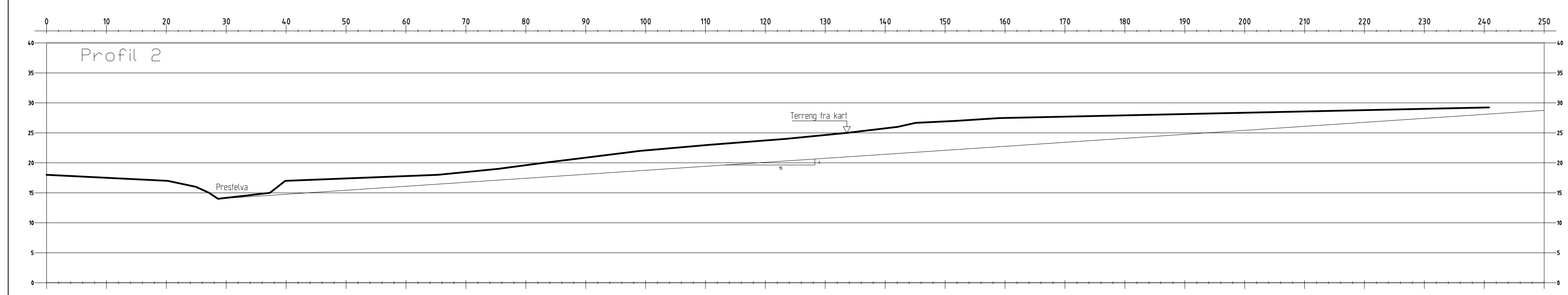
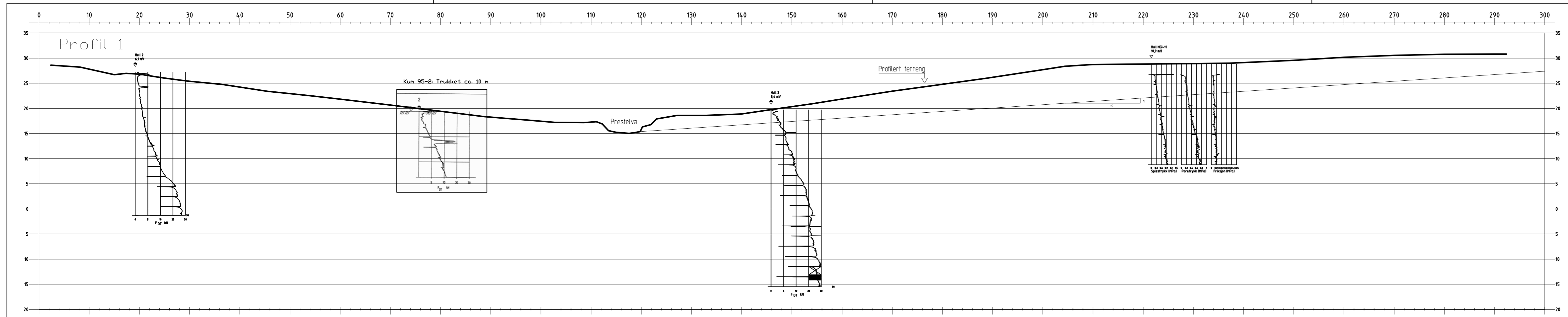
Boringsprogram 2007:
 4 stk. dreiestrykkssonderinger
 1 prøveserie

Boringsprogram 2008:
 3 stk. dreiestrykkssonderinger
 1 DPTU
 Installasjon av totalt 2 hydrauliske poretrykksmålere i ett punkt

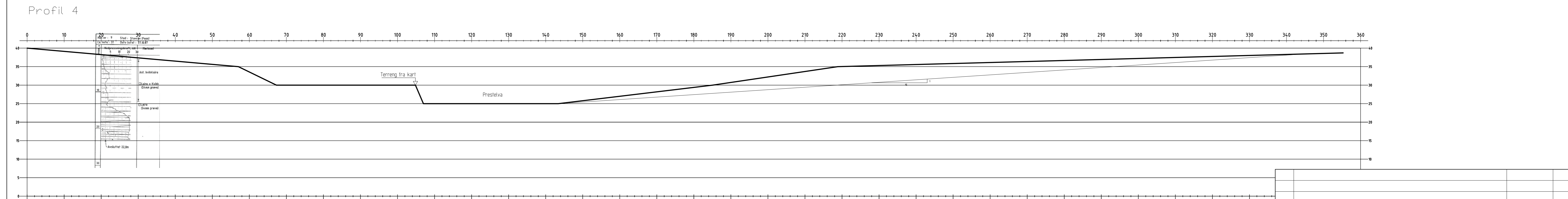
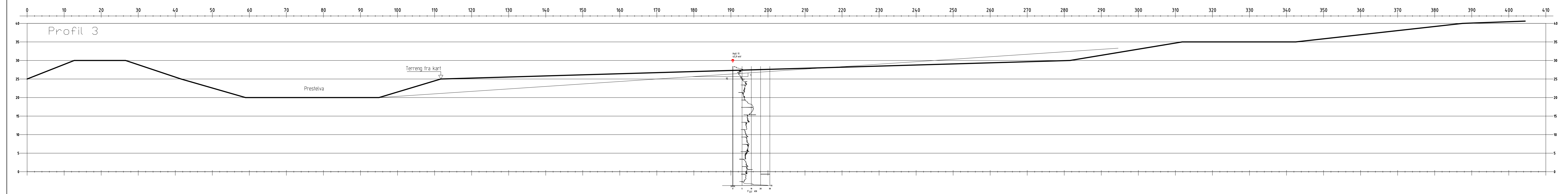
NBI Tidligere utførte boringer er omtrentlig plassert ut fra gamle borplaner og kan derfor avvike noe fra kartet.


Forkortelser (årstall henviser til rapport):
 SVV Statens vegvesen
 NGI Norges Geotekniske Institutt
 Kum Kummeneje

Rev.	beskrivelse	dato	tegn.	kontr.	oppd.
	NVE Region Midt-Norge Grønlia, Rissa kommune Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	30.01.2009			
Borplan Grønlia					
Målestokk			1:4000		
MULTICONCONSULT AS					
Prosjekt		412498	Oppgave		3

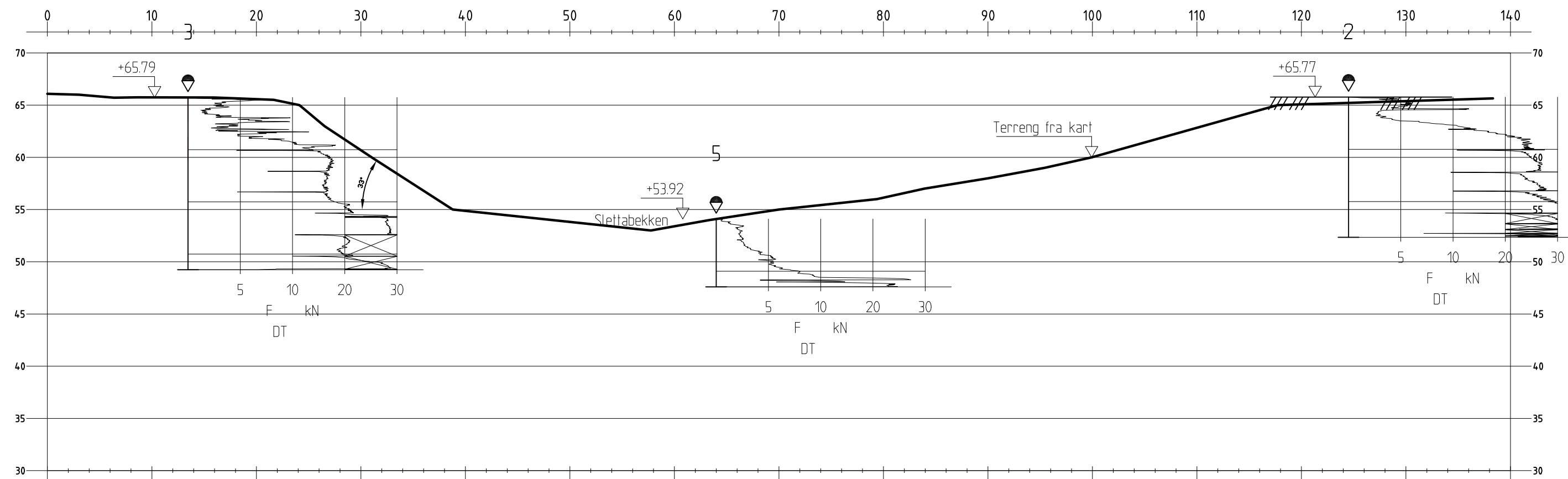


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	Original format A0	Fag		
	Profil 1 og 2	Tegningens filnavn Borplan_Rissa_rev01.dwg			
		Underlagets filnavn 32_1624Hoyde.sos			
		Målestokk 1:500			
MULTICONSULT AS		Dato 26.02.2008	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -103	Rev.	

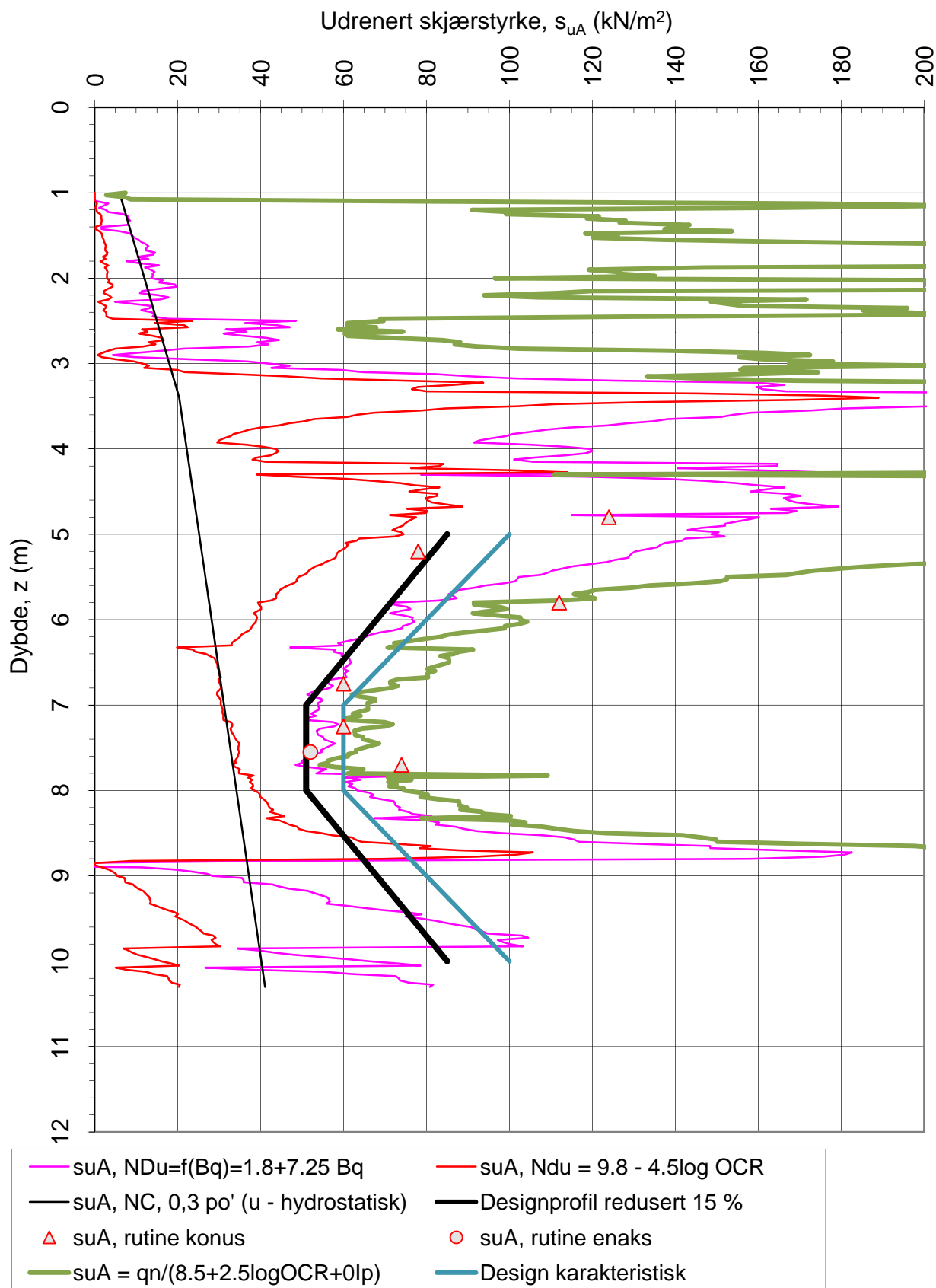


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	Original format A0	Fag		
	Profil 3 og 4	Tegningens filnavn Borplan_Rissa_rev01.dwg	Målestokk 1:500		
		Underlagets filnavn 32_1624Hoyde.sos			
MULTICONSULT AS <small>7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70</small>		Dato 06.02.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -104	Rev.	

Profil 1 Grønlia



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Grønlia, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	Original format A0	Fag		
	Profil 1 Grønlia	Tegningens filnavn Borplan_Rissa_rev01.dwg			
		Underlagets filnavn 32_1624Hoyde.sos			
		Målestokk 1:400			
MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato 30.01.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -107	Rev.	



NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , korrelert mot empiriske faktorer

Tegningens filnavn:



CPTU id.:

CPTU 3_Grønlia

MULTICONSULT AS

Dato:

27.01.2009

Tegnet:

EriT

Kontrollert:

ARV

Godkjent:

OÅ

Oppdrag nr.:

412498

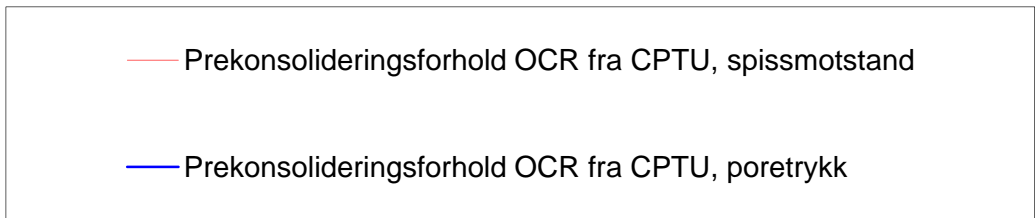
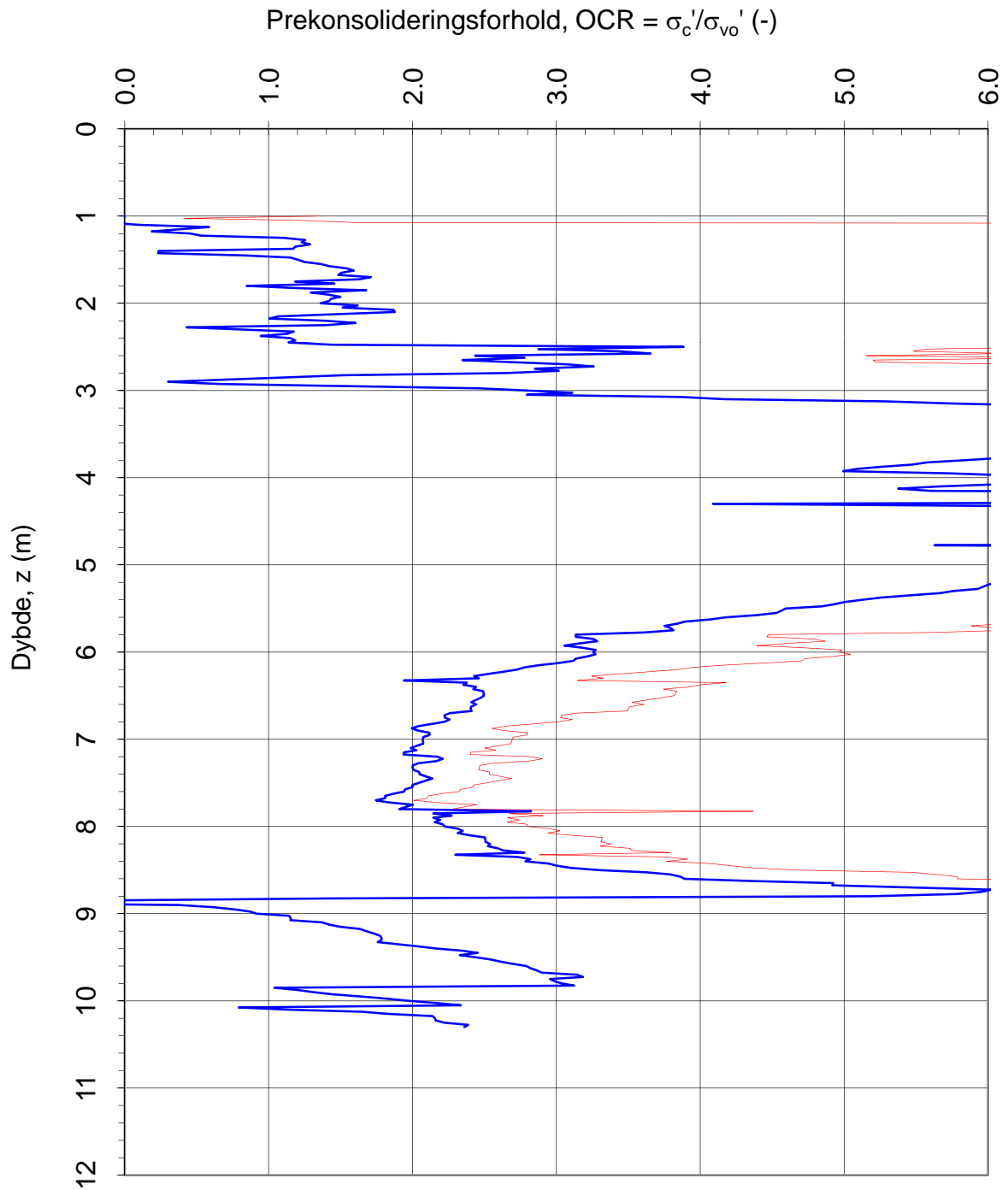
Tegning nr.:

130

Programrevisjon:

14.08.2007

Rev.:



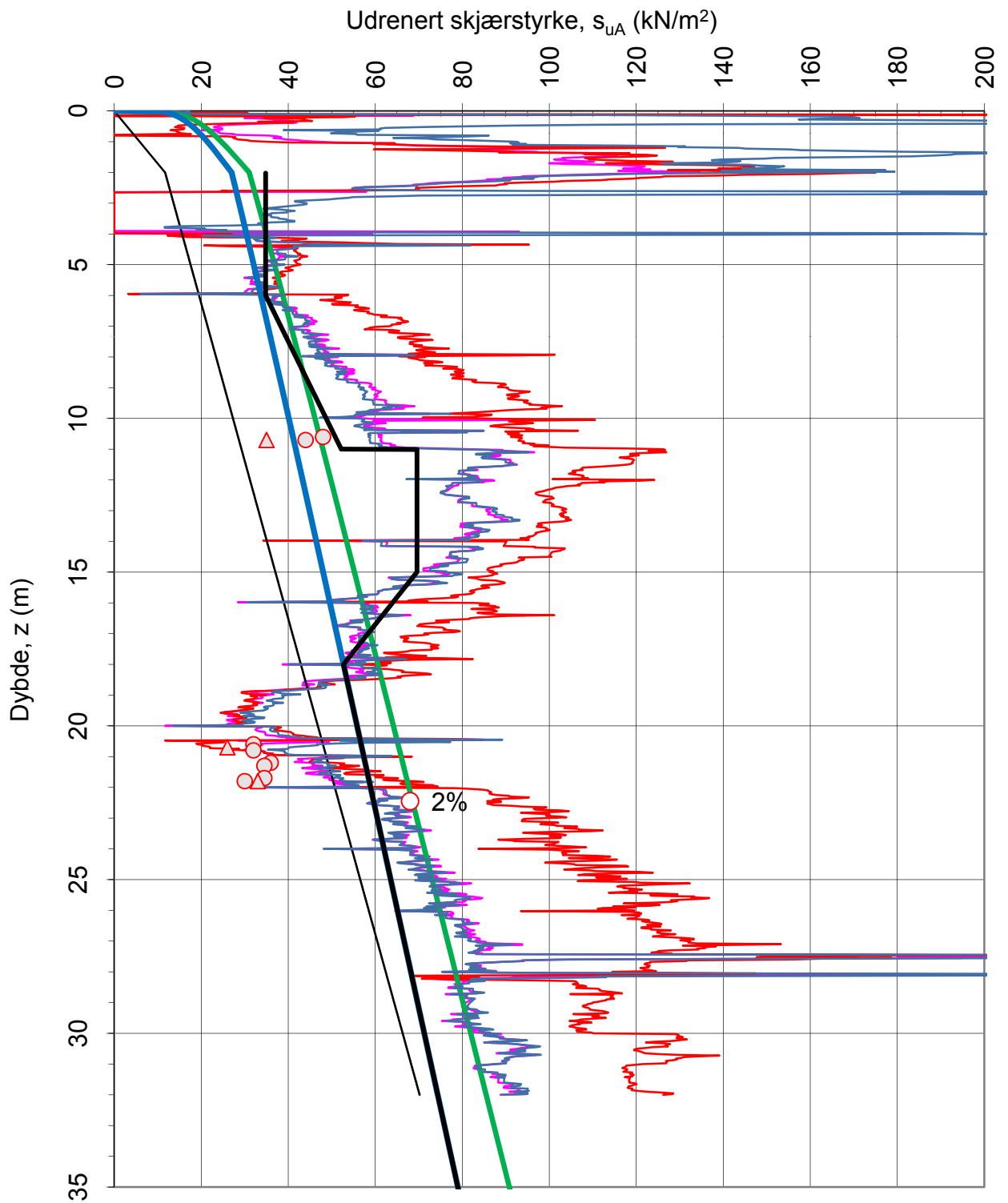
NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



CPTU id.:	CPTU 3_Grønlia			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	27.01.2009	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	131	14.08.2007	



- s_{uA} , $NDu=f(Bq)=1.8+7.25 Bq$
- s_{uA} , $Ndu = 6.9 - 4.5 \log OCR + 0.07Ip$
- s_{uA} , NC, $0,3 po' - u = 13*z$
- SHANSEP- $s_{uA} - \Delta p' = 100$ kPa
- SHANSEP- $s_{uA} - \Delta p' = 100$ kPa - redusert 15 %
- Design redusert 15 %
- s_{uA} , aktiv treaks
- △ s_{uA} , rutine enaks
- s_{uA} , rutine konus
- $s_{uA} = qn/(7.8+2.5\log OCR+0.082Ip)$

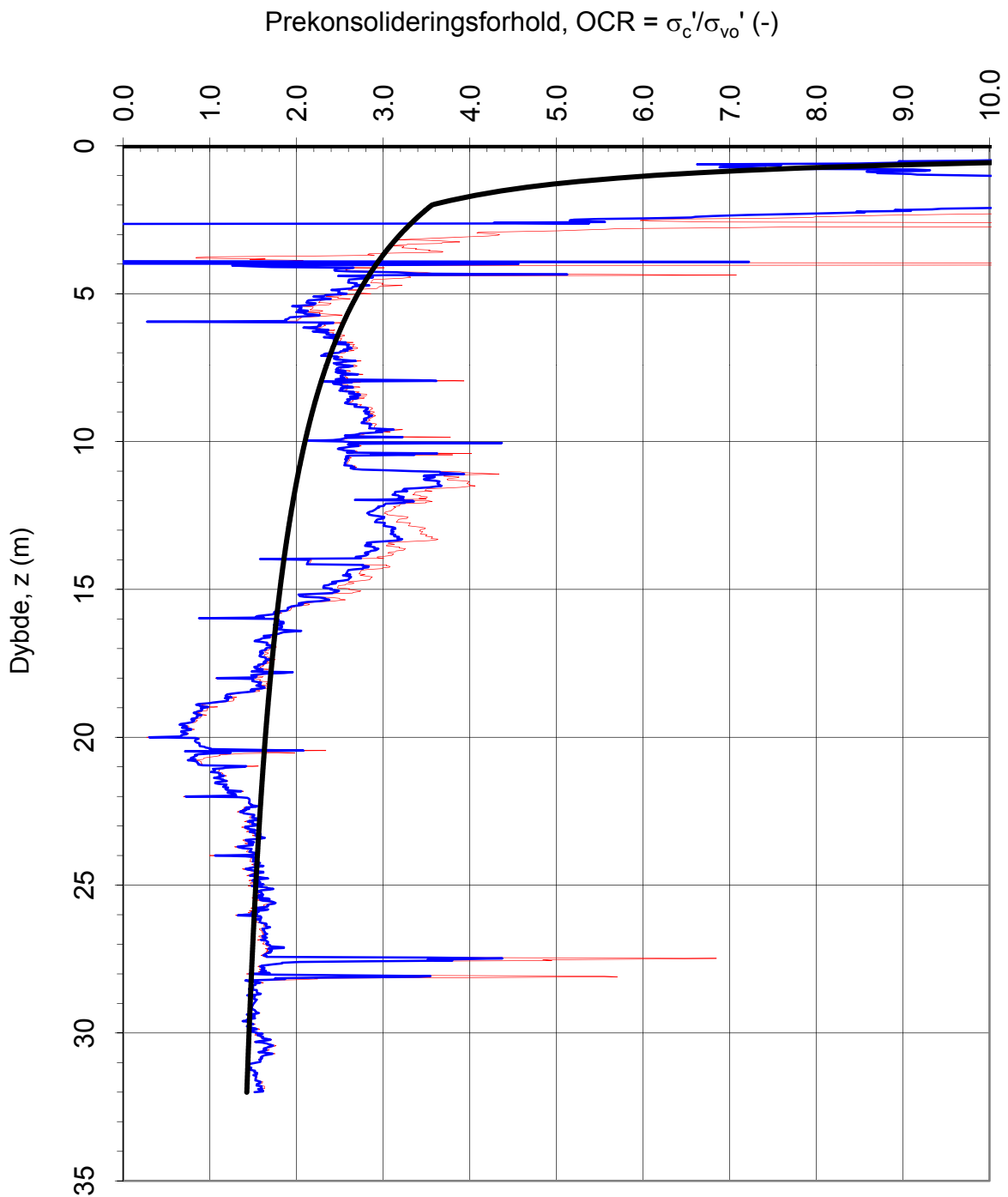
NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



CPTU id.:	CPTU 3_Storaunet			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	16.03.2009	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	132	14.08.2007	



- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, spissmotstand
- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, poretrykk
- Design, $\Delta p' = 100$ kPa

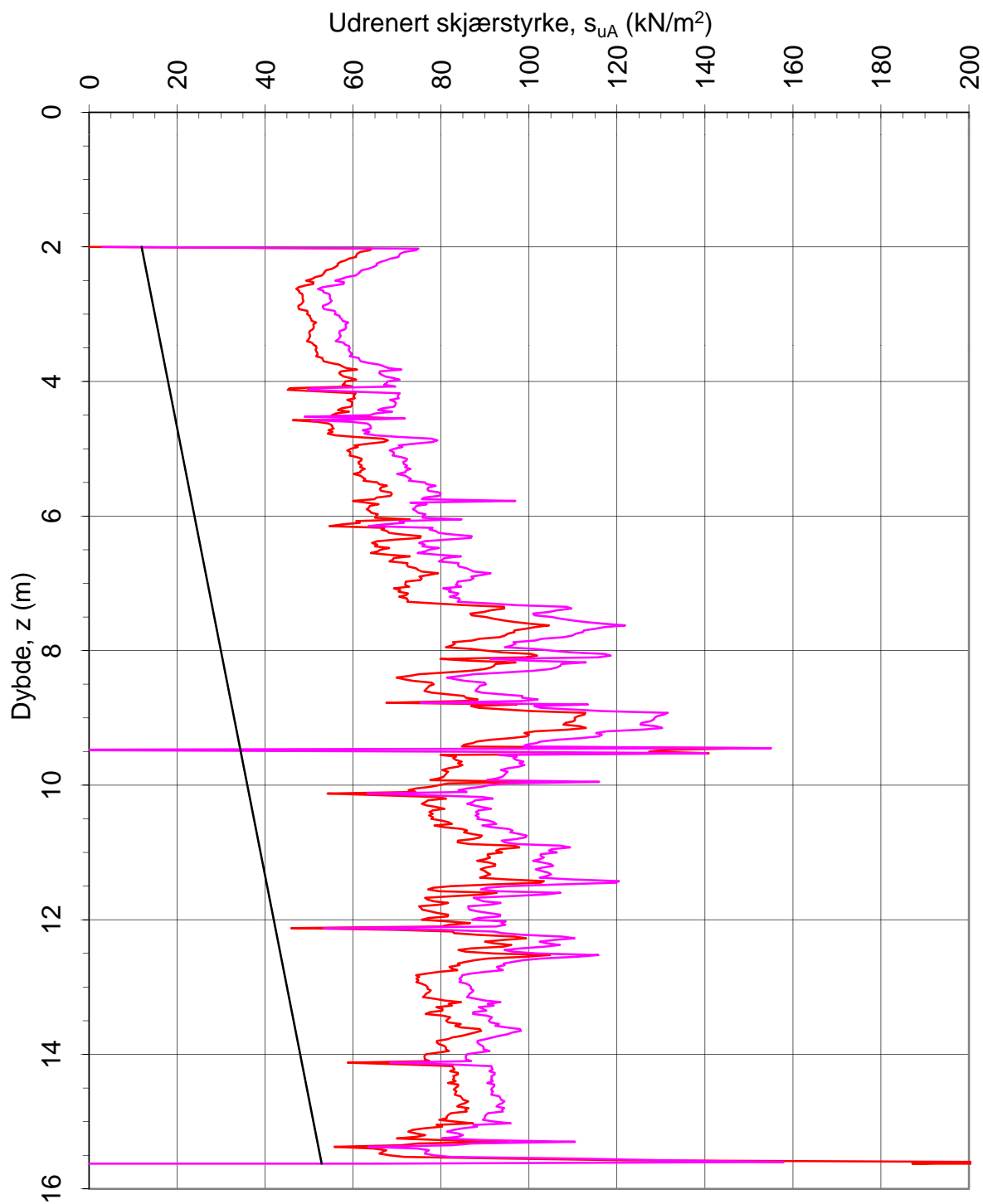
NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



CPTU id.:	CPTU 3_Storaunet			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	30.01.2009	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	133	14.08.2007	



