

# Rapport

Oppdragsgiver: **NVE Midt-Norge**

Oppdrag: **Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik**

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

Dato: **18. februar 2009**

Rev. - Dato: **17. april 2009**

Oppdrag- / Rapportnr.: **412498 – 2 rev 01**

Oppdragsleder: **Arne Vik**

Sign.: *Arne Vik*

Saksbehandler: **Erik Tørum**

Sign.: *Erik Tørum*

Kontaktperson hos Oppdragsgiver: **Trude Skaret Krogstad**

## Sammendrag:

I forbindelse med program for økt sikkerhet mot leirskred har NVE region Midt-Norge tildelt Multiconsult utredning av 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 i- og i umiddelbar nærhet av sonen. Disse er tatt inn sammen med supplerende undersøkelser utført i to omganger (2007 og 2008) for å avgrense sonene og gi input til stabilitetsberegninger.

De utførte undersøkelsene i sonen Storaunet-Skei viser at det er til dels meget stor mektighet på sensitiv/ kvikk leire. Størst kvikkleiremektheter er registrert nord i sonen opp mot sone Ersland. Det anses som sannsynlig at det er sammenhengende kvikkleireforekomst mellom disse sonene. Dette er slått sammen i en sone og sonene er utvidet noe i øst og i nord. Resultater fra felt- og laboratorieundersøkelsene viser at leira/ kvikkeleira er tilnærmet normalkonsolidert i stor dybde. Stabilitetsberegninger viser generelt at stabiliteten er tilnærmet 1,0 i ADP-analysen og generelt noe høyere med drenerte beregninger. Nord i sonen er det imidlertid lokalt labil stabilitet også i de drenerte beregningene. I sone Grønlia er det utført et mindre omfang av 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, konsekvens og risikoklasse for sonen. 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.....	5
3.1	Storaunet-Skei .....	5
3.2	Grønlia .....	8
4.	Vurdering av kvikkleireforekomst og klassifisering av sonene .....	8
4.1	Utbredelse av kvikkleire.....	8
4.1.1	Storaunet-Skei .....	8
4.1.2	Grønlia.....	9
4.2	Tiltaksklasse og krav til stabilitet og kontroll.....	9
4.3	Skadekonsekvensevaluering .....	10
4.4	Faregradsevaluering.....	11
4.5	Risikoklasse .....	14
4.6	Nytt forslag til soneinndeling og klassifisering .....	14
4.6.1	Storaunet-Skei .....	14
4.6.2	Grønlia .....	15
5.	Områdestabilitet .....	15
5.1.1	Vurdering av stabilitetskritiske profiler .....	15
5.1.2	Styrkeparametere og beregningsmetodikk .....	15
5.1.3	Beregningsresultater og vurderinger.....	18
6.	Behov for tiltak .....	22
6.1	Storaunet-Skei .....	22
6.2	Grønlia.....	22
7.	Sluttkommentar.....	23
8.	Referanser .....	23

## **Tegninger**

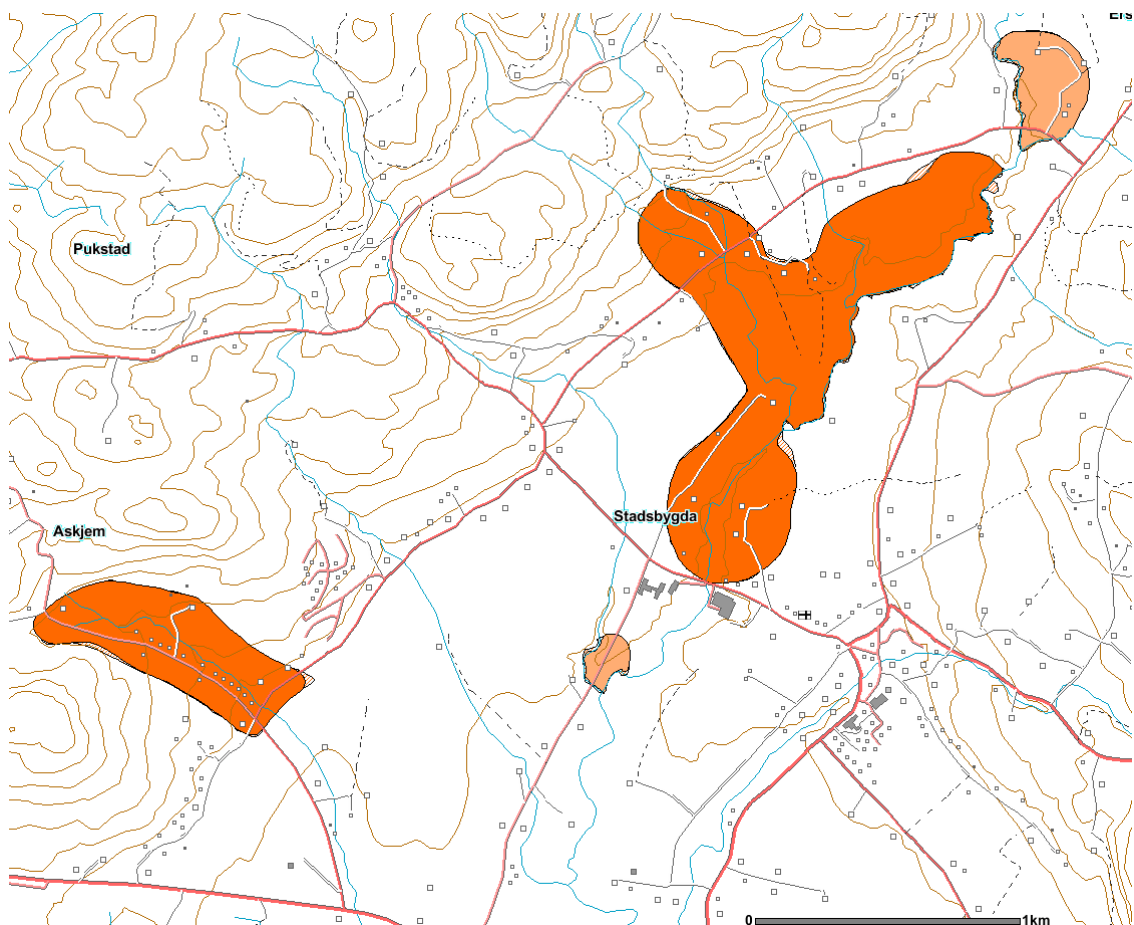
412498-0a	Oversiktskart	M = 1 : 50 000
412498-2 og 3	Borplaner	M = 1 : 4 000 / 1 : 5000
412498-103-107	Lengdeprofiler	
412498-130 til 149	Tolkning av CPTU	
412498-170 til 178	Stabilitetsberegninger GeoSuite	
412498-180	Samleplott treaksialforsøk, aktiv deviatorspenningssti	

## **Vedlegg**

Vedlegg A	Resultater fra stabilitetsberegninger PLAXIS
Vedlegg B	Innmålingsprofiler Nidaros Oppmåling

## 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 bedre bestemmelsen av utbredelse av kvikkleire, gi input til stabilitetsberegninger og dermed revurdere sonens faregrad og risiko. 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 (de to med mørkerød farge) slik de er trukket før dette arbeidet startet.



Figur 1-1 Kvikkleiresone Storaunet-Skei og Grønlia ([www.skrednett.no](http://www.skrednett.no)).

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

Tabell 1-1 Status kvikkleiresoner før supplerende undersøkelser.

	Storaunet-Skei (937)	Grønlia (935)
Faregradsklasse	Høy	Høy
Konsekvensklasse	Alvorlig	Alvorlig
Risikoklasse	4	3



Det er tidligere oppgitt at hovedårsaken til at sonene kommer ut med høy faregrad 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 i og i umiddelbar nærhet av sonene. NVE, NGI og Statens vegvesen (SVV) i Sør-Trøndelag har vært behjelpelige med å skaffe tilveie tidligere undersøkelser.

NGI har tidligere utført kvikkleirekartlegging i 1988 /5/ der det er utført dreietrykksonderinger og opptak av prøver i og utenfor sonene. Ut over punktene som er utført fra første del av kvikkleirekartleggingen har Kummeneje utført en grunnundersøkelse ved gården Askjemdal midt i sonen Storaunet-Skei. De fleste av borpunktene fra denne undersøkelsen indikerer ikke-kvikke masser, mens det er registrert en lomme som indikerer kvikkleire ved NGI's borpunkt nr. 12. Noe sør for sonen har SVV utført grunnundersøkelser ved Blikkåsbekken /9/. Dette er markert som en egen kvikkleiresone, Oppigarda. I Grønlia har vi ikke klart å skaffe tilveie gamle grunnundersøkelser. Her er det kun NGI's dreietrykksondering nr. 17 fra 1988 som er av tidligere boringer. Tidligere boringer er markert på borplanene, tegning nr. 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 to omganger /6/ og /8/ etter borplaner utarbeidet av Multiconsult. I første runde med grunnundersøkelser ble det i sonen Storaunet-Skei totalt utført dreietrykksonderinger i 15 punkter, 5 CPTU, prøvetaking i 3 punkter samt installasjon av 2 poretrykksmålere i en lokasjon. I Grønlia ble det utført 4 dreietrykksonderinger og opptak av 1 prøveserie. Punktene er plassert både inne i sonen og utenfor for å bedre grunnlaget for en evaluering av sonen samt å gi input på styrkeparametere for stabilitetsberegninger. For Storaunet-Skei ble det spesielt fokusert på å avgrense sonens utstrekning i periferien samt å gi input til stabilitetsberegninger i antatt stabilitetskritiske profiler. Det henvises til borplanene, tegning nr. 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 nye prøveserier. For Grønlia var det større usikkerhet 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 Storaunet-Skei er 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 dreietrykksondering for å forsøke å avgrense kvikkleireforekomsten. Det er også utført profilering av 3 profiler som input til stabilitetsberegningene. I sone Grønlia 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 Grønlia.

## 3. Terreng og grunnforhold

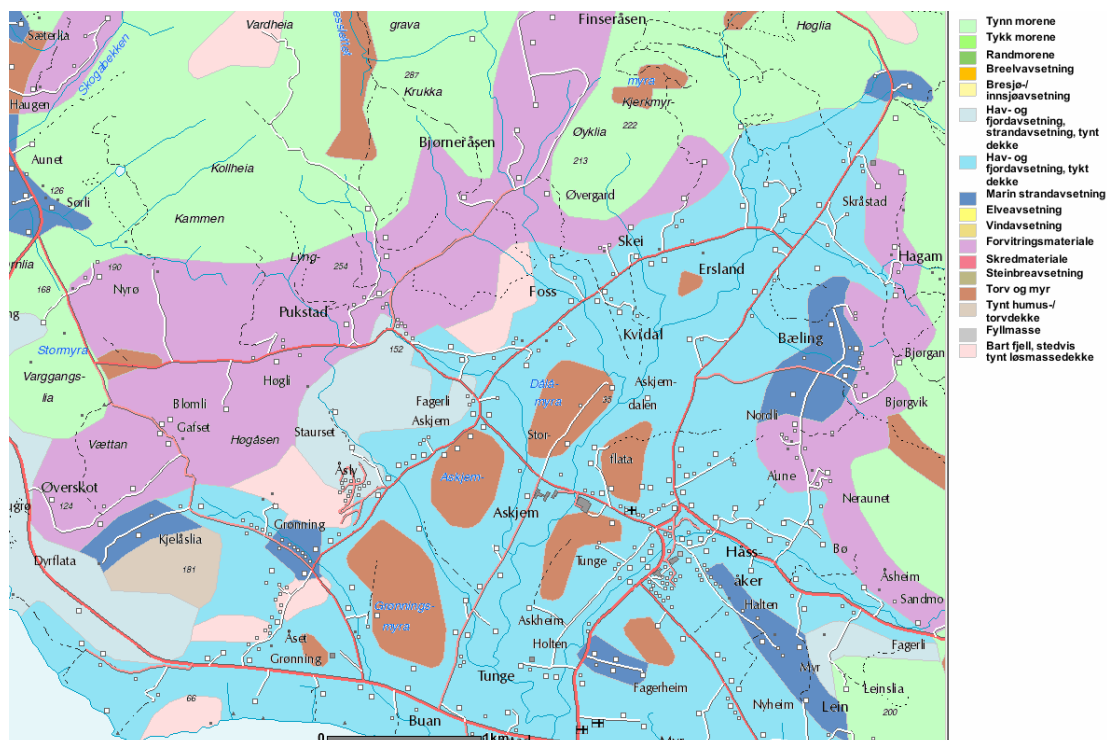
### 3.1 Storaunet-Skei

Sonen består av et relativt flatt område på ca. 800 dekar, i hovedsak bestående av jordbruksareal. Høydeforskjellen mellom FV 201 i sør til største høyde i sonens nordvestlige utstrekning (opprinnelig) er ca. 65 m (kote +15 til + 80) på en distanse på ca. 1500 m.

Prestelva renner midt gjennom sonen i den sørlige delen. Videre nordover er sonen begrenset av denne elva i østlig utstrekning. Sørøst for gården Askjemdal omtrent midt i sonen renner Fossbekken ned i Prestelva. Sonen innbefatter videre nordvestover 5 gårder. I nord begrenses sonen omtrent ved gården Skei ved FV 201.

Det er tidligere utført en befaring i området av NVE med påfølgende klassifisering av sonen /2/. Dette arbeidet konkluderer med at det pågår noe erosjon i Prestelva, spesielt rundt gården Askjemdal. Det er også rapportert om ”villfyllinger” to steder, dvs. fyllinger uten geoteknisk vurdering og kontroll. Nord for sonen ligger sone Ersland med lavere faregrad. Også her er det registrert noe erosjon langs Prestelva og sidebekkene.

Løsmassene i sonen består i hovedsak av hav- og fjordavsetninger, tykt dekke og noe torv- og myravsetninger. Figur 3-1 viser et kvartærgeologisk løsmassekart over området og Figur 3-2 viser et kart over saltvannsavsetninger som indikerer største mulig utbredelse av kvikkleire.



Figur 3-1 Kvartærgeologisk løsmassekart ([www.ngu.no](http://www.ngu.no)).

Grunnundersøkelsene som er utført i denne omgangen viser at sonen består av både lavsensitive leirer og av kvikkleire i store mektigheter.

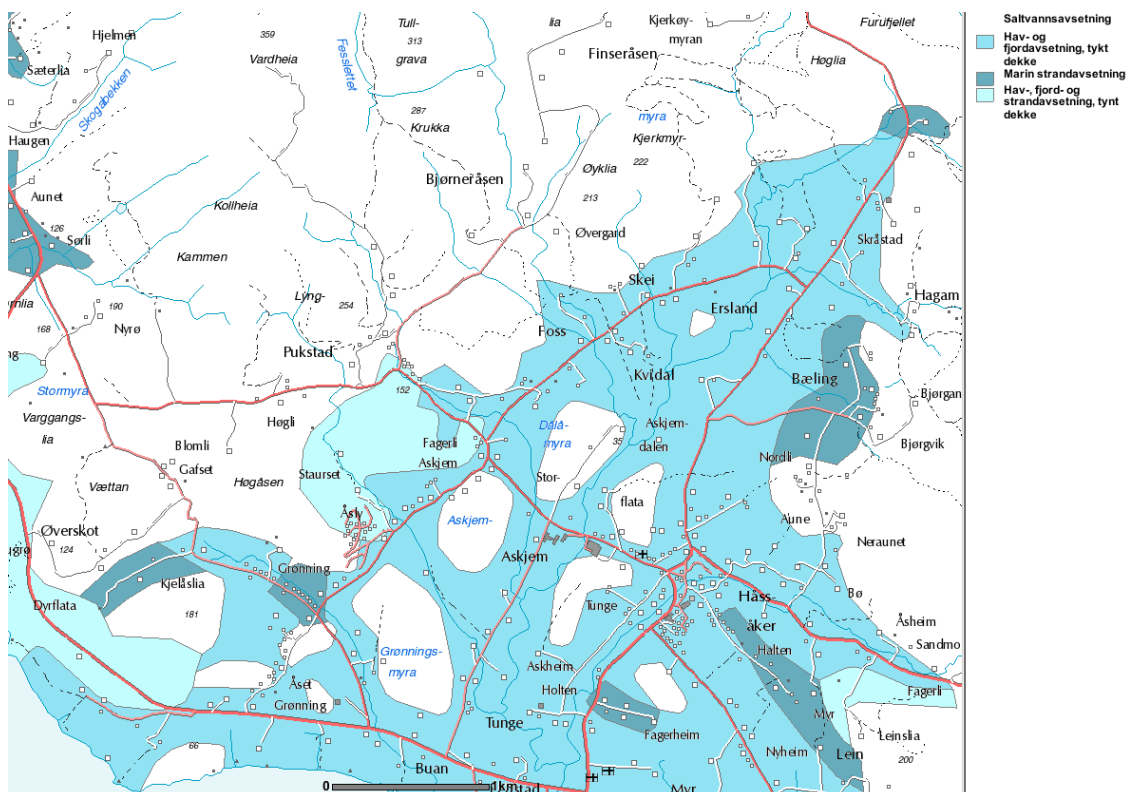
Det er utført tolkning av CPTU-resultater fra de 9 CPTU-sonderingene som er utført i denne omgang. Tolkningene viser at løsmassene generelt er tilnærmet normalkonsoliderte i dybden. Tolkningene av aktiv udrenert skjærstyrke ( $s_u^A$ ) og overkonsolideringsgrad (OCR) er vist i tegning nr. 412498-130 til 149. Det er også presentert et samleplott på de tre treaksialforsøkene som er utført i borpunkt 3 og 10. Resultatene fra treaksialforsøkene viser utpisset porevann i konsolideringsfasen på mellom 3,6 – 6,4 % ( $\epsilon_v$ ). Ihht 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 en stor prøvforstyrrelse på treaksialforsøkene som er utført i /6/. Disse er av den grunn ikke blitt vektlagt vesentlig for uttak av styrkeparametere.

Poretrykksmålingene 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 påvist. 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 også relativt videre i dybden.

Tabell 3-1 Avlesning av piezometere Storaunet-Skei.

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

<sup>1)</sup> Avlesningen viste vann helt opp til topp piezometerslage 1,0 m over terreng. Virkelig poretrykk vil sannsynligvis være større.



Figur 3-2 Saltvannsavsetninger ([www.ngu.no](http://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.

Slettabekken 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 med en oppdemming av denne bekken ved et eventuelt ras. Denne faren mener vi imidlertid er liten basert på de oppdaterte grunnundersøkelsene og vurderingene presentert i denne rapporten.

Bebyggelsen langs veien er plassert nær kanten av ravineskråningene ned mot Slettabekken. 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 poretrykkmålerne i borhull 3 viser hydrostatisk poretrykkfordeling 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 punkter med antatt/ påvist kvikkleire inne i sonen og 2 punkter like øst for den inntegnede sonen med antatt/ påvist ikke sensitive masser /5/. Det er også utført to sonderinger i og i nærheten av sonen

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 fm planering av 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 punkt 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 punkt 4 og 5. Det er videre østover i punkt 2 og 3 på hver sin side av Prestelva ikke registrert sensitive masser.
- ✓ Inne i sonen ble det utført sonderinger ved Fossbekken i punkt 6 og 7. Disse indikerer lavsensitiv leire i dybden. Også punkt 15 noe lenger nord indikerer ikke-sensitiv leire.
- ✓ I punkt 14 er det tatt opp prøver av kvikkleire. Sammen med NGI's punkt nr. 10 viser det at det er kvikkleire rundt gårdene nordvest i sonen.
- ✓ I punkt 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 (punkt 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 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. Det er således ikke avgrenset kvikkleireforekomsten i nord. For bestemmelse av sonens utbredelse her vil det imidlertid baseres på kvartærgeologiske kart, dvs. utbredelsen av saltvannsavsetninger.

#### **4.1.2 Grønlia**

For denne sonen indikerer dreietrykksonderingene 1, 2, 4, 5, 6 og 7 lite sensitive masser. Ved punkt 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 ses derfor som sannsynlig at dette laget kiler ut oppe i skråningen slik at det ikke er kvikk- eller sensitiv leire direkte i kontakt med Slettabekken.

#### **4.2 Tiltaksklasse og krav til stabilitet og kontroll**

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

For denne revurderingen av kvikkleiresonen er det lagt vekt på og videre dokumentere utbredelsen av kvikkleire og vurdere stabiliteten i antatt stabilitetskritiske profiler. Det er ikke tatt stilling til hvilken tiltaksklasse sonen havner innenfor i fm krav til sikkerhetsmessige vurderinger på reguleringsplannivå /1/. Dette må vurderes særskilt for hver enkelt byggesak.

I arbeidet er det uansett ønskelig og enten dokumentere tilstrekkelig  $\gamma_m$  eller foreta en forbedring av stabiliteten i sonen dersom det er lav 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. Skadekonsekvensevalueringen er utført iht. retningslinjer i NGI-rapport 20001008-2, rev. 2 datert 16.12.2002 ”Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire” /3/.

Evalueringen er utført ihht klassifiseringskriterier som vist i Tabell 4-1. Den utregnede scoren for sonen er vist i Tabell 4-2 og Tabell 4-3. Soner med poengverdi mellom 7 til 22 havner i skadekonsekvensklasse alvorlig mens poengverdi mellom 23 og 45 havner i klasse meget alvorlig. Basert på våre vurderinger er dermed sonen Storaunet-Skei å betrakte som skadekonsekvensklasse **meget alvorlig** mens sonen Grønlia fortsatt er å betrakte som **alvorlig**.

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

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

Tabell 4-2 Evaluering av skadekonsekvens Storaunet-Skei, utført ihht. /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 oppdemning kan true skolen og næringsbebyggelsen.
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	
Vei, ÅDT	2	1	2	Maksimal ÅDT på 721 for FV201 ihht 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/ flom i uløpet av Prestelva kan medføre erosjon og dermed initialras som kan gripe bakover.
<b>Poengverdi</b>			<b>24</b>	→ <b>Konsekvensklasse meget alvorlig</b>

Tabell 4-3 Evaluering av skadekonsekvens Grønlia, utført ihht. /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 ihht nasjonal vegdatabank (hentet februar 2008).
Toglinje, baneprioritet	2	0	0	
Kraftnett	1	1	1	Antatt at dette er distribusjonsnett.
Oppdemming/floam	2	0	0	Slettebekken 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.
<b>Poengverdi</b>			<b>9</b>	→ <b>Konsekvensklasse alvorlig</b>

#### 4.4 Faregradsevaluering

Områdene er tidligere definert med faregrad høy /3/. Det er utført en revidert faregradevaluering basert på litteraturstudiet på tidligere grunnundersøkelser i området samt de nye undersøkelsene utført høsten 2007. Faregradsevalueringen er utført iht. retningslinjer i NGI-rapport 20001008-



2, rev. 2 datert 16.12.2002 ”Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire” /3/.