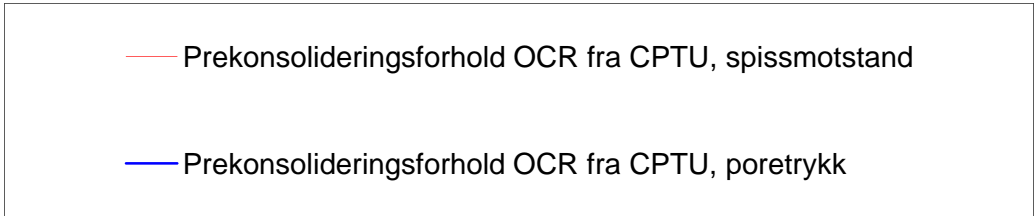
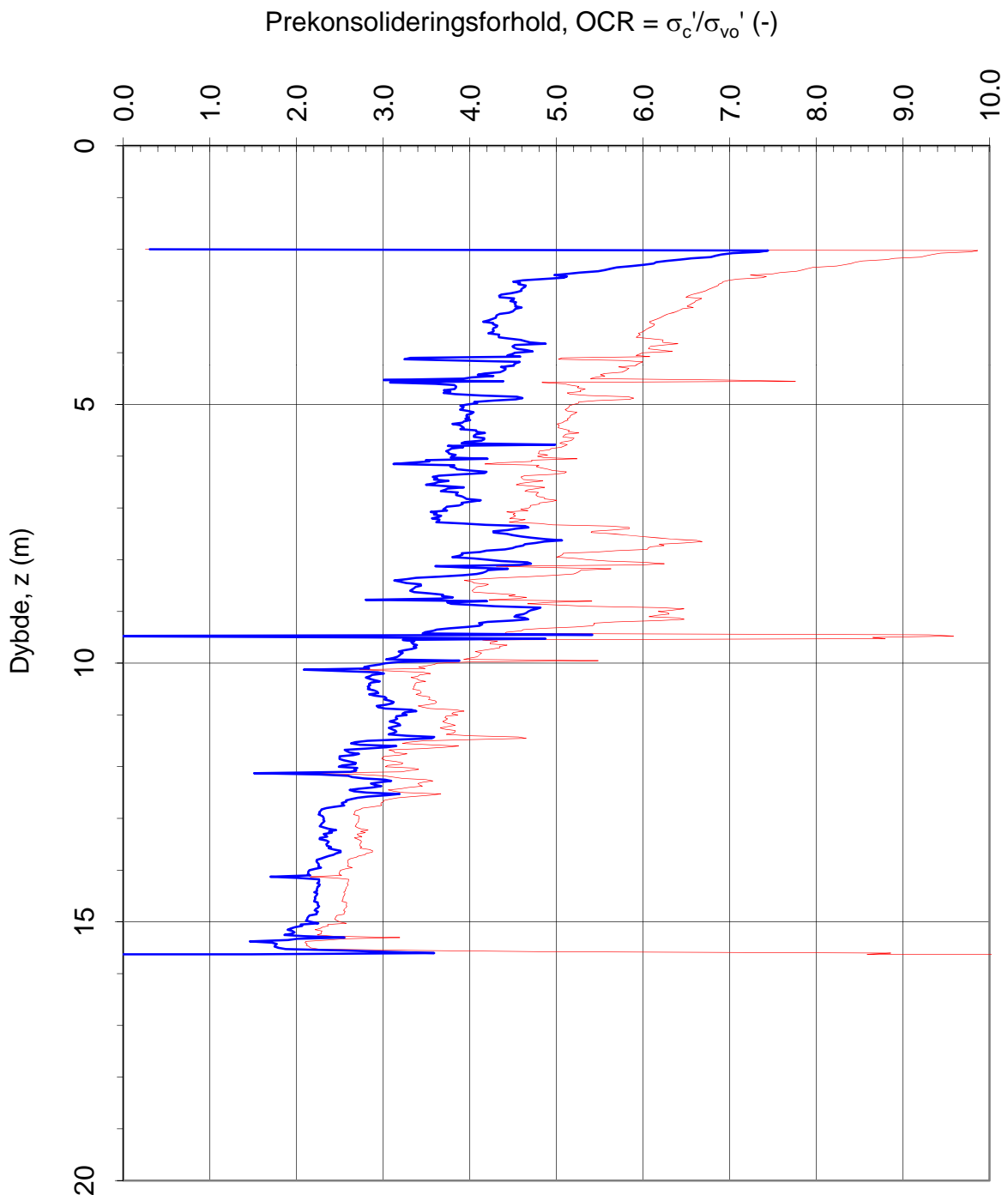
NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



CPTU id.:	CPTU 5_Storaunet			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	17.12.2007	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	134	14.08.2007	



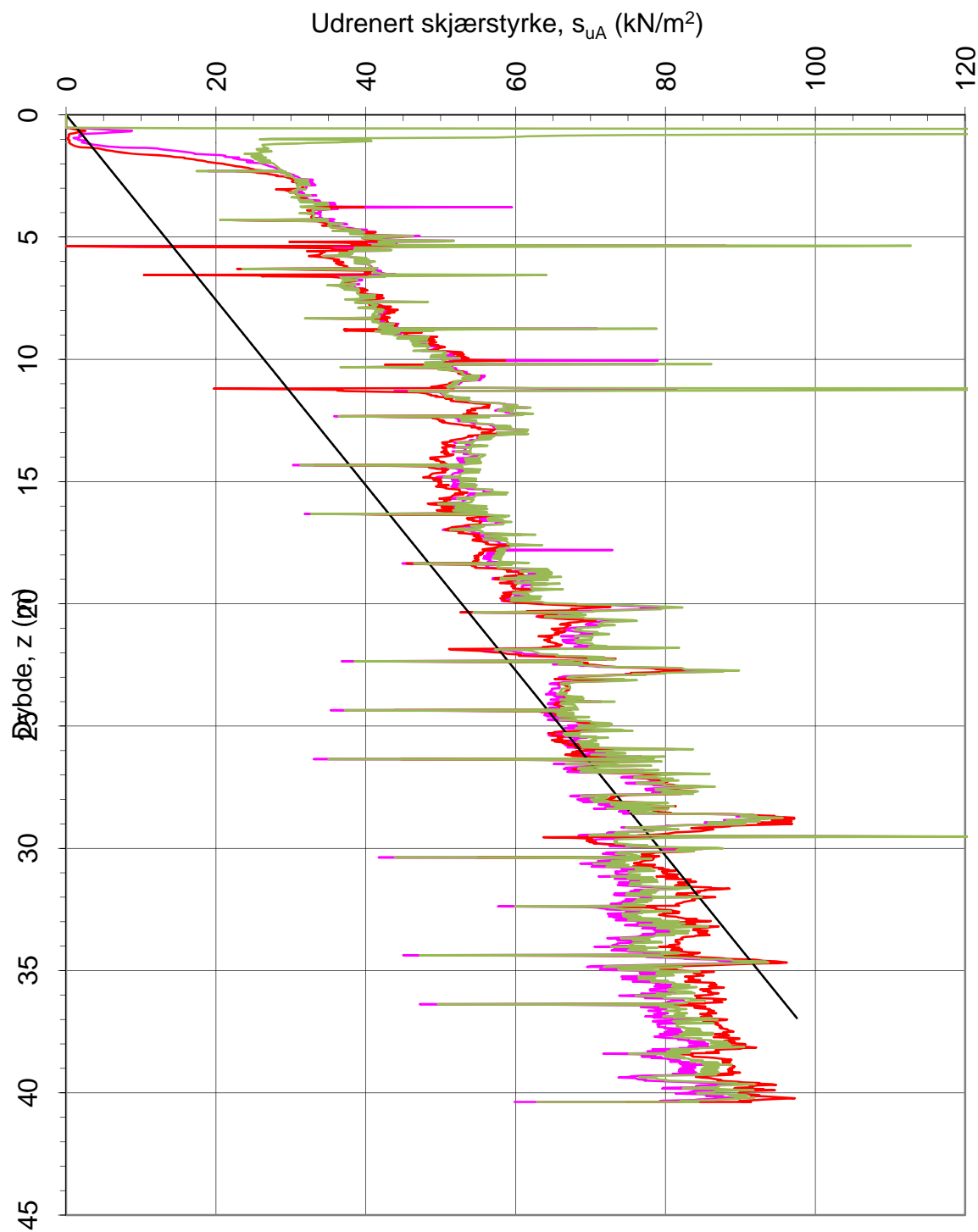
NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



CPTU id.:	CPTU 5_Storaunet			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	17.12.2007	EriT	ARV	OÅ
	412498	135	14.08.2007	



suA, NDu=f(Bq)=1.8+7.25 Bq	suA, Ndu=9.8 - 4.5log OCR
suA, NC, 0,3po' (u = 10,7*z)	suA = qn/(8.5+2.5logOCR+0lp)

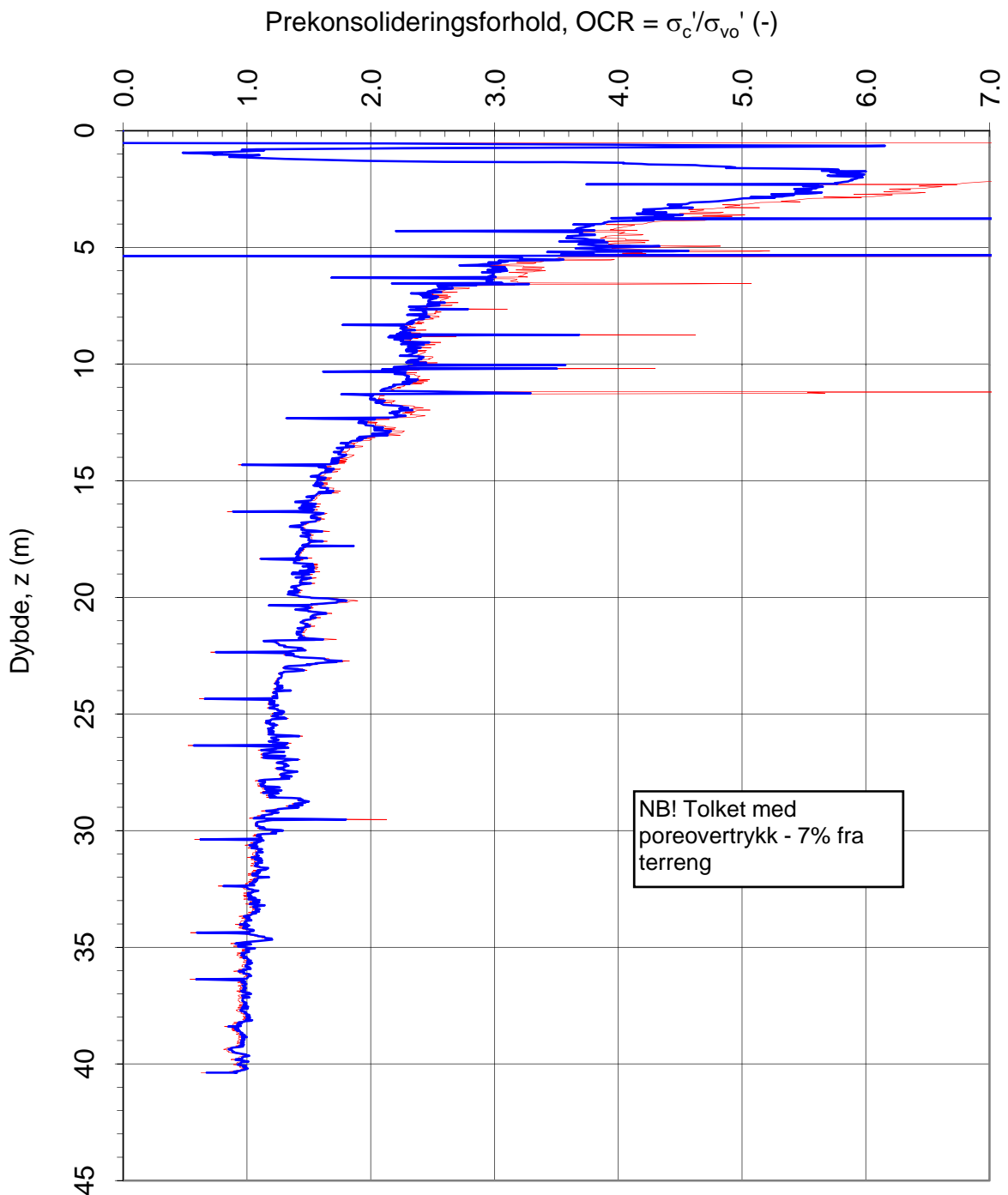
NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



CPTU id.:	CPTU 9_Storaunet			Godkjent:	OÅ
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Rev.:	
	02.01.2009	EriT	ARV	OÅ	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:		
	412498	136	14.08.2007		



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

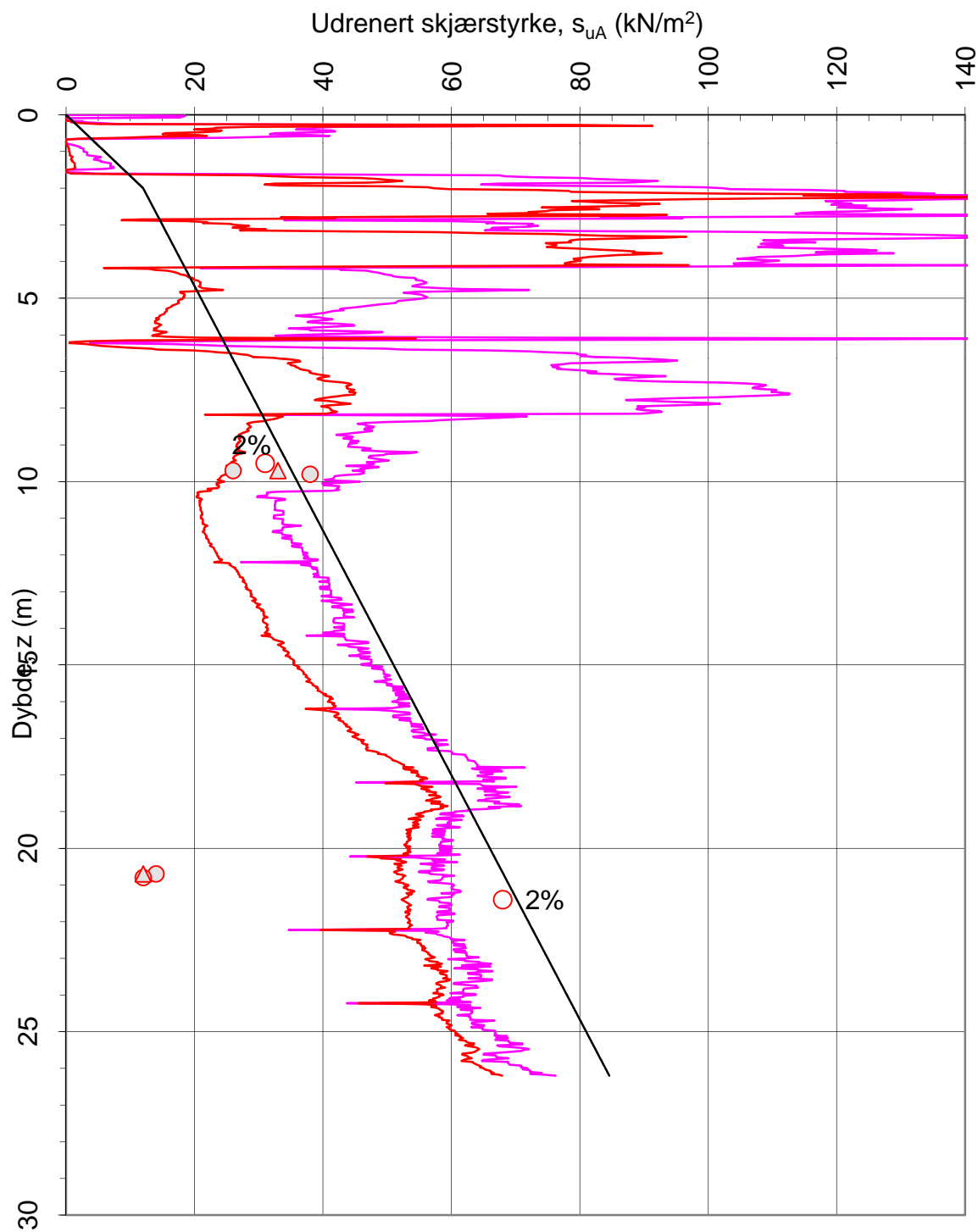
NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



CPTU id.:	CPTU 9_Storaunet			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	02.01.2009	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	137	14.08.2007	



- $s_{uA}, N_{Du}=f(Bq)=1.8+7.25 Bq$
- $s_{uA}, N_{Du} = 9.8 - 4.5 \log OCR$
- $s_{uA}, NC, 0,3 po' (u - hydrostatisk)$
- Designprofil
- $s_{uA}, aktiv treaks$
- △ $s_{uA}, rutine enaks$
- $s_{uA}, rutine konus$

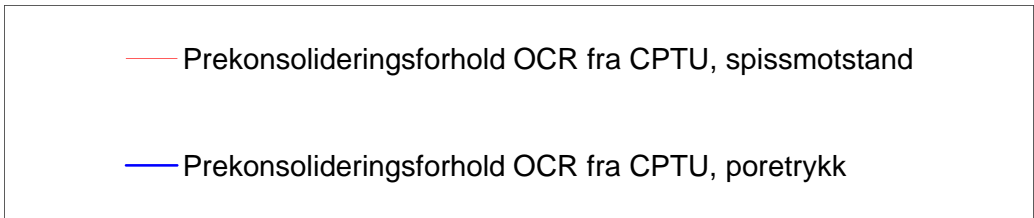
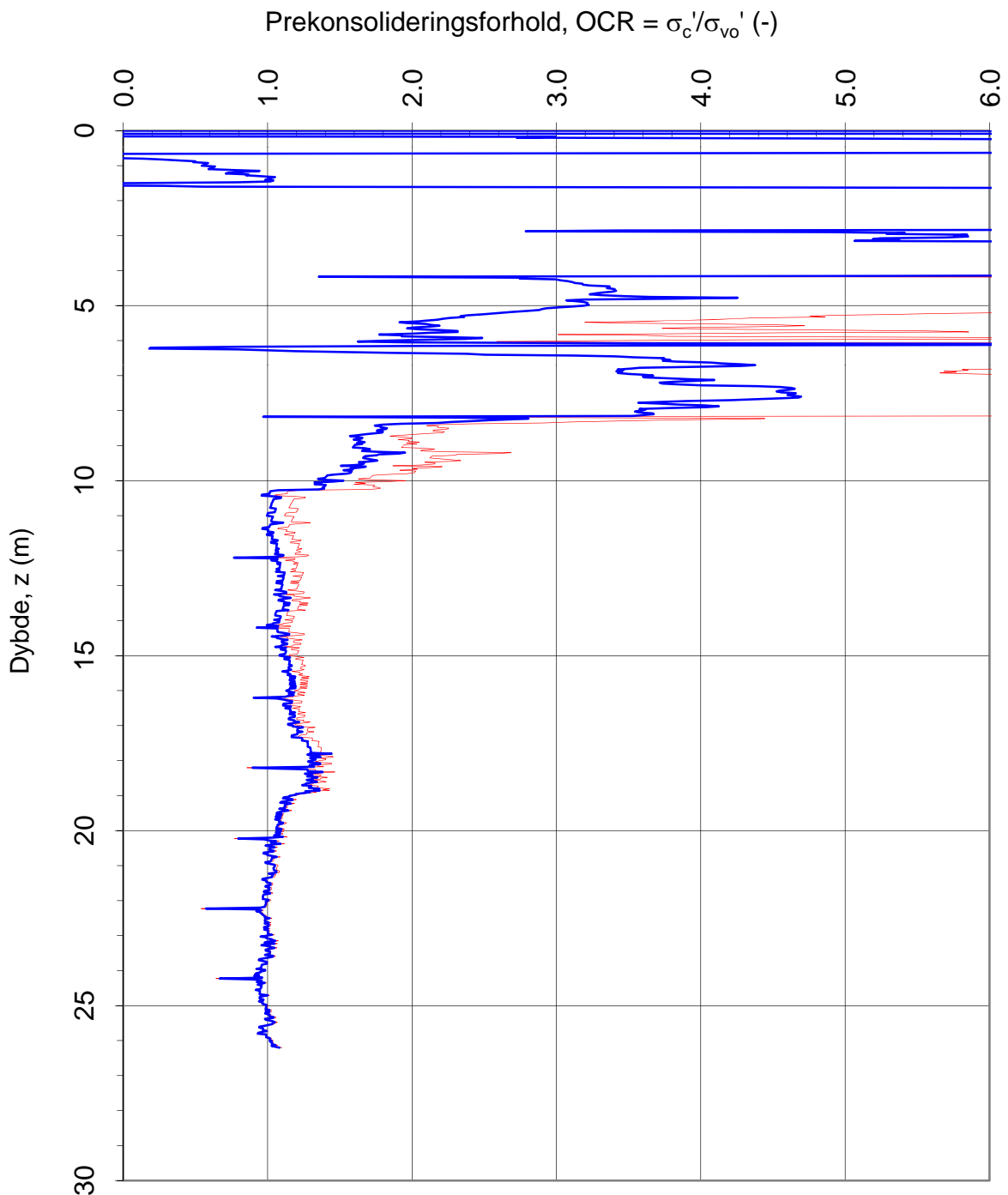
NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



CPTU id.:	CPTU 10_Storaunet			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	17.12.2007	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	138	14.08.2007	



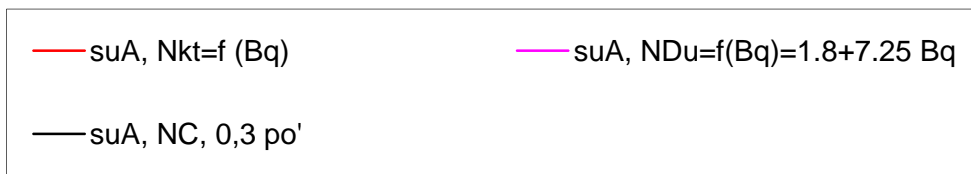
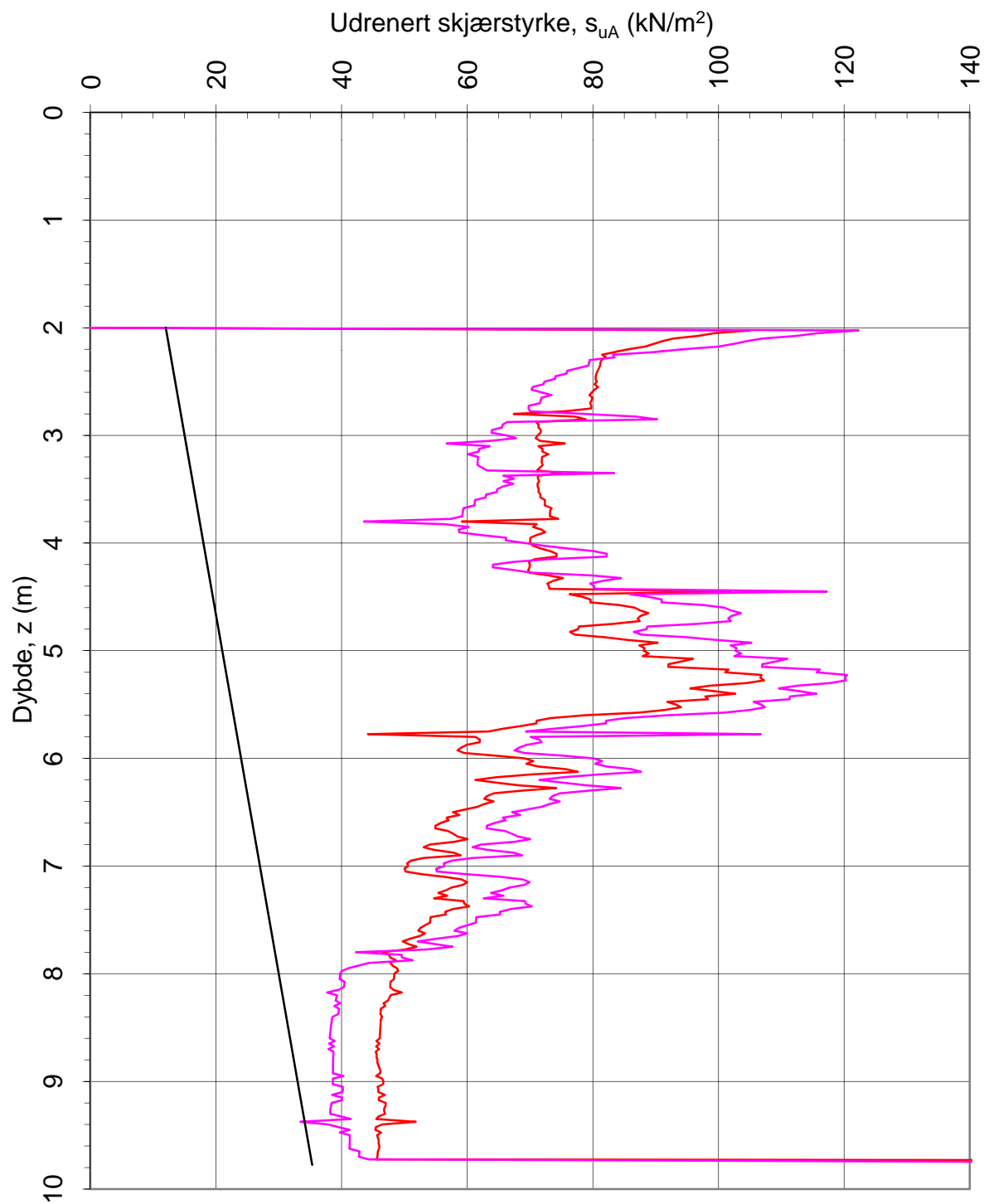
NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



CPTU id.:	CPTU 10_Storaunet			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	17.12.2007	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	139	14.08.2007	



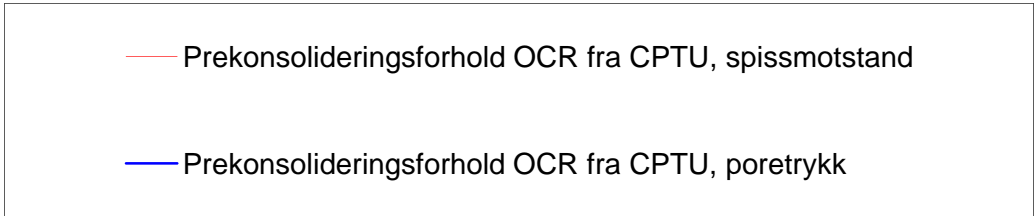
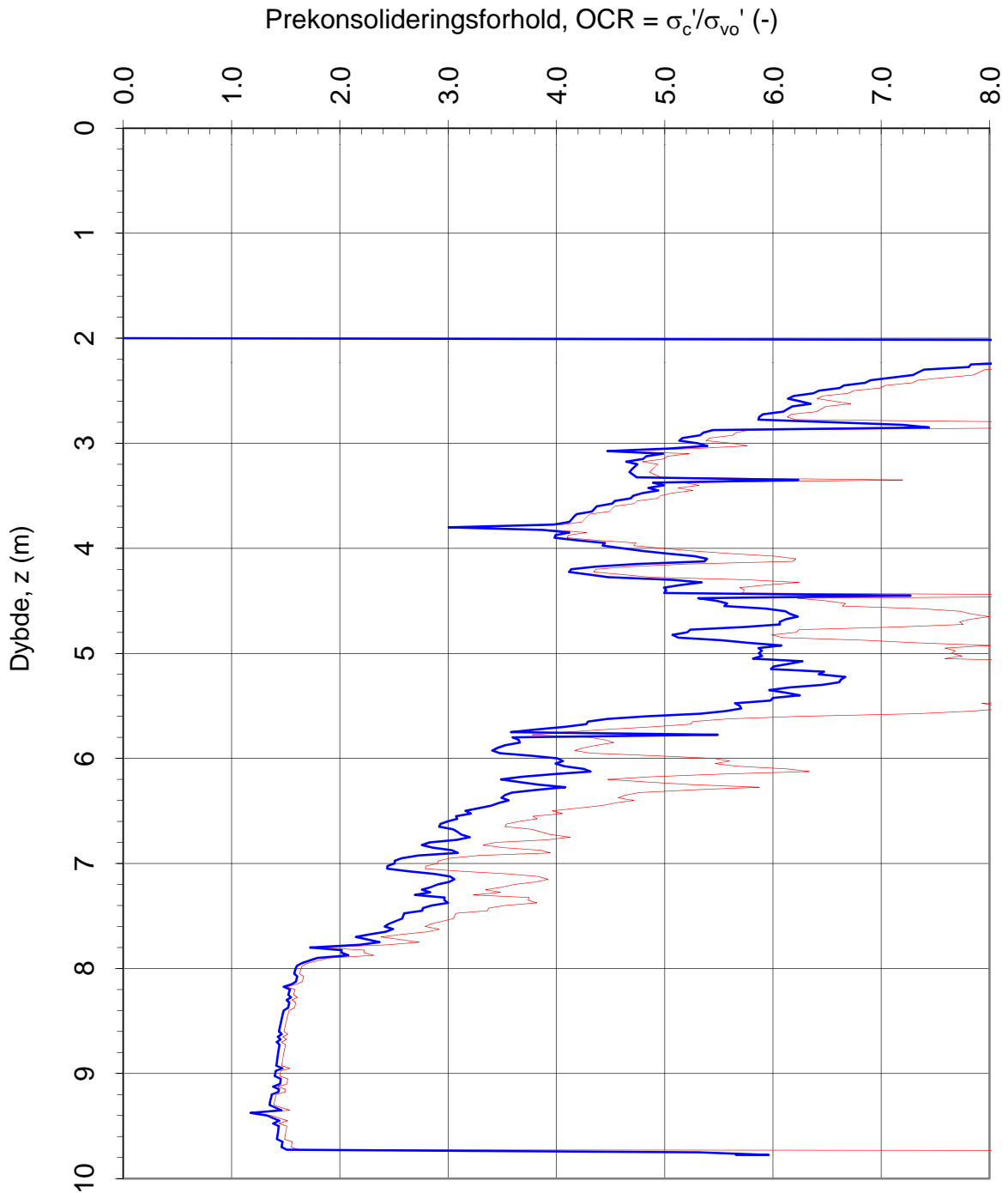
NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



CPTU id.:	CPTU 15_Storaunet			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	22.02.2008	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	140	14.08.2007	



NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

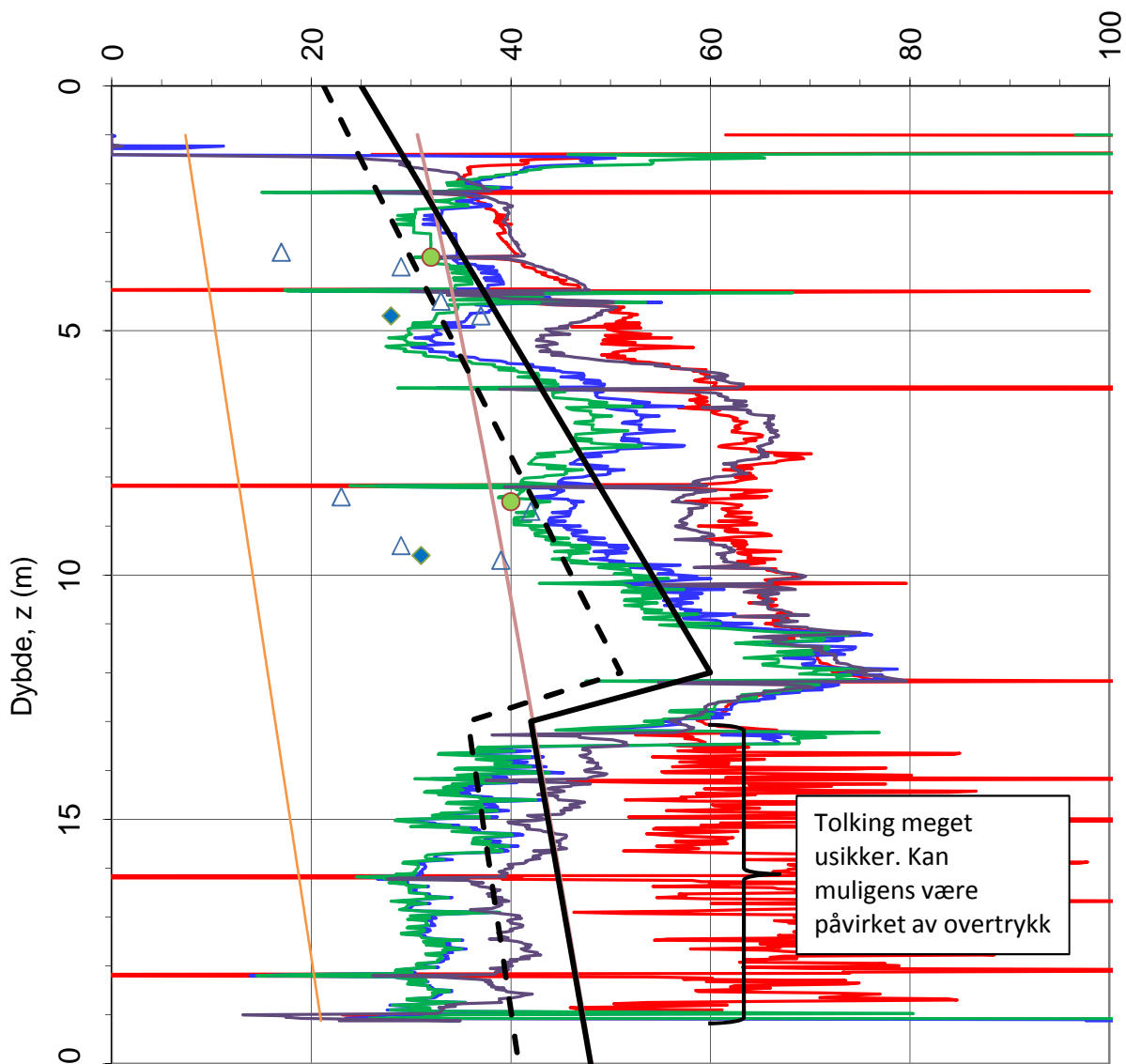
Spenningshistorie, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}'$.