Evalueringen er utført ihht klassifiseringskriterier som vist i Tabell 4-4. Den utregnede scoren for sonene er vist i Tabell 4-5 og Tabell 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	
<b>Sum poeng</b>		<b>51</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	
<b>% av maksimal poengsum</b>		<b>100 %</b>	<b>67 %</b>	<b>33 %</b>	<b>0 %</b>	

Tabell 4-5 Faregradsevaluering av Storaunet-Skei, utført ihht. /4/.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	3	3	Tidligere skred er funnet basert på NGU's 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 <sub>t</sub> 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.
<b>Poengverdi</b>			<b>42</b>	<b>Gir faregradsklasse "Høy"</b>

Tabell 4-6 Faregradsevaluering av Grønlia, utført ihht. /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.
<b>Poengverdi</b>			<b>22</b>	<b>Gir faregradsklasse "Middels"</b>

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 tegning 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 i en noe større utbredelse. Det er også sannsynlig at det er sammenhengende kvikkleireforekomst mellom denne sonen og sonen Ersland i den nordlige utstrekningen. Vi er av oppfatning av at disse bør slås sammen i en sone i det videre arbeidet. Det er trukket et forslag til ny soneinndeling i borplanen vist i tegning nr. 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 et 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 reterogressiv (bakovergripende) skredutvikling analogt med f. eks Rissaraset i 1978. Det er derfor svært viktig å begrense eventuelle utløsende årsaker for sonen. Våre anbefalinger til status på denne sonen er som følger:

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

#### **4.6.2 Grønlia**

Før denne runden med undersøkelser startet var det usikkerhet med tanke på om sonen bestod av kvikkleireforekomster. 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 behandles ihht NVE's retningslinjer /1/ som kvikkleire og sonen bør derfor ha status som kvikkleiresone.

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

Våre anbefalninger til status på denne sonen er som følger:

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

## **5. Områdestabilitet**

### **5.1.1 Vurdering av stabilitetskritiske profiler**

#### Stabilitetskritisk område:

For Storaunet-Skei er stabilitetskritisk område 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 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 tegning nr. 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 reterogressiv (bakovergrepene) skredaktivitet dersom forholdene ligger til rette for det. Dette styres av sensitiviteten til massene som ligger bakenfor et eventuelt initialskred. Det er derfor svært viktig å bestemme beliggenheten av kvikkleira 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 profil 1 og 5.

### **5.1.2 Styrkeparametere og beregningsmetodikk**

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

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

CPTU-sonderingene er tolket ved hjelp av egenutviklede tolkingsverktøy, der udrenert skjærstyrke er tolket via empiriske korrelasjoner som er tilbakeregnet fra blokkprøver /10/ og /12/. Det er i hovedsak benyttet en tolkning på poretrykksbasis da det generelt er homogene forhold av finkornige masser. Det er generelt tolket med hydrostatisk poretrykk. Men der det er utført poretrykksmåling er det tolket med det registrerte overtrykket. For CPTU 3 og NGI-11 er det benyttet 30 % overtrykk og for CPTU 9 er det benyttet 10 %. To av CPTU-sonderingene som er utført har svært stort avvik fra vertikalaksen i stor dybde. CPTU 3 og 9 har henholdsvis avvik fra vertikalaksen ved sonderingsstopp 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  $s_u^A$  og tolket OCR. For uttaket av karakteristisk profil er skjærstyrken redusert med 15 % i og med at skjærstyrken er tatt ut 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  $s_u^{DSS}/s_u^A = 0,6$  og  $s_u^P/s_u^A = 0,3$ .

#### 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 og for å ta høyde for prinsippet om tøyingskompatibilitet som beskrevet i /1/. 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 på vann 13 kN/m<sup>3</sup>, 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 faktorer 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 parametere i stabilitetsberegningene for profil 1.

Tabell 5-1 Lagdeling med styrkeparametere profil 1 Storaunet-Skei.

Lag	Materiale	Tyngdetetthet [kN/m <sup>3</sup> ]	Friksjons- vinkel, $\varphi'$ [°]	Attraksjon, a [kPa]	Udrenert skjærstyrke, $s_u^A$ [kPa]	$s_u^{DSS}/s_u^A$ [-]	$s_u^P/s_u^A$ [-]
1	Tørreskorpeleire	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 viser at grunnen består av et lag med noe overkonsoliderte materialer i toppen, ned til ca. 8 m under terreng. Dette laget kan for eksempel være rasmasser. Videre i dybden er det i dette punktet lett overkonsoliderte masser. Tolkning av  $s_u^A$  er vist på tegning 412498-144. Borpunkt NGI '88-8 viser at det er langt mindre sonderingsmotstand oppe på plataet. Dette kan

indikere at massene er mer eller mindre normalkonsoliderte lenger opp i skråningen. Det er derfor lagt til grunn en  $s_u^A$  styrke på toppen lik  $0,27 \cdot \sigma_{v0}$  i denne delen av skråningen i ADP-analysen. Det er tatt utgangspunkt i 10 % poreovertrykk med GV på 2 m u.t. Dette er noe lavere enn målt i borpunkt 9, men benyttet for å modellere realistisk sikkerhetsnivå i ADP-analysen. Midt i skråningen er det tatt utgangspunkt i et  $s_u$ -profil der det er antatt tidligere terrengnivå som på plataet.

Tabell 5-2 Lagdeling med styrkeparametere profil 5 Storaunet-Skei.

Lag	Materiale	Tyngdetetthet [kN/m <sup>3</sup> ]	Friksjons- vinkel, $\varphi'$ [°]	Attraksjon, a [kPa]	Udrenert skjærstyrke, $s_u^A$ [kPa]	$s_u^{DSS}/s_u^A$ [-]	$s_u^P/s_u^A$ [-]
1	Tørreskorpeleire	20,0	33,0	0	-	-	-
2	Kvikkleire	20,0	25,0	0	Se tegning 144, $0,27 \cdot \sigma_{v0}$ oppe i skråningen og SHANSEP i midten av skråningen	0,6	0,3
3	Leire	20,0	27,0	0	$0,27 \cdot \sigma_{v0}$ oppe i skråningen og SHANSEP i midten av skråningen	0,6	0,3

### 5.1.2.3 Profil 8 Storaunet-Skei

For dette profilet er det benyttet samme friksjonsvinkler som for profil 1 og 5 på tørreskorpelaget og kvikkleira. Det er indikasjoner på noe mindre mektighet av tørreskorpe og det er derfor modellert kun med 1,5 m mektighet. Poretrykket er i denne analysen modellert med hydrostatisk fordeling fra 1 m under terreng ned til 5 m. Derfra er det modellert med et overtrykk på 20 % som den øvre måleren i borpunkt 9 (noe lengre sør) indikerer. Det er ikke tatt hensyn til droppet i poretrykk lengre ned som målt i borpunkt nr. 9. Altså fortsatt 20 % over hydrostatisk i dybden.

For ADP-analysen er det tatt utgangspunkt i CPTU 17 for tolkning av aktiv skjærstyrke. Det tolket et tidligere effektivt overlagingstrykk på 100 kPa over dagens spenningstilstand. Det er antatt at dette er en ravinert skråning slik at terrenget på toppen ikke er nederodert. Derfor er det tatt utgangspunkt i et normalkonsolidert profil på toppen av skråningen og med normaliserte styrkeparametere videre ned i skråningen. Tegning 412498-178a viser kotelinjer med den modellerte aktive skjærstyrken. 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 styrkeparametere i dette laget er dårligere. Dette kan bla skyldes et poreovertrykk i grunnen som er påvist ved borhull 9. Det er derfor utført beregninger i ADP-analysen der dette laget er tolket med en konstant  $s_u^A$  på 55 kPa i bunn av skråningen og noe større lengre opp. Dette er vist på tegning 412498-178b. Tabell 5-3 oppsummerer de benyttede parametere for dette profilet. Basert på kommentarer fra 3.partskontrollør er det utført en beregning der CPTU 17 er tolket med et poreovertrykk som benyttet i den drenerte analysen. Dvs. hydrostatisk ned til 5 m og derfra 20 % overtrykk.

Tabell 5-3 Lagdeling med styrkeparametere profil 8 Storaunet-Skei.

Lag	Materiale	Tyngdetetthet [kN/m <sup>3</sup> ]	Friksjons- vinkel, $\varphi'$ [°]	Attraksjon, a [kPa]	Udrenert skjærstyrke, $s_u^A$ [kPa]	$s_u^{DSS}/s_u^A$ [-]	$s_u^P/s_u^A$ [-]
1	Tørreskorpeleire	20,0	33,0	0	-	-	-
2	Kvikkleire	20,0	25,0	0	Se tegning 142 for skråningsfot, 0,27· $\sigma_{v0}'$ oppe i skråningen og SHANSEP i midten av skråningen	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 punkt 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  $s_u^{DSS}/s_u^A = 0,6$  og  $s_u^P/s_u^A = 0,3$ . 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 skjærstyrken. Styrkeparametere 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  $\varphi = 25^\circ$ .

Det er benyttet en grunnvannstand som ligger 3,7 m under terreng basert på målt poretrykk i analysene. I PLAXIS-beregningen er det lagt inn et lag med større attraksjon i overflaten av skråningen for å tvinge fram sikkerheten for en dyptliggende 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 poretrykkmålingene. Tabell 5-4 viser de benyttede parameterne for profil 1 i Grønlia.

Tabell 5-4 Lagdeling med styrkeparametere profil 1 Grønlia.

Lag	Materiale	Tyngdetetthet [kN/m <sup>3</sup> ]	Friksjons- vinkel, $\varphi'$ [°]	Attraksjon, a [kPa]	Udrenert skjærstyrke, $s_u^A$ [kPa]	$s_u^{DSS}/s_u^A$ [-]	$s_u^P/s_u^A$ [-]
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 er beregnet sikkerhetsfaktor på effektivspenningsbasis (langtidstilstanden) minimum beregnet til  $F_s = 1,00$  for profil 8 i Storaunet-Skei og til ca. 1,0 for profil 1 i Grønlia. Med andre ord er sikkerheten mot kvikkleireskred her labil. For



totalspenningsanalysene er det generelt beregnet lavere sikkerhet mot utglidning i Storaunet-Skei. Beregnet sikkerhetsfaktor for de tre snittene er i relativt lik fra 1,04 – 1,06. I profil 8, med verste antatte  $s_u$  i dybden er det beregnet ned i  $F_s=1,00$ .

Tabell 5-5 Resultater fra stabilitetsberegninger - sikkerhetsfaktorer.

Profil	Drenert effektivspenningsanalyse		Udrenert – totalspennings- analyse midlere $s_u$	Udrenert – totalspennings- analyse ADP
	PLAXIS	GeoSuite/ BEAST	PLAXIS	GeoSuite/ BEAST
1– Storaunet-Skei	-	1,74	-	1,06
5 – Storaunet-Skei	-	1,65	-	0,99
8 – Storaunet-Skei	-	1,00	-	1,05/1,00 <sup>1)</sup> /0,92 <sup>4)</sup>
8 – Storaunet-Skei med tiltak lokalt 15°	-	1,29	-	-
1 – Grønlia uten tiltak	0,98 (0,77 – 1,12 <sup>2)</sup> )	0,96	( 1,03 <sup>3)</sup> )	1,49
1 – Grønlia med tiltak	-	1,07	-	-

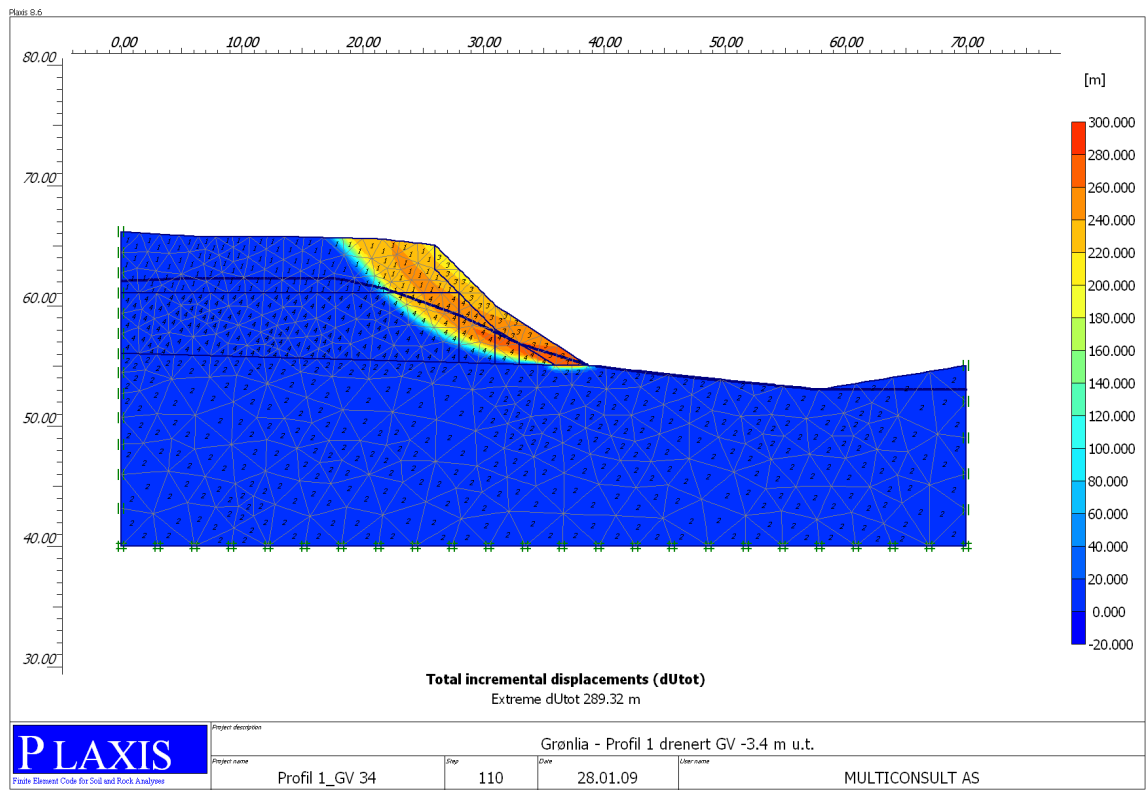
<sup>1)</sup> Med konstant  $s_u^A$  i dybden.

<sup>2)</sup> Avhengig av beliggenheten til grunnvannsstanden/ poretrykksforholdene (tidligere utførte beregninger).

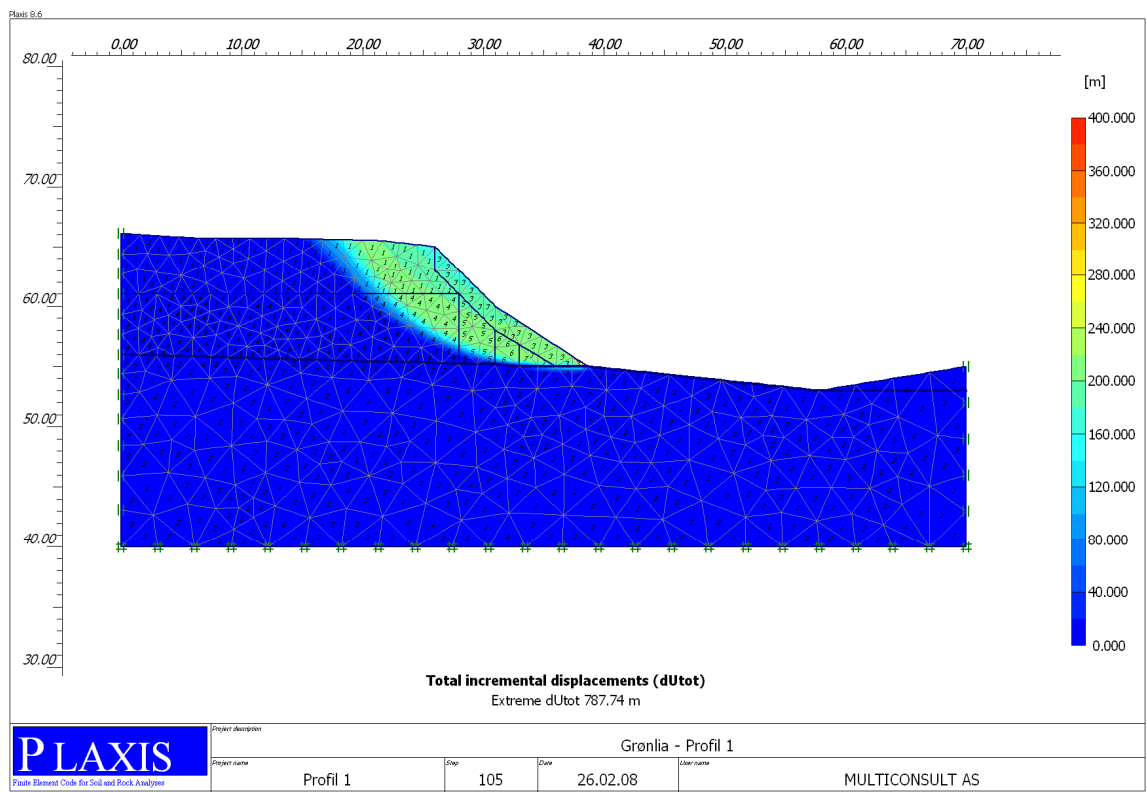
<sup>3)</sup> Overslag basert på antatt lav  $s_u$  før utførelse av CPTU.

<sup>4)</sup> Tolket CPTU med 20% overtrykk fra 5 m under terreng.

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 terrenntoppen dersom forholdene tillater det. Dette må avklares med grunneiere.

For profil 8 i Storaunet-Skei er det gjort en analyse med nedplanering til 15°. Dette har øket sikkerheten fra 1,00 til 1,29 på effektivspenningsbasis. En slik nedplanering vil imidlertid ikke øke sikkerheten på totalspenningsbasis i vesentlig grad. En økning i sikkerheten på totalspenningsbasis på for eksempel 10 % vil medføre vesentlig mer masseforflytning og/ eller behov for heving av elveløp (motfylling). Det er vist et eksempel på dette i tegning 412498-178c der elveløpet er hevet 3 m samt at skråningen er slaket ut. Dette har resultert i en sikkerhetsfaktor på 1,15 for initialtilstanden der det ikke er modellert med økning i  $s_u$ . Det påpekes at dette ikke er en optimalisert løsning, men det uansett er i denne størrelsesorden terrenngrepet vil måtte ligge i for å øke udrenert sikkerhet med 10 %.

Basert på tredjepartskontrollørs kommentarer er det utført en oppdatert analyse i profil 8 der det er tatt høyde for 20 % overtrykk fra 5 m under terreng ved tolkning av CPTU. Dette har resultert i en sikkerhetsfaktor på 0,92. Beregningen er vist i tegning 412498-178d. I og med at beregnet sikkerhet er under 1,0 er nok denne tolkningen av udrenert skjærstyrke noe for konservativ. Det kan alltid diskuteres om det er poretrykket eller andre faktorer som styrer dette, men generelt vil vi tilråde å oppjustere  $s_u$  for slike naturlige skråninger med sikkerhetsfaktor noe under 1,0. For udrenerte lastsituasjoner står denne skråningen omtrent på naturlig rasvinkel. Analysene utført i tegning 412498-178a og 178b vektlegges derfor.

Det understrekes at det ikke er gjort detaljerte vurderinger av en eventuell utbygging av verken sonen eller 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 inn i kvikkleire vil kunne medføre et initialras som får muligheten til å gripe bakover. Det viktigste med tanke på sikkerheten i denne sonen er 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. Et eksempel på dette er vist på tegning 412498-177b der det er slaket ut til 15° helning ned mot Prestelva.

Det tilrås at det legges opp til en forbedring av langtidsstabiliteten (drenerte analyser) iht. 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 dette medføre vesentlig større terrenginngrep. I og med at det er relativt slake skråninger vil store jordvolum måtte flyttes ved for eksempel å øke sikkerheten med 10 %. Dette vil etter vår mening medføre store kostnader. 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. I og med at det ikke er planlagt utbygging som medfører tilflytning i området tilrår vi at stabiliserende tiltak i denne omgang begrenses til erosjonssikring samt lokal utslakning av 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.

Detaljutforming av 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 som nødvendig. Det kan blant annet være behov for lokal utslakning også andre steder enn ved profil 8.

### 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 overflateglidning i de bratte ravineskråningene vil det være gunstig å planere ned skråningstoppene der dette er mulig med tanke på bebyggelsen vest for Slettabekken. 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/ Karlsruud 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/ Karlsruud 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.


### 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

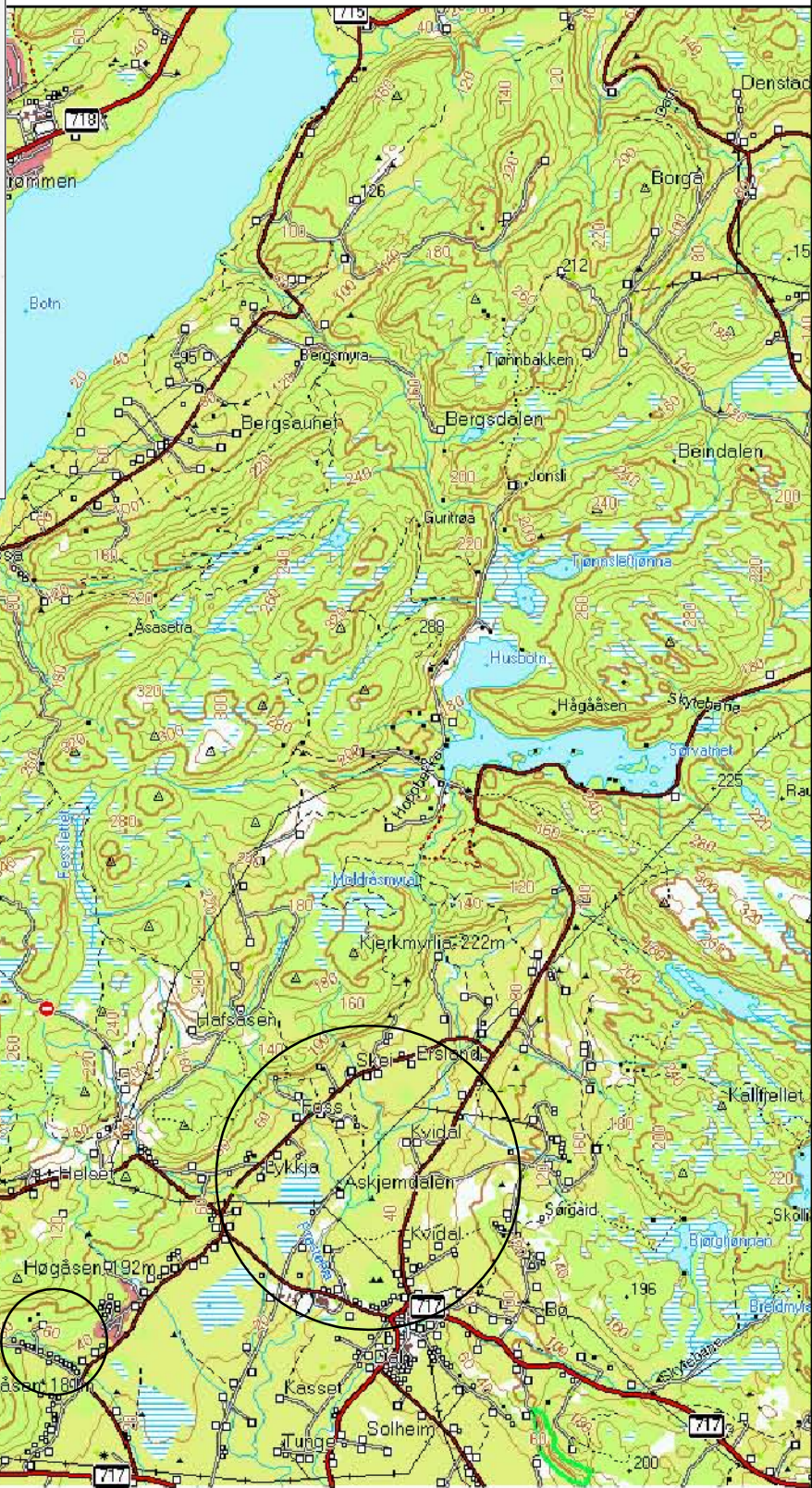
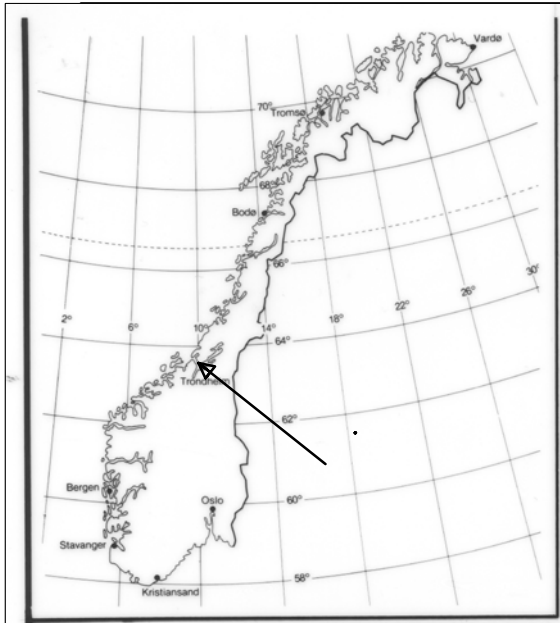
### Distribusjon:

- Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)  
 Intern  
 Fri

### Dokumentkontroll:

		Dokument 18. februar 2009		Revisjon 1 16. april 2009		Revisjon 2		Revisjon 3	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutsetninger	Utarbeidet	12.02.09	ET	16/4-09	ET				
	Kontrollert	16.02.09	ARV	16/4-09	ARV				
Grunnlagsdata	Utarbeidet	12.02.09	ET	16/4-09	ET				
	Kontrollert	16.02.09	ARV	16/4-09	ARV				
Teknisk innhold	Utarbeidet	12.02.09	ET	16/4-09	ET				
	Kontrollert	16.02.09	ARV	16/4-09	ARV				
Format	Utarbeidet	12.02.09	ET	16/4-09	ET				
	Kontrollert	16.02.09	ARV						
Anmerkninger									
Godkjent for utsendelse (Seksjonsleder/Avdelingsleder)						Dato:	Sign.:		
						17.04.2009			





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

Original format A4	Fag
Tegningens filnavn oversiktskart.dwg	
Underlagets filnavn	

Oversiktskart

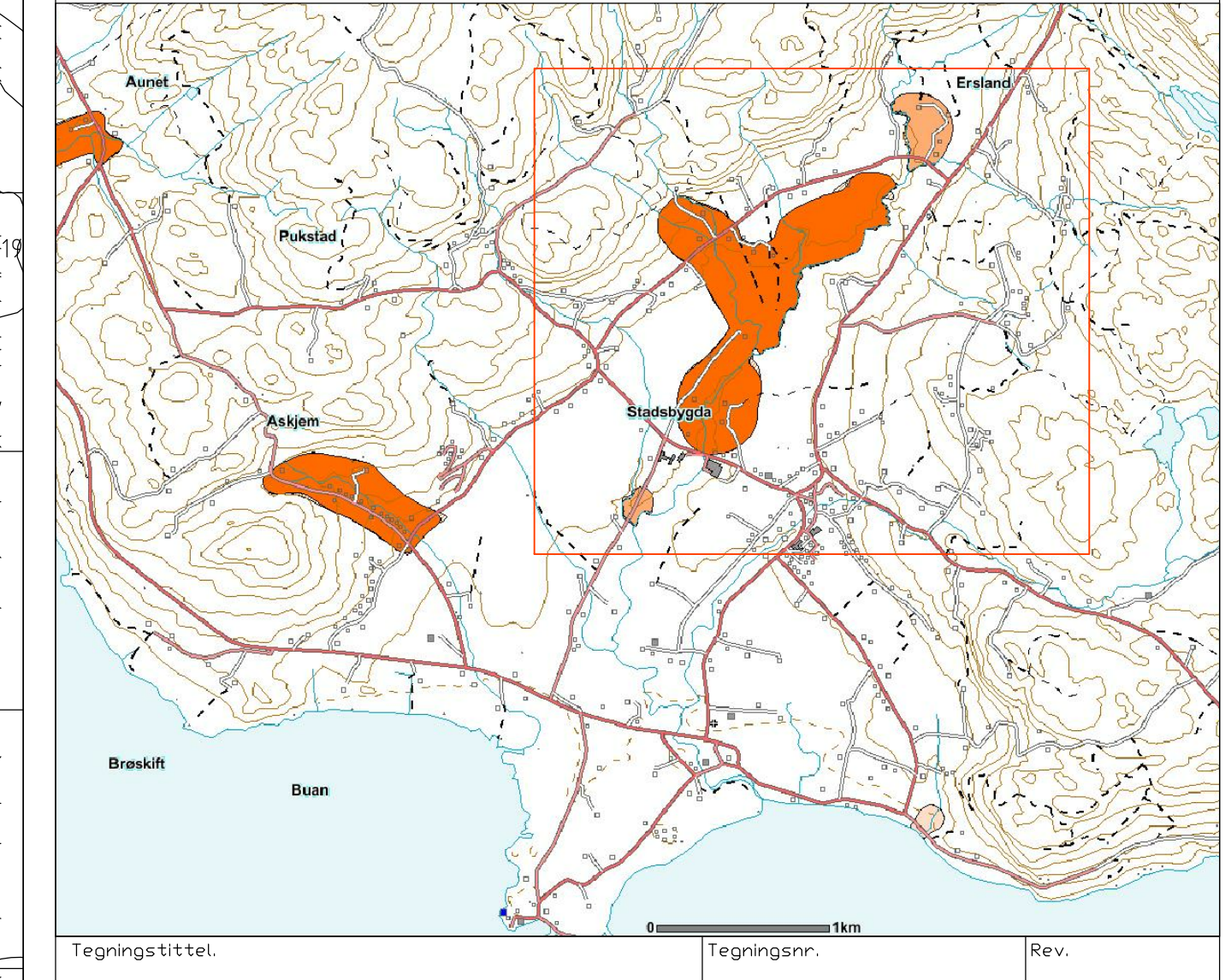
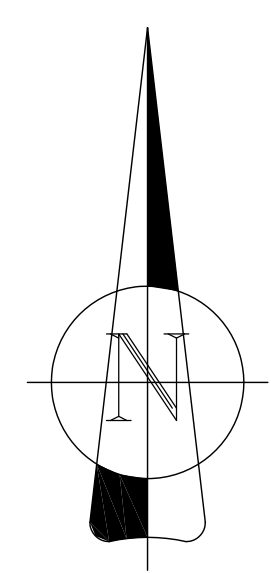
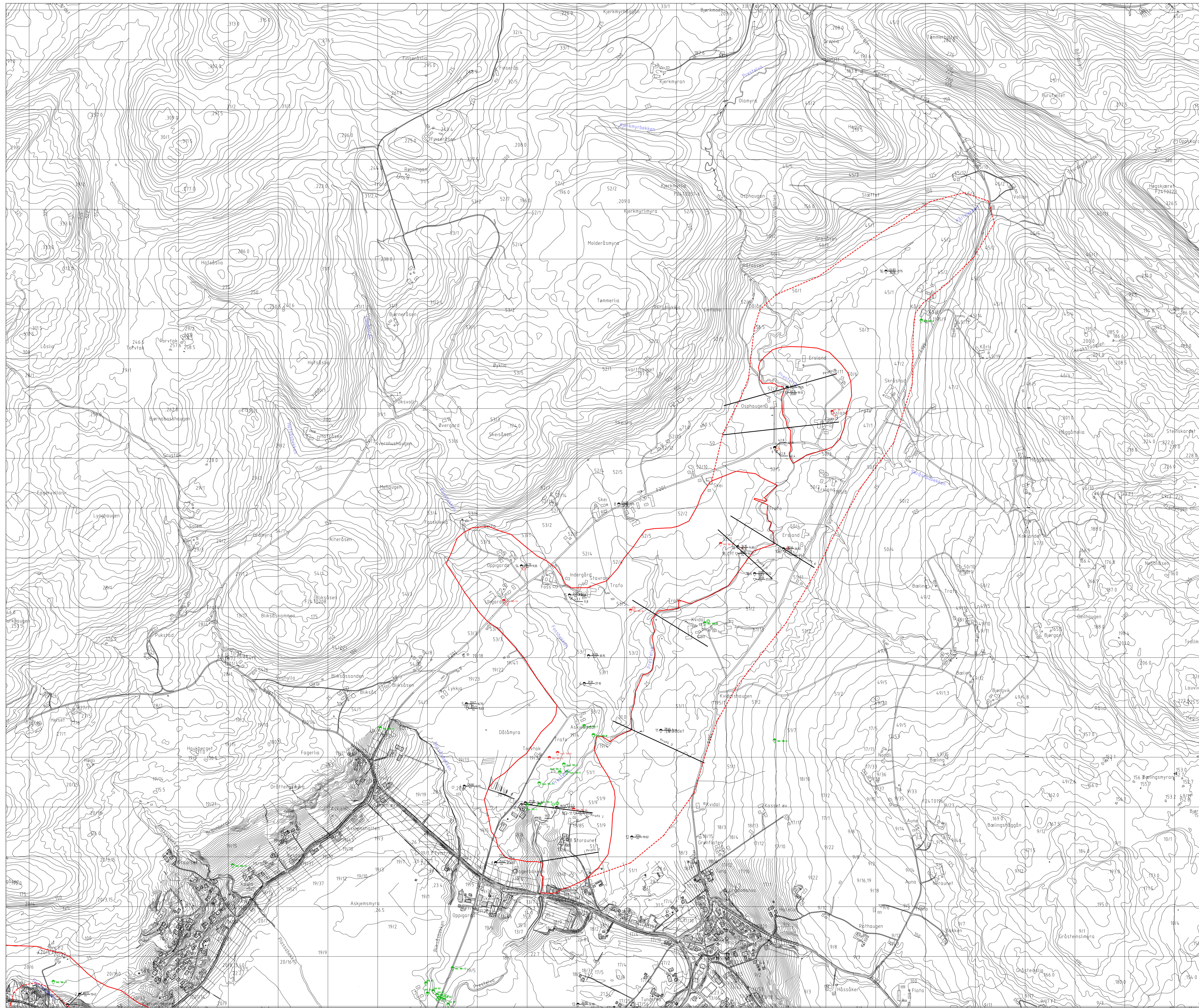
Målestokk 1:50000	
----------------------	--

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

Dato 27.02.2007	Konstr./Tegnet erit
Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. 0a

Kontrollert oaf	Godkjent oå
Rev.	





Tegningstittel: Tegningsnr.: Rev.:

- DREIENSONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RANSONDERING
- TOTALSONDERING
- FJELDKONTROLLBORING
- KJERNEBORING
- DREIETRYKKSONDERING
- SKRUPLETIDSBORING
- FØRVEIERE
- FØRVEIEREP
- TRIKKSONDERING
- VANNBORING
- PERETRYKKNALING
- FJELL I DAGEN

BORERIK NR: RUMMALT  
 LAGBOK NR: RUMMALT  
 KARTGRANNSLÅS: 500-fri fra NVE  
 UTANGANGSPUNKT FOR INVEJLELSE: Kun digitalt kart benyttes  
 Koordinater: UTM zone 32N, Eas 69

Fargekoder:  
 Rad: antatt/påvist kvikkleire  
 Grønn: antatt/påvist lake kvikkleire

— Opprinnelig kvikkleiresone  
 - - - Forslag til ny soneavgrensning

Barprogram 2007:  
 15 stk dreietrykksonderinger  
 3 prøveserier  
 6 CPTU  
 Installasjon av 2 hydrauliske poretrykkmålere

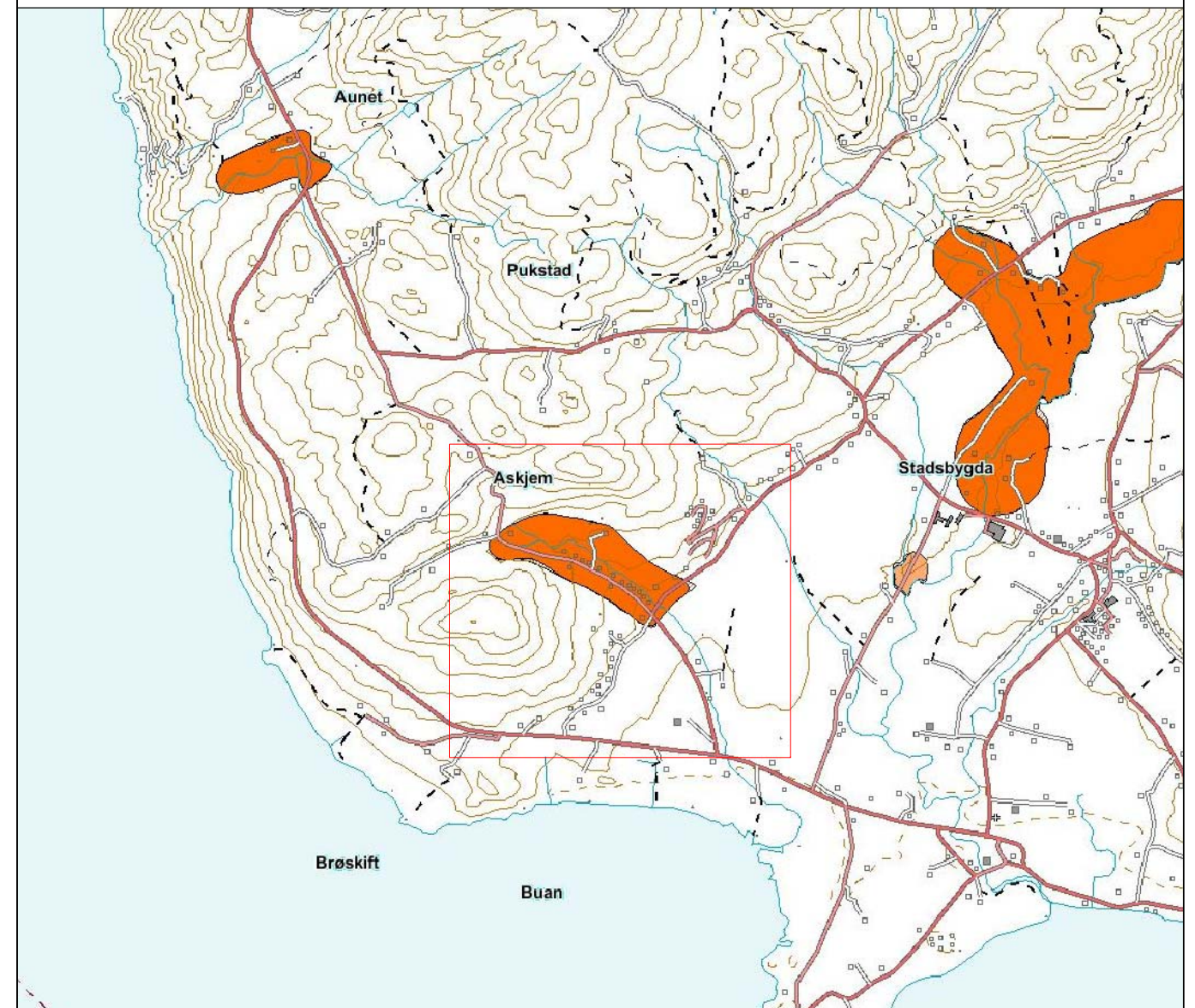
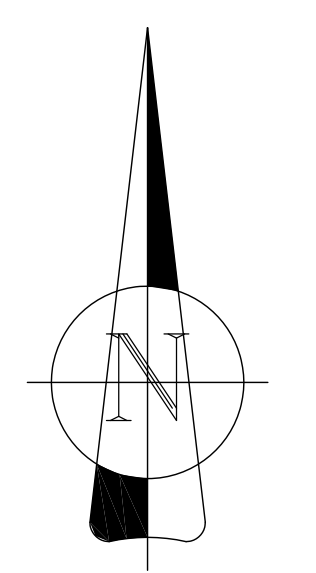
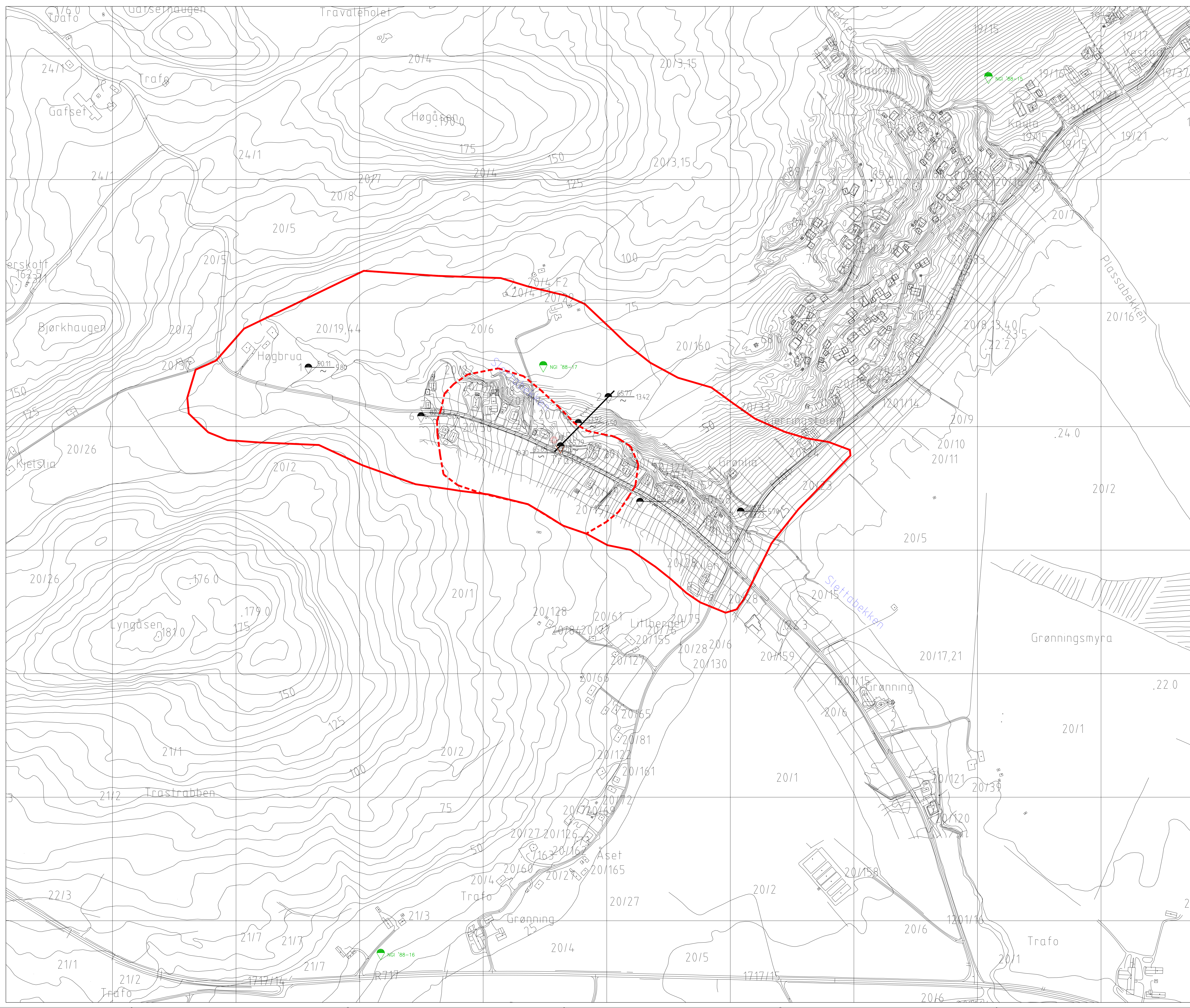
Barprogram 2008:  
 4 stk dreietrykksonderinger  
 3 stk CPTU  
 Installasjon av totalt 2 hydrauliske poretrykkmålere i ett punkt  
 Profilering av 3 profiler, profil 1, profil 5 og profil 8

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

Dr. Endre somtredde ved Kari	14.04.2009	artl	rev	08
Dr. Endre somtredde ved Kari	14.04.2009	artl	rev	08
NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa kommune Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik Borplan Storaunet-Skei				
Målestokk				1:5000
MULTICONCONSULT AS				
Prosjekt	09.01.2009	Kontor/Bygget	Kontrollert	Godkjent
Rev. 13.10.09	412498	2	08	01





Tegningstittel: Tegningsnr.: Rev.:

- DREISSONDERING
  - ENKEL SONDERING
  - ▼ RÅNSONDERING
  - TOTALSONDERING
  - ⊗ FJELDKONTROLLBORING
  - ⊗ KJERNEBORING
  - ⊗ DREIETRYKKSONDERING
  - ⊗ DRUPLETTRYKKSONDERING
  - PRØVESEIERE
  - PRØVELEIPE
  - ⊗ TRYKKSONDERING
  - ⊗ VINGEBORING
  - ⊗ PERETRYKKNALING
  - ⊗ FJELL I DAGEN
- BORING NR: Rinnall  
 LAGBOK NR: Rinnall  
 KARTGRANULÆR: S50-f1 fra NVE  
 UTANGSPUNKT FOR INVEJLEMENT: Kun digitalt 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. dreiestrykksonderinger  
 1 prøveserie