Tegningens filnavn:



CPTU id.:	CPTU 15_Storaunet			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	22.02.2008	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	141	14.08.2007	


Udrenert skjærstyrke, s_{uA} (kN/m²)

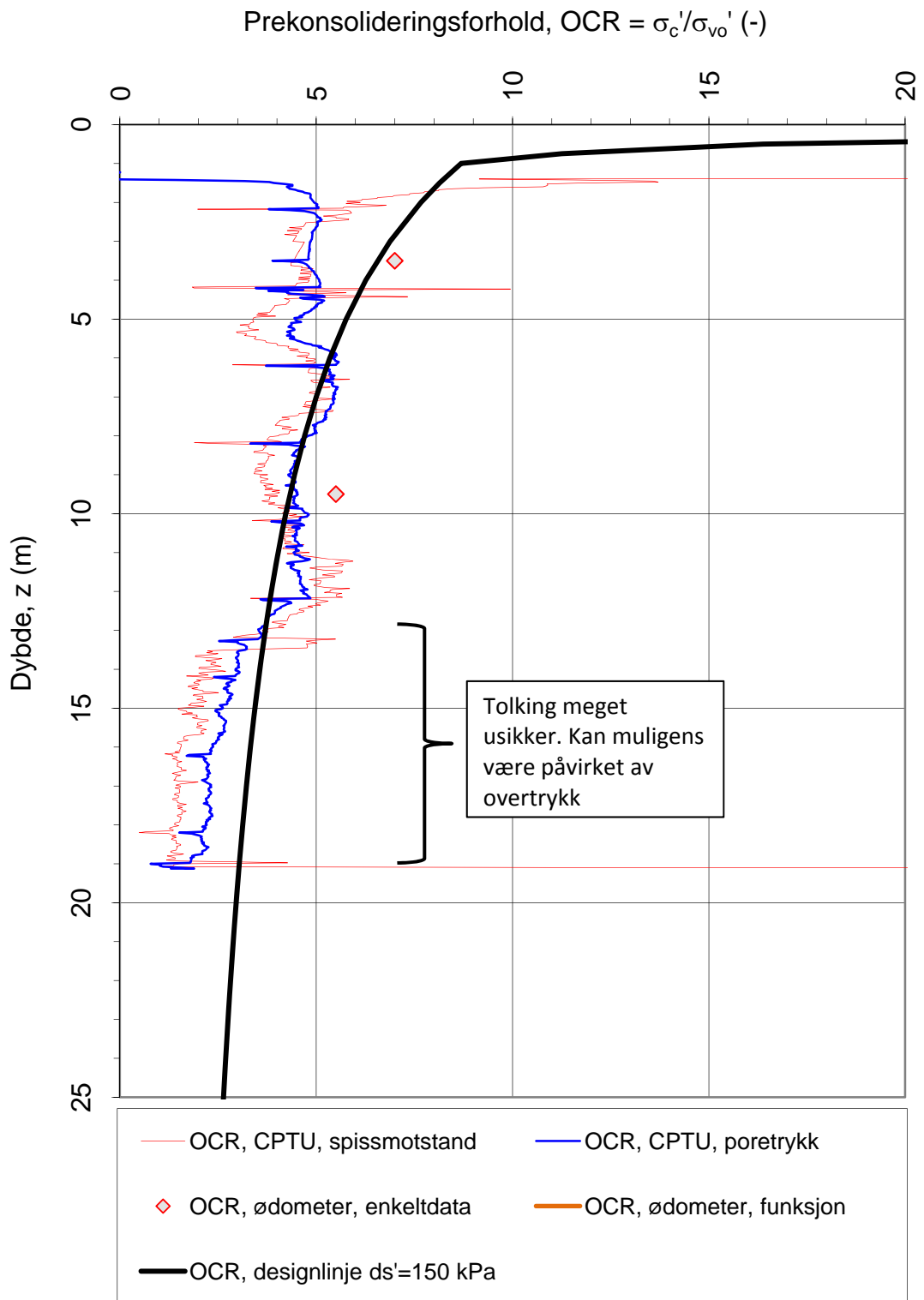


- suA, $N_{kt} = f(B_q)$
- suA, $N_{kt} = f(St, OCR, lp)$
- suA, SHANSEP, $ds' = 150$ kPa
- △ suD, konus
- ◆ suA, treaks
- - Design suA - 15 %
- suA, $N_{du} = f(B_q)$
- suA, $N_{du} = f(St, OCR, lp)$
- suA, NC, $a(p_o' + a)$
- suD, enaks
- Design suA

$N_{kt} = (18,7 - 12,5B_q)$
 $N_{Du} = (1,8 + 7,25B_q)$
 $N_{Du} = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0lp)$
 $N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0lp)$

α_c valgt: **0.25**

Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_17-crh.xlsx	
Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , verdier fra SHANSEP-analyse.					
CPTU id.:	Hull 17	Sonde:	3039		
MULTICONSULT AS	Dato: 26.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols		
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 142	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2	



Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

Storaunet-Skei

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_17-crh.xlsx

Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}'$.

CPTU id.:

Hull 17

Sonde:

3039



MULTICONSULT AS

Dato:

26.05.2010

Tegnet:

crh

Kontrollert:

rols

Godkjent:

oaa

Oppdrag nr.:

412498

Tegning nr.:

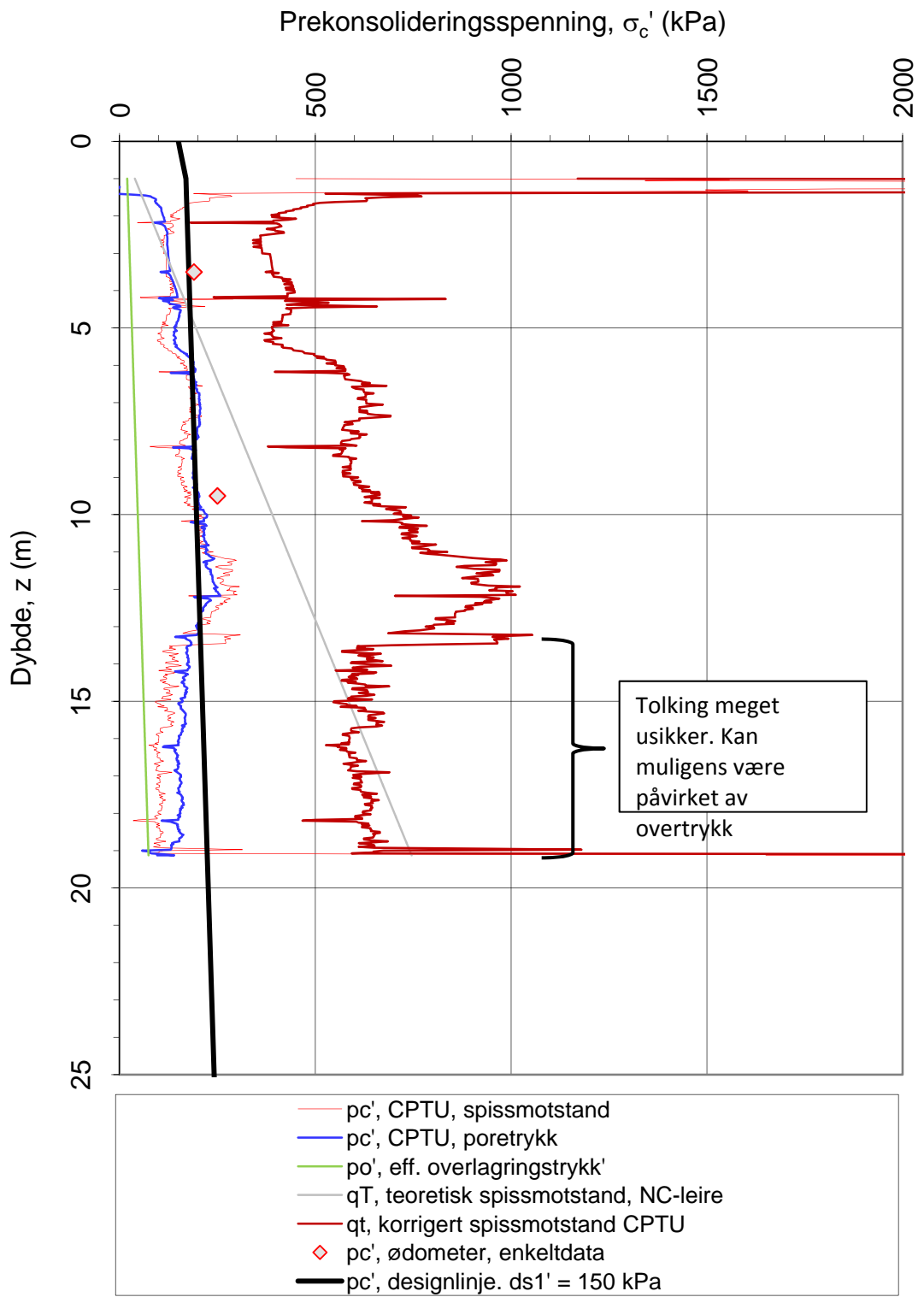
143.1

Versjon:

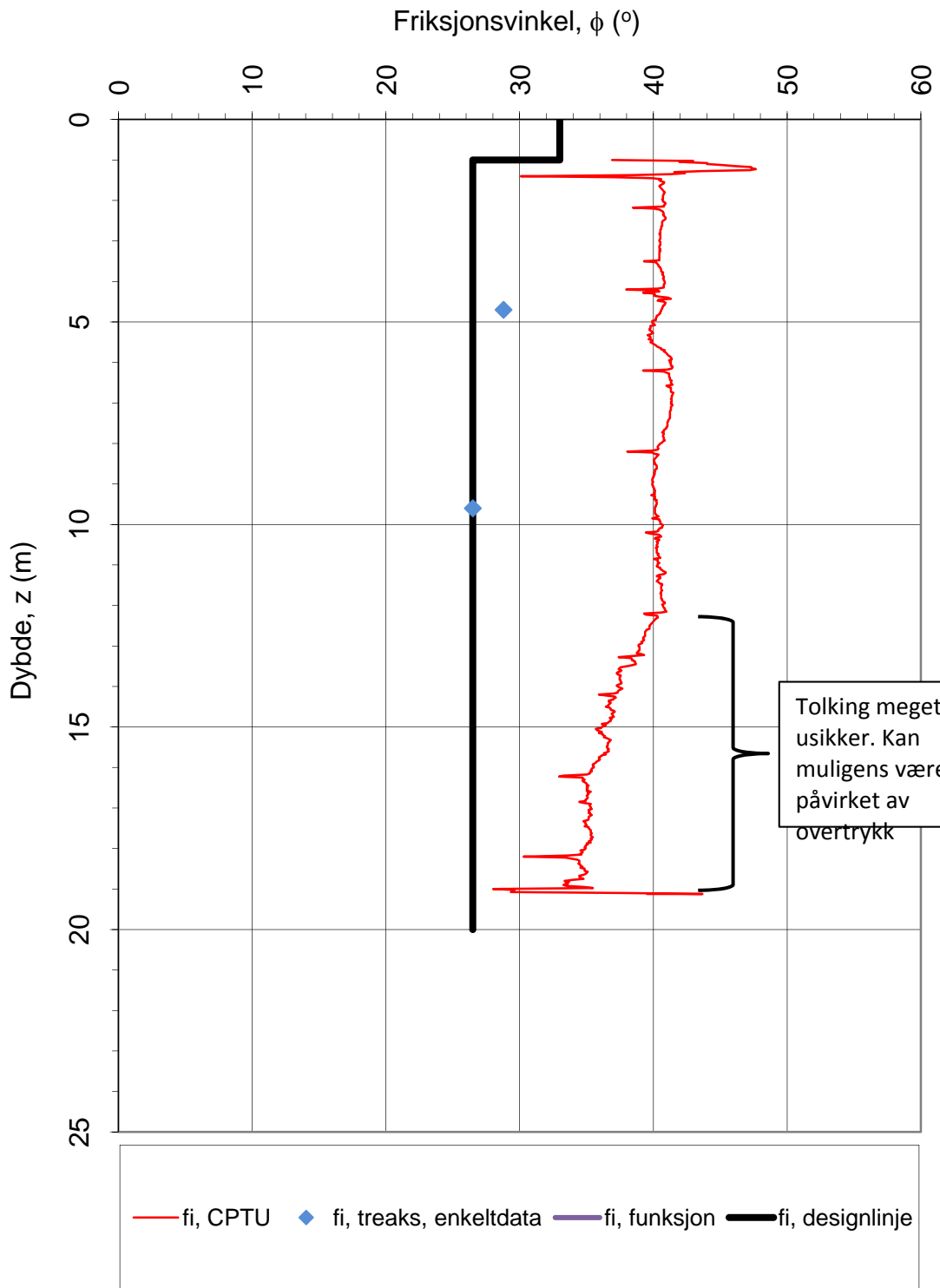
03.10.2009

Revisjon:

2

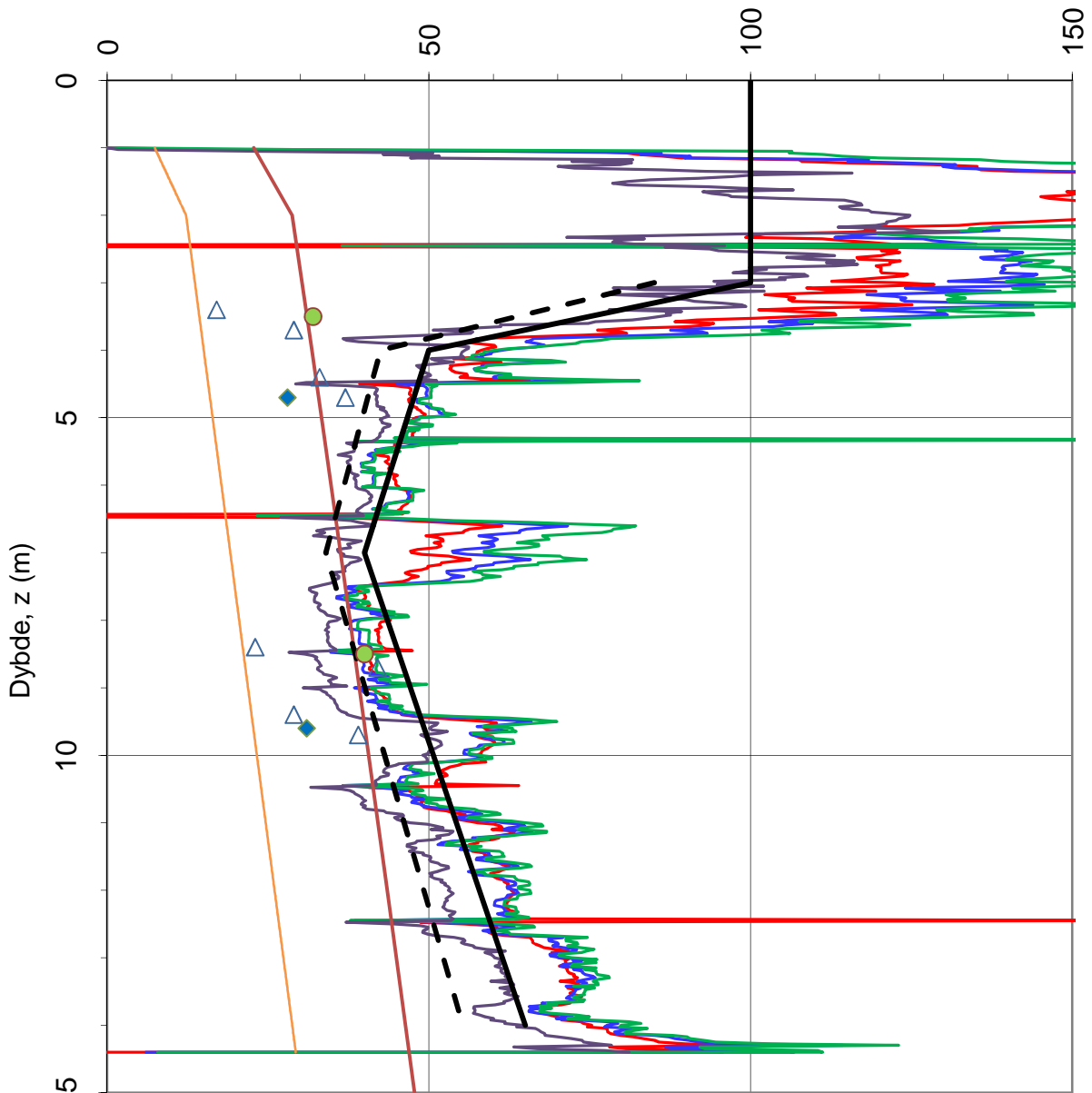


Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_17-crh.xlsx	
Prekonsolideringsspenning σ_c' .					
CPTU id.:	Hull 17	Sonde:	3039		
MULTICONSULT AS	Dato: 26.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols	Godkjent: oaa	
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 143.2	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2	



Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_17-crh.xlsx
Friksjonsvinkel ϕ .				
CPTU id.:	Hull 17	Sonde:	3039	
MULTICONSULT AS	Dato: 26.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols	Godkjent: oaa
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 143.3	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2


Udrenert skjærstyrke, s_{uA} (kN/m²)

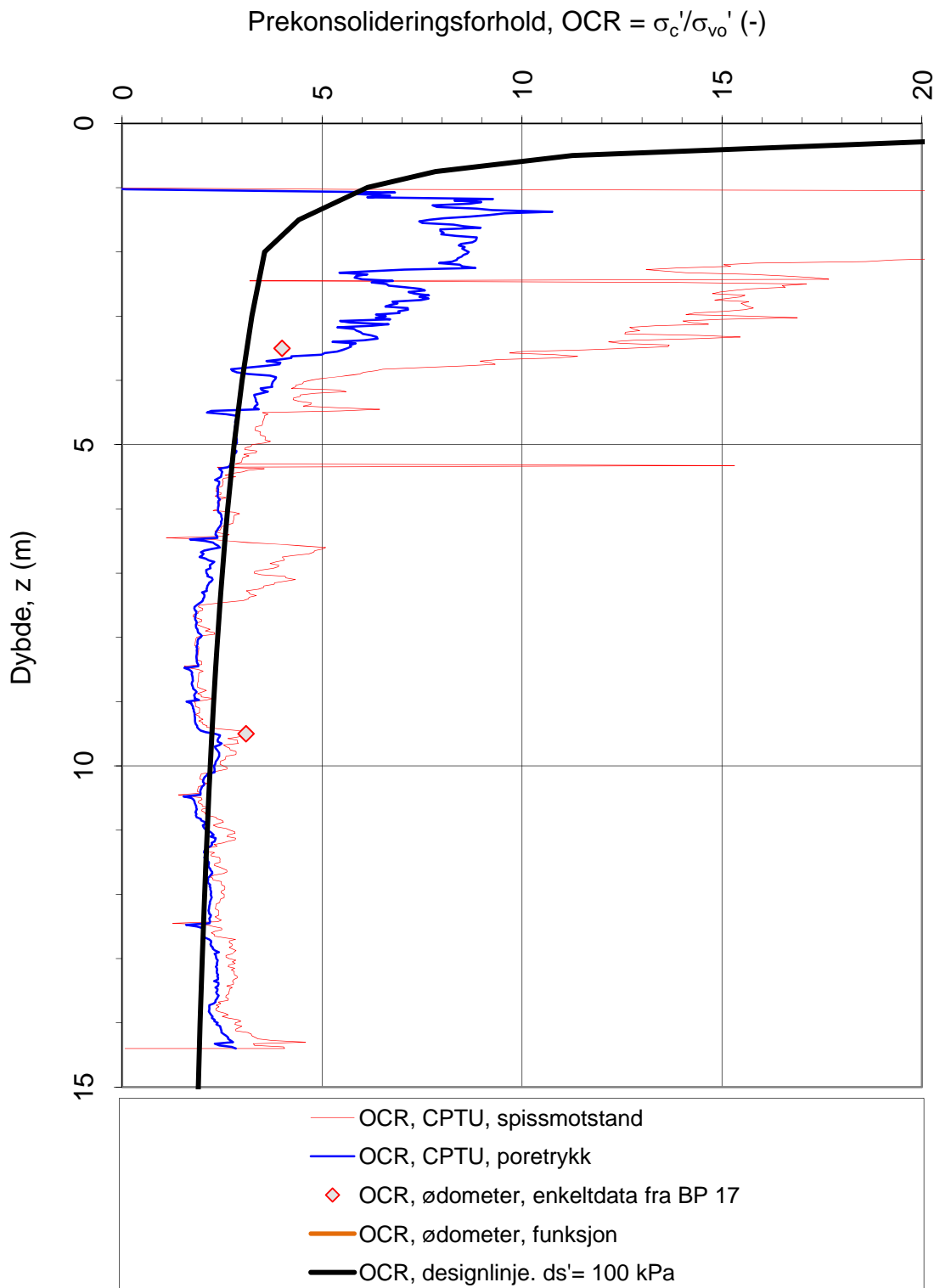


- suA, $N_{kt} = f(B_q)$
- suA, $N_{kt} = f(St, OCR, I_p)$
- suA, SHANSEP, $ds' = 100$ kPa
- △ suD, konus. Data fra BP 17
- ◆ suA, treaks. Data fra BP 17
- Design suA - 15 %
- suA, $N_{du} = f(B_q)$
- suA, $N_{du} = f(St, OCR, I_p)$
- suA, NC, $a(p_o' + a)$
- suD, enaks. Data fra BP 17
- Design suA

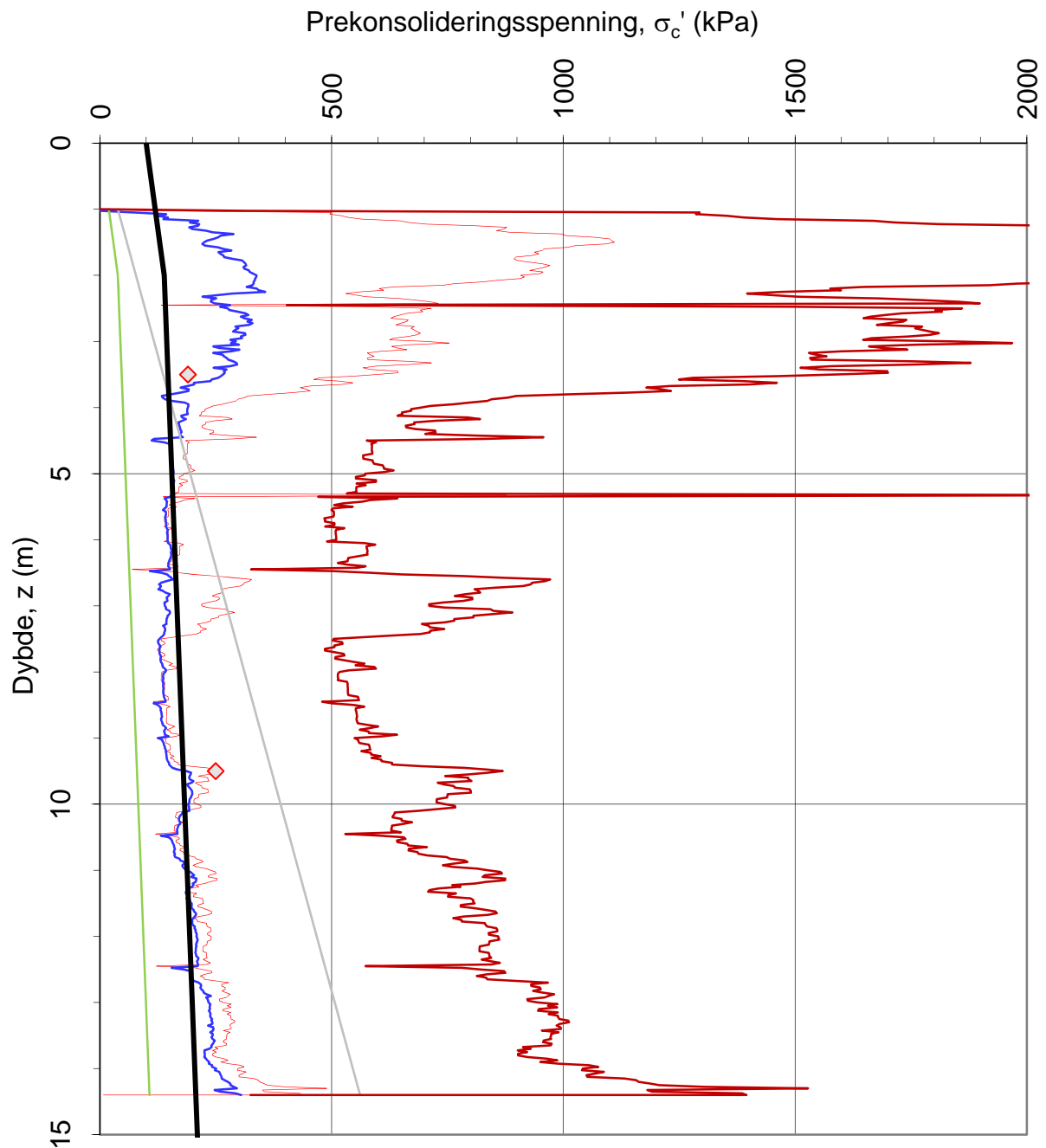
$N_{kt}:$ (18,7-12,5 B_q)
 $N_{Du}:$ (1,8+7,25 B_q)
 $N_{kt} = (8.5+2.5\log OCR+0I_p)$
 $N_{Du} = (9.8-4.5\log OCR+0I_p)$

α_c valgt: **0.25**


Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_18-crh.xlsx	
Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , verdier fra SHANSEP-analyse.					
CPTU id.:	Hull 18	Sonde:	3757		
MULTICONSULT AS	Dato: 28.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols		
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 144	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2	