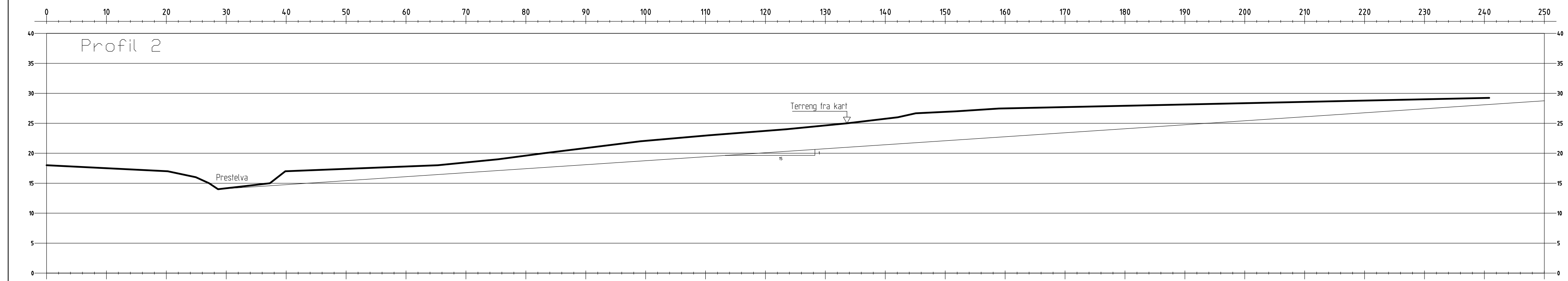
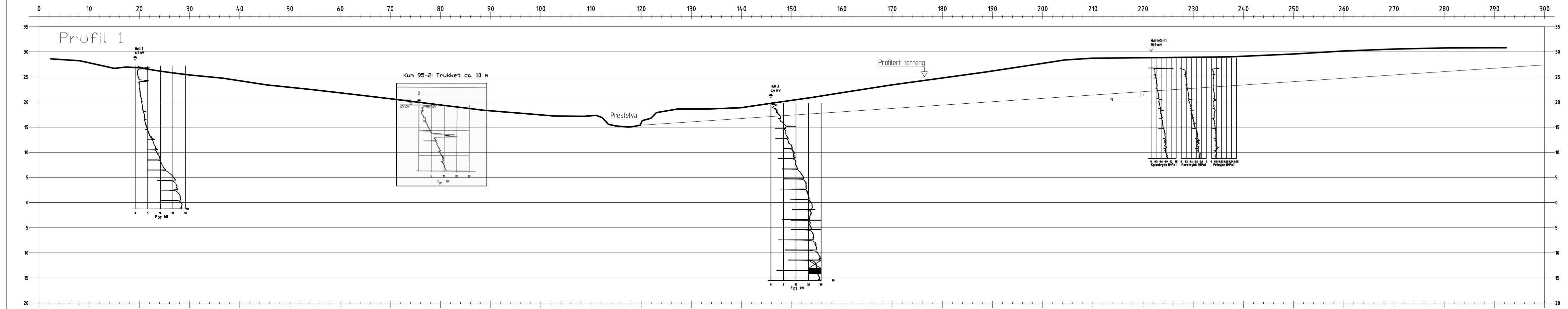
Boringsprogram 2008:  
 3 stk. dreiestrykksonderinger  
 1 DPTU  
 Installasjon av totalt 2 hydrauliske poretrykksmålere i ett punkt

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

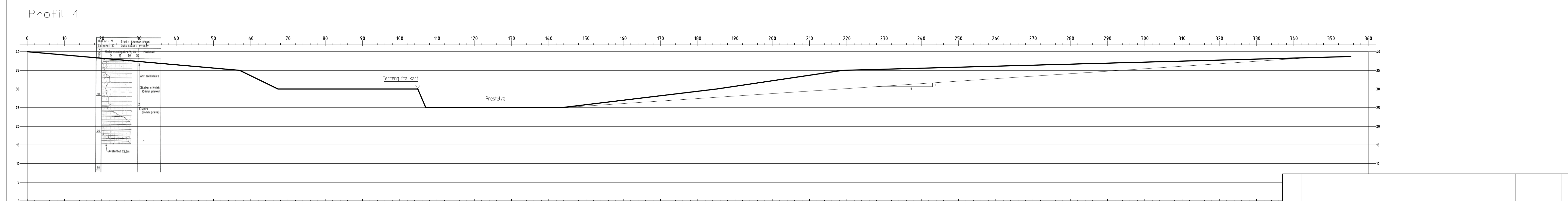
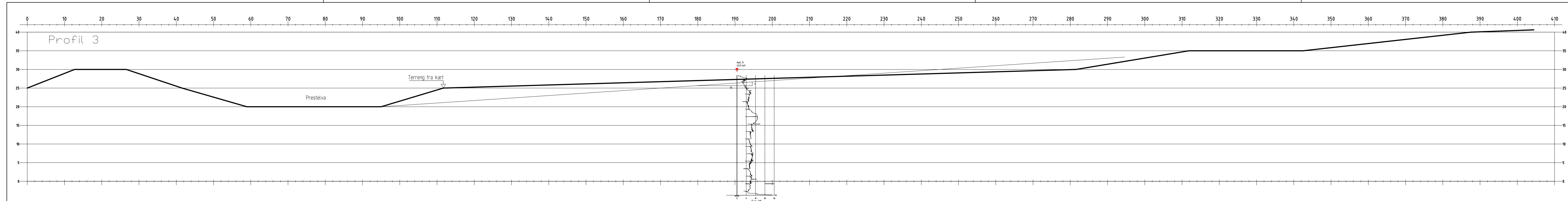
Forkortelser (årstall henviser til rapport):  
 SVV Statens vegvesen  
 NGI Norges Geotekniske Institutt  
 Kum Kummeneje

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

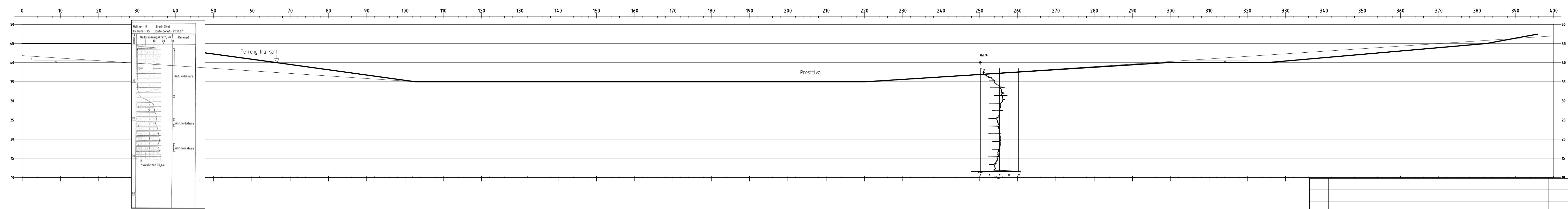
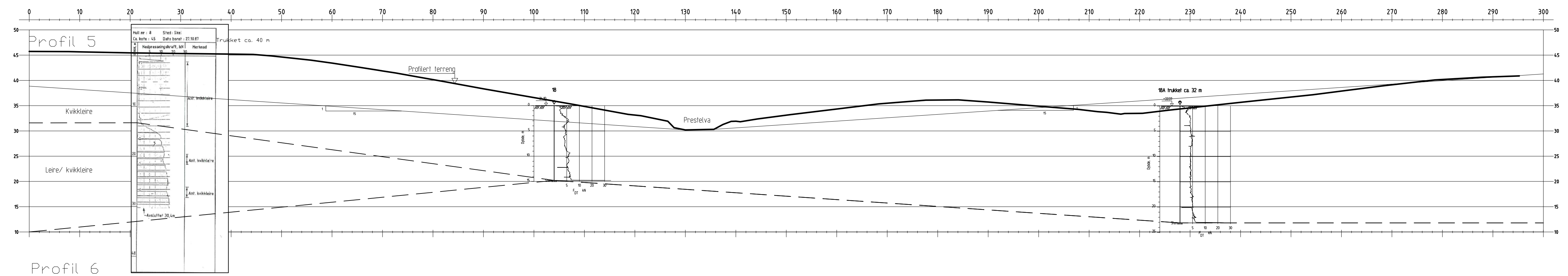




Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	Original format A0	Fag		
	Profil 1 og 2	Tegningens filnavn Borplan_Rissa_rev01.dwg Underlagets filnavn 32_1624Hoyde.sos	Målestokk 1:500		
MULTICONSULT AS		Dato 26.02.2008	Konstr./Tegnet 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			
		Underlaget filnavn 32_1624Hoyde.sos			
		Målestokk 1:500			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 06.02.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -104	Rev.	

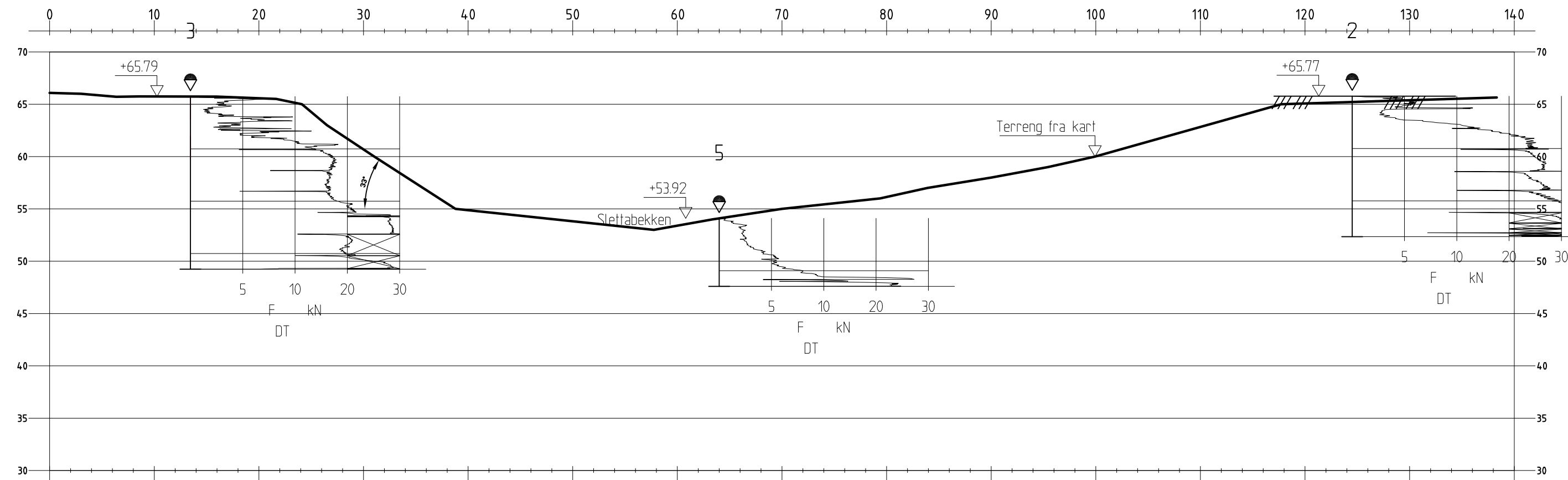


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	Original format A0	Fag		
	Profil 5 og 6	Tegningens filnavn Borplan_Rissa_rev01.dwg			
		Underlagets filnavn 32_1624Hoyde.sos			
		Målestokk 1:500			
MULTICONSULT AS		Dato 06.02.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -105		Rev.

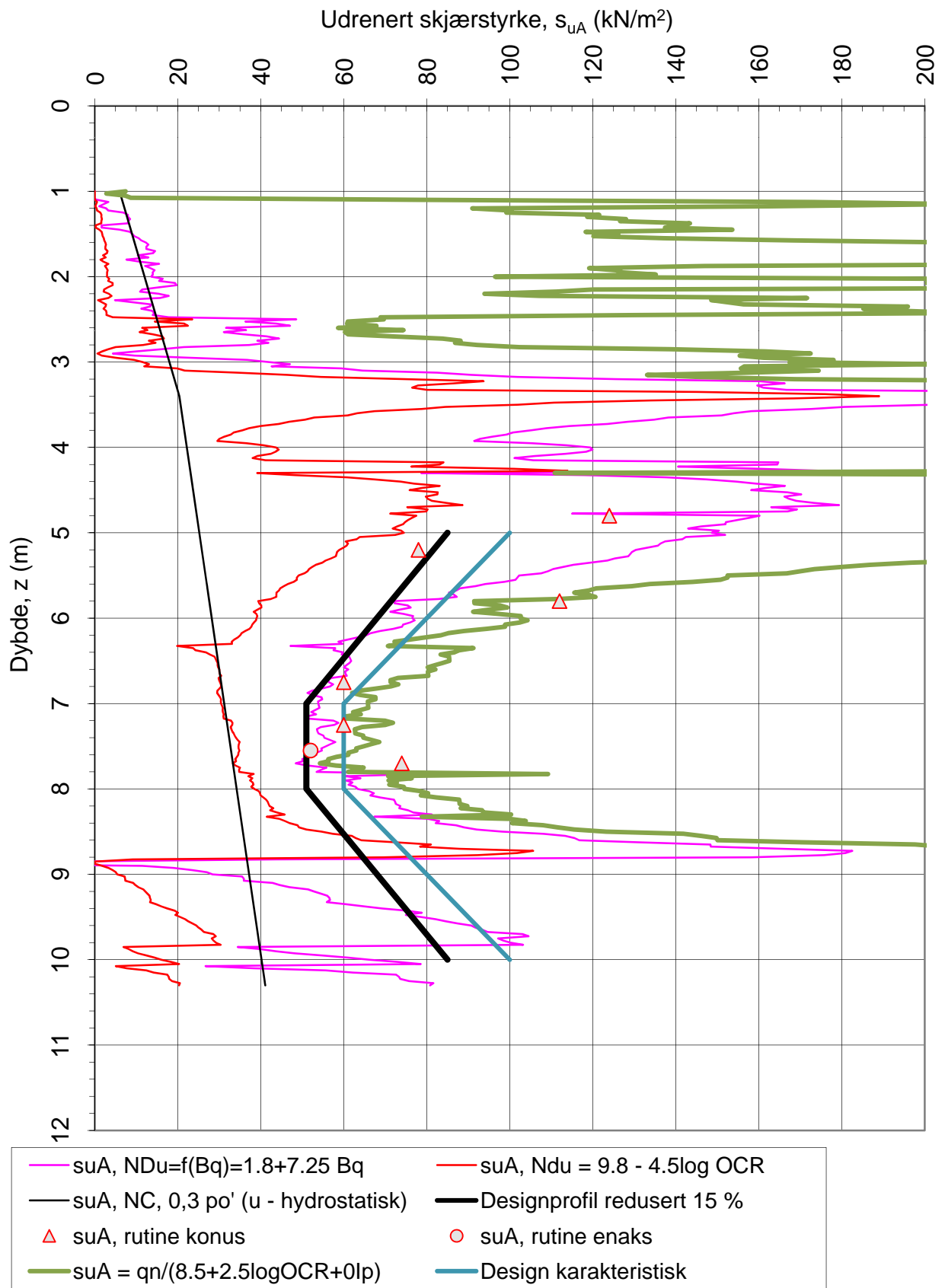




# Profil 1 Grønlia



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		
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 30.01.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -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

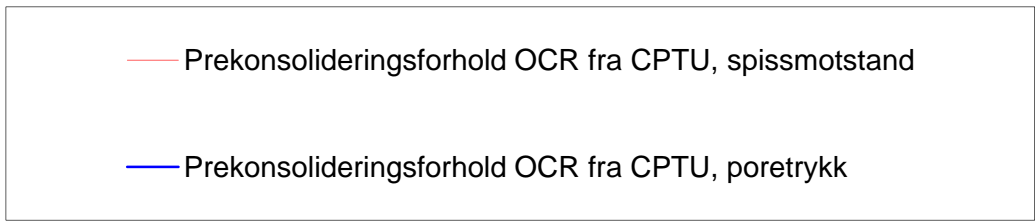
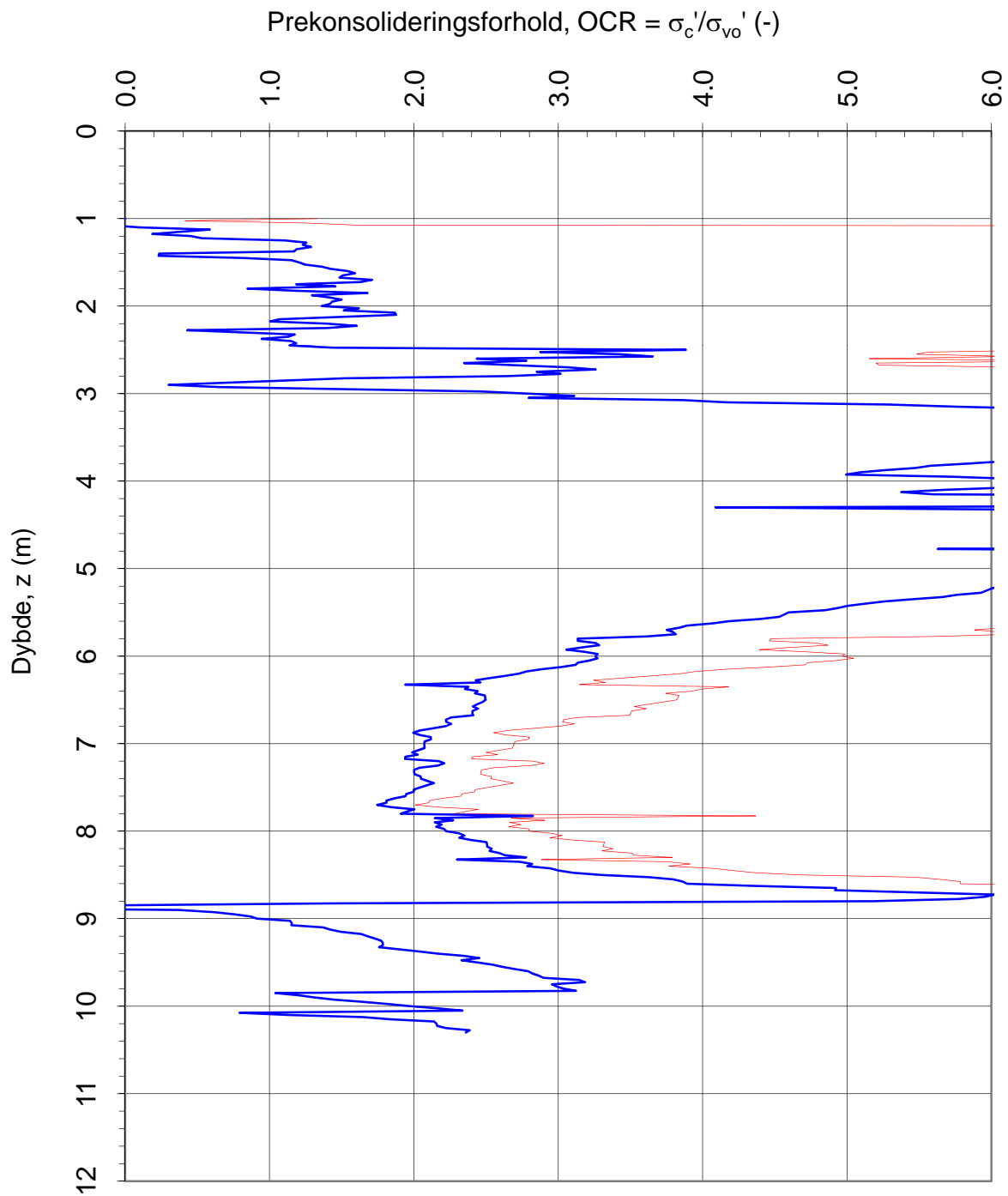
Tegning nr.:

130

Programrevisjon:

14.08.2007

Rev.:



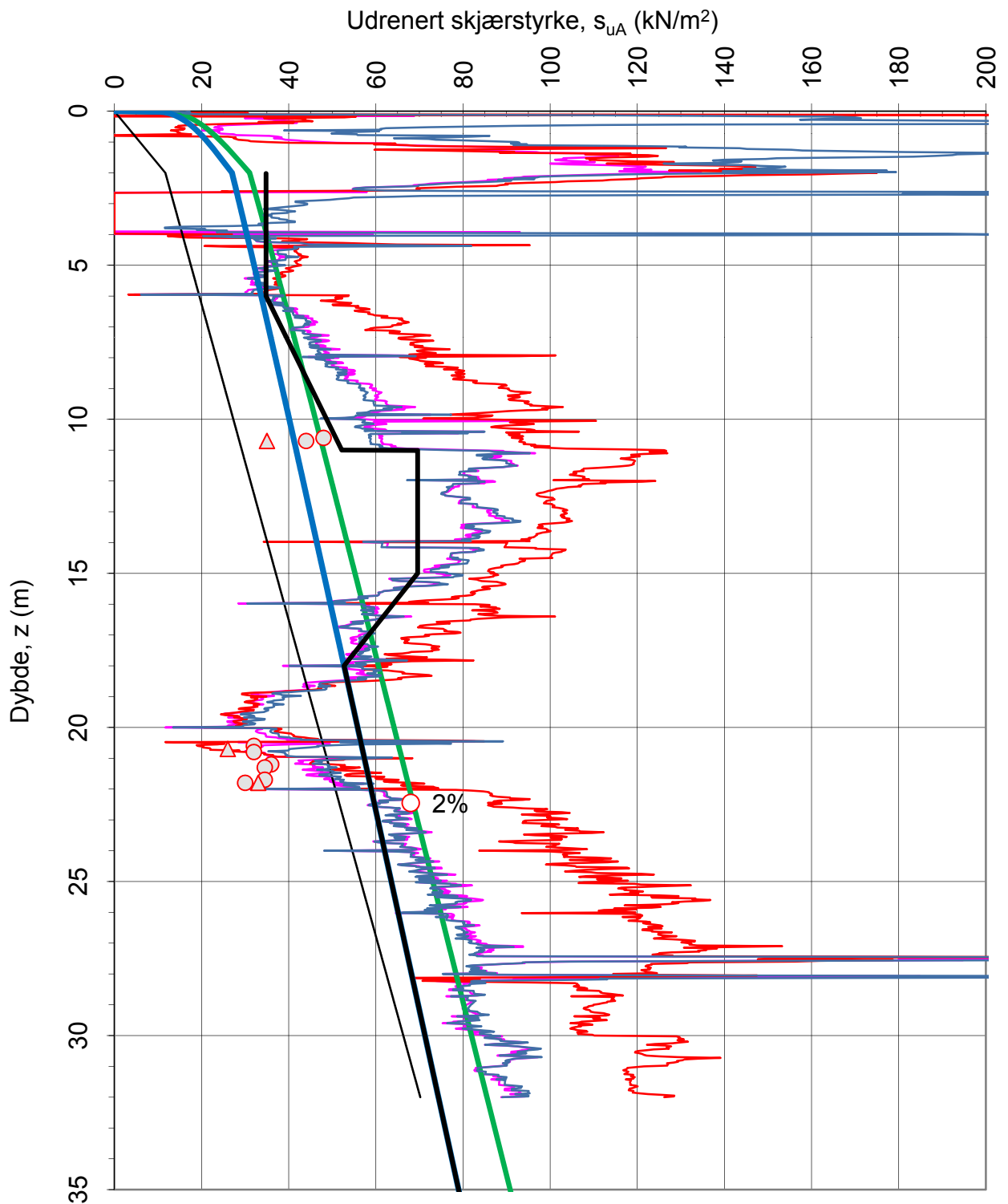
## NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



<b>CPTU id.:</b>	CPTU 3_Grønlia			
<b>MULTICONSULT AS</b>	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,  $0,3 po' - u = 13 \cdot z$
- 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
- $s_{uA} = qn/(7.8+2.5 \log OCR + 0.082Ip)$