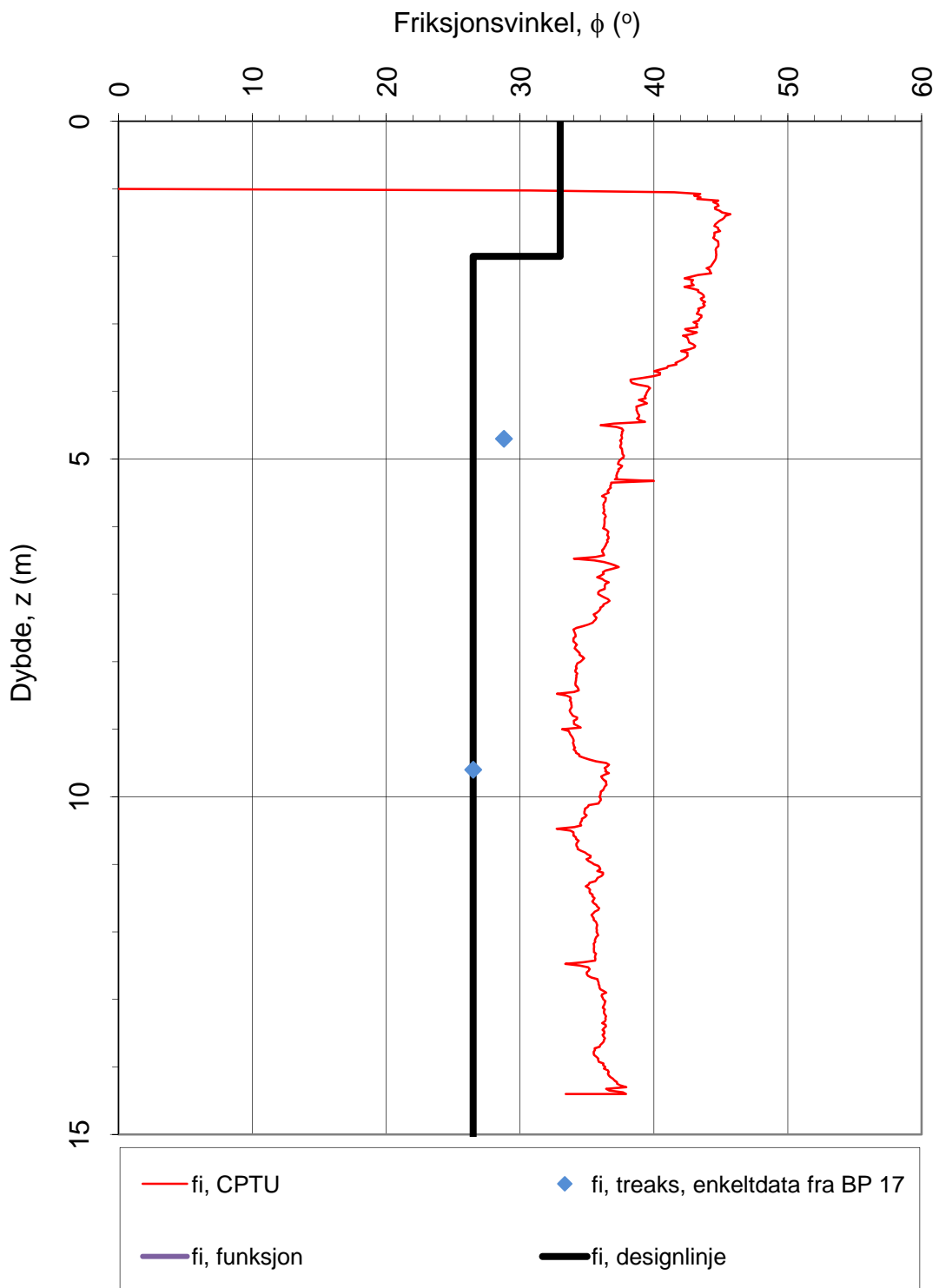


Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_18-crh.xlsx	
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$.					
CPTU id.:	Hull 18	Sonde:	3757		
MULTICONSULT AS	Dato: 28.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols	Godkjent: oaa	
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 145.1	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2	



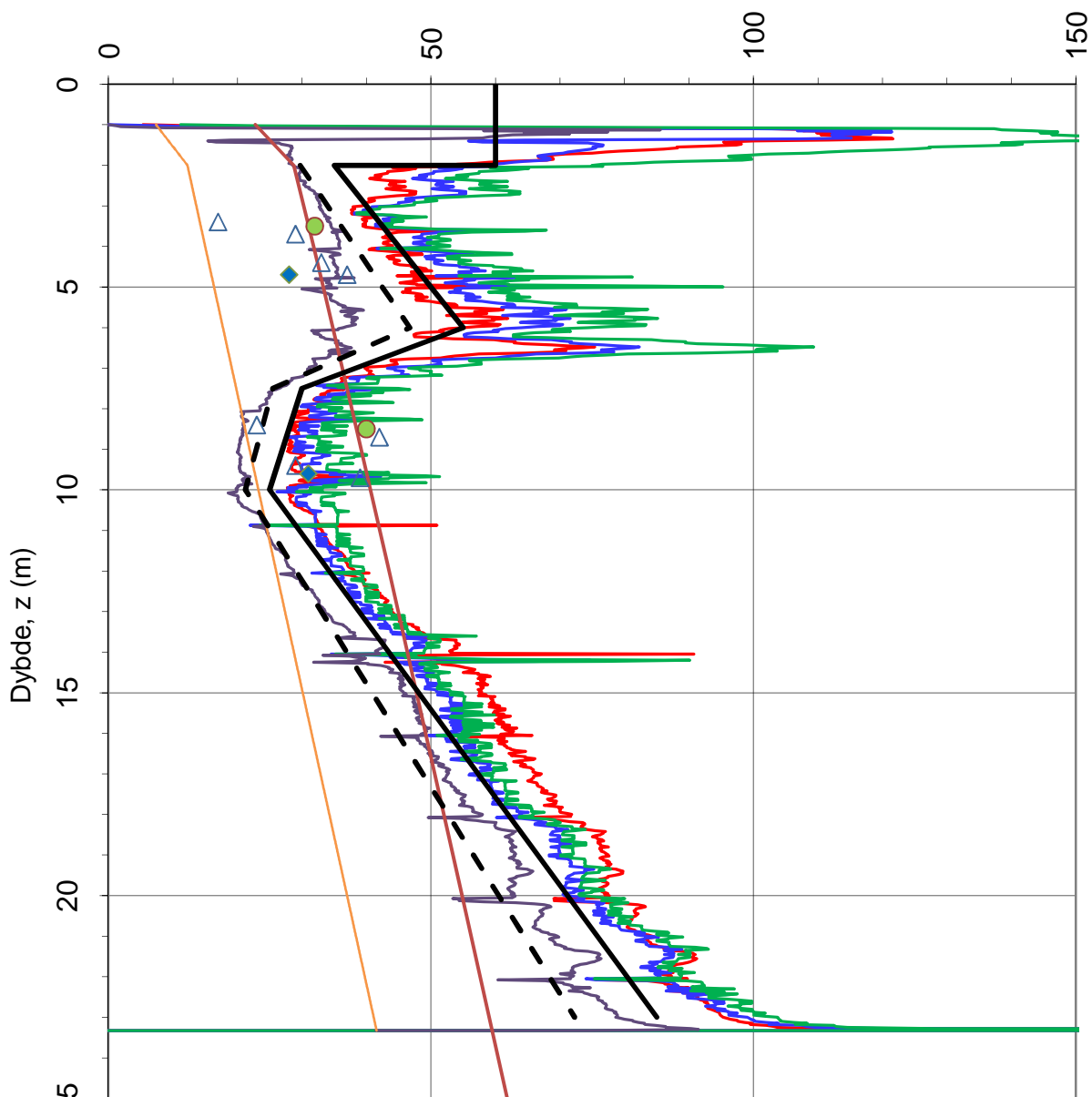
- pc' , CPTU, spissmotstand
- po' , eff. overlagingstrykk'
- qt , korrigert spissmotstand CPTU
- pc' , designlinje. $ds' = 100$ kPa
- pc' , CPTU, poretrykk
- qT , teoretisk spissmotstand, NC-leire
- ◊ pc' , ødometer, enkelldata fra BP 17

Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_18-crh.xlsx
Prekonsolideringsspenning σ_c' .				
CPTU id.:	Hull 18	Sonde:	3757	
MULTICONSULT AS	Dato: 28.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols	Godkjent: oaa
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 145.2	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2



Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_18-crh.xlsx	
Friksjonsvinkel ϕ .					
CPTU id.:	Hull 18	Sonde:	3757		
MULTICONSULT AS	Dato: 28.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols	Godkjent: oaa	
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 145.3	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2	

Udrenert skjærstyrke, s_{uA} (kN/m²)

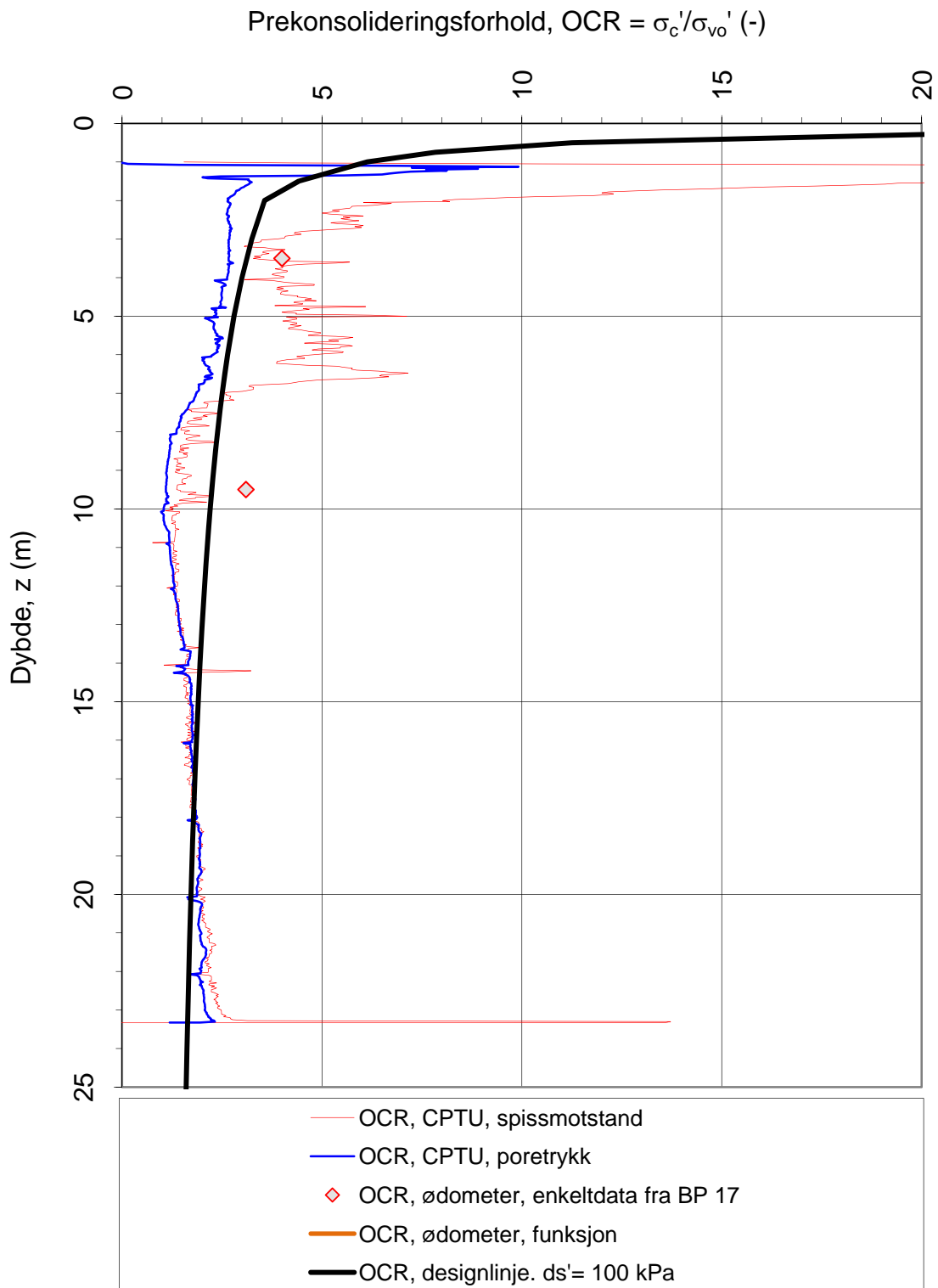



- suA, $N_{kt} = f(B_q)$
- suA, $N_{kt} = f(St, OCR, I_p)$
- suA, SHANSEP, $ds' = 100$ kPa
- △ suD, konus. Data fra BP 17
- ◆ suA, treaks. Data fra BP 17
- Design suA - 15 %
- suA, $N_{du} = f(B_q)$
- suA, $N_{du} = f(St, OCR, I_p)$
- suA, NC, $a(p_o' + a)$
- suD, enaks. Data fra BP 17
- Design suA

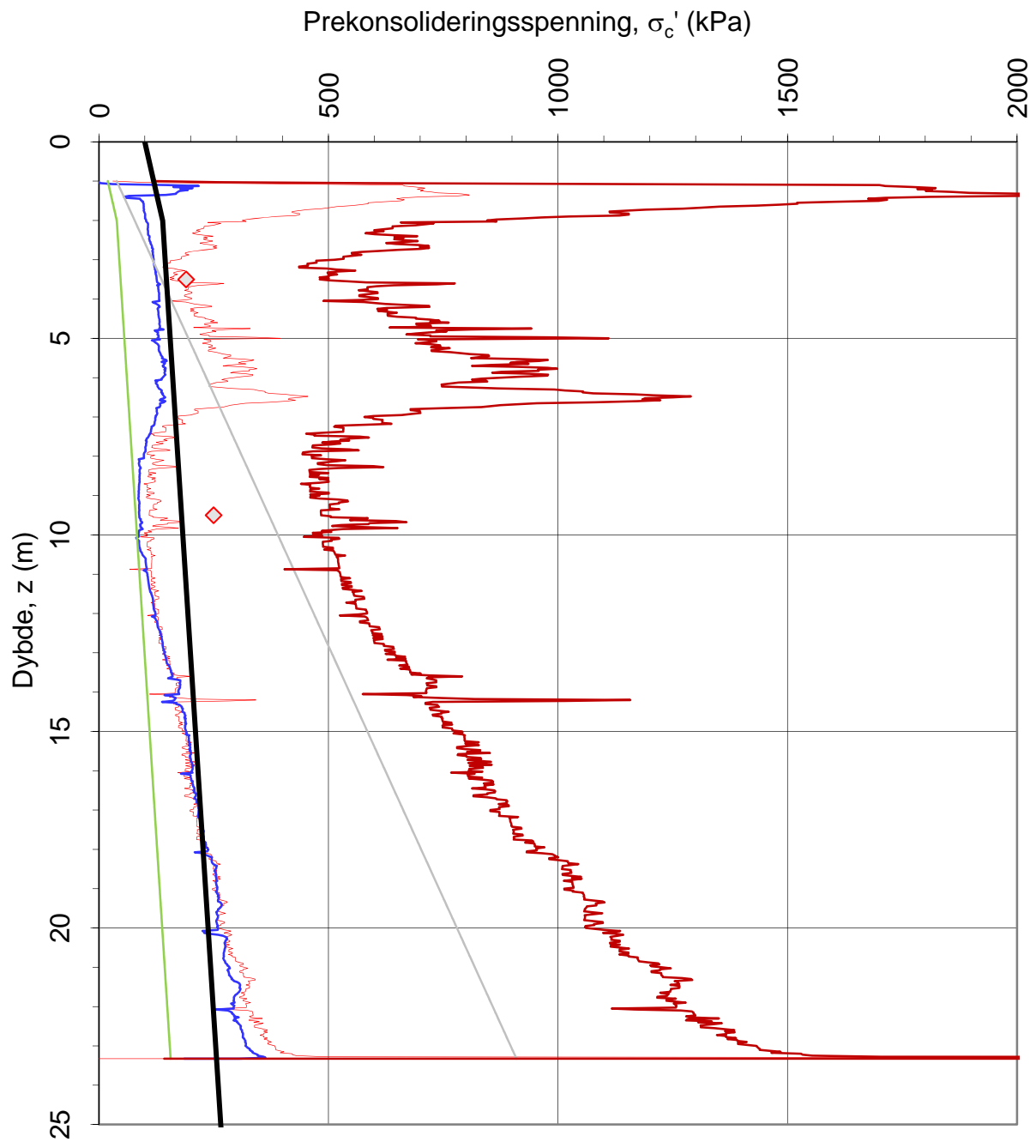
$N_{kt} = (18,7 - 12,5B_q)$
 $N_{Du} = (1,8 + 7,25B_q)$
 $N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0I_p)$
 $N_{Du} = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0I_p)$

α_c valgt: **0.25**


Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_18a-crh.xls	
Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , verdier fra SHANSEP-analyse.					
CPTU id.:	Hull 18a	Sonde:	3039		
MULTICONSULT AS	Dato: 28.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols		
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 146	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2	

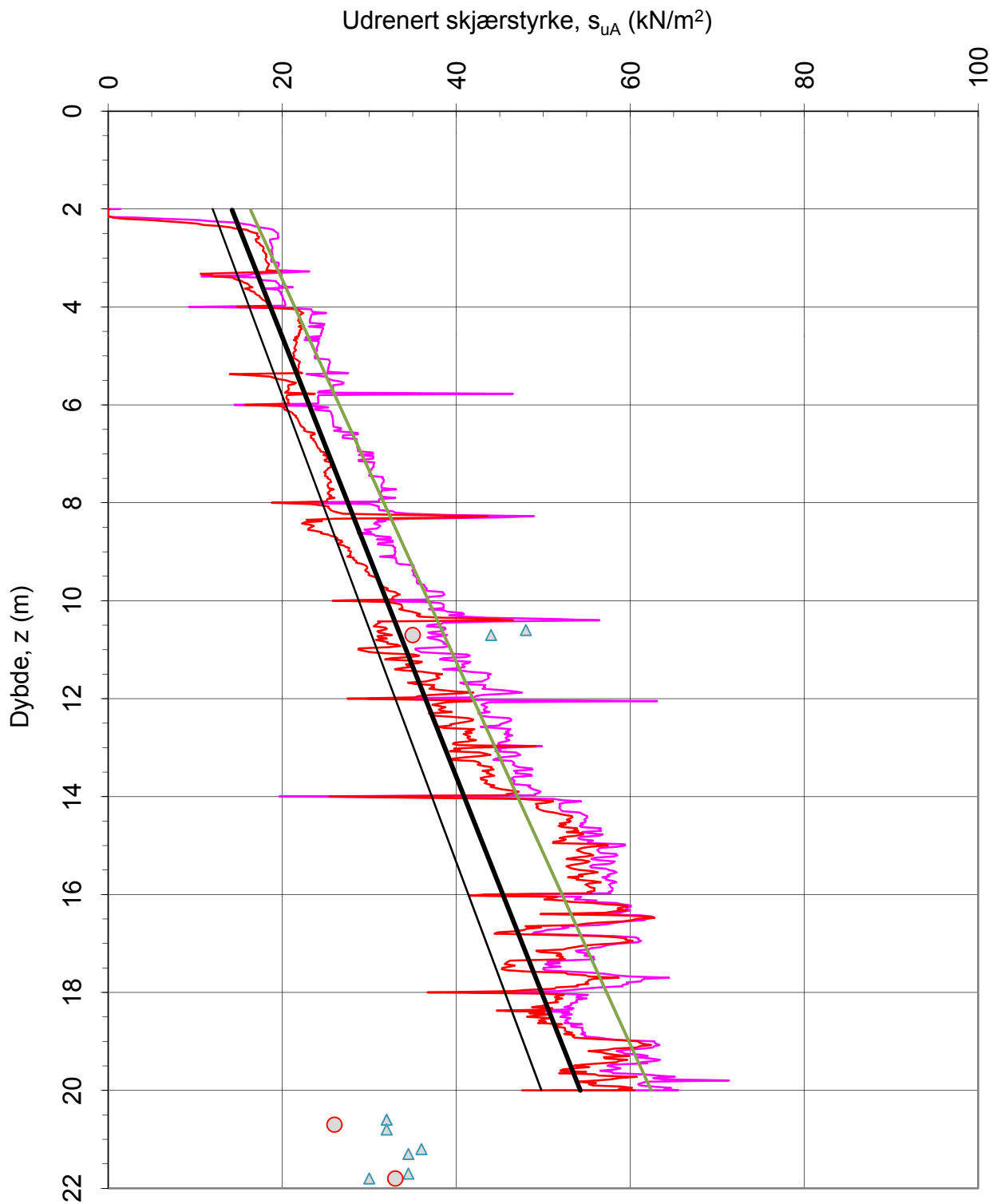


Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_18a-crh.xls	
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$.					
CPTU id.:	Hull 18a	Sonde:	3039		
MULTICONSULT AS	Dato: 28.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols	Godkjent: oaa	
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 147.1	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2	



- pc', CPTU, spissmotstand
- po', eff. overlagringstrykk'
- qt, korrigert spissmotstand CPTU
- pc', designlinje. ds' = 100 kPa
- pc', CPTU, poretrykk
- qT, teoretisk spissmotstand, NC-leire
- ◊ pc', ødometer, enkeltdata fra BP 17

Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_18a-crh.xls	
Prekonsolideringsspenning σ'_c .					
CPTU id.:	Hull 18a	Sonde:	3039		
MULTICONSULT AS	Dato: 28.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols	Godkjent: oaa	
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 147.2	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2	



- s_{uA} , $N_{Du} = f(B_q) = 1.8 + 7.25 B_q$
- s_{uA} , $N_{du} = 9.8 - 4.5 \log OCR$
- s_{uA} , NC, $0.3 p_o' (u - 13^*z)$
- ▲ Rutine, konus (hull 3)
- Rutine, enaks (hull 3)
- Design: SHANSEP- $s_{uA} - \Delta p' = 25 + 3^*(z-2)$ kPa
- Design: SHANSEP- $s_{uA} - \Delta p' = 25 + 3^*(z-2)$ kPa -redusert 15 %

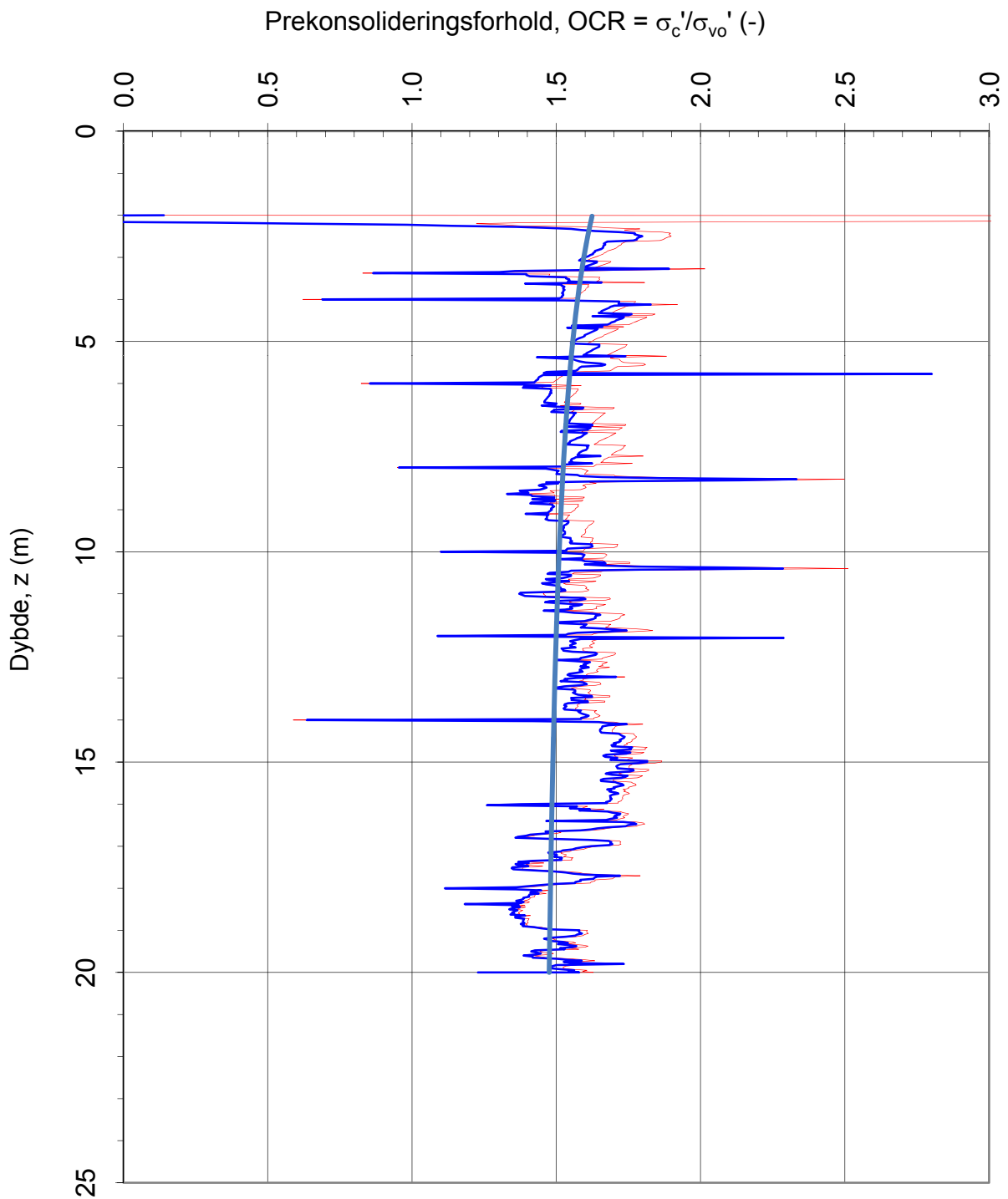
NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



CPTU id.:	CPTU NGI 11_Storaunet			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	04.02.2009	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	148	14.08.2007	



- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, spissmotstand
- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, poretrykk
- Design, $\Delta p' = 25 + 3 \cdot (z - 2)$ kPa

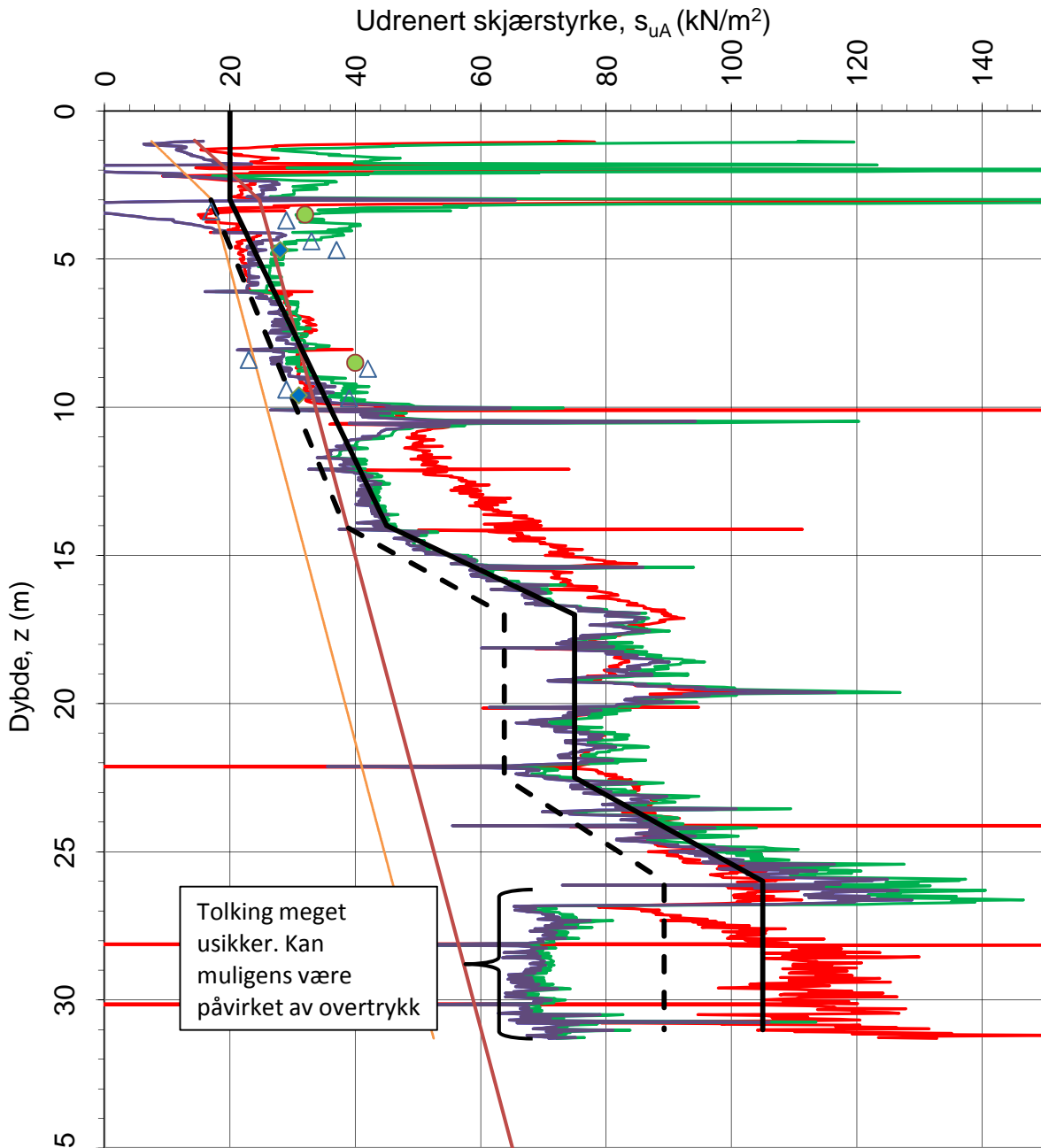
NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

Spenningshistorie, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$.