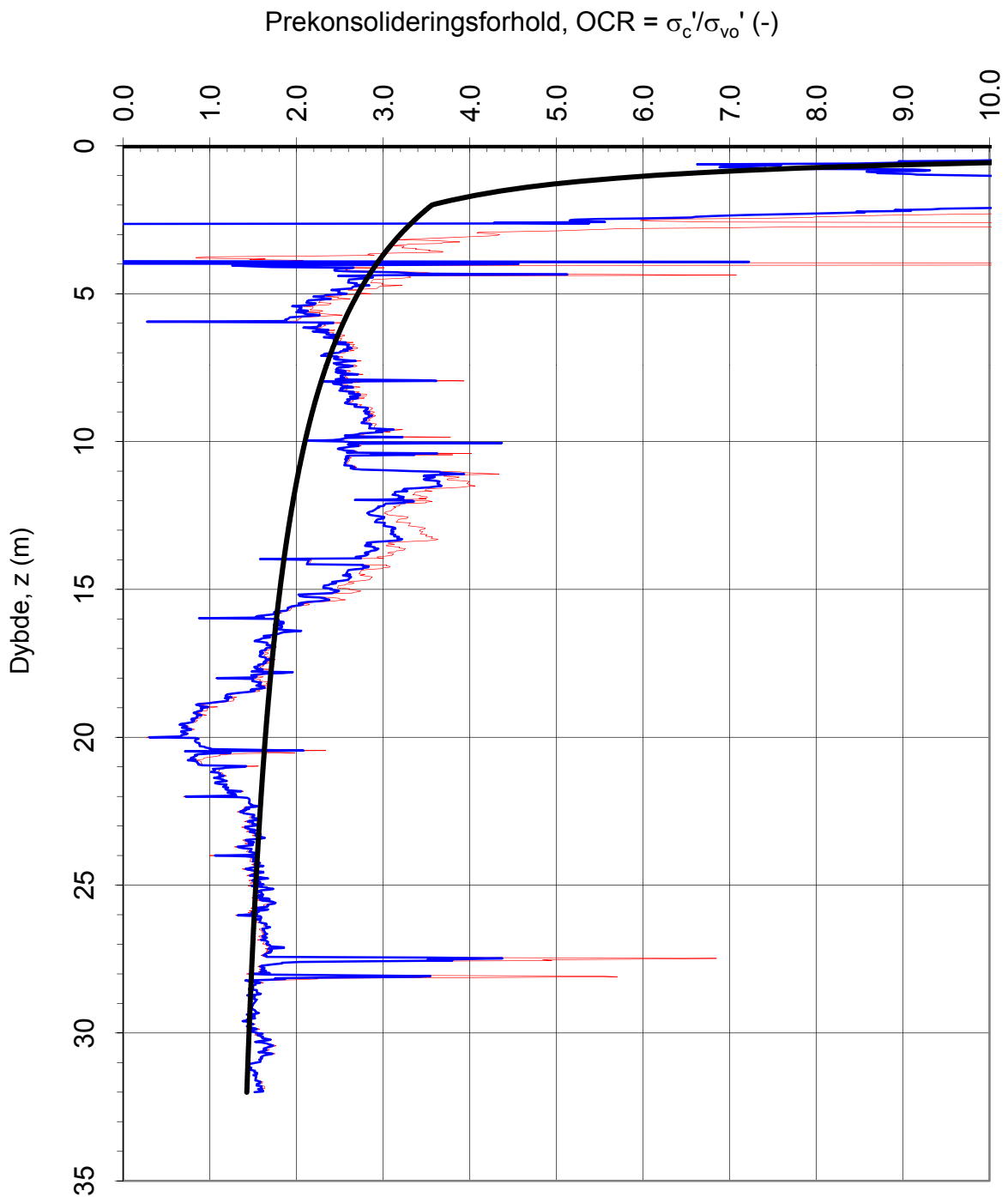
## NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



<b>CPTU id.:</b>	CPTU 3_Storaunet			
<b>MULTICONSULT AS</b>	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

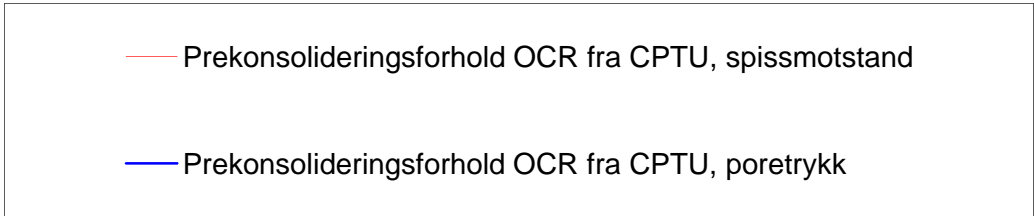
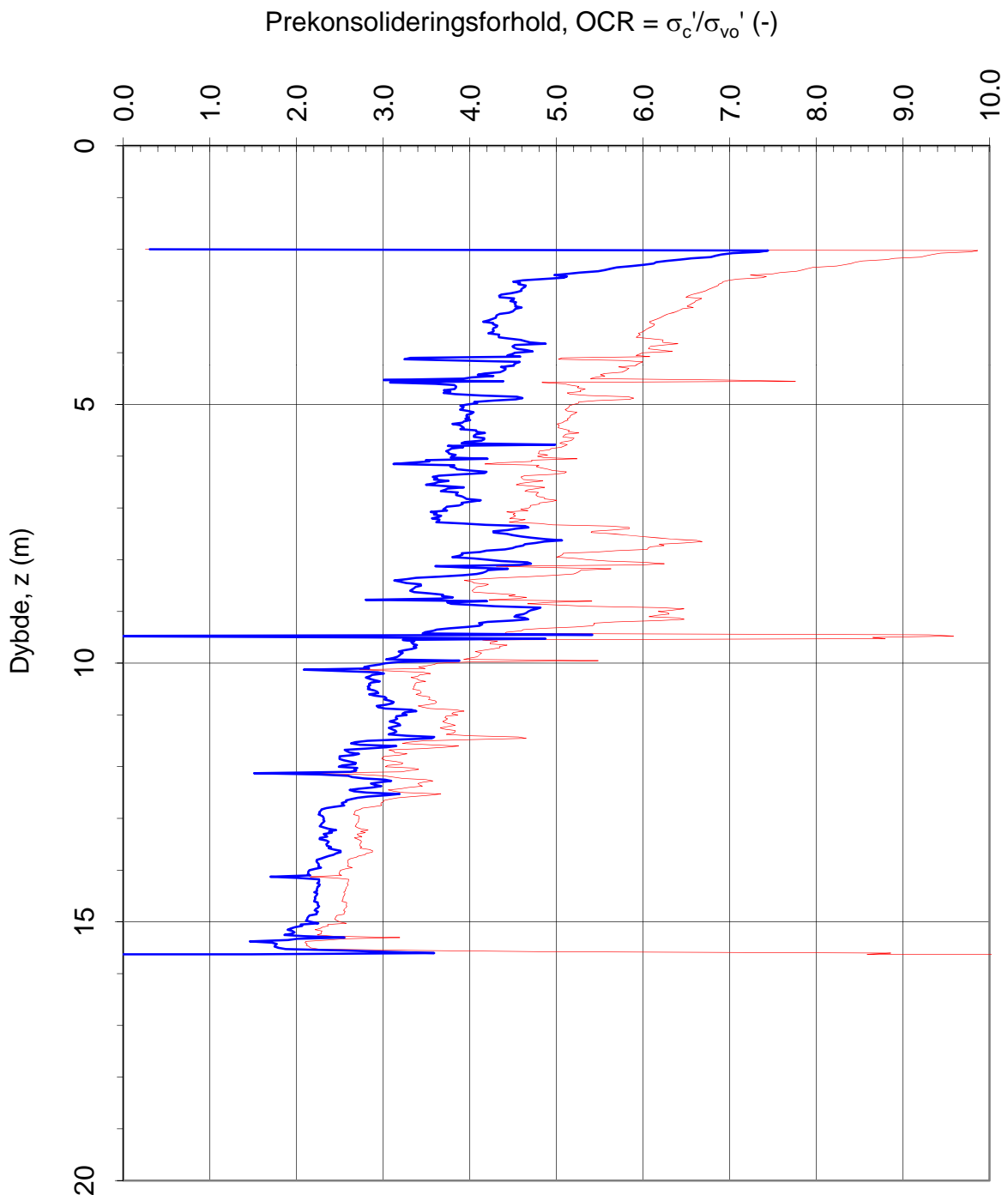
Spenningshistorie,  $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}'$ .

Tegningens filnavn:



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





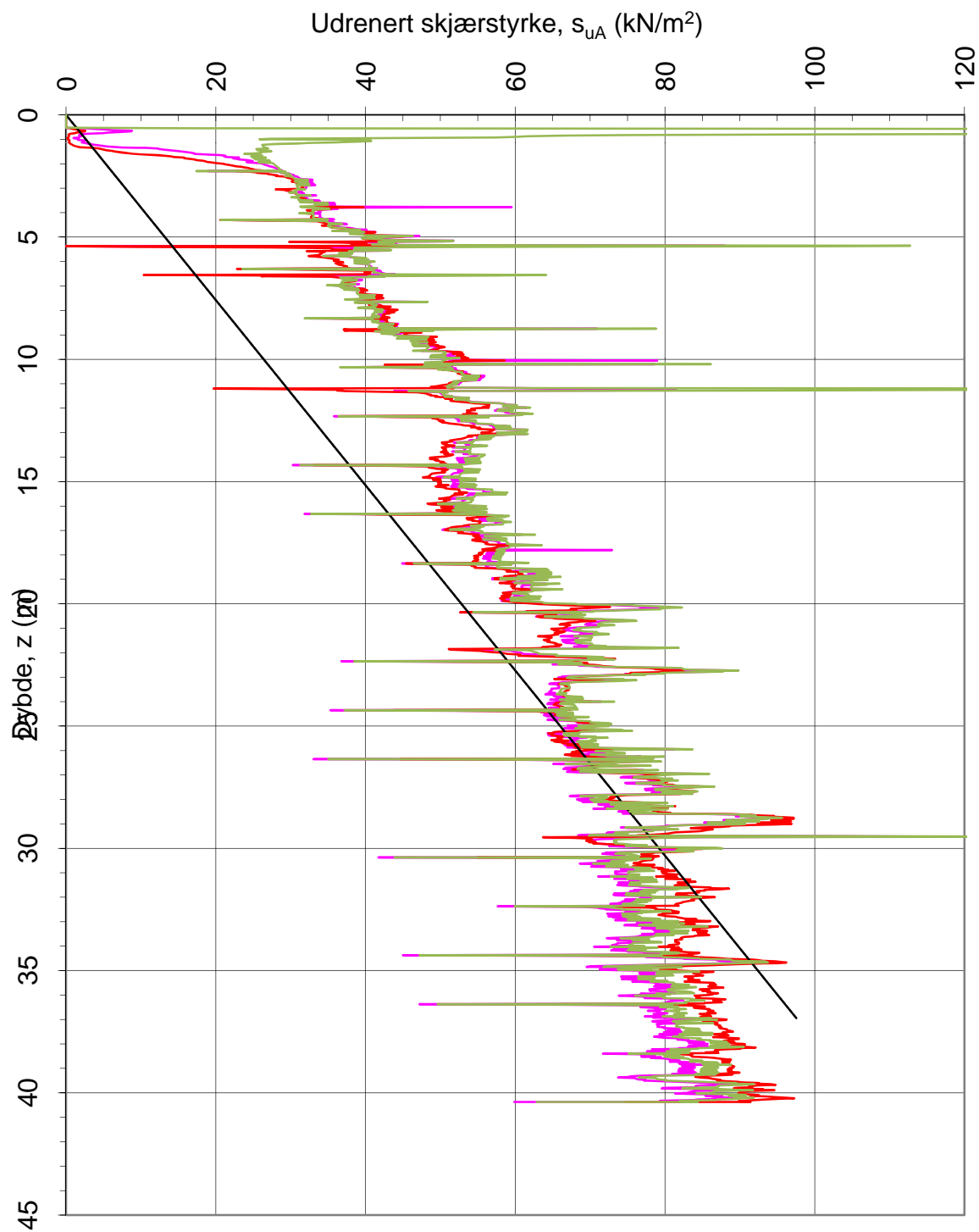
## NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



<b>CPTU id.:</b>	CPTU 5_Storaunet			
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	17.12.2007	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	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

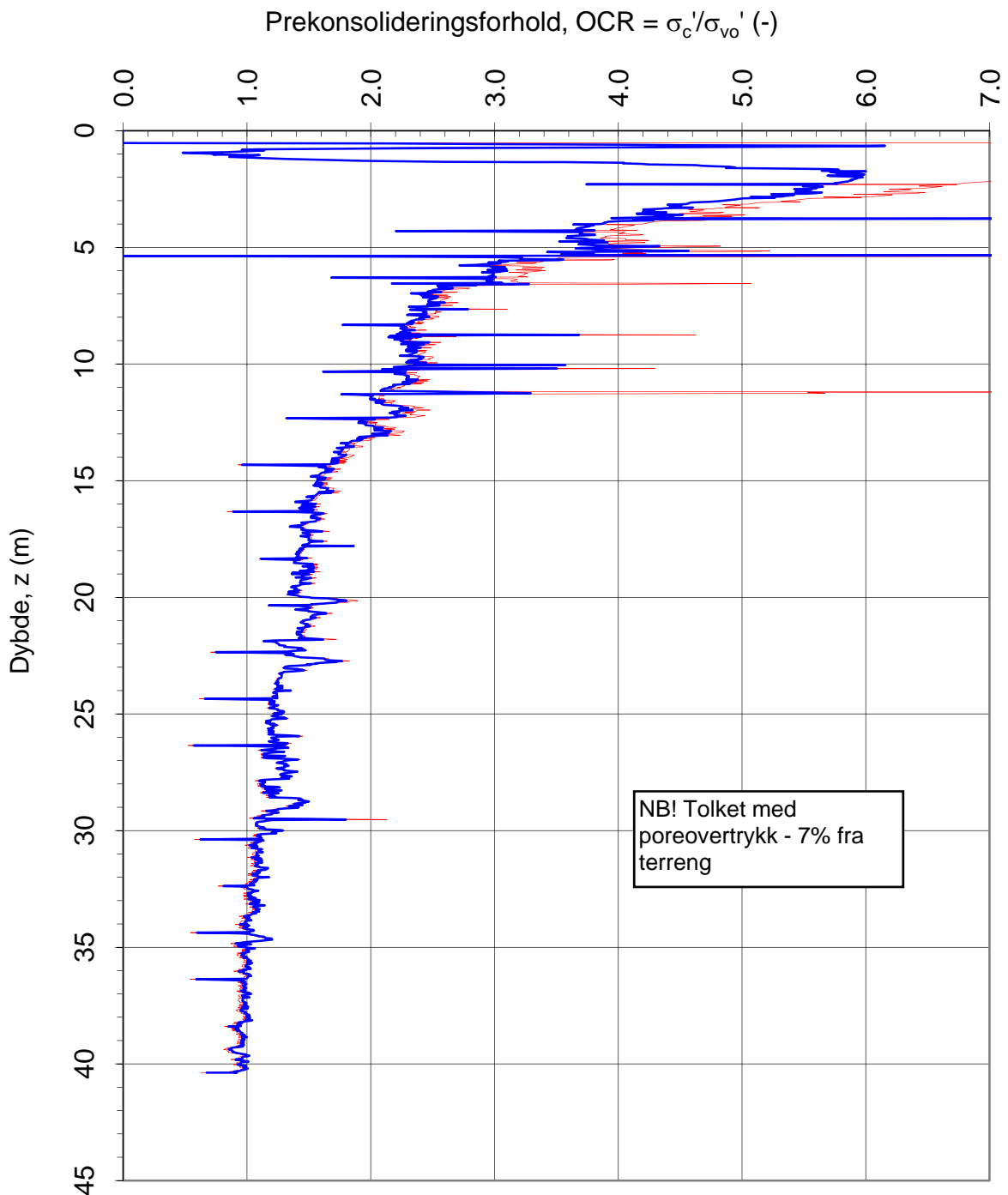
Aktiv udrenert skjærstyrke  $s_{uA}$ , korrelert mot  $B_q$ .

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

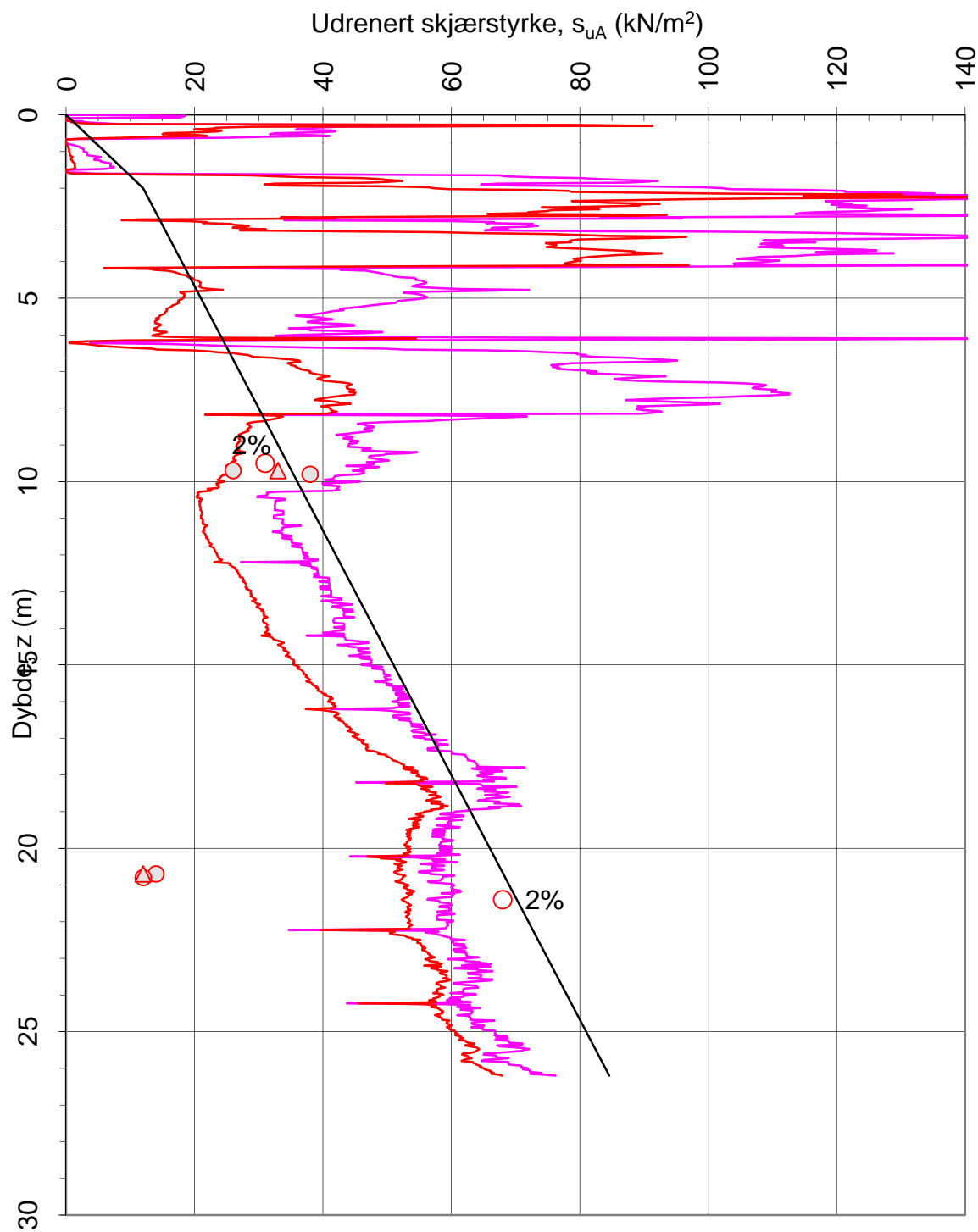
## NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



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



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

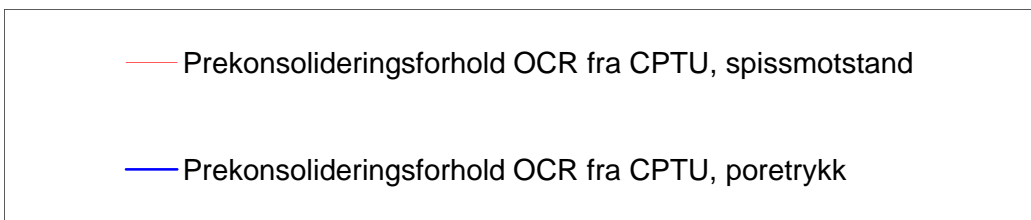
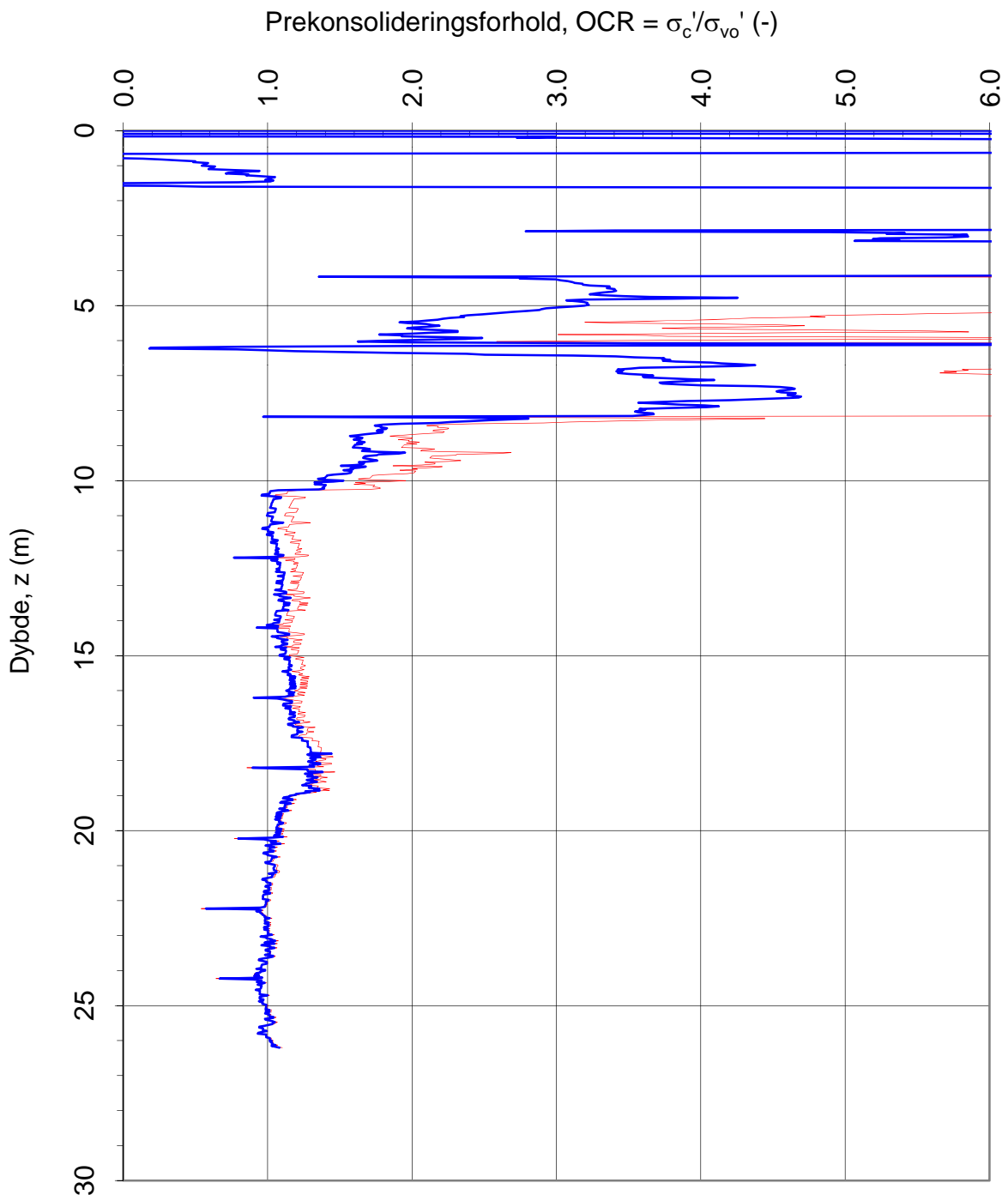
## NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