Tegningens filnavn:



CPTU id.:	CPTU NGI 11_Storaunet			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	04.02.2009	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	149	14.08.2007	



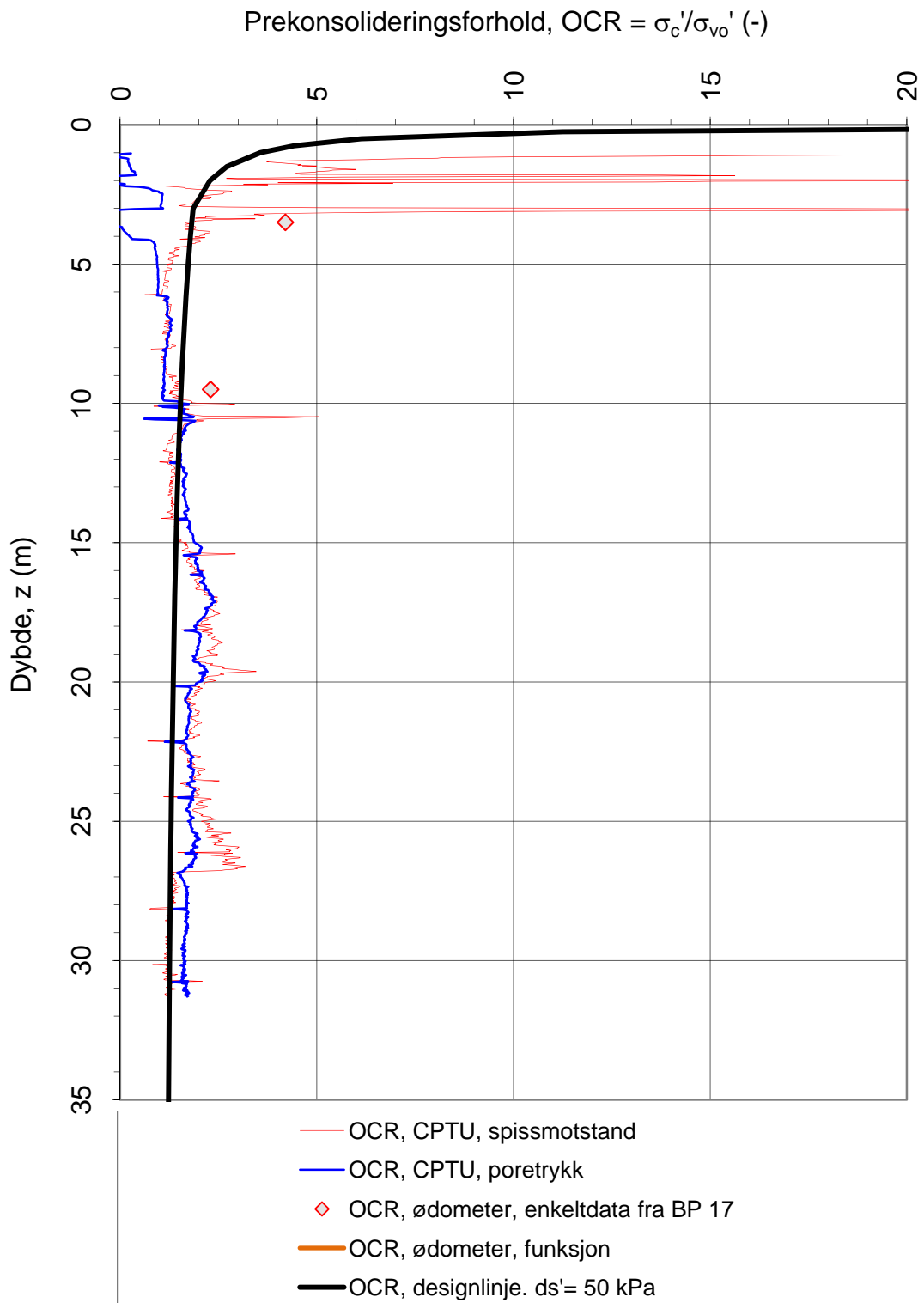
Tolking meget usikker. Kan muligens være påvirket av overtrykk

- suA, $N_{kt} = f(B_q)$
- suA, $N_{kt} = f(St, OCR, I_p)$
- suA, SHANSEP, $ds' = 50 \text{ kPa}$
- suA, $N_{du} = f(B_q)$
- suA, $N_{du} = f(St, OCR, I_p)$
- suA, NC, $a(p_o' + a)$
- △ suD, konus. Data fra BP 17
- ◇ suA, treaks. Data fra BP 17
- suD, enaks. Data fra BP 17
- - - Design suA
- - - Design suA - 15 %

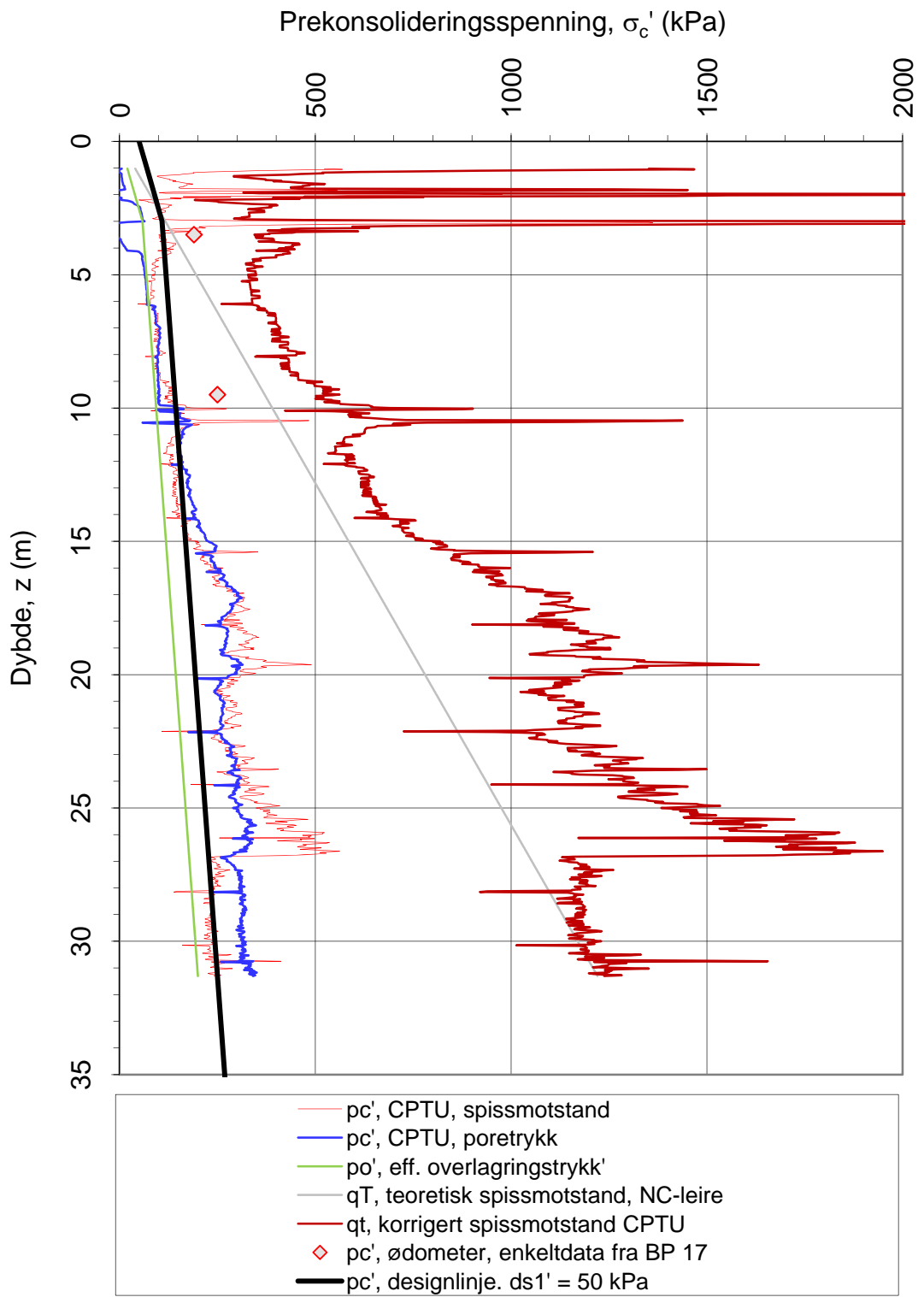
$N_{kt}: (18,7 - 12,5B_q)$
 $N_{Du}: (1,8 + 7,25B_q)$
 $N_{kt} = (8.5 + 2.5 \log OCR + 0I_p)$
 $N_{Du} = (9.8 - 4.5 \log OCR + 0I_p)$


α_c valgt: **0.25**

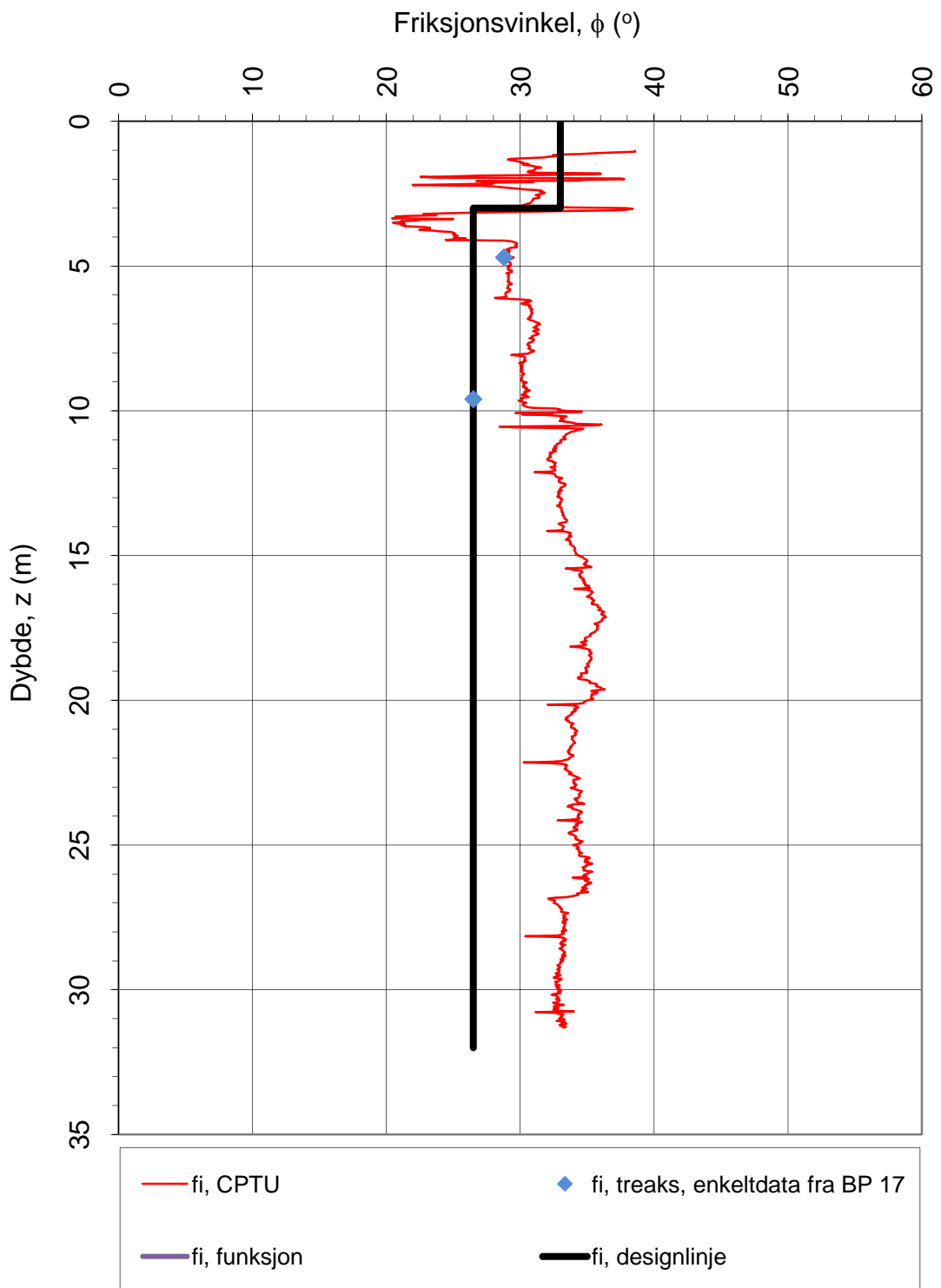
Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_19-crh.xlsx	
Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , verdier fra SHANSEP-analyse.					
CPTU id.:	Hull 19	Sonde:	4087		
MULTICONSULT AS	Dato: 28.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols		
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 150	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2	



Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_19-crh.xlsx	
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$.					
CPTU id.:	Hull 19	Sonde:	4087		
MULTICONSULT AS	Dato: 28.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols	Godkjent: oaa	
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 151	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2	

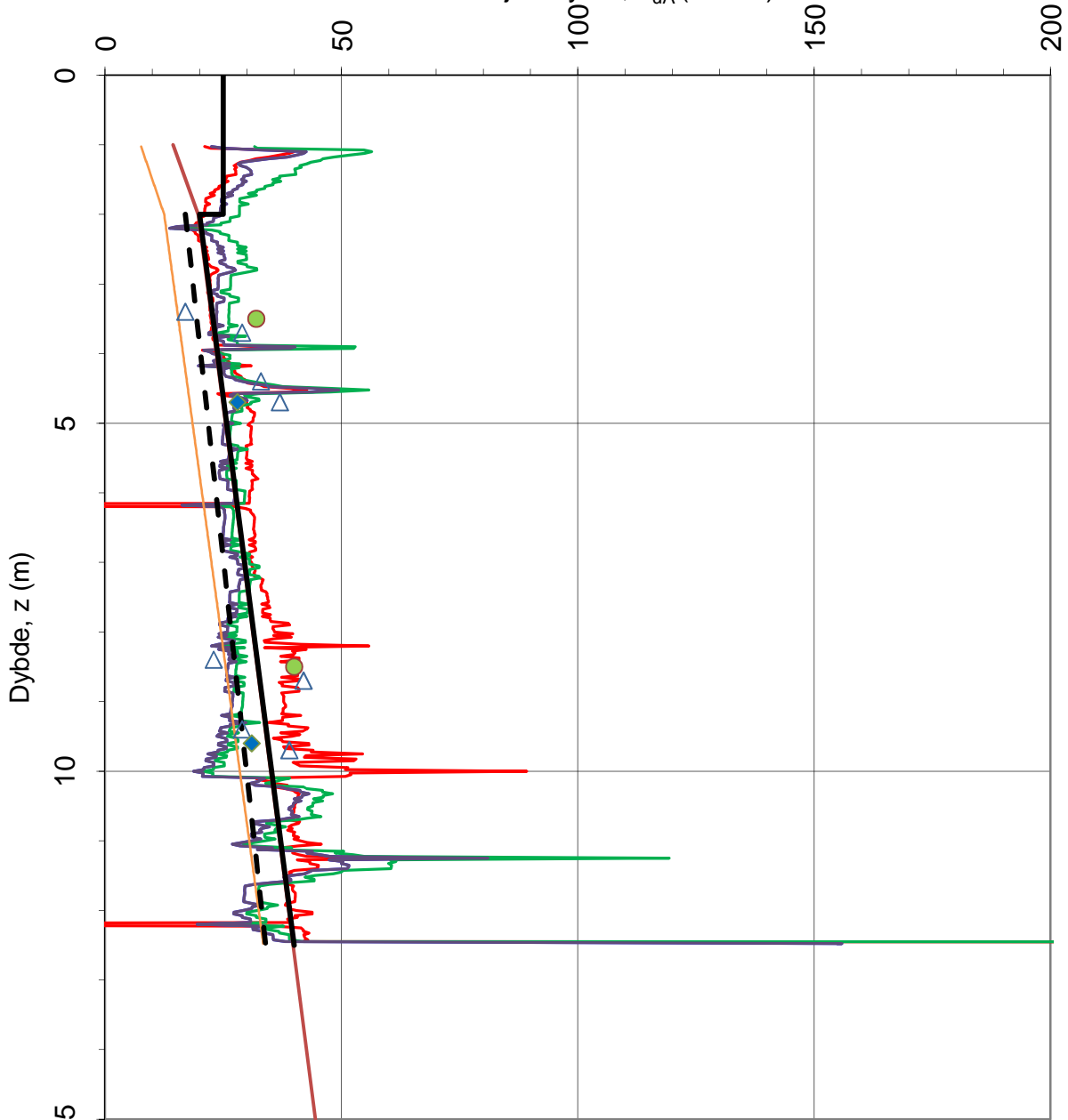


Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_19-crh.xlsx
Prekonsolideringsspenning σ_c' .				
CPTU id.:	Hull 19	Sonde:	4087	
MULTICONSULT AS	Dato: 28.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols	Godkjent: oaa
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 152	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2



Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_19-crh.xlsx
Friksjonsvinkel ϕ .				
CPTU id.:	Hull 19	Sonde:	4087	
MULTICONSULT AS	Dato: 28.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols	Godkjent: oaa
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 153	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2


Udrenert skjærstyrke, s_{uA} (kN/m²)



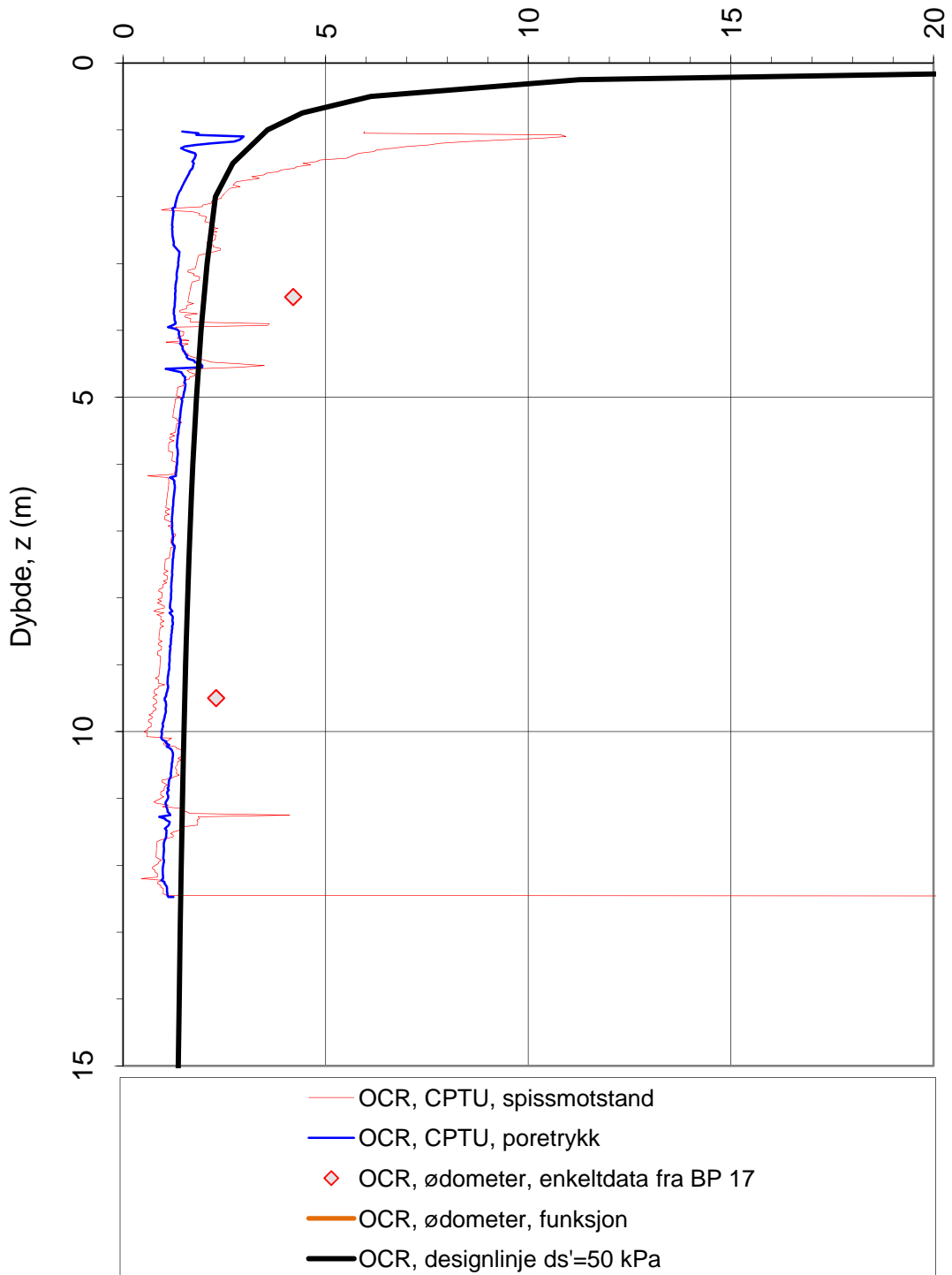
- suA, $N_{kt} = f(B_q)$
- suA, $N_{kt} = f(St, OCR, l_p)$
- suA, SHANSEP, $ds' = 50 \text{ kPa}$
- △ suD, konus. Data fra BP 17
- ◆ suA, treks. Data fra BP 17
- Design suA - 15 %
- suA, $N_{du} = f(B_q)$
- suA, $N_{du} = f(St, OCR, l_p)$
- suA, NC, $a(p_o' + a)$
- suD, enaks. Data fra BP 17

$N_{kt}:$ (18,7-12,5 B_q)
 $N_{Du}:$ (1,8+7,25 B_q)
 $N_{kt} = (8.5+2.5\log OCR+0l_p)$
 $N_{Du} = (9.8-4.5\log OCR+0l_p)$

α_c valgt: **0.25**

Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_hull20.xlsx	
Aktiv udrenert skjærstyrke s_{uA} , verdier fra SHANSEP-analyse.					
CPTU id.:	Hull 20	Sonde:	4087		
MULTICONSULT AS	Dato: 28.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols		
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 154	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2	

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



Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

Storaunet-Skei

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_hull20.xlsx

Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$.

CPTU id.:

Hull 20

Sonde:

4087

MULTICONSULT

MULTICONSULT AS

Dato:

28.05.2010

Tegnet:

crh

Kontrollert:

rols

Godkjent:

oaa

Oppdrag nr.:

412498

Tegning nr.:

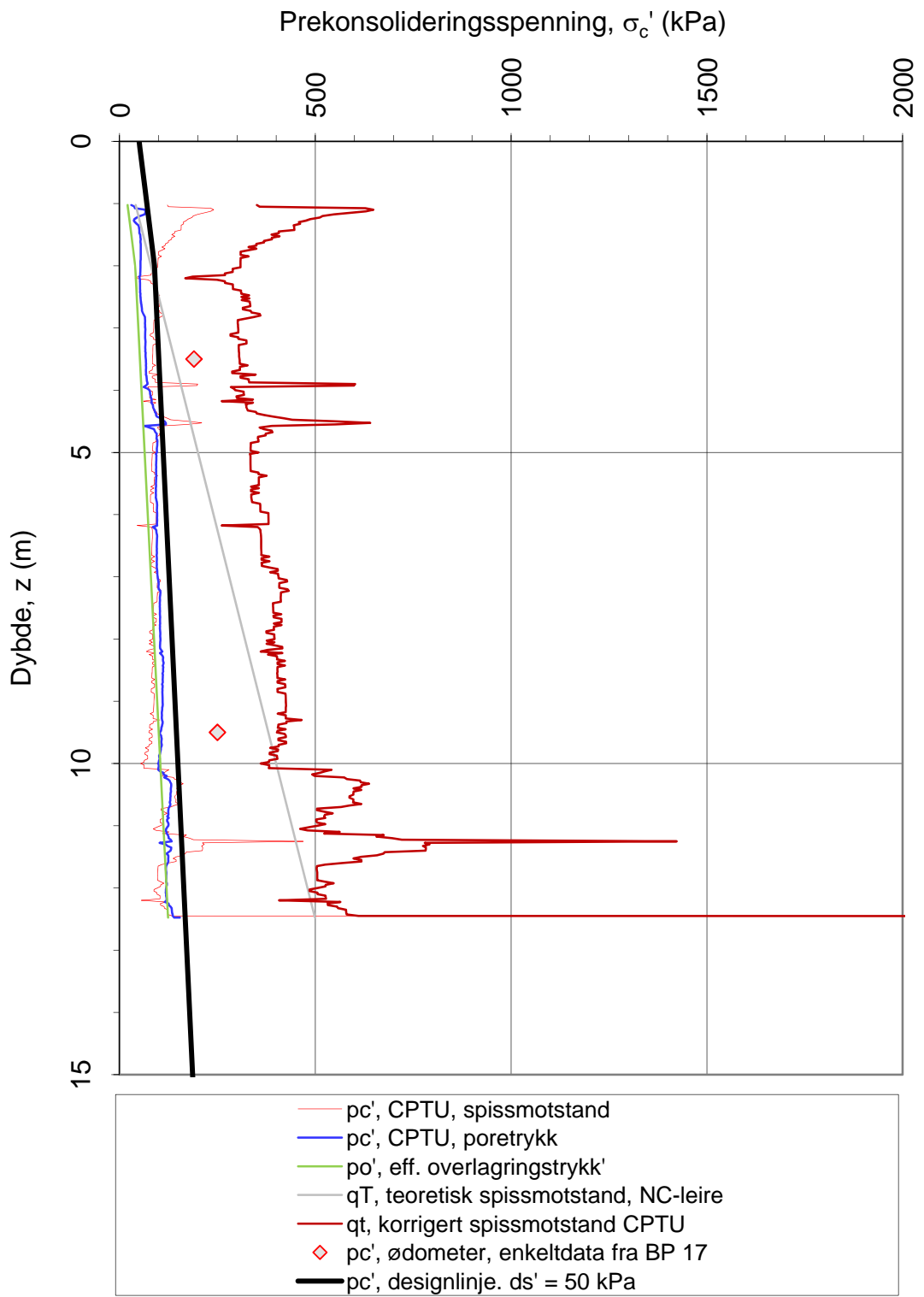
155

Versjon:

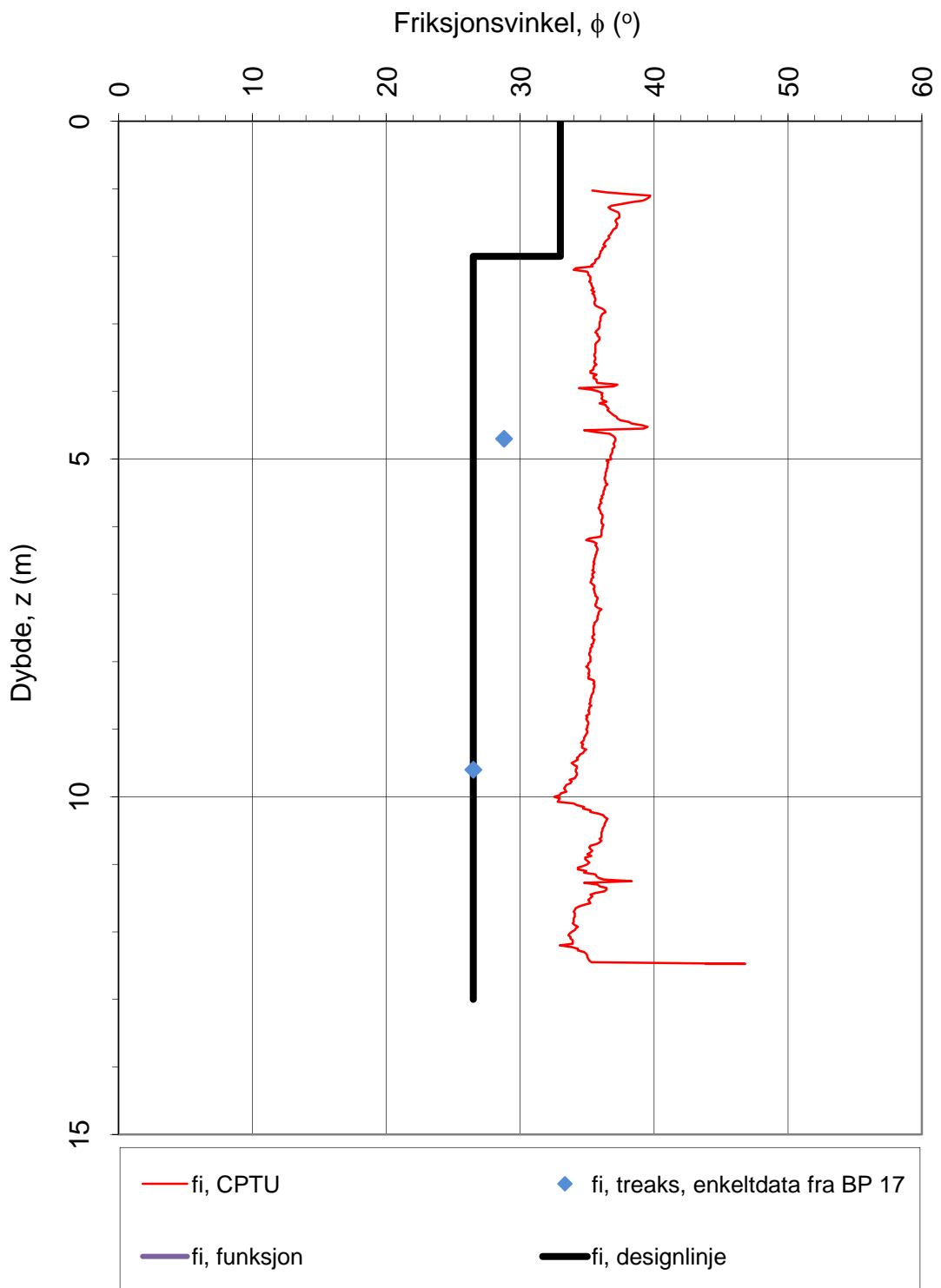
03.10.2009

Revisjon:

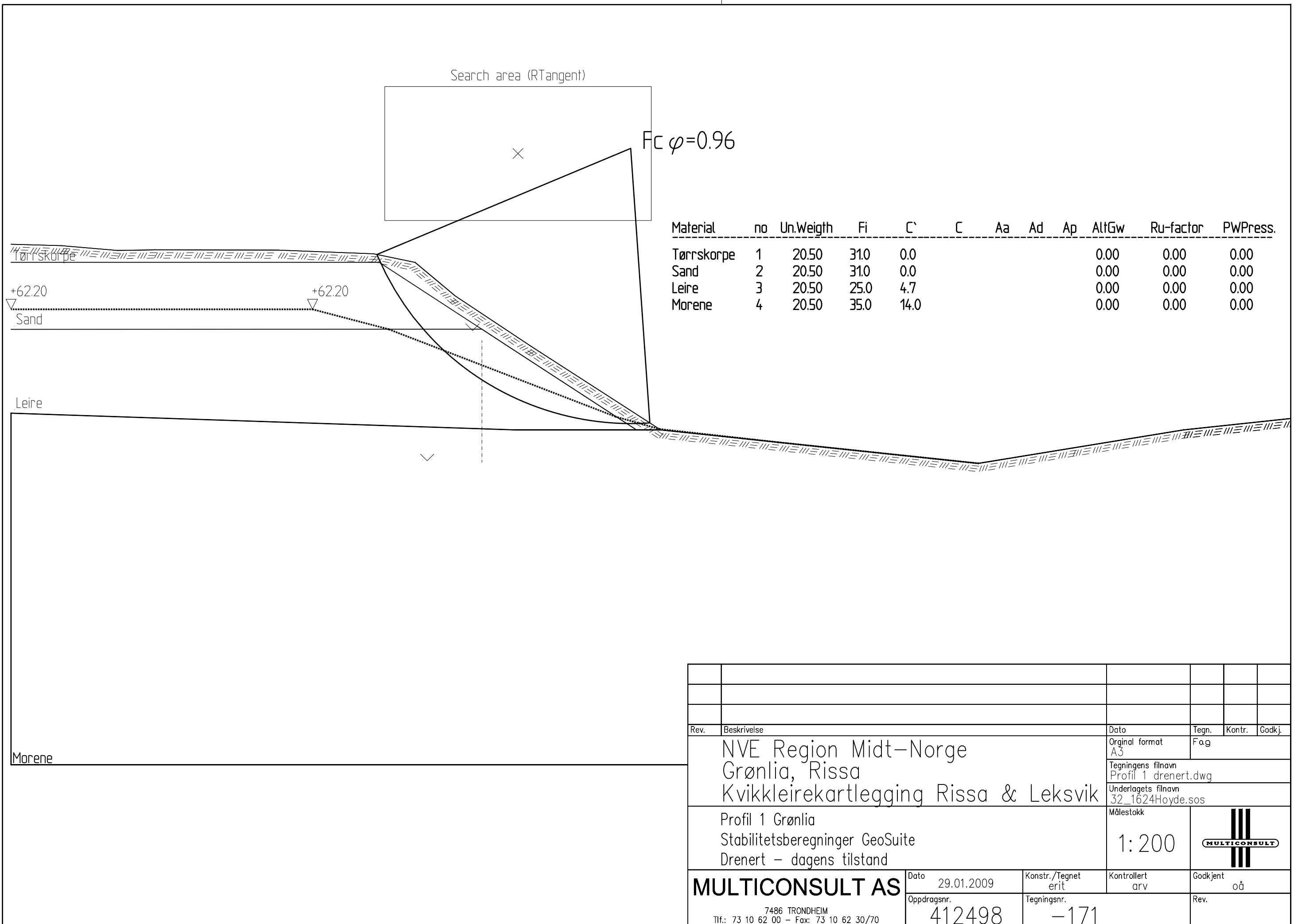
2



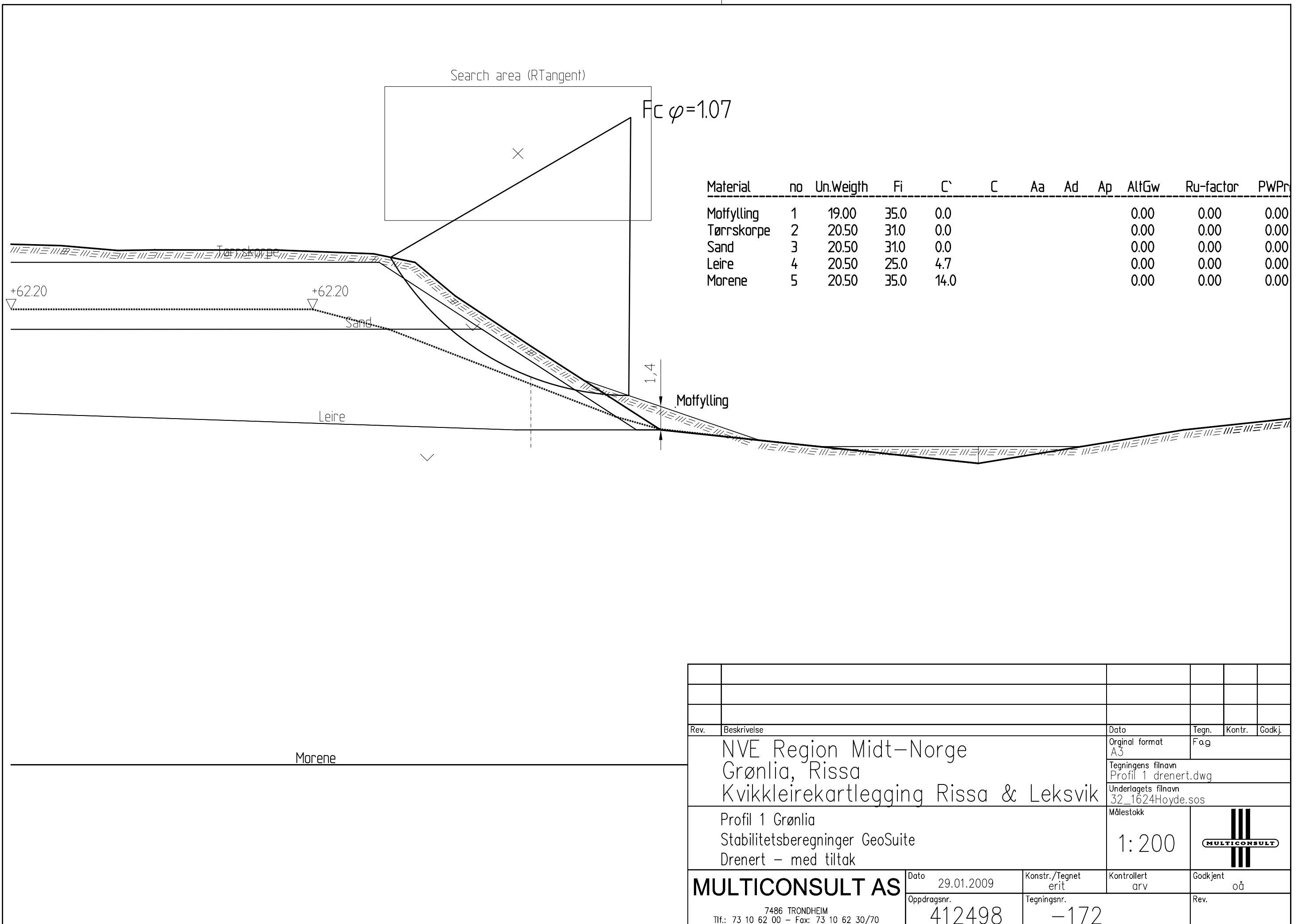
Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_hull20.xlsx
Prekonsolideringsspenning σ_c' .				
CPTU id.:	Hull 20	Sonde:	4087	
MULTICONSULT AS	Dato: 28.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols	Godkjent: oaa
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 156	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2



Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Storaunet-Skei		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_hull20.xlsx
Friksjonsvinkel ϕ .				
CPTU id.:	Hull 20	Sonde:	4087	
MULTICONSULT AS	Dato: 28.05.2010	Tegnet: crh	Kontrollert: rols	Godkjent: oaa
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 157	Versjon: 03.10.2009	Revisjon: 2



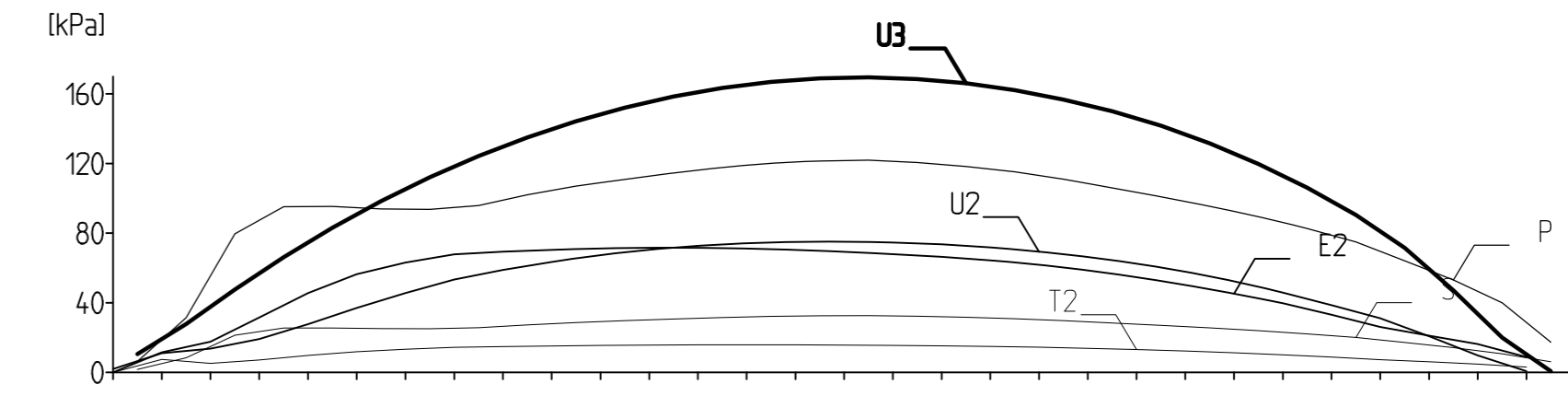
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Grønliå, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	Original format A3	Fag		
	Profil 1 Grønliå Stabilitetsberegninger GeoSuite Drenert - dagens tilstand	Tegningens filnavn Profil 1 drenert.dwg			
		Underlagets filnavn 32_1624Hoyde.sos			
		Målestokk 1:200			
MULTICONSULT AS		Dato 29.01.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -171		Rev.



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Grønliå, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	Original format A3	Fag		
	Profil 1 Grønliå Stabilitetsberegninger GeoSuite Drenert - med tiltak	Tegningens filnavn Profil 1 drenert.dwg			
		Underlagets filnavn 32_1624Hoyde.sos			
		Målestokk 1:200			
MULTICONSULT AS		Dato 29.01.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -172		Rev.

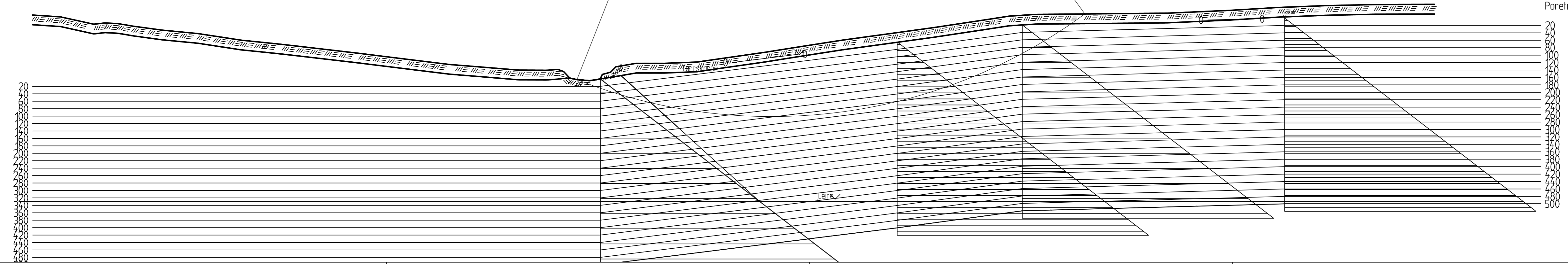
$F_c \phi = 1.74$

Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Tørnskorpe	1	20.00	330	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire/	2	20.00	250	0.0					0.00	0.00	0.00



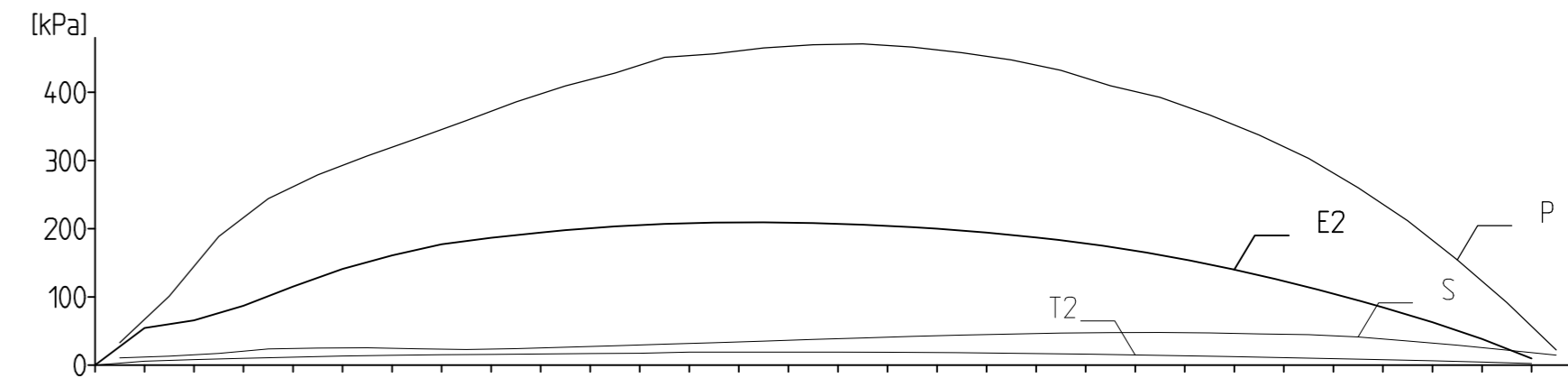
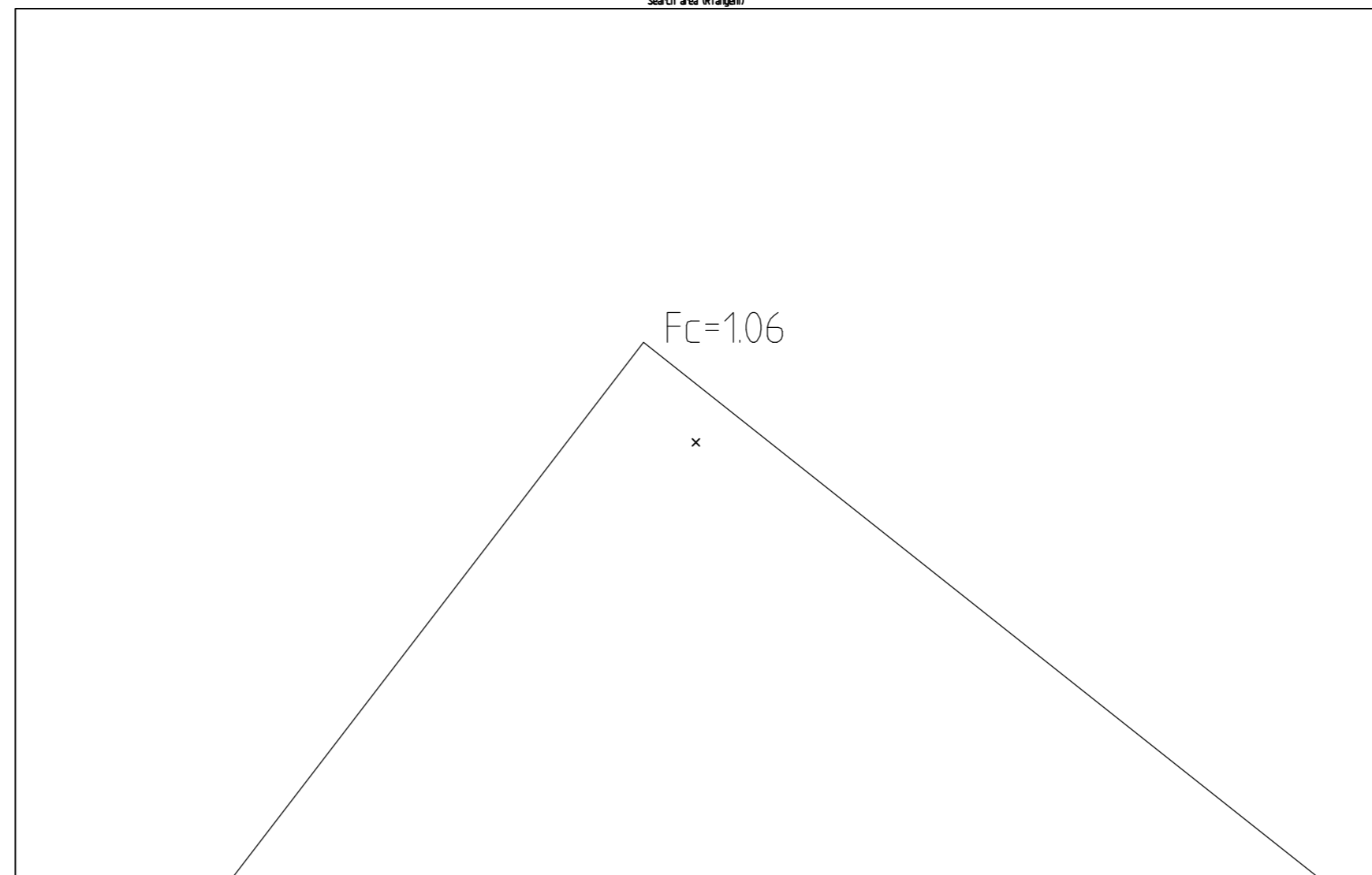
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295

Profil 1

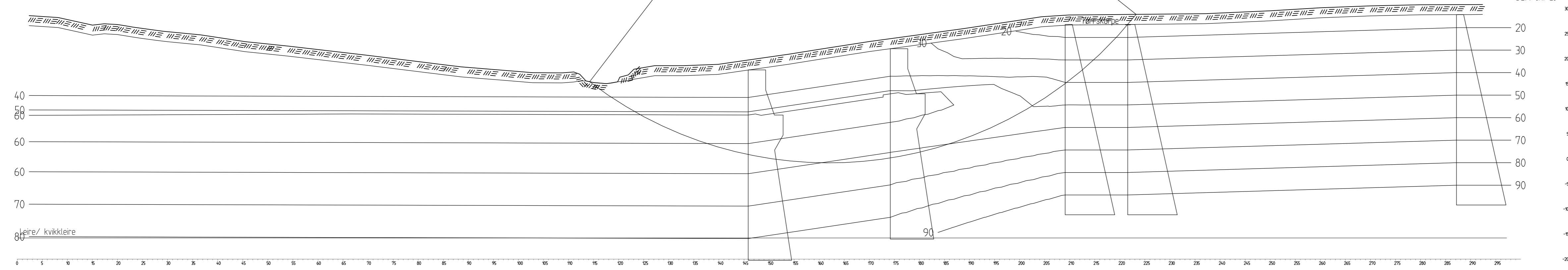


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	Original format A0	Fag		
	Stabilitetsberegning GeoSuite Profil 1 Storaunet-Skei Effektivspenningsanalyse	Målestokk 1:500			
MULTICONSULT AS <small>7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70</small>		Dato 06.02.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -173	Rev.	

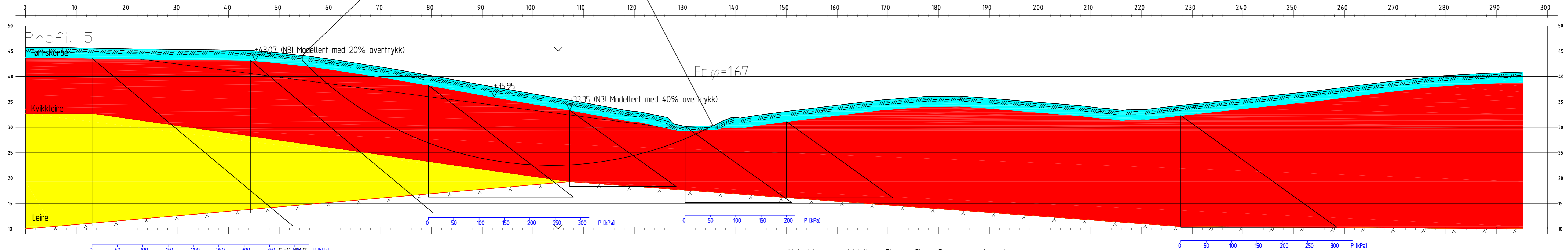
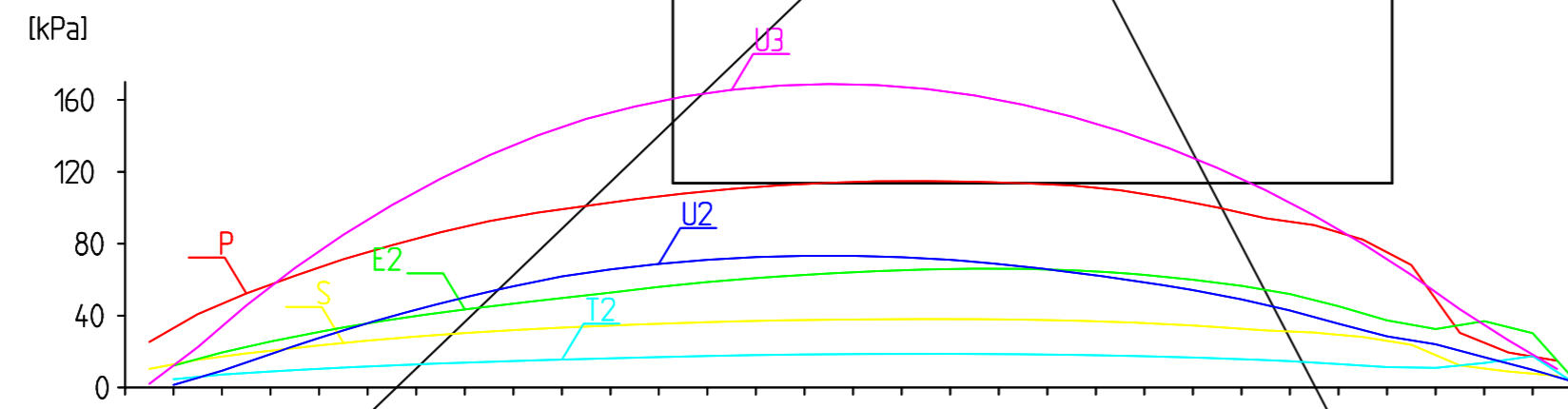
Search area (Ritzgen)



Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Tørrskorpe	1	20.00	33.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire/ kvikk	2	20.00	---	---	C-profil	1.00	0.60	0.30	0.00	0.00	0.00



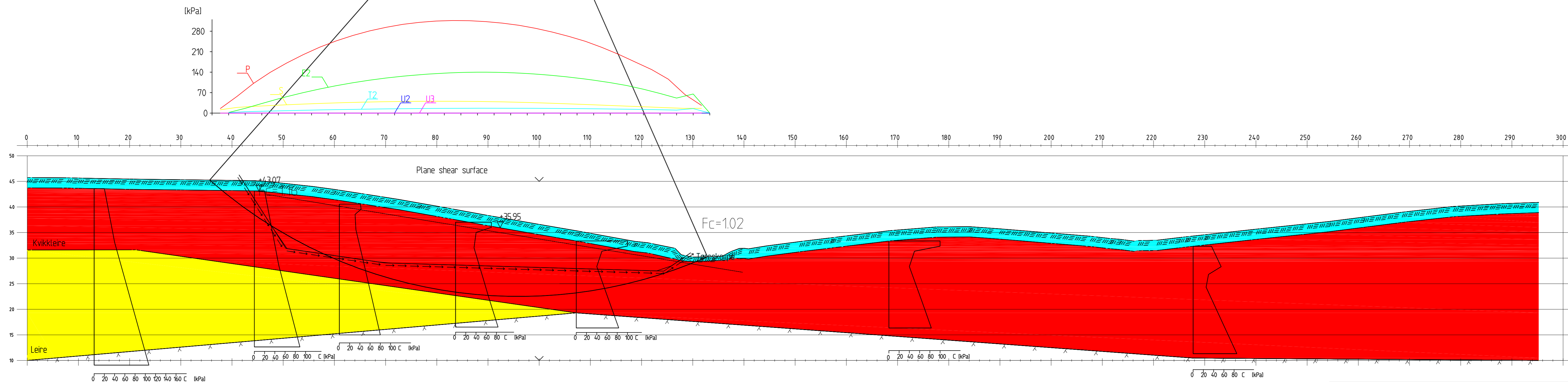
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Original format A0		Fag		
	Tegningens filnavn Profil_1_ADP.dwg				
	Underlogets filnavn				
NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik			Målestokk 1:500		
Stabilitetsberegning GeoSuite Profil 1 Storaunet-Skei ADP-analyse			Godkjent oå		
MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato 06.02.2009	Oppdragsnr. 412498	Konstr./Tegnet erit Tegningsnr. -174	Kontrollert arv Rev.



Fc=167 P [kPa]
 Kritisk sirkulær flate
 Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunetskei\stabgraf.rvt\profil_5_aphi_rev02.R6

Material	Un.Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	20.00	330	0.0				
Kvikkleire	20.00	27.0	5.0				
Leire	20.00	27.0	5.0				

02	Revidert etter supplerende grunnundersøkelser 2010	06.04.2011	arh	arv	oaa
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik		Original format A3L	Geoteknikk		
Stabilitetsberegning GeoSuite Profil 5 Storaunet-Skei Drenert analyse		Målestokk 1:400			
MULTICONSULT AS		Dato 06.02.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oaa
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -175	Rev.	02

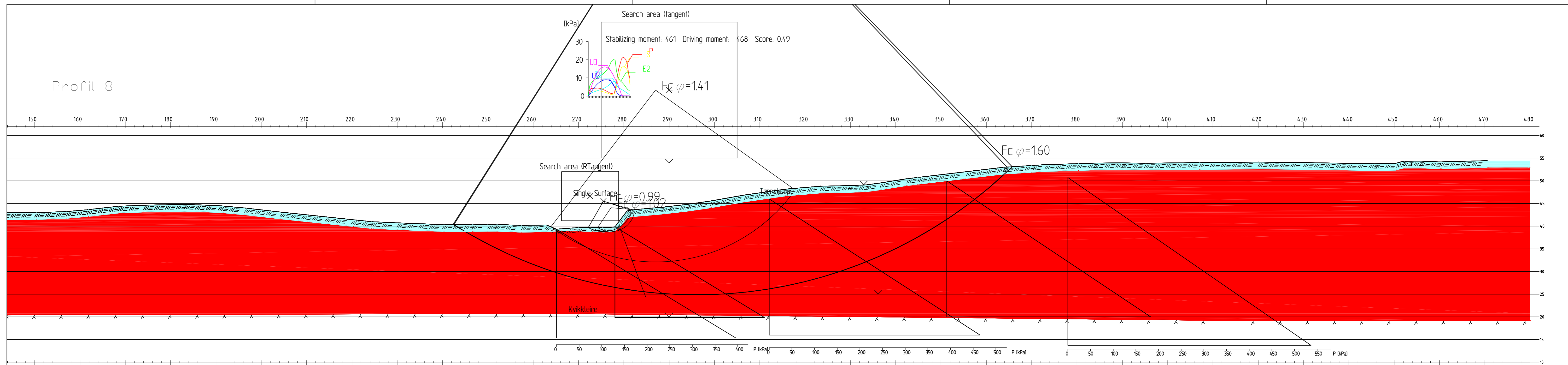


$F_c=1.02$
 Kritisk sirkulær flate før tiltak
 Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunetskei\stabgraf.rit\profil 5_adp_rev02.R4
 $F_c=1.16$
 Plan sammensatt flate
 Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunetskei\stabgraf.rit\profil 5_adp_rev02.R5

Material	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	20.00	33.0	0.0				
Kvikkleire	20.00			C-prof	0.85	0.60	0.30
Leire	20.00			C-prof	1.00	0.60	0.30

02	Revidert etter supplerende grunnundersøkelser 2010	06.04.2011	crh	rols	oaa
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik		Original format A3L	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn Profil 5_ADP_rev02.dwg	Underlagets filnavn		
Stabilitetsberegning GeoSuite Profil 5 Storaunet-Skei ADP-analyse eksisterende terreng		Målestokk 1:400			
MULTICONSULT AS		Dato 06.02.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oaa
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -176	Rev.	02

Profil 8




Fc=0.99
Eksisterende terreng
Result file : Z:\4124XX\412498-1\12_PLA-1\GEOSUI-1\STABGRAF.RIT\PROFIL 8_APHI_REV02_U+65.R3

Fc=1.02
Eksisterende terreng
Result file : Z:\4124XX\412498-1\12_PLA-1\GEOSUI-1\STABGRAF.RIT\PROFIL 8_APHI_REV02_U+65.R4

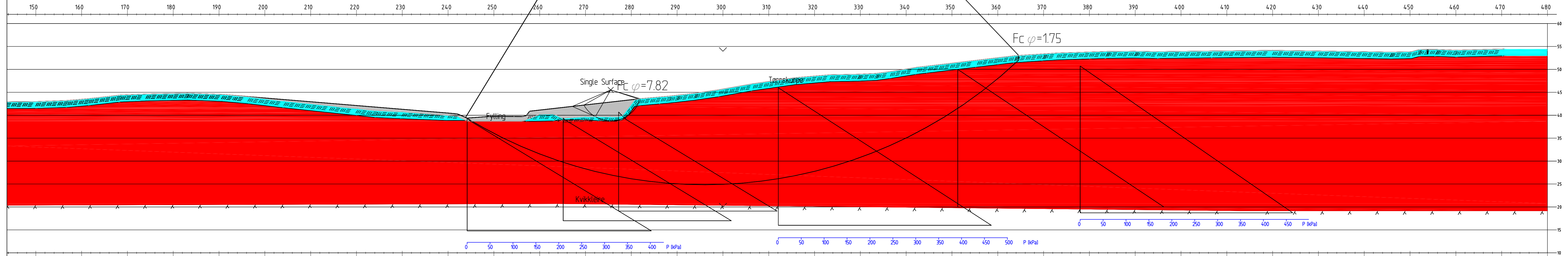
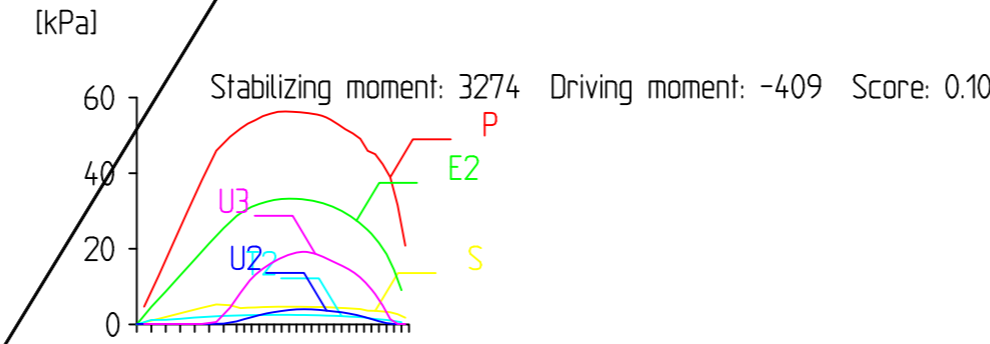
Fc=1.41
Sirkulær flate
Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunetskei\stabgraf.rit\profil 8_aphi_rev02_u+65.R8

Fc=1.60
Kritisk sirkulærflate etter tiltak
Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunetskei\stabgraf.rit\profil 8_aphi_rev02_u+65.R6

Material	Un.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørnskorpe	20.00	33.0	0.0				
Kvikkleire	20.00	27.0	5.1				

02	Revidert etter supplerende undersøkelser 2010	05.04.2011	crh	rols	oaa
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik		Original format A3L	Geoteknikk		
		Tegningens filnavn Profil 8_aphi_rev02_u+65.dwg	Underlagets filnavn		
Stabilitetsberegning GeoSuite Profil 8 Storaunet-Skei Drenert analyse 65% overtrykk		Målestokk 1: 400			
MULTICONSULT AS		Dato 09.02.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -177	Rev. 02	