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



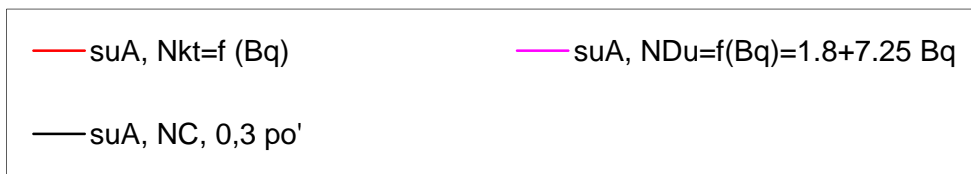
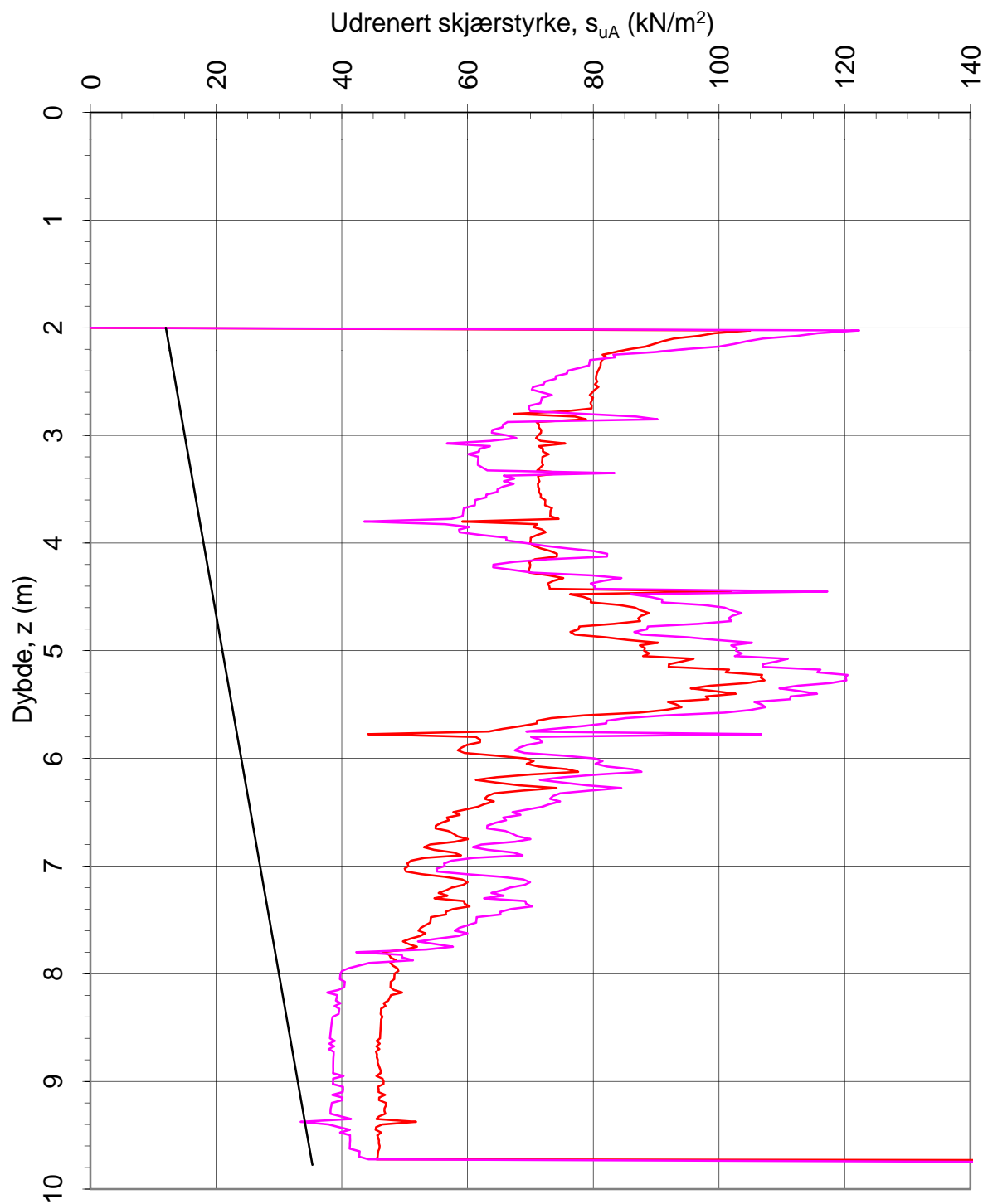
## NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



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



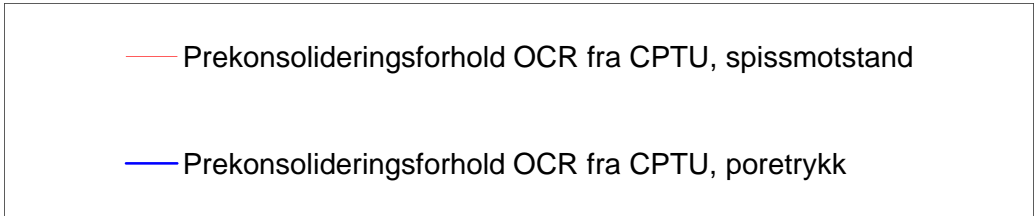
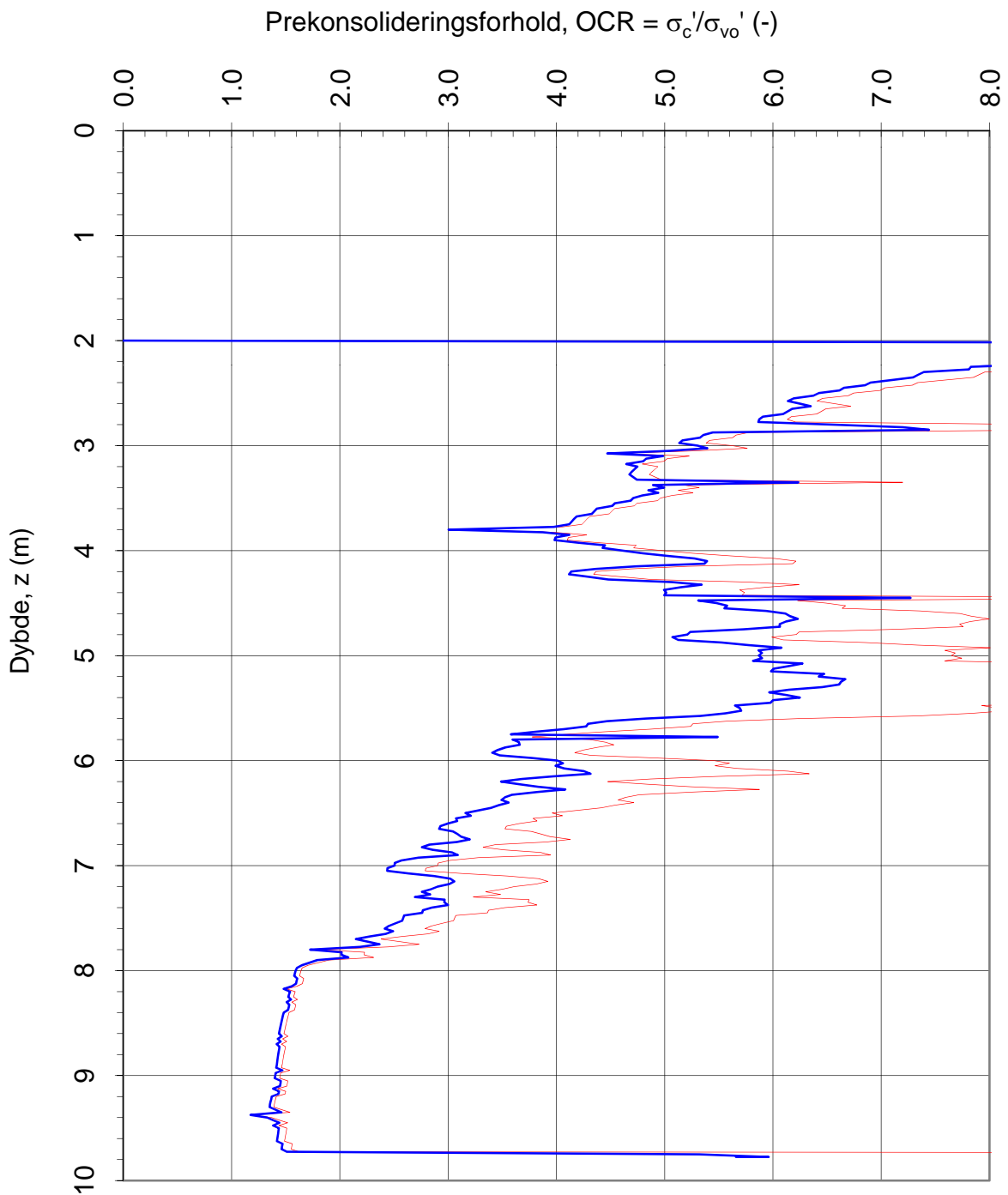
## NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



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



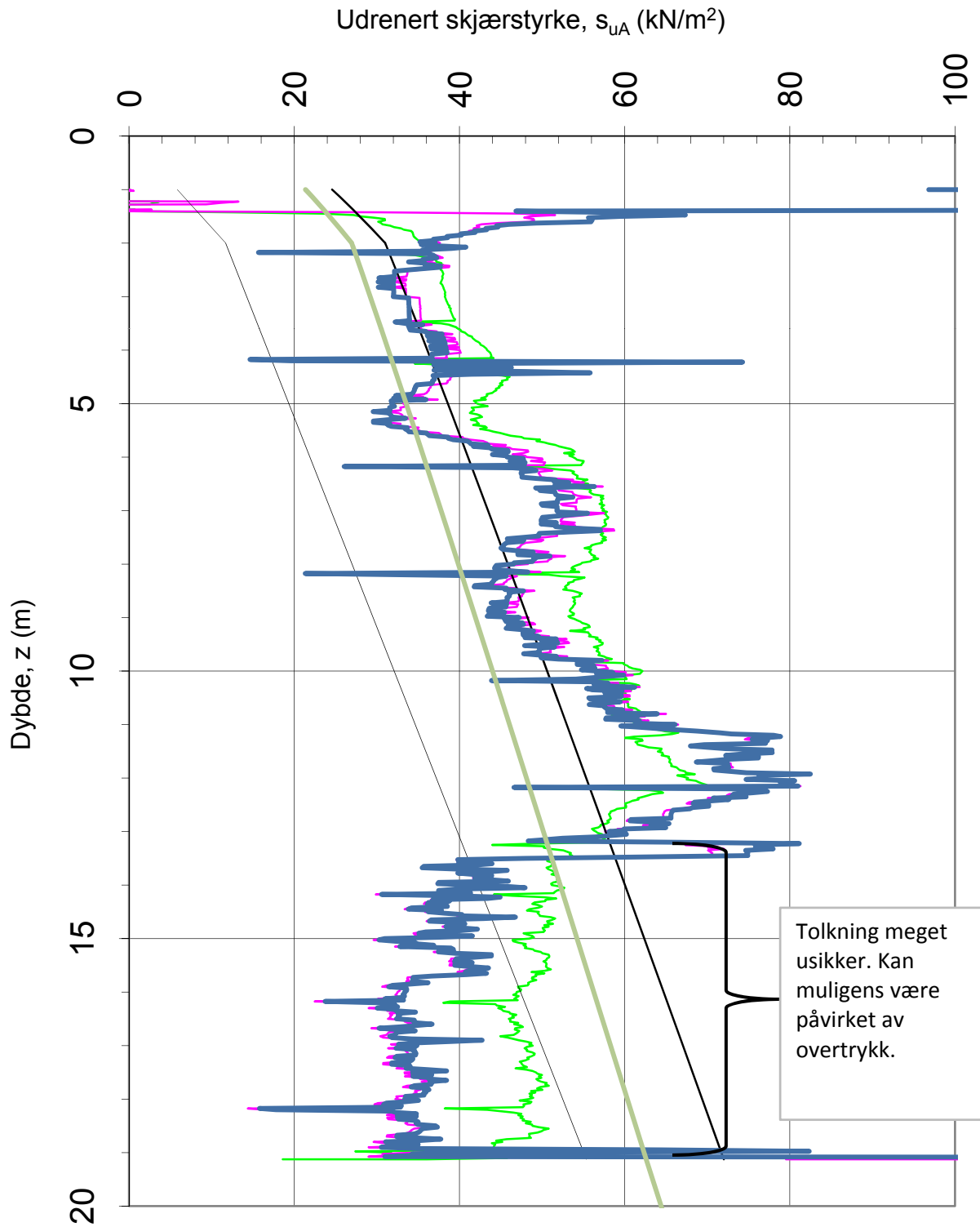
## NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



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



- $s_{uA}$ ,  $NDu=f(St,OCR,Ip)=9.8-4.5\log OCR$
- $s_{uA}$ ,  $NDu=f(Bq) = 1.8 + 7.25 Bq$
- $s_{uA}$ , NC, 0,3po (u +10%)
- Design: SHANSEP- $s_{uA}$  -  $\Delta p' =100$  kPa
- $s_{uA} = qn/(8.5+2.5\log OCR+0Ip)$
- Design: SHANSEP- $s_{uA}$  -  $\Delta p' =100$  kPa -redusert 15 %

## NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

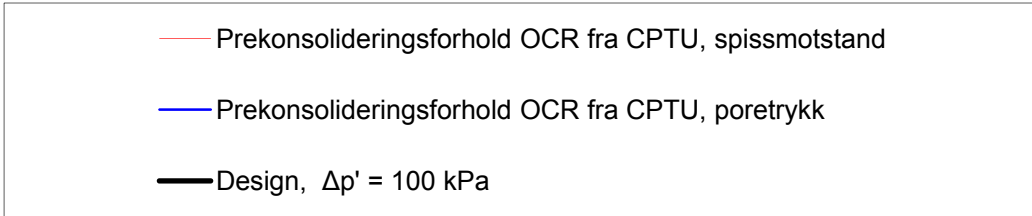
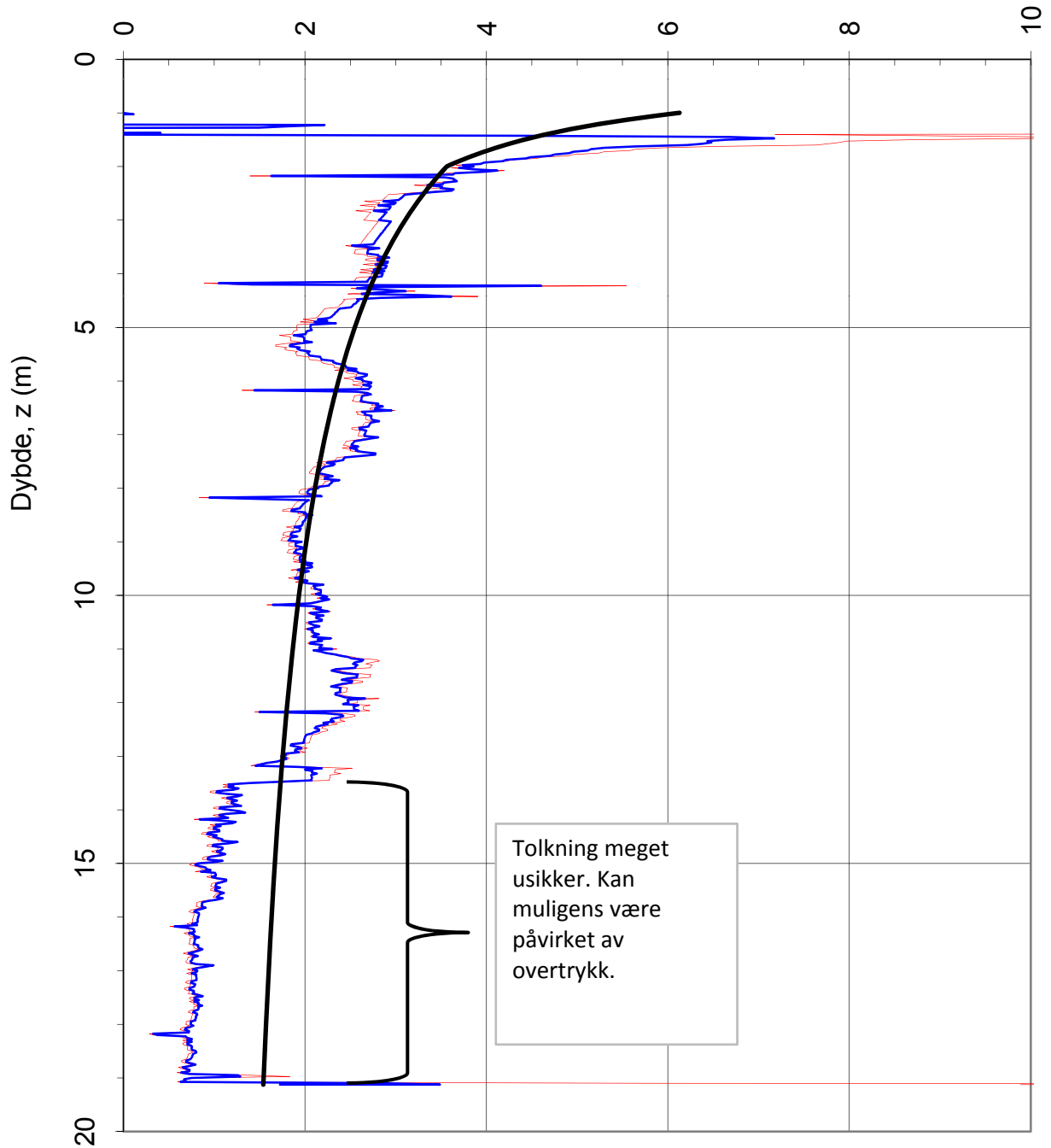
Aktiv udrenert skjærstyrke  $s_{uA}$ , korrelert mot  $B_q$ .

Tegningens filnavn:



<b>CPTU id.:</b>	CPTU 17_Storaunet			
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	16.03.2009	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	142	26.06.2007	1

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



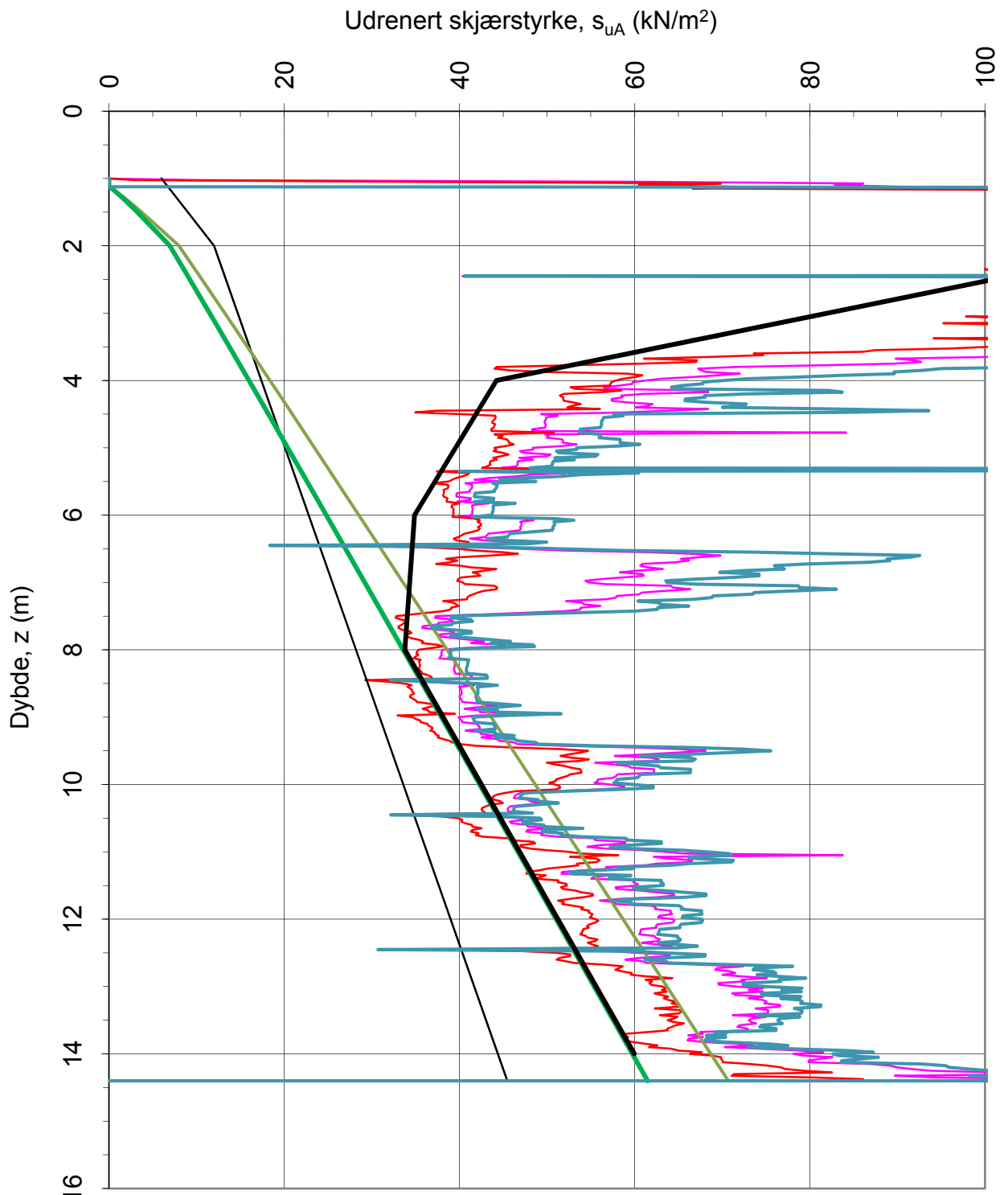
**NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik**

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

Tegningens filnavn:



<b>CPTU id.:</b>	CPTU 17_Storaunet			
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	16.03.2009	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	143	26.06.2007	1



- $s_{uA}$ ,  $NDu=f(Bq)=1.8+7.25 Bq$
- $s_{uA}$ ,  $NDu = 9.8 - 4.5 \log OCR$
- $s_{uA}$ , NC,  $0,3p_o'$  (u +10%)
- SHANSEP- $s_{uA} - \Delta p' = 60+12*(z-8)$  kPa
- SHANSEP- $s_{uA} - \Delta p' = 60+12*(z-8)$  kPa -redusert 15 %
- $s_{uA} = qn/(8.5+2.5\log OCR+0lp)$
- Design -15%

## NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

Aktiv udrenert skjærstyrke  $s_{uA}$ , blokkprøvekorrelasjoner.