Profil 8

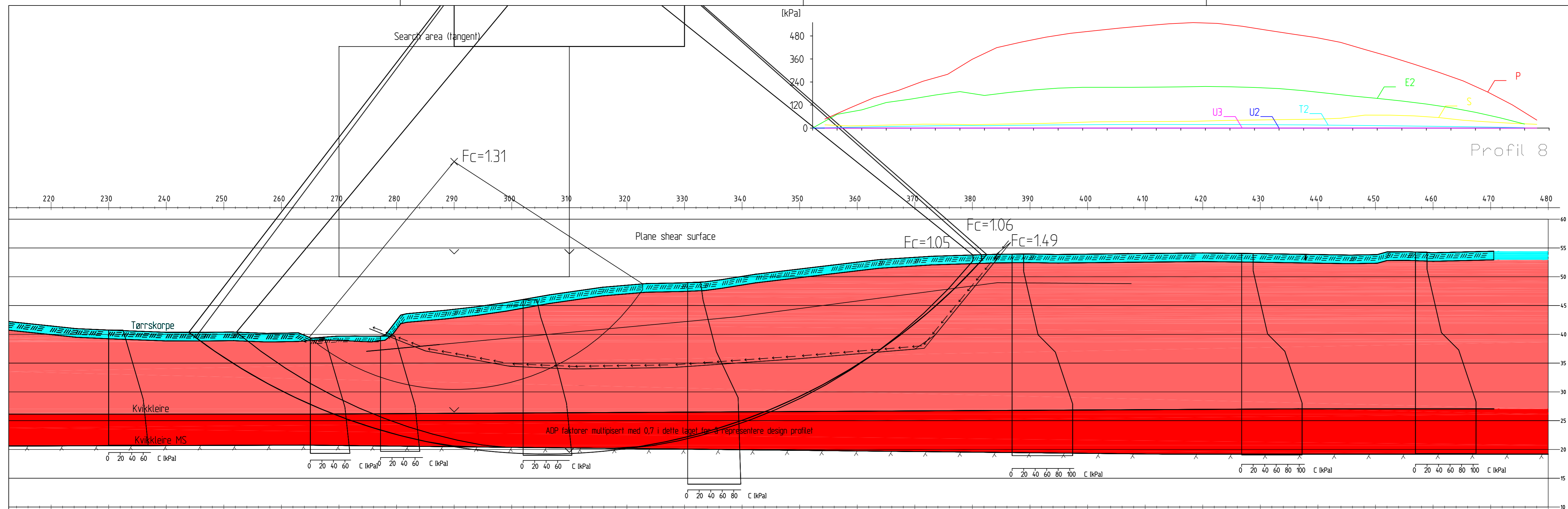


Fcφ=1.75
 Kritisk sirkulær flate etter tiltak
 Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunet-skei\stabgraf.rif\profil_8_aphi_rev02_u+65_tiltak.R2

Fcφ=7.82
 Kritisk sirkulærflate før tiltak
 Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunet-skei\stabgraf.rif\profil_8_aphi_rev02_u+65_tiltak.R3

Material	Un.Weighth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	18.00	42.0	0.0				
Tørreskorpe	20.00	33.0	0.0				
Kvikkleire	20.00	27.0	5.1				

02	Revidert etter supplerende undersøkelser 2010	05.04.2011	CRH	OAA	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik		Original format A3L	Geoteknikk		
		Tegningens filnavn Profil_8_aphi_rev02_u+65_tiltak.dwg	Underlagets filnavn		
Stabilitetsberegning GeoSuite Profil 8 Storaunet-Skei tiltak Drenert analyse u + 65%		Målestokk 1:400			
MULTICONSULT AS		Dato 09.02.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -177b	Rev.	02



Fc=1.05
 Kritisk sirkulær flate før tiltak
 Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunetskei\stabgraf.rit\profil 8_adp_rev02_02_u+65.R5


Fc=1.06
 Kritisk sirkulær flate etter tiltak
 Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunetskei\stabgraf.rit\profil 8_adp_rev02_02_u+65.R7

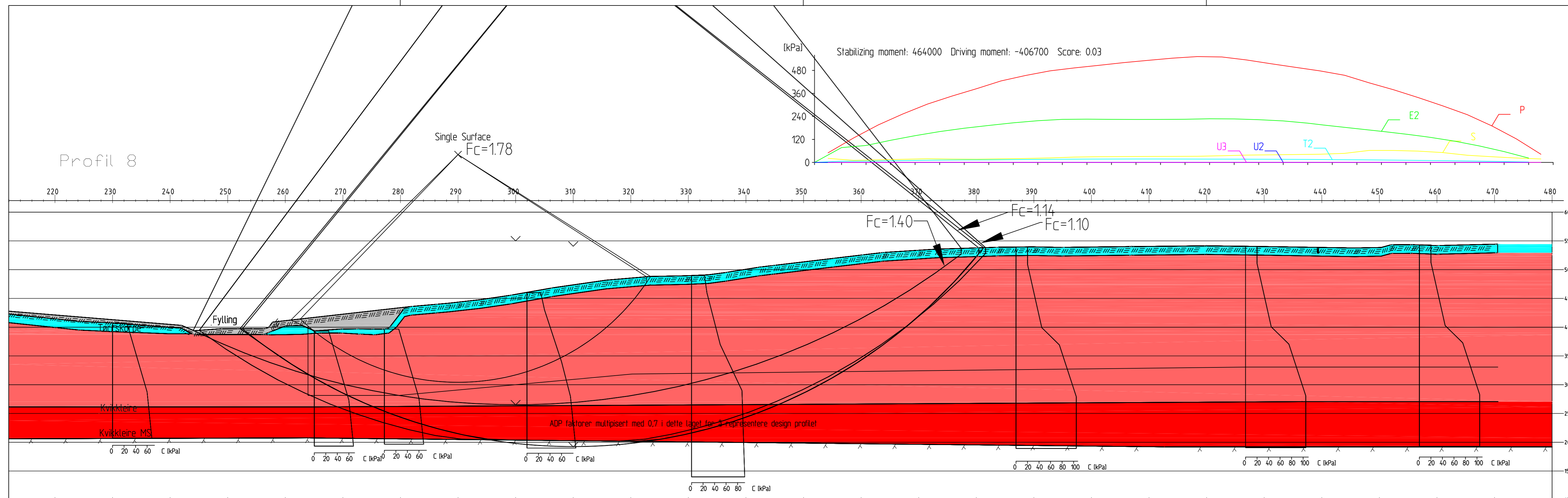
Fc=1.31
 Kritisk sirkulærflate som ikke går ned i laget Kvikkleire MS
 Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunetskei\stabgraf.rit\profil 8_adp_rev02_02_u+65.R4

Fc=1.49
 Plan flate
 Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunetskei\stabgraf.rit\profil 8_adp_rev02_02_u+65.R6

Material	Un.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	20.00	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50			C-prof	0.85	0.60	0.30
Kvikkleire MS	19.50			C-prof	0.60	0.42	0.21

ADP faktorer multiplisert med 0,7 i dette laget for å representere design profilet

02	Revidert etter supplerende grunnundersøkelser 2010	01.04.2011	crh	rols	oaa
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik		Original format A3L	Fag Geoteknikk		
Stabilitetsberegning GeoSuite ADP-analyse Profil 8 Storaunet-Skei su tolket med u +65 %		Målestokk 1: 400			
MULTICONSULT AS		Dato 17.03.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -178	Rev.	02



Stabilizing moment: 464000 Driving moment: -406700 Score: 0.03

Profil 8

Single Surface
Fc=1.78

Fc=1.40

Fc=1.14

Fc=1.10

Fylling

Kvikkleire

Kvikkleire MS

ADP faktorer multiplisert med 0,7 i dette laget for 3 representere design profilet

Fc=1.10
Kritisk sirkulær flate etter tiltak
Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunetskei\stabgraf.rit\profil 8_adp_rev02_04_u+65_tiltak.R4

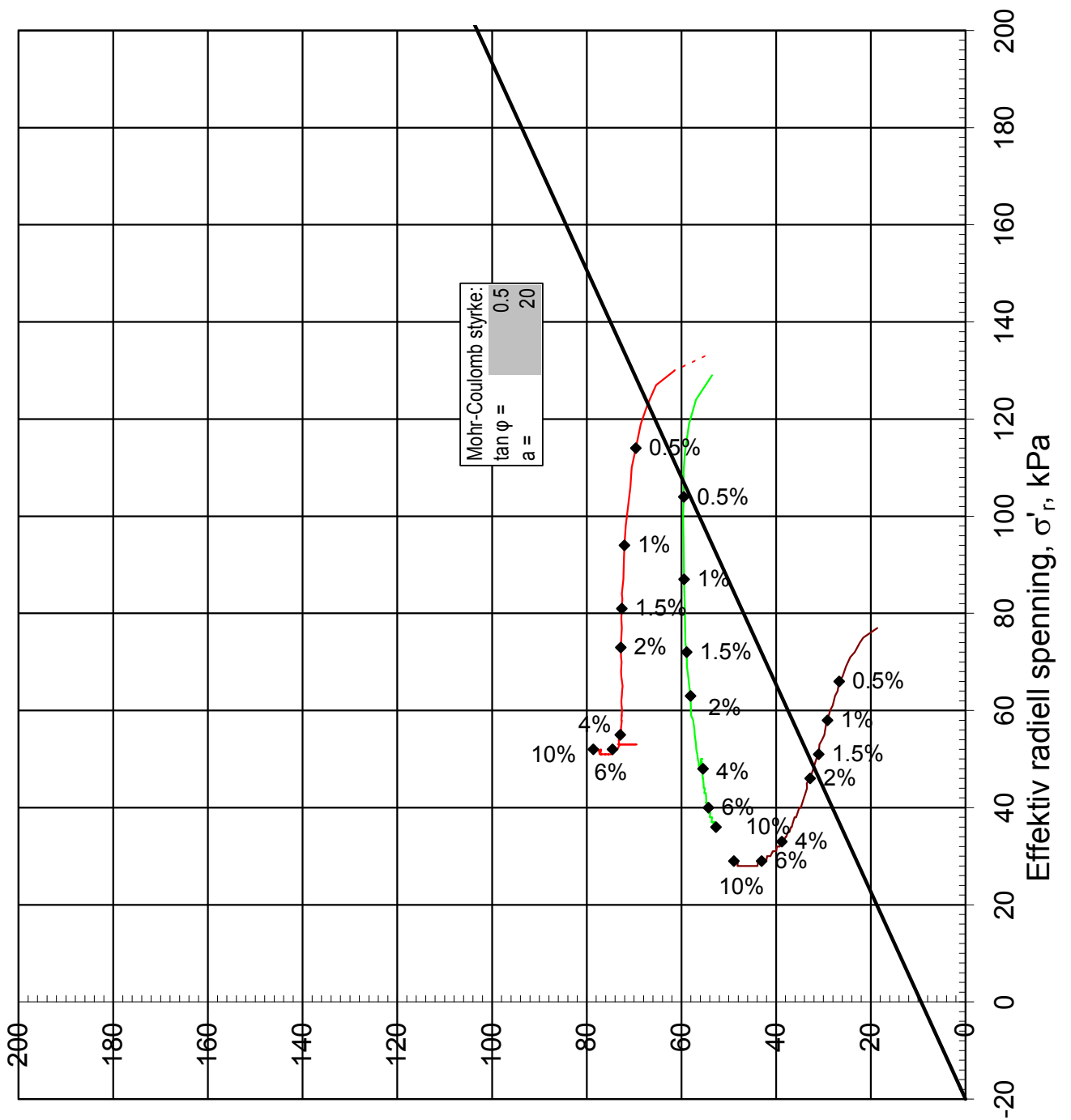
Fc=1.14
Kritisk sirkulærflate før tiltak
Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunetskei\stabgraf.rit\profil 8_adp_rev02_04_u+65_tiltak.R5

Fc=1.78
Kritisk sirkulær flate før tiltak som ikke går ned i laget Kvikkleire MS
Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunetskei\stabgraf.rit\profil 8_adp_rev02_04_u+65_tiltak.R6

Fc=1.40
Kritisk sirkulærflate etter tiltak som ikke går ned i laget Kvikkleire MS
Result file : z:\4124xx\412498 nve kvikkleiresoner rissa og leksvik\12_plandata\geosuite storaunetskei\stabgraf.rit\profil 8_adp_rev02_04_u+65_tiltak.R7

Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	18.00	42.0	0.0				
Tørnskorpe	20.00	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50			C-prof	0.85	0.60	0.30
Kvikkleire MS	19.50			C-prof	0.60	0.42	0.21

02	Revidert etter supplerende grunnundersøkelser 2010	01.04.2011	crh	rols	oaa
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik		Original format A3L	Geoteknikk		
Stabilitetsberegning GeoSuite ADP-analyse Profil 8 Storaunet-Skei tiltak su tolket med u +65 %		Målestokk 1:400			
MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato 17.03.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -178b	Rev. 02	



Kvikkleirekartlegging Rissa, Storaunet-Skei

NVE Region Midt-Norge

TREAKSIALFORSØK Aktivt, deviatorspenningssti samleplott

Tegningens filnavn:
3_22,50_treks.xls

MULTICONSULT AS

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

Serie	3 & 10	Dybde	9.5-22.5	Testnr.	
Dato:	25.01.2008	Kontrollert:	OAF	Godkjent:	OÅ
Oppdrag nr.:	412498	Tegning nr.:	180	Tegnet:	EriT



Rev.: 0

Vedlegg A.1 Profil 1 Grønliå drenert analyse

REPORT

01/28/2009

User: MULTICONSULT AS
Title: Grønliå - Profil 1 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	0.000	70.000
Y	40.000	66.100

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Geometry

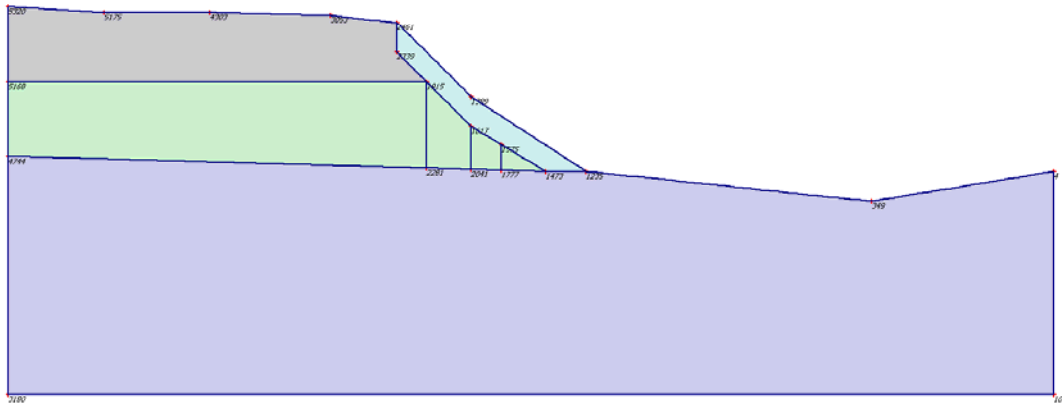


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

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	646

4. Material data

Table [5] Soil data sets parameters

Mohr-Coulomb		1	2	3	4
		Sand - tan phi = 0.6	Morene	Tørrskorpeleire - drenert	Leire 1 - drenert
Type		Drained	Drained	Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.50	20.50	20.50	20.50
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.50	20.50	20.50	20.50
k_x	[m/day]	0.001	0.001	0.001	0.000
k_y	[m/day]	0.001	0.001	0.001	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.200	0.200	0.200	0.200
G_{ref}	[kN/m ²]	2083.333	2083.333	2083.333	2083.333
E_{oed}	[kN/m ²]	5555.556	5555.556	5555.556	5555.556
c_{ref}	[kN/m ²]	0.00	14.00	30.00	4.66
ϕ	[°]	31.00	35.00	31.00	25.00
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
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	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 på	1	0	Plastic analysis	Total multipliers	1	10
Fs	2	1	Phi/c reduction	Incremental multipliers	11	110

Table [7] Staged construction info

Ph-No.	Active clusters	Inactive clusters	Active beams	Active geotextiles	Active anchors
0	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.				

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	0.0000	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	0.9812

6. Results for phase 2

6.2. Deformations

6.2.1. Plot of total increments

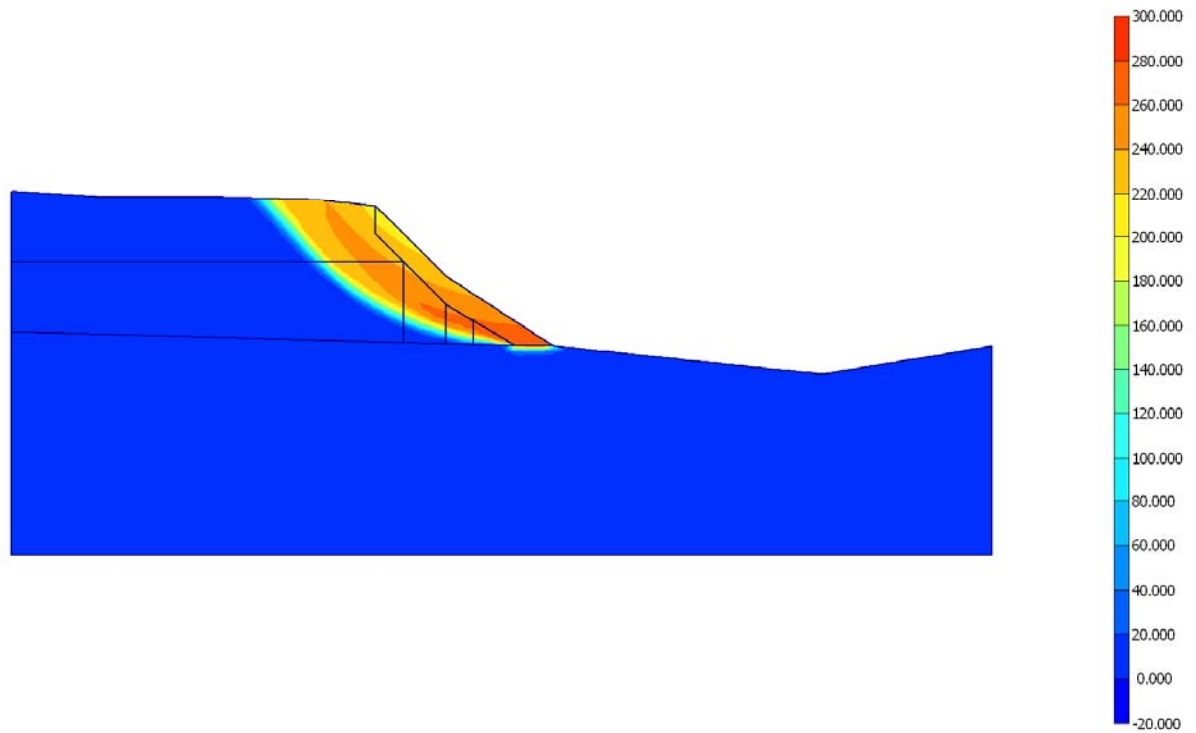


Fig. 2 Plot of total increments (shadings)

- Step no: 110 - (Phase: 2)

Vedlegg A.2 Profil 1 Grønlia

PLAXIS REPORT

02/27/2008

User: MULTICONSULT AS
Title: Grønlia - Profil 1, udrenert

Table of Contents

1. General Information.....	2
2. Geometry.....	2
3. Mesh data.....	3
4. Material data	4
5. Calculation phases	5
6. Results for phase 2.....	5
6.1. Calculation information	5
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	0.000	70.000
Y	40.000	66.100

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

2. Geometry

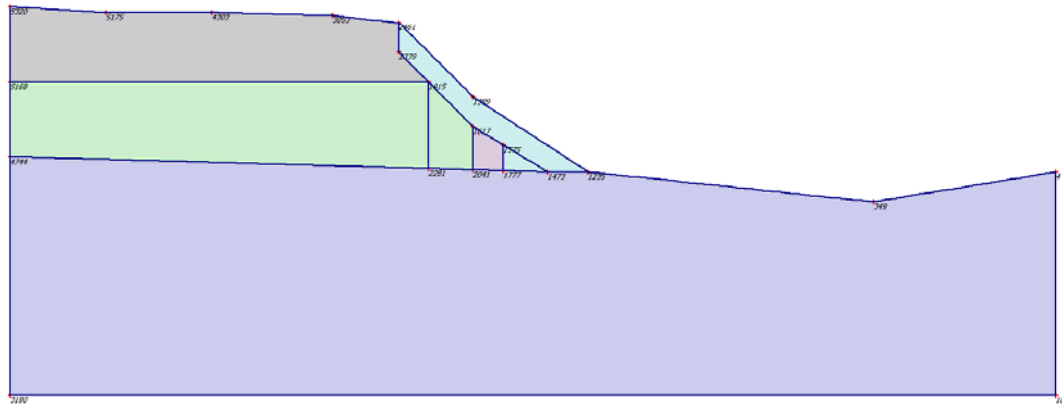


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

4. Material data

Table [5] Soil data sets parameters

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3	4
		Sand - tan phi = 0.6	Morene	Tørrskorpeleire - drenert	Leire 1
Type		Drained	Drained	Drained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.50	20.50	20.50	20.50
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.50	20.50	20.50	20.50
k_x	[m/day]	0.001	0.001	0.001	0.000
k_y	[m/day]	0.001	0.001	0.001	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.200	0.200	0.200	0.200
G_{ref}	[kN/m ²]	2083.333	2083.333	2083.333	2083.333
E_{oed}	[kN/m ²]	5555.556	5555.556	5555.556	5555.556
c_{ref}	[kN/m ²]	0.00	14.00	30.00	23.90
ϕ	[°]	31.00	35.00	31.00	0.00
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	61.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00	3.47
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

<i>Mohr-Coulomb</i>		5	6	7
		Leire 2	Leire 3	Leire 4
Type		UnDrained	UnDrained	UnDrained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20.50	20.50	20.50
γ_{sat}	[kN/m ³]	20.50	20.50	20.50
k_x	[m/day]	0.000	0.000	0.000
k_y	[m/day]	0.000	0.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	5000.000	5000.000	5000.000
ν	[-]	0.200	0.200	0.200
G_{ref}	[kN/m ²]	2083.333	2083.333	2083.333
E_{oed}	[kN/m ²]	5555.556	5555.556	5555.556
c_{ref}	[kN/m ²]	22.50	26.00	27.90
ϕ	[°]	0.00	0.00	0.00
ψ	[°]	0.00	0.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	59.400	57.400	55.800
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	3.47	3.47	3.47
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral

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 på	1	0	Plastic analysis	Total multipliers	1	5
Fs	2	1	Phi/c reduction	Incremental multipliers	6	105

Table [7] Staged construction info

Ph-No.	Active clusters	Inactive clusters	Active beams	Active geotextiles	Active anchors
0	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.				

6. Results for phase 2

6.1. Calculation information

Table [8] Reached multipliers phase no: 2

Multipliers	Incremental value	Total value
Prescribed displacements	0.0000	1.0000
Load system A	0.0000	1.0000
Load system B	0.0000	1.0000
Soil weight	0.0000	1.0000
Acceleration	0.0000	0.0000
Strength reduction factor	0.0001	1.0268
Time	0.0000	0.0000

6.2. Deformations

6.2.1. Plot of total increments

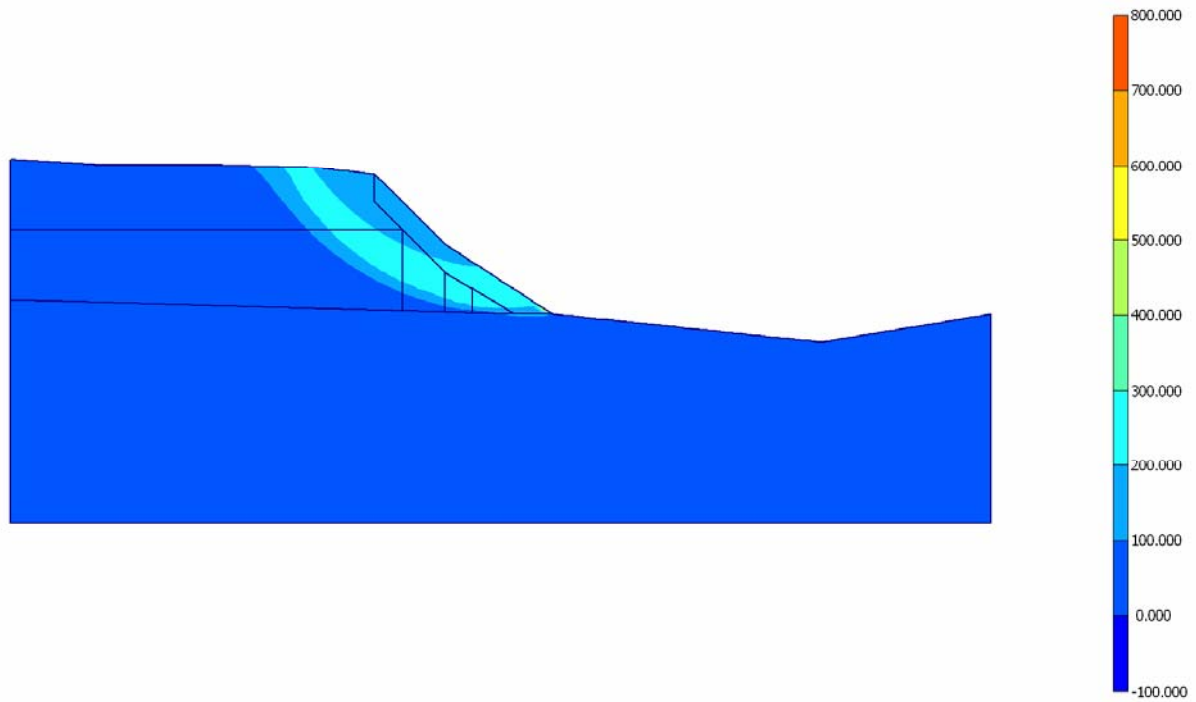


Fig. 3 Plot of total increments (shadings)
 - Step no: 105 - (Phase: 2)

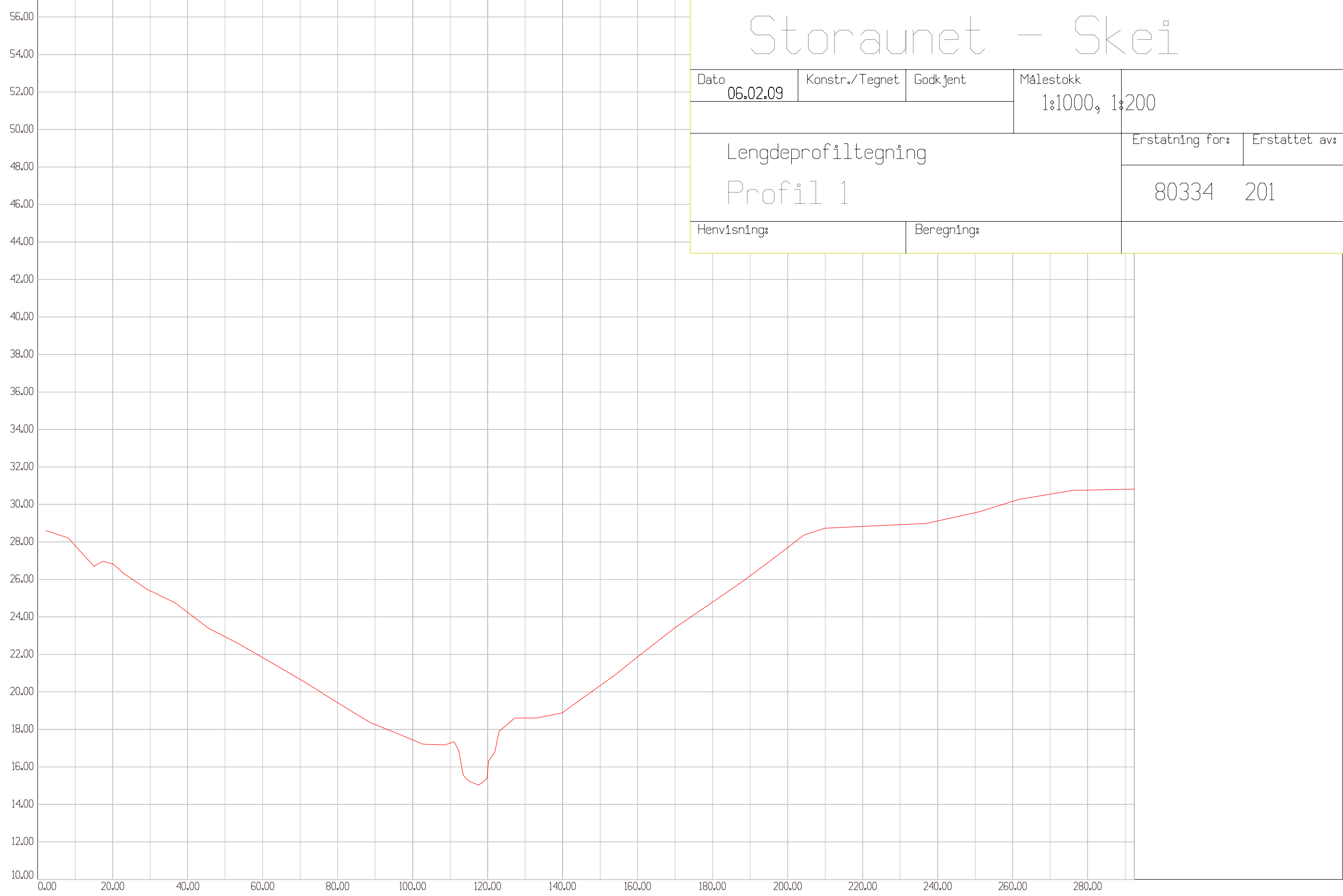
Vedlegg B

Profilering

HOH.