Tegningens filnavn:



CPTU id.:

CPTU 18

**MULTICONSULT AS**

Dato:

16.03.2009

Tegnet:

EriT

Kontrollert:

ARV

Godkjent:

OÅ

Oppdrag nr.:

412498

Tegning nr.:

144

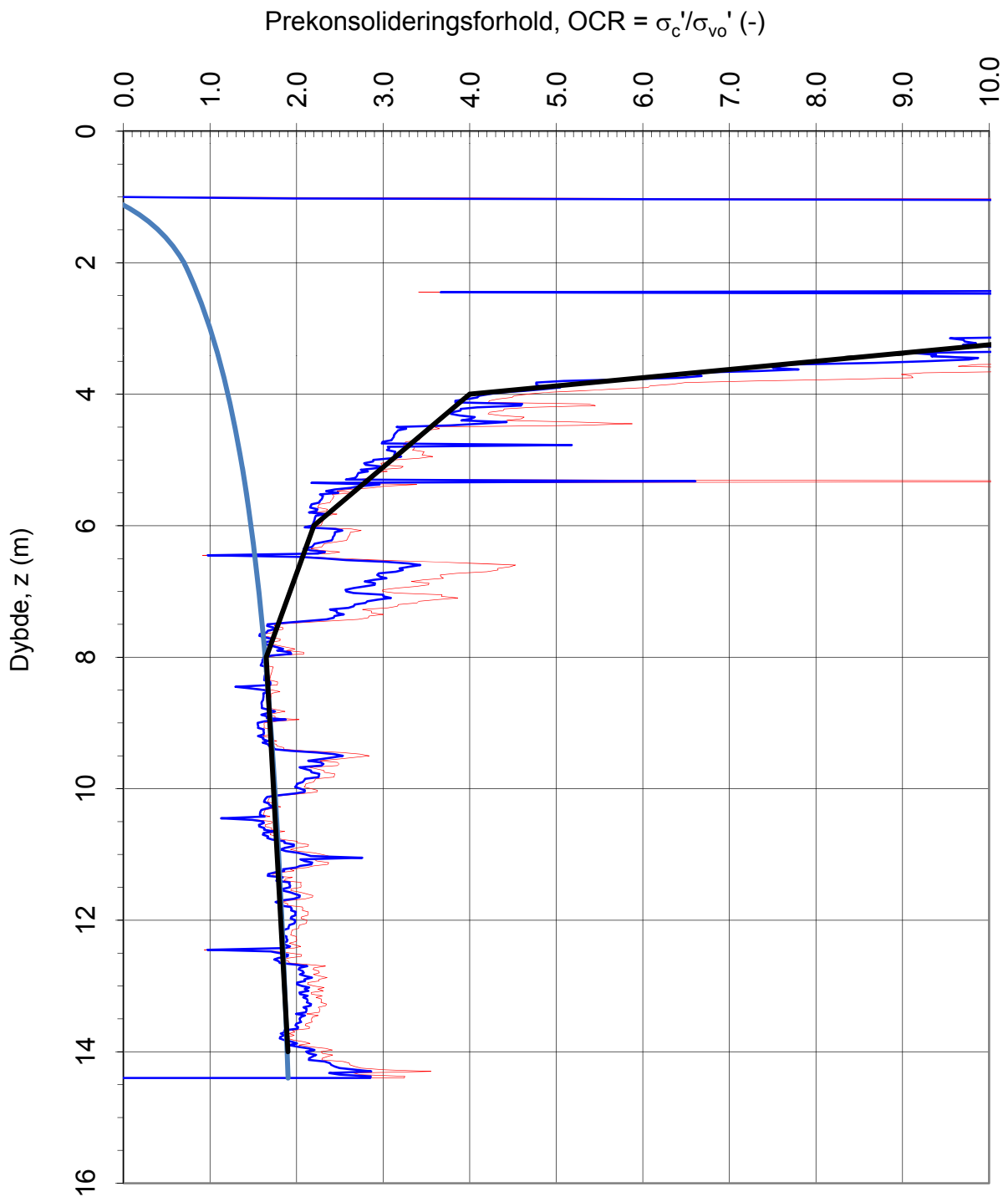
Programrevisjon:

14.08.2007

Rev.:

1





- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, spissmotstand
- Prekonsolideringsforhold OCR fra CPTU, poretrykk
- $\Delta p' = 60 + 12 \cdot (z - 8)$  kPa
- Design

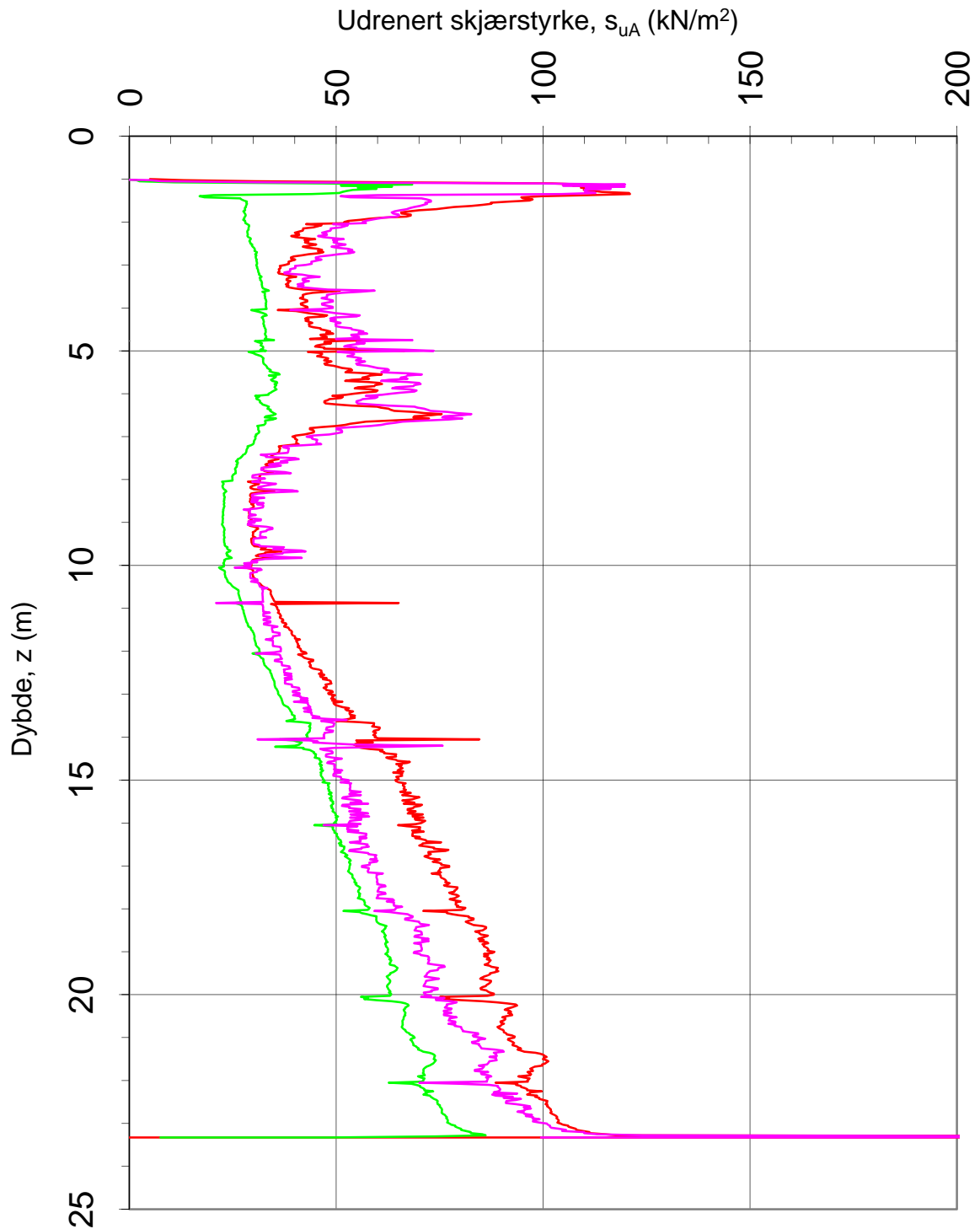
## NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



CPTU id.:	CPTU 18			
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	16.03.2009	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	145	14.08.2007	1



— suA,  $N_{kt}=f(B_q)=18.7-12.5B_q$

— suA,  $N_{Du}=f(St,OCR,Ip)=9.8-4.5\log OCR$

— suA,  $N_{Du}=f(B_q) = 1.8 + 7.25 B_q$

## NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



CPTU id.:

CPTU 18a\_Storaunet

**MULTICONSULT AS**

Dato:

28.01.2009

Tegnet:

EriT

Kontrollert:

ARV

Godkjent:

OÅ

Oppdrag nr.:

412498

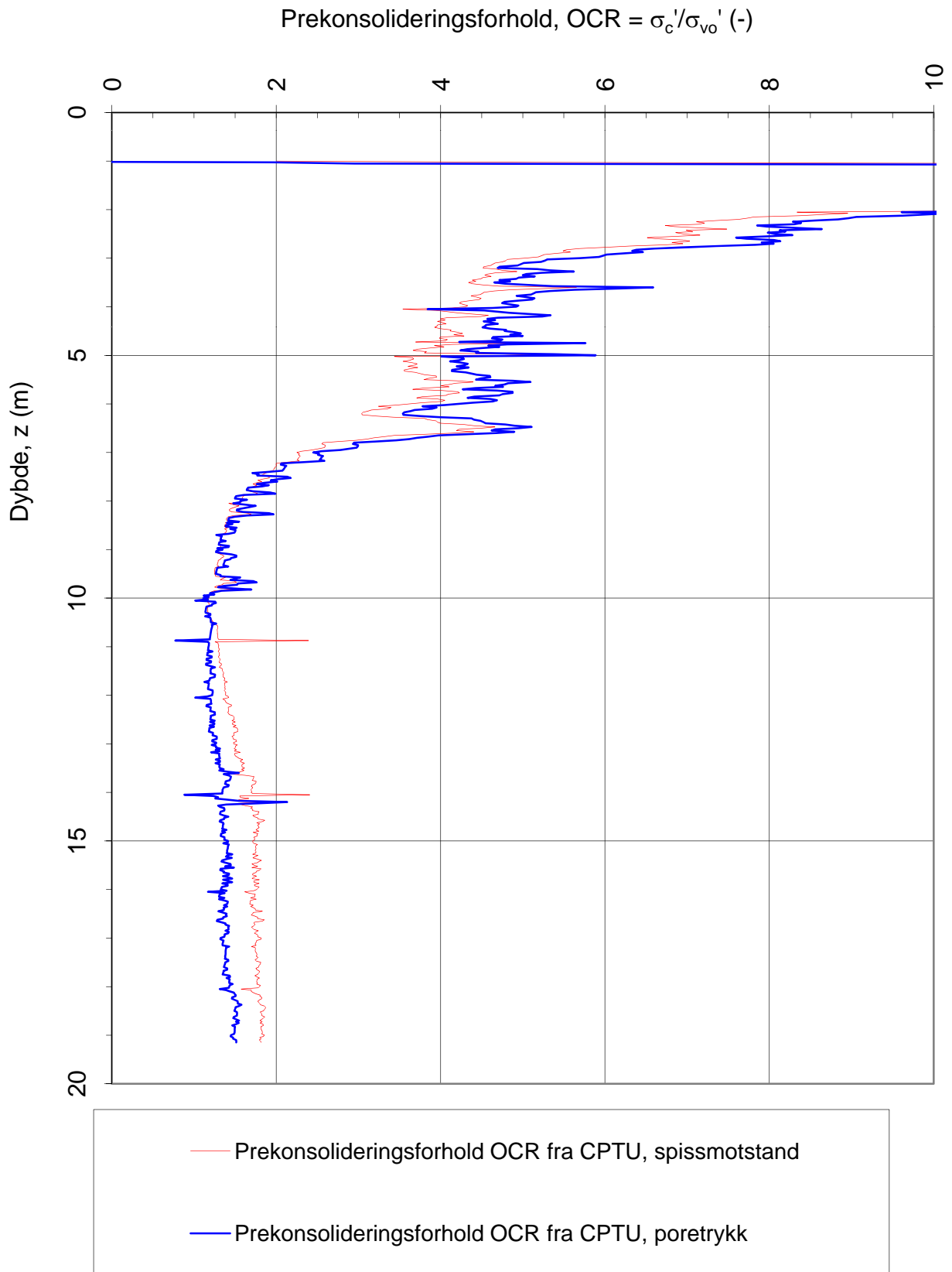
Tegning nr.:

146

Programrevisjon:

26.06.2007

Rev.:



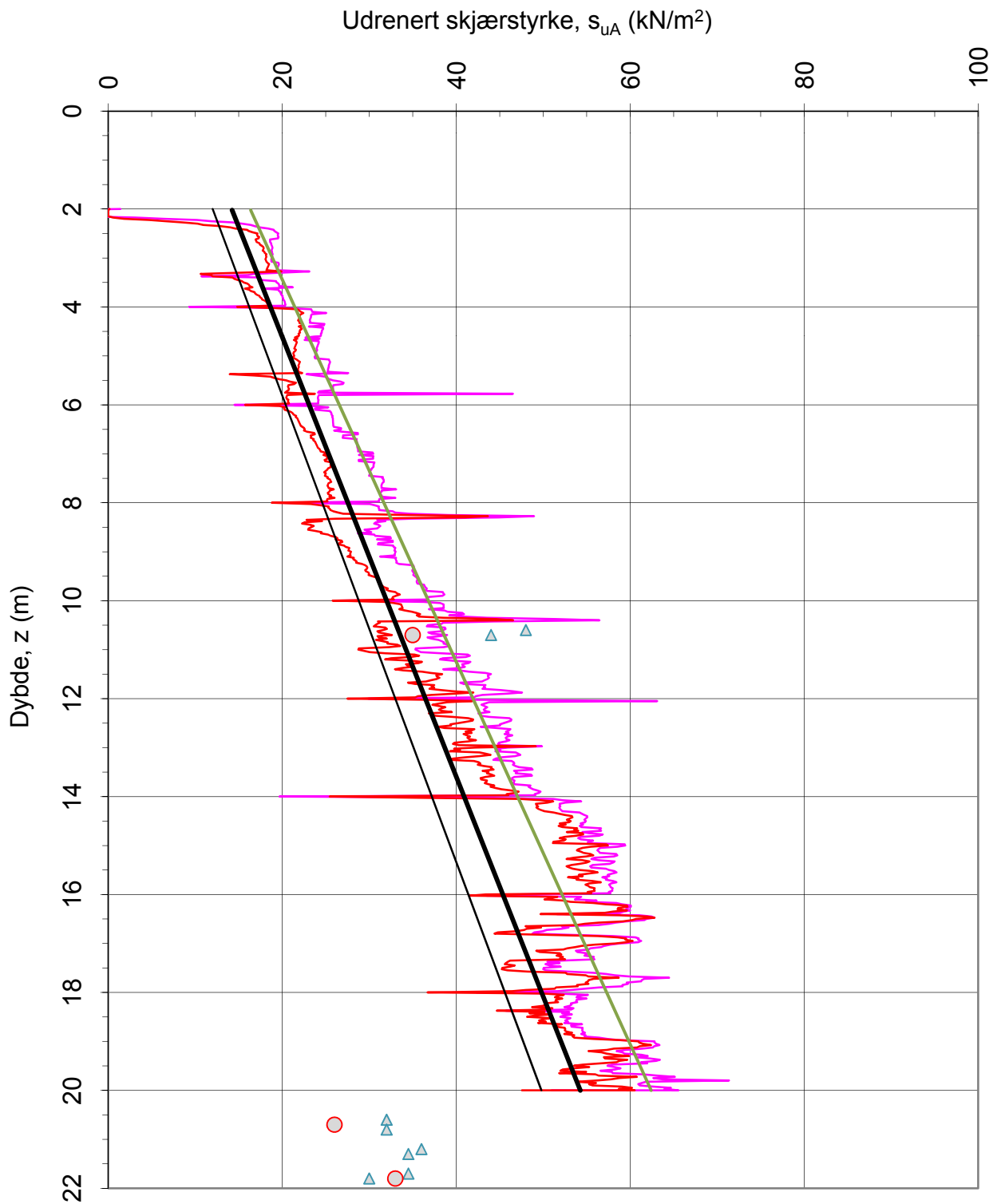
## NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

## Storaunet-S Tegningens filnavn:

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



<b>CPTU id.:</b>	CPTU 18a_Storaunet			
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	28.01.2009	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	147	26.06.2007	



- $s_{uA}$ ,  $N_{Du}=f(B_q)=1.8+7.25 B_q$
- $s_{uA}$ ,  $N_{du} = 9.8 - 4.5 \log OCR$
- $s_{uA}$ , NC,  $0,3p_o' (u - 13^*z)$
- ▲ 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 %

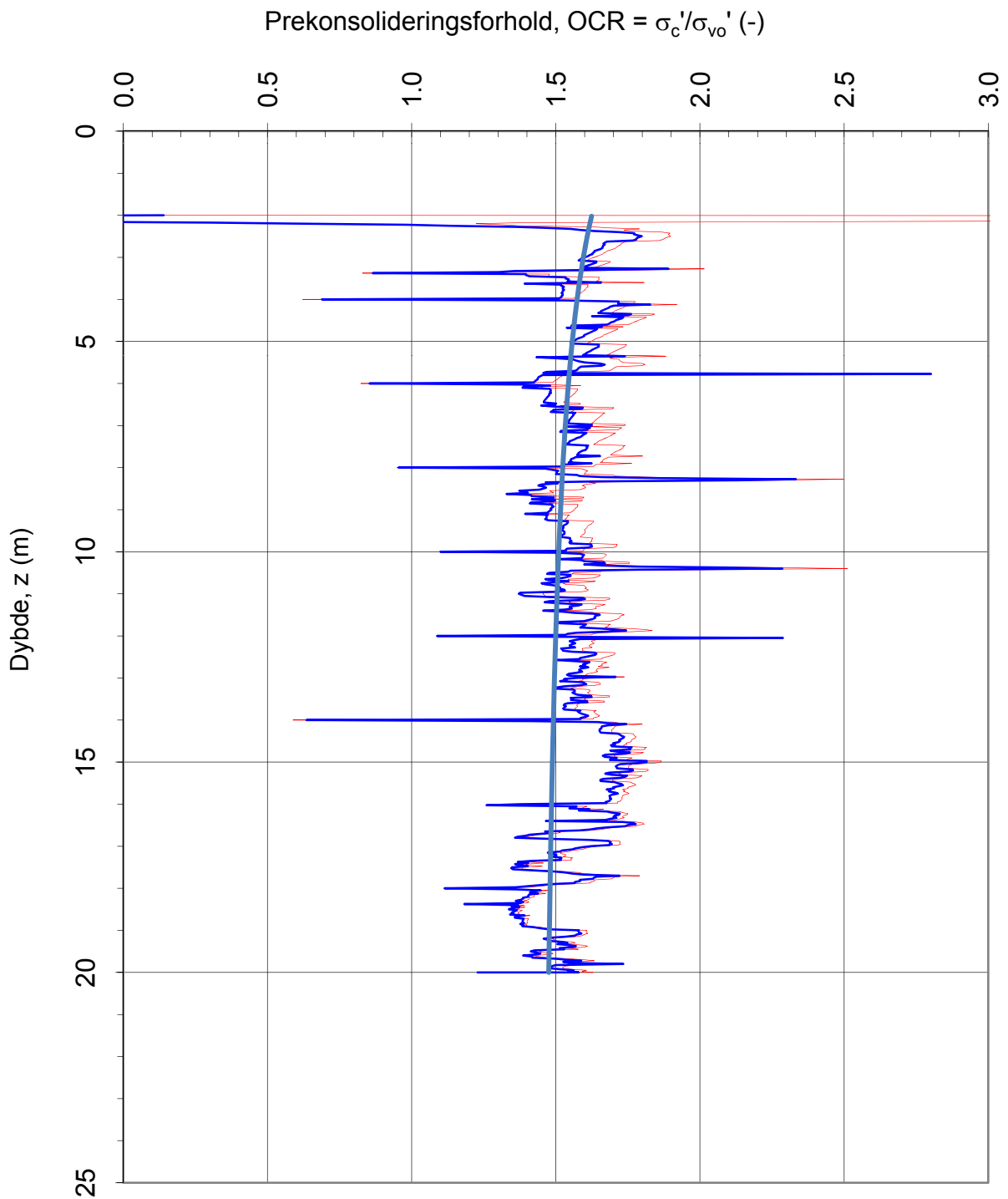
## NVE Kvikkleirekartl Rissa og Leksvik

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

Tegningens filnavn:



<b>CPTU id.:</b>	CPTU NGI 11_Storaunet			
<b>MULTICONSULT AS</b>	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

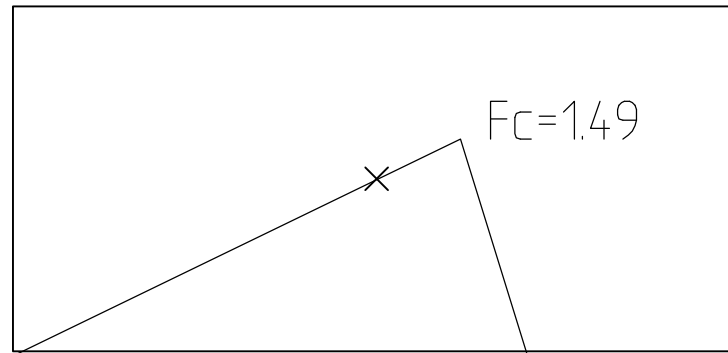
Spenningshistorie,  $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$ .

Tegningens filnavn:

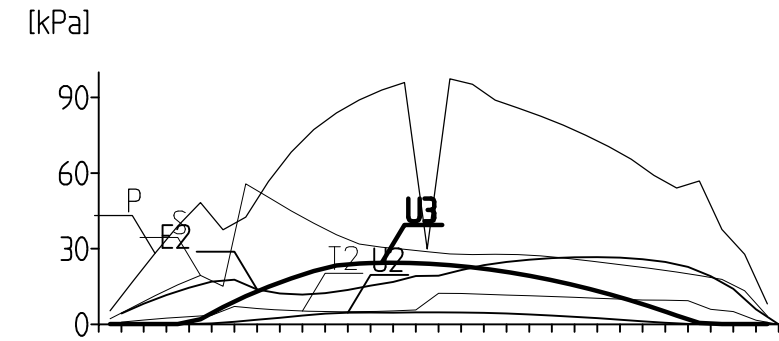
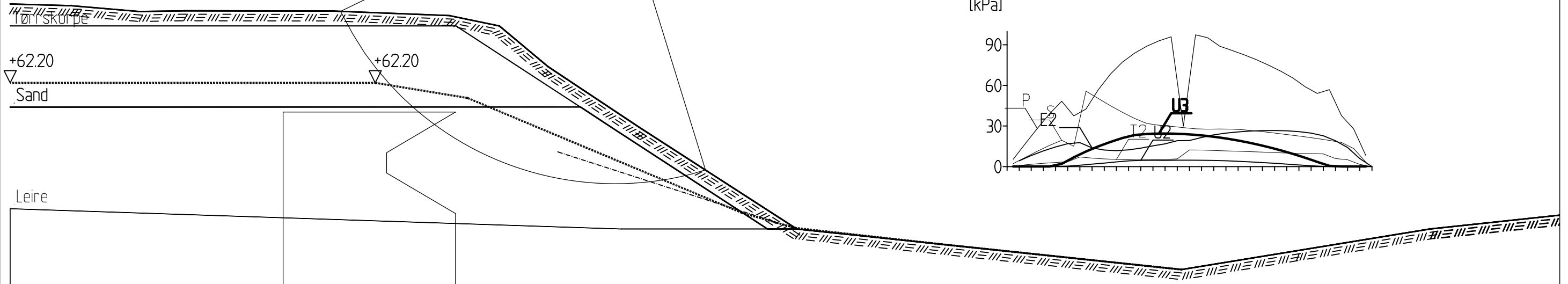


<b>CPTU id.:</b>	CPTU NGI 11_Storaunet			
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
	04.02.2009	EriT	ARV	OÅ
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Programrevisjon:	Rev.:
	412498	149	14.08.2007	

Search area (RTangent)

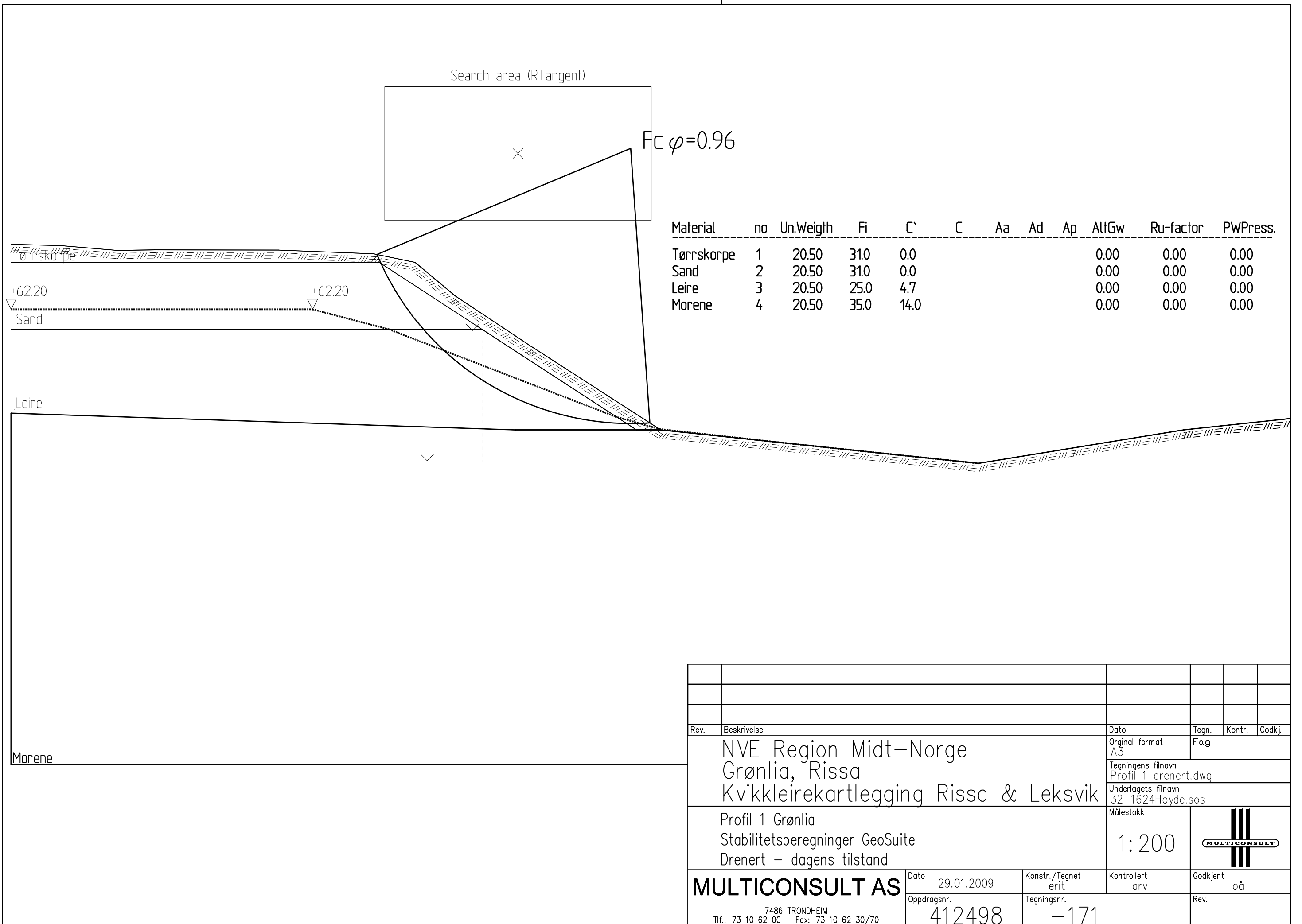


Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Tørrskorpe	1	20.50	31.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Sand	2	20.50	31.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire	3	20.50	---	---	C-profil	1.00	0.60	0.30	0.00	0.00	0.00
Morene	4	20.50	35.0	14.0					0.00	0.00	0.00



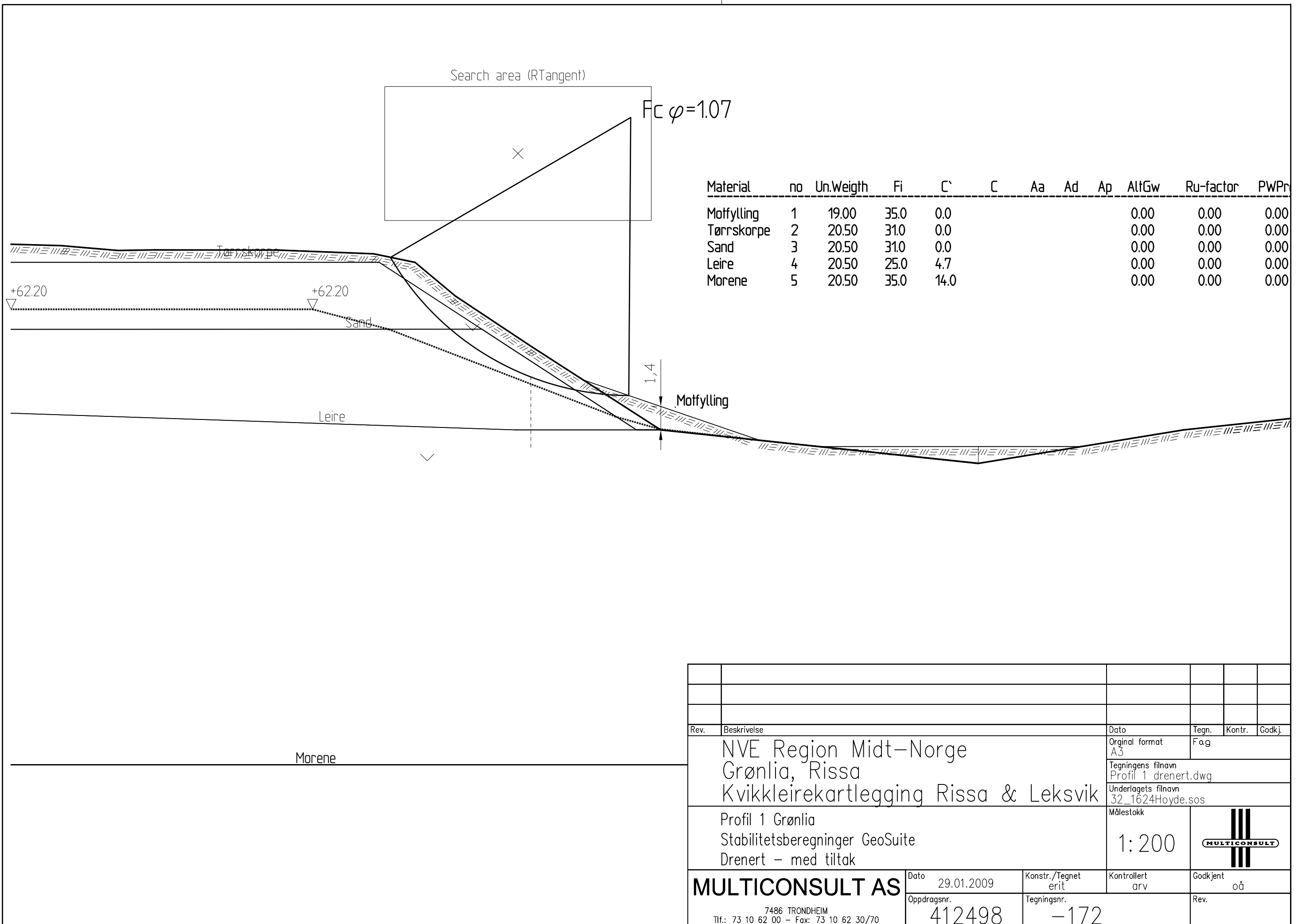
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90C [kPa]


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Grønlia, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	Original format A3	Fag		
	Profil 1 Grønlia Stabilitetsberegninger GeoSuite ADP-analyse	Tegningens filnavn Profil 1 Grønlia.dwg Underlagets filnavn 32_1624Hoyde.sos	Målestokk 1:200		
	<b>MULTICONSULT AS</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Dato 29.01.2009 Oppdragsnr. 412498	Konstr./Tegnet erit Tegningsnr. -170	Kontrollert arv	Godkjent oå Rev.



Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Tørrskorpe	1	20.50	31.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Sand	2	20.50	31.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire	3	20.50	25.0	4.7					0.00	0.00	0.00
Morene	4	20.50	35.0	14.0					0.00	0.00	0.00

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		
	<b>MULTICONSULT AS</b>	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.	

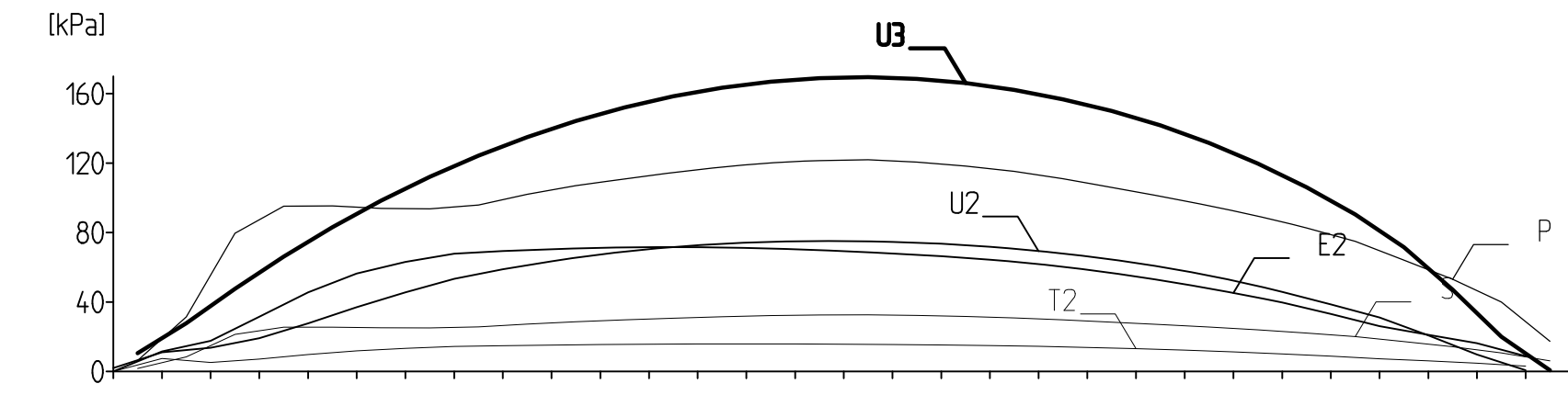


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Grønliå, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	Original format A3	Fag		
	Profil 1 Grønliå Stabilitetsberegninger GeoSuite Drenert - med tiltak	Tegningens filnavn Profil 1 drenert.dwg			
		Underlagets filnavn 32_1624Hoyde.sos			
	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



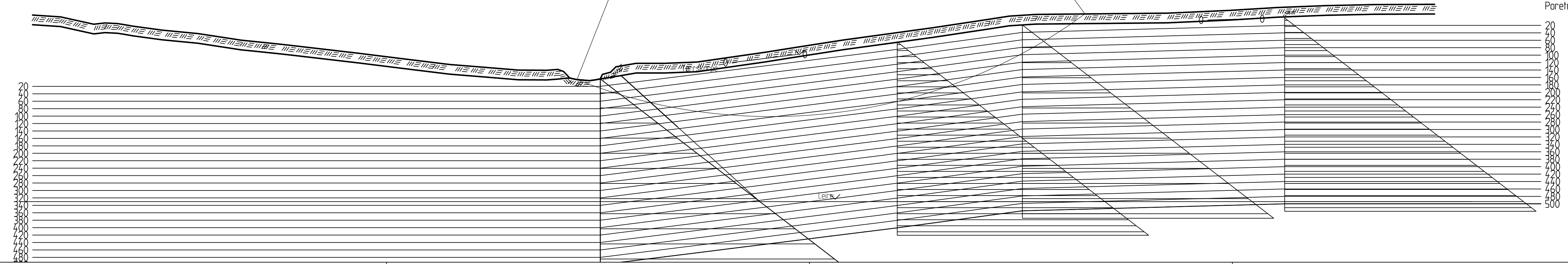
$F_c \phi = 1.74$

Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Tørsskorpe	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



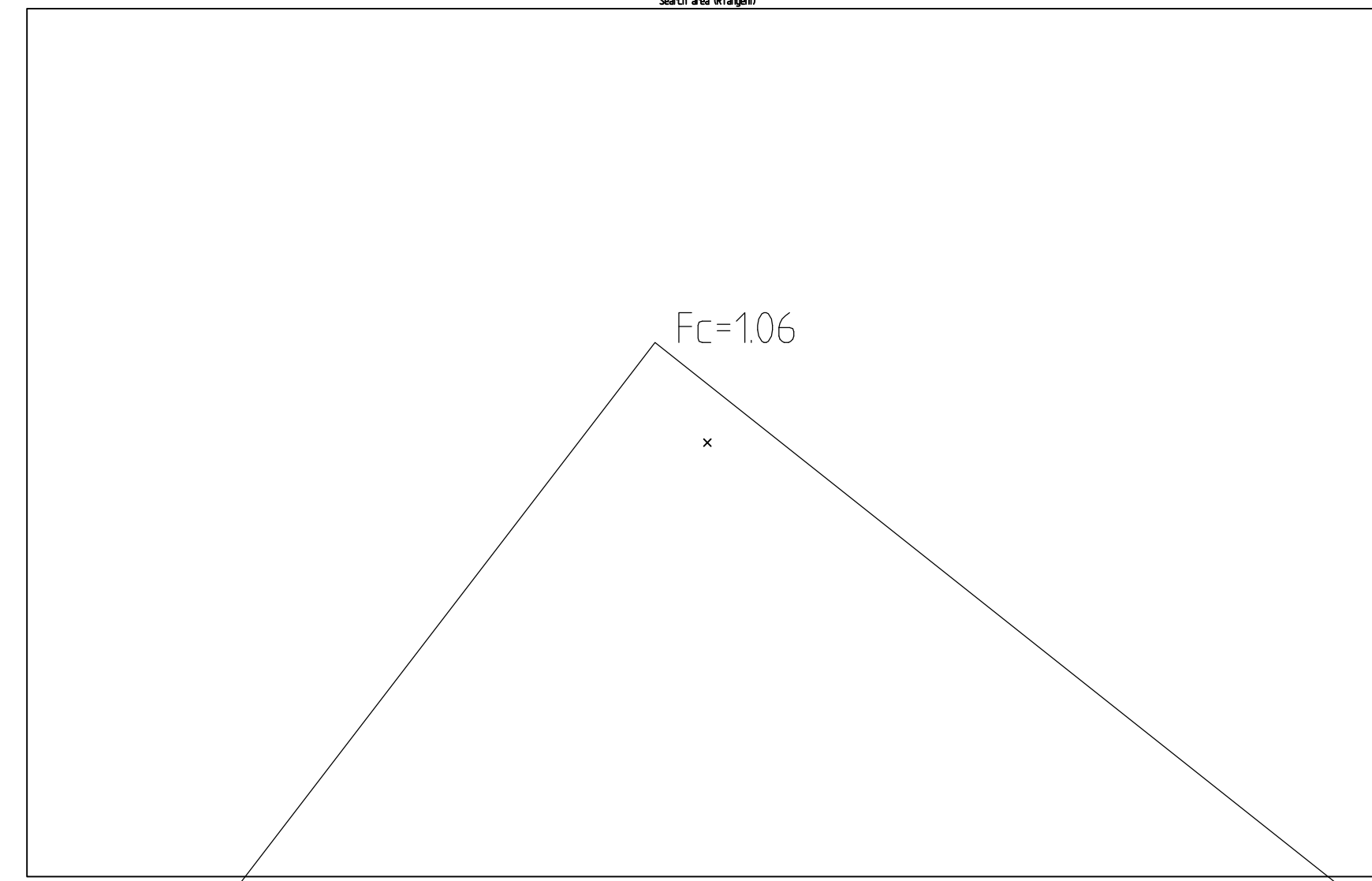
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295

Profil 1

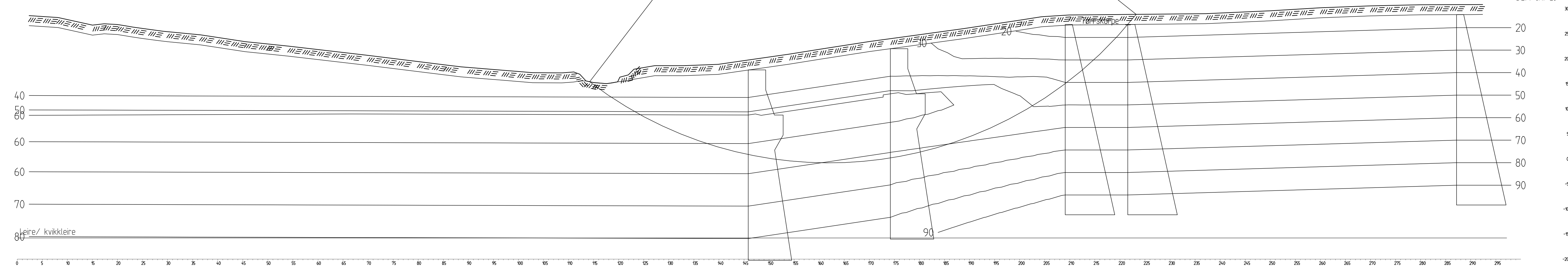
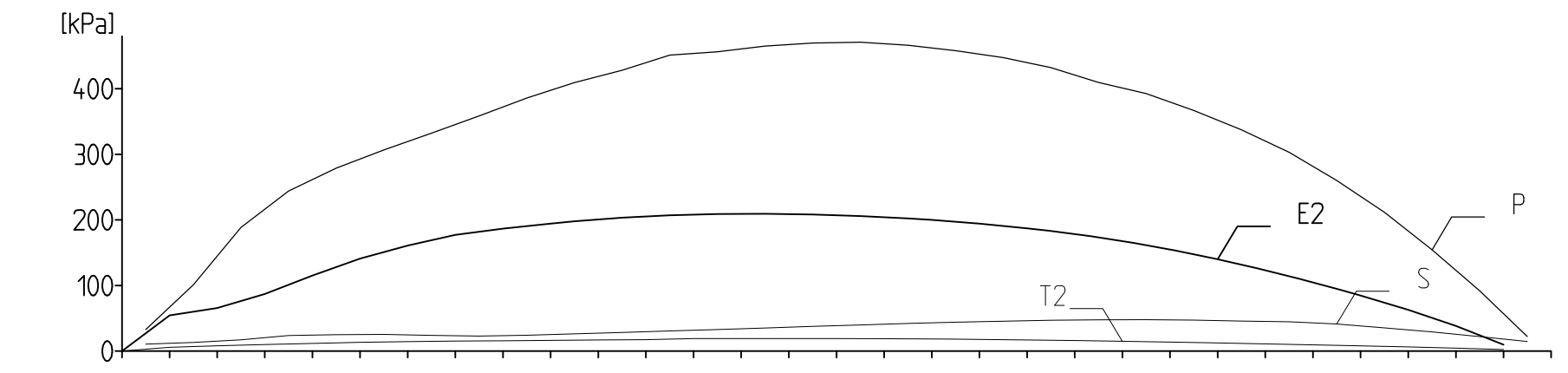


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	06.02.2009	Fag		
	Stabilitetsberegning GeoSuite Profil 1 Storaunet-Skei Effektivspenningsanalyse				
	Målestokk 1:500				
	<b>MULTICONSULT AS</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62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

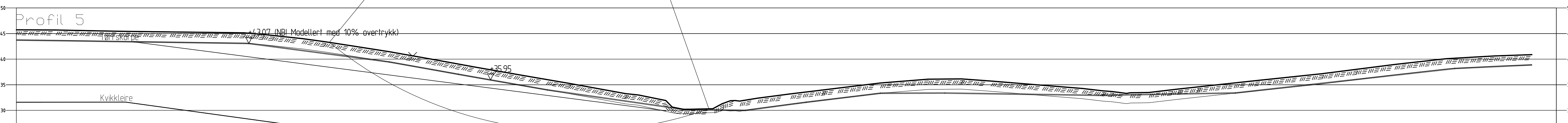
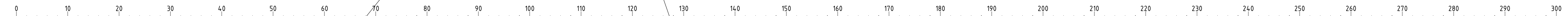
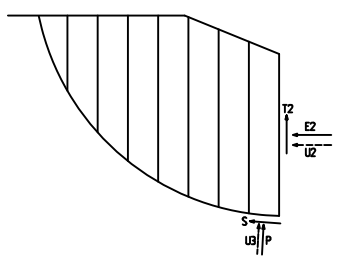