Storaunet - Skei

Dato	Konstr./Tegnet	Godkjent	Målestokk	Erstatning for:	Erstattet av:
06.02.09			1:1000, 1:200	80334	201
Lengdeprofiltegning					
Profil 1					
Henvising:		Beregning:			

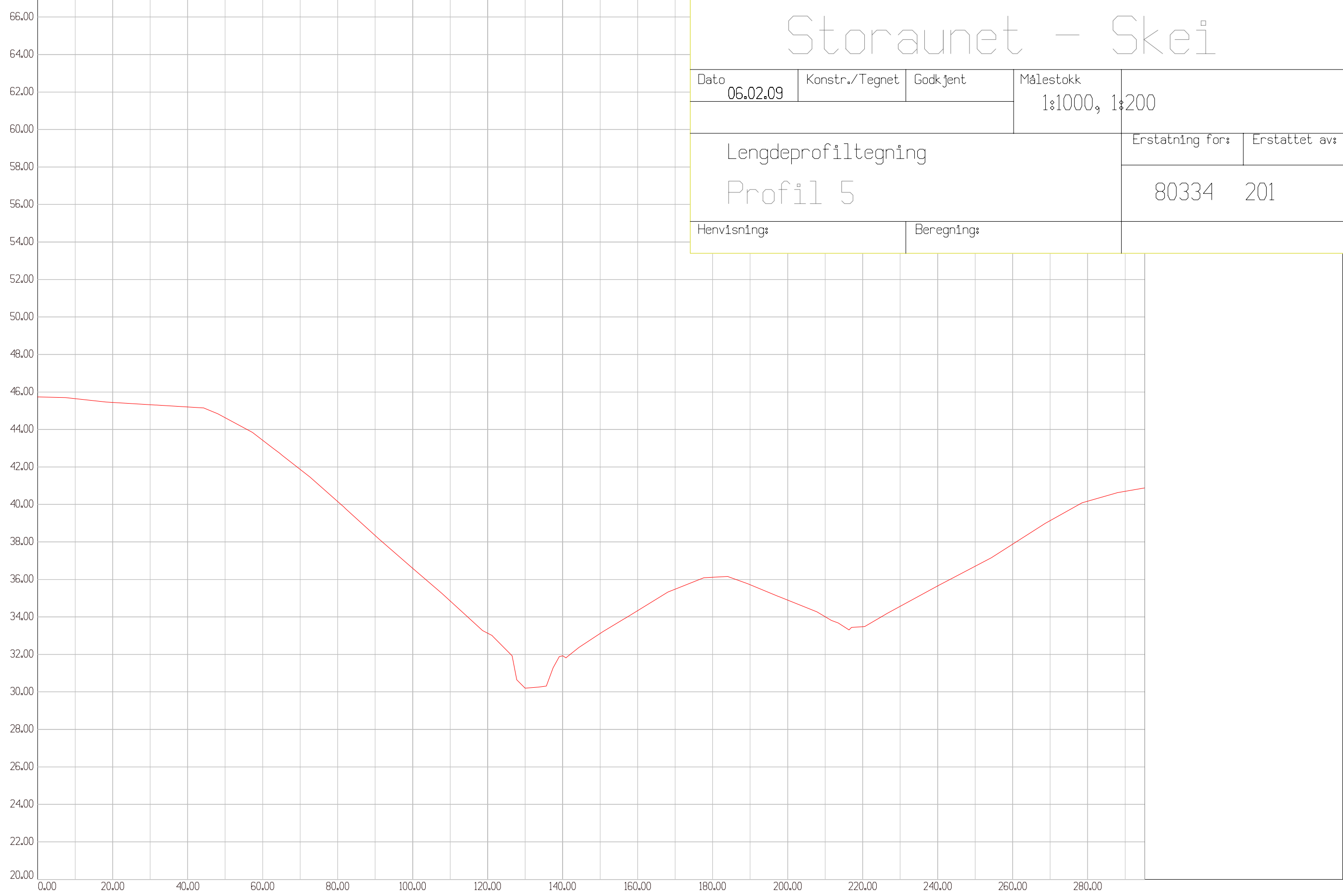


PROFIL NR.	TERRENG H.
	28.609
	27.808
	26.826
	25.397
	24.240
	22.940
	21.832
	20.666
	19.424
	18.257
	17.443
	17.270
	15.825
	18.608
	18.897
	20.340
	21.868
	23.425
	24.794
	26.186
	27.695
	28.731
	28.827
	28.922
	29.119
	29.562
	30.165
	30.551
	30.766
	30.806
	30.816

HOH.

Storaunet - Skei

Dato 06.02.09	Konstr./Tegnet Godkjent	Målestokk 1:1000, 1:200	Erstatning for:	Erstattet av:
Lengdeprofiltegning Profil 5			80334	201
Henvising:		Beregning:		

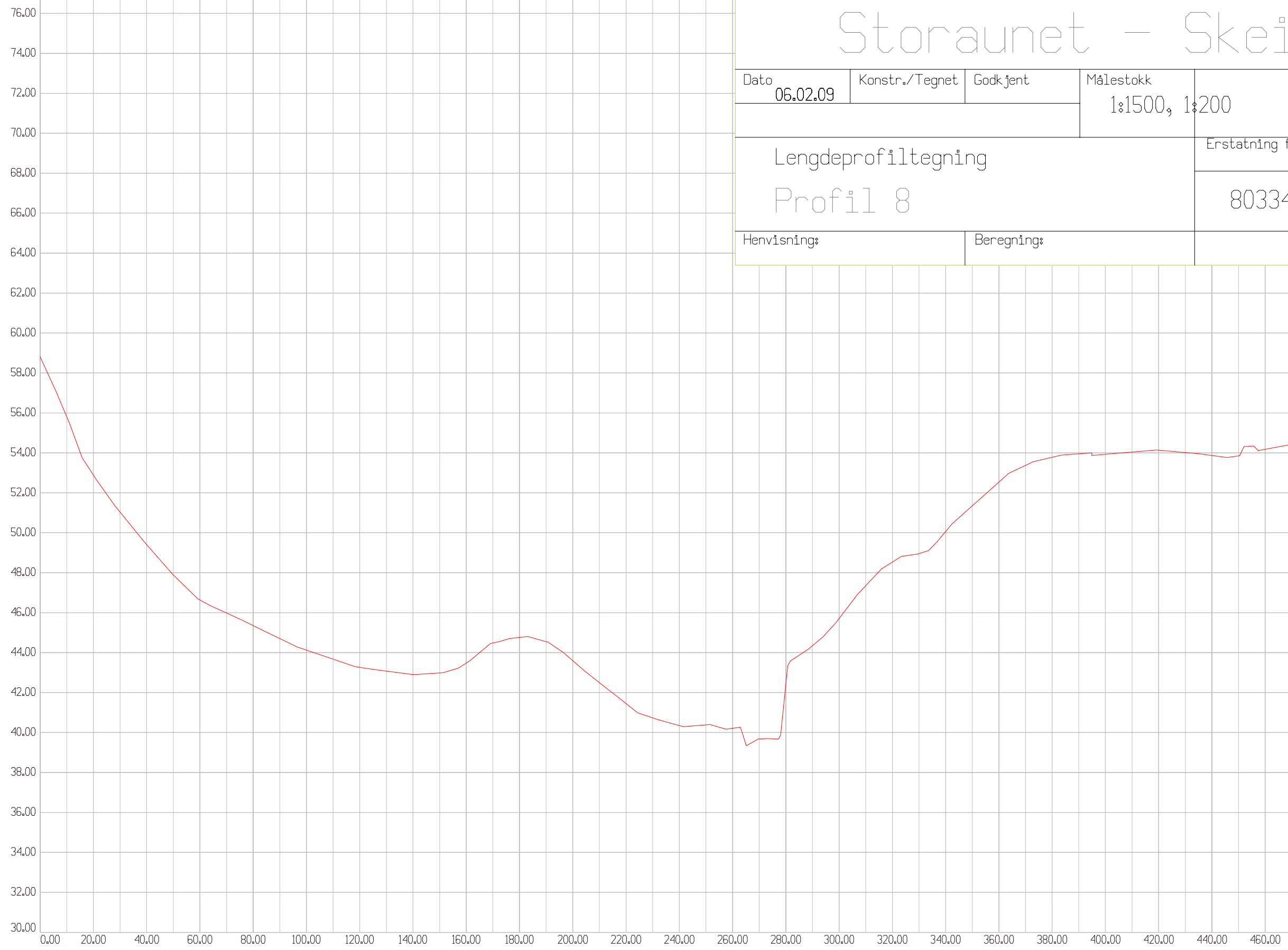


PROFIL NR.	TERRENG H.
	45.733
	45.646
	45.445
	45.319
	45.198
	44.625
	43.425
	41.872
	40.154
	38.338
	36.593
	34.852
	33.130
	30.195
	31.922
	33.117
	34.337
	35.481
	36.115
	35.718
	34.897
	34.010
	33.480
	34.564
	35.652
	36.704
	37.881
	39.134
	40.172
	40.701
	40.885

HOH.

Storaunet - Skei

Dato 06.02.09	Konstr./Tegnet	Godkjent	Målestokk 1:1500, 1:200
Lengdeprofiltegning Profil 8			Erstatning for: 80334 Erstattet av: 201
Hvisning:		Beregning:	

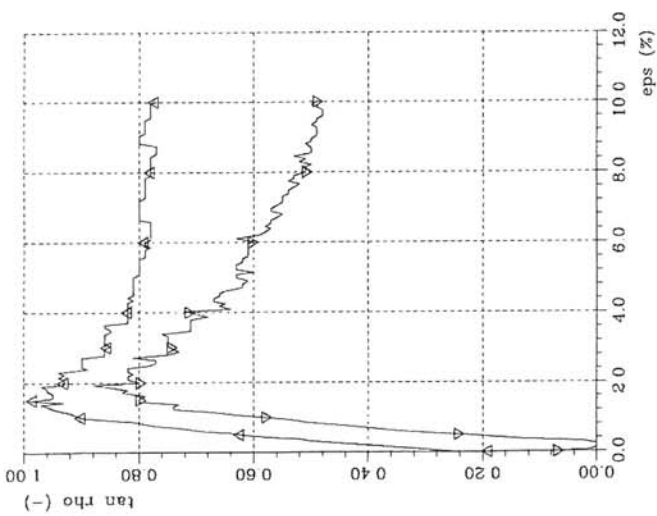


PROFIL NR.	TERRENG H.
58.820	58.820
55.802	55.802
52.883	52.883
51.041	51.041
49.407	49.407
47.888	47.888
46.639	46.639
45.981	45.981
45.350	45.350
44.700	44.700
44.126	44.126
43.671	43.671
43.261	43.261
43.071	43.071
42.902	42.902
42.982	42.982
43.480	43.480
44.480	44.480
44.757	44.757
44.553	44.553
43.594	43.594
42.501	42.501
41.449	41.449
40.737	40.737
40.350	40.350
40.381	40.381
40.209	40.209
39.674	39.674
42.421	42.421
44.349	44.349
45.702	45.702
47.351	47.351
48.531	48.531
48.958	48.958
50.064	50.064
51.349	51.349
52.534	52.534
53.375	53.375
53.779	53.779
53.954	53.954
53.929	53.929
54.040	54.040
54.131	54.131
54.017	54.017
53.870	53.870
53.848	53.848
54.181	54.181
54.476	54.476
54.737	54.737

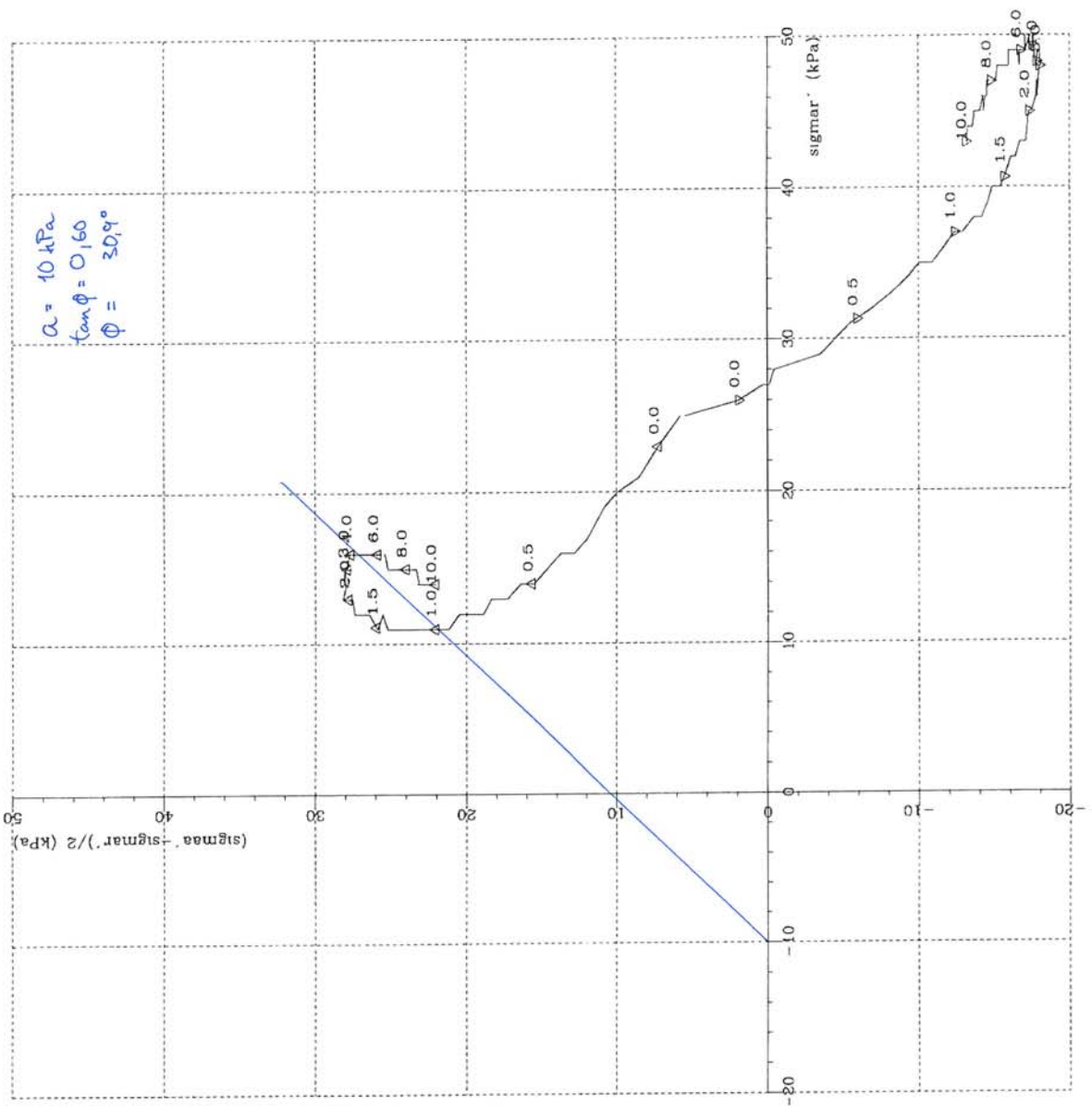
Vedlegg C

Tolking av treksialforsøk BP 17

Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøkstype	dV(cm3)	Korr.	Kommentar
	17	4.70	31	CAUA	2.90	4	Kvikkleire
	17	4.50	31	CAUP	2.10	4	Kvikkleire



$$a \left. \begin{matrix} \text{(kPa)} \\ \text{(kPa)} \end{matrix} \right\} = \begin{matrix} 0.00 \\ 0.00 \end{matrix}$$



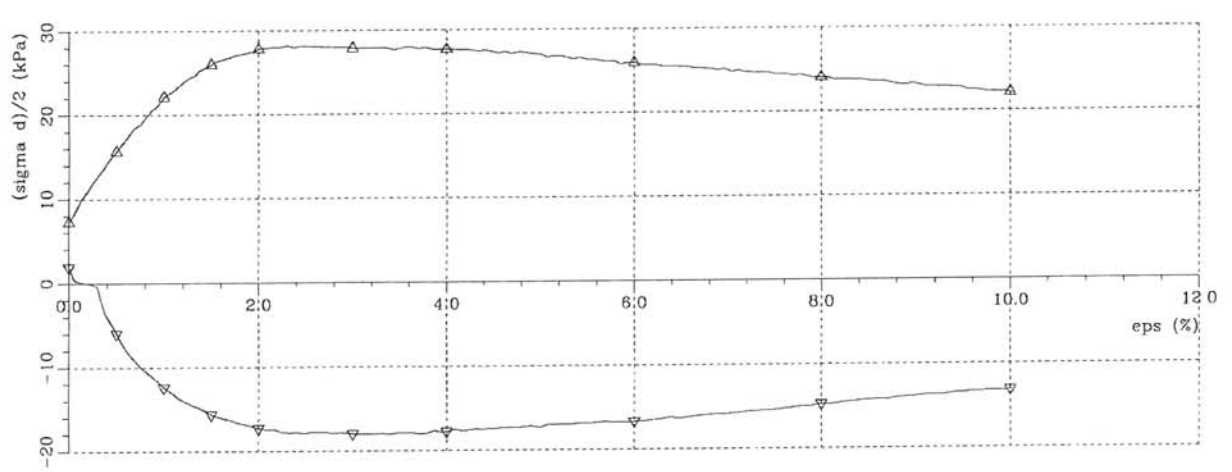
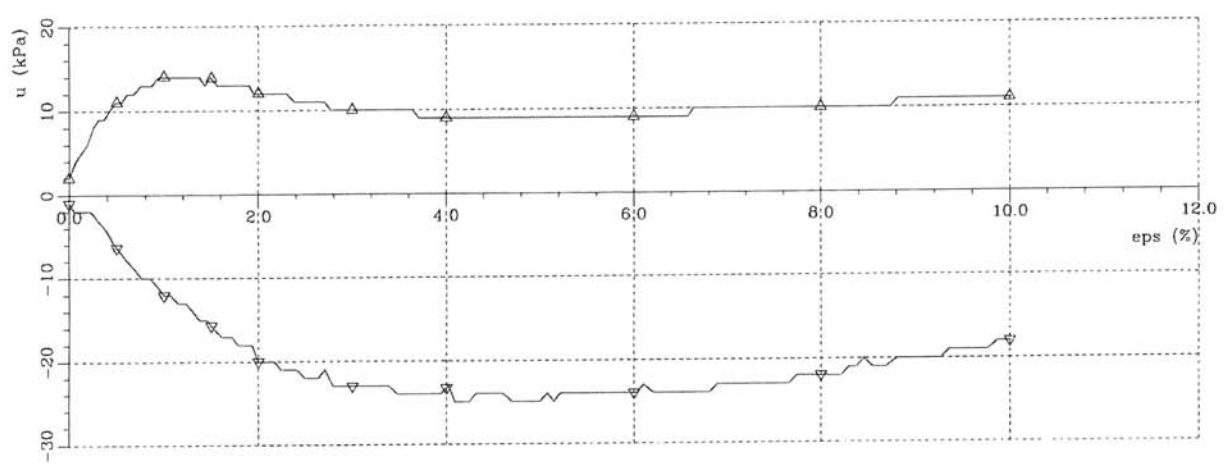
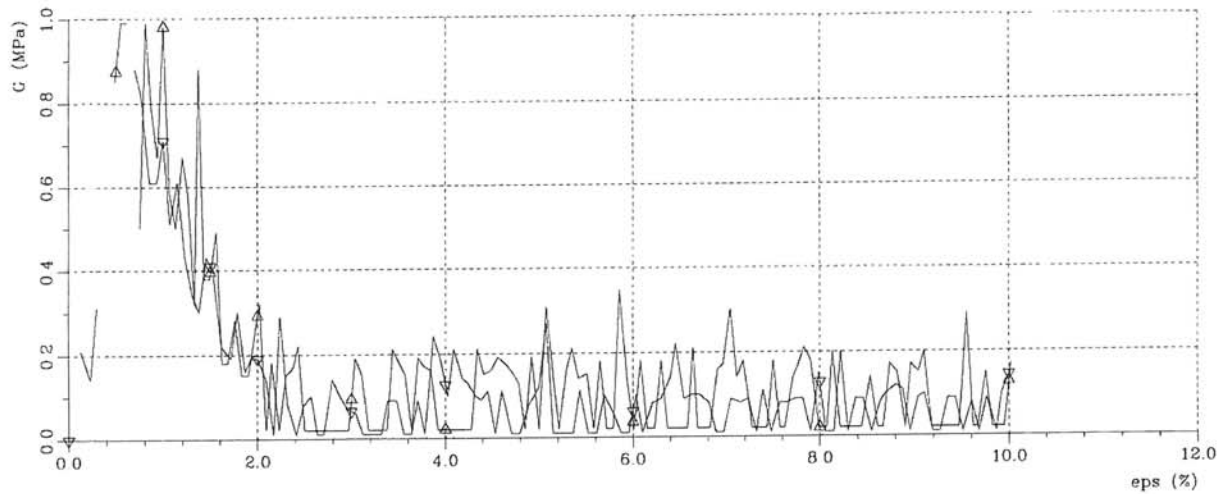
TREAKSIALFORSØK

RAMBØLL, divisjon Geo og Miljø

Oppdr.nr.
6070700

Dato
15. 4. 10 / *10*

Fig.
34 A



Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøkstype	dV(cm ³)	Korr	Kommentar
▲	17	4.70	31	CAUA	2.90	4	Kvikkleire
▼	17	4.50	31	CAUP	2.10	4	Kvikkleire

TREAKSIALFORSØK

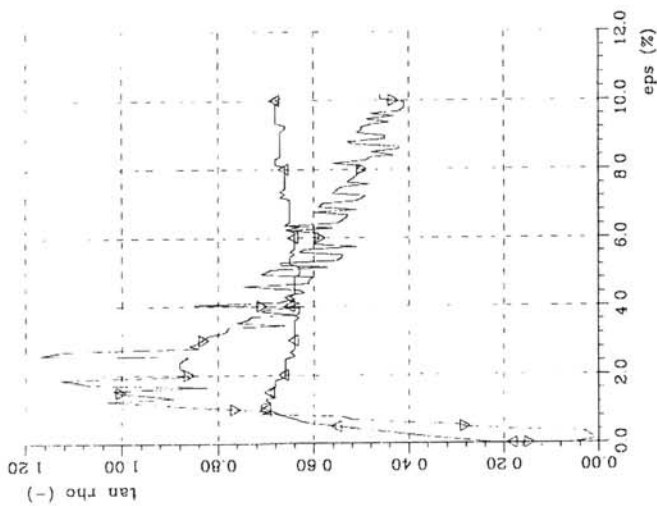
RAMBØLL, divisjon Geo og Miljø

Oppdr.nr.
6070700

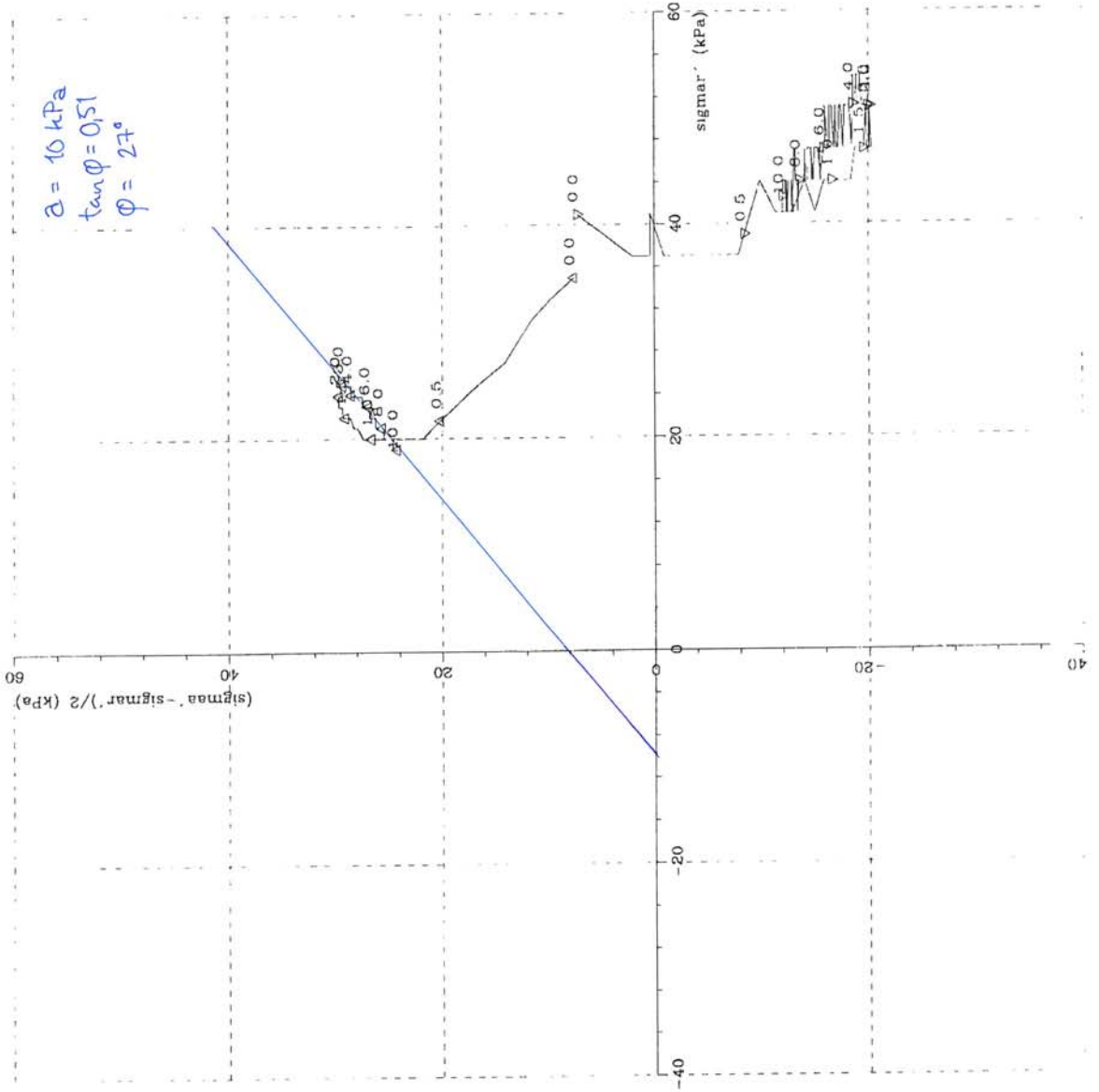
Dato
15. 4.10 /ca

Fig.
314 B

Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøkstype	dV(cm3)	Korr	Kommentar
△	17	9.60	33	CAUA	3.00	4	Kvikkleire
▽	17	9.70	33	CAUP	1.80	4	Kvikkleire



$a \text{ (kPa)} = 0.00$
 $a \text{ (kPa)} = 0.00$



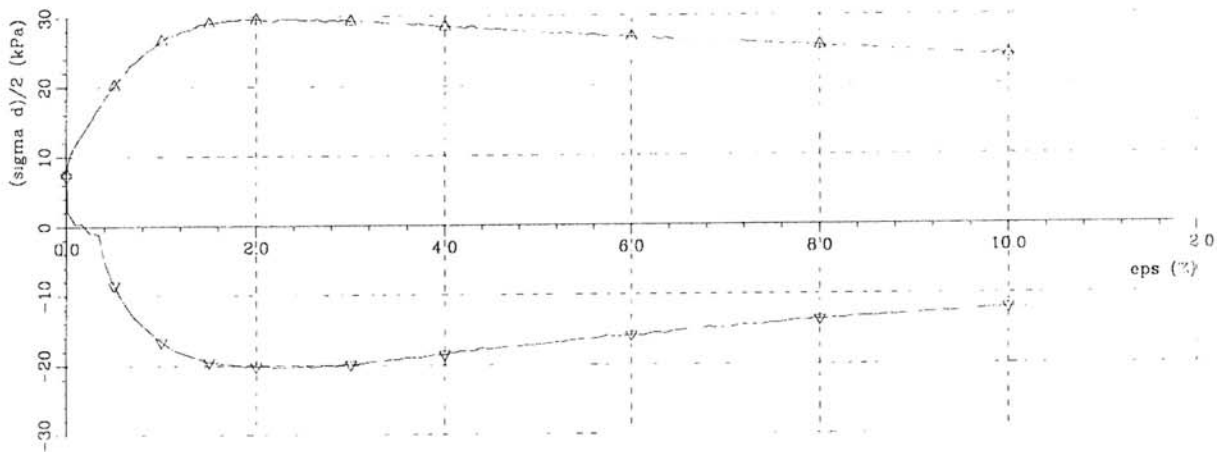
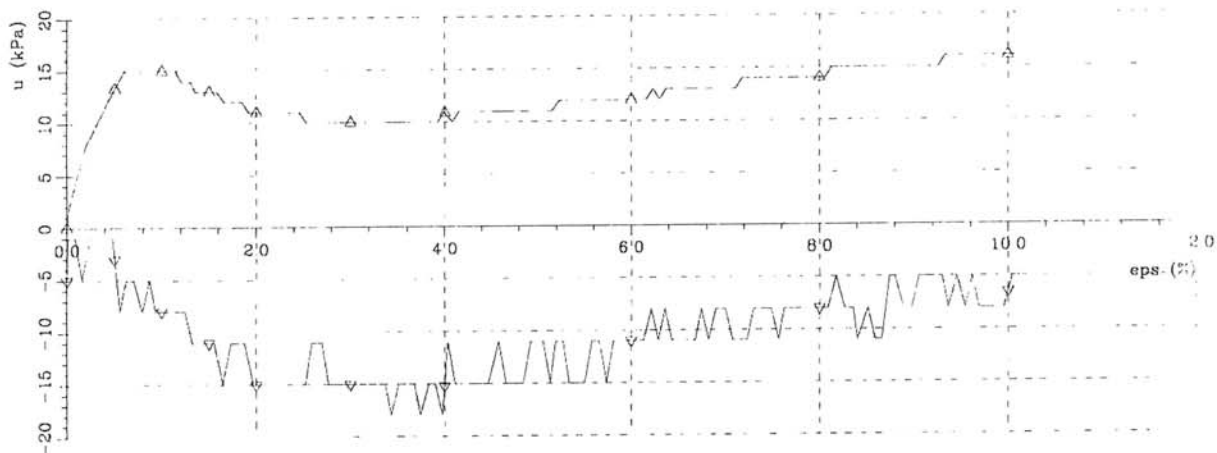
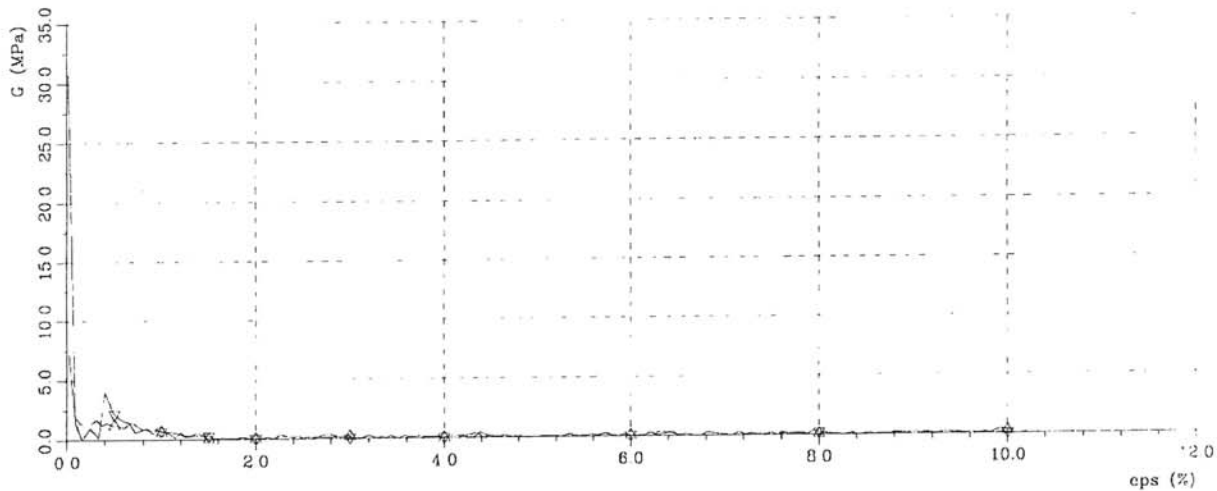
TREKSIALFORSØK

RAMBØLL, divisjon Geo og Miljø

Oppdr.nr
6070700

Dato
14. 4.10 /a

Fig
315 A



Sym	Profil	Dybde(m)	Labnr	Forsøkstype	dV(cm3)	Korr.	Kommentar
17	17	9.60	33	CAUA	3.00	4	Kvikkleire
17	17	9.70	33	CAUP	1.80	4	Kvikkleire

TREAKSIALFORSØK

RAMBØLL, divisjon Geo og Miljø

Oppdr nr:
6070700

Dato
14. 4.10

FIG
315 B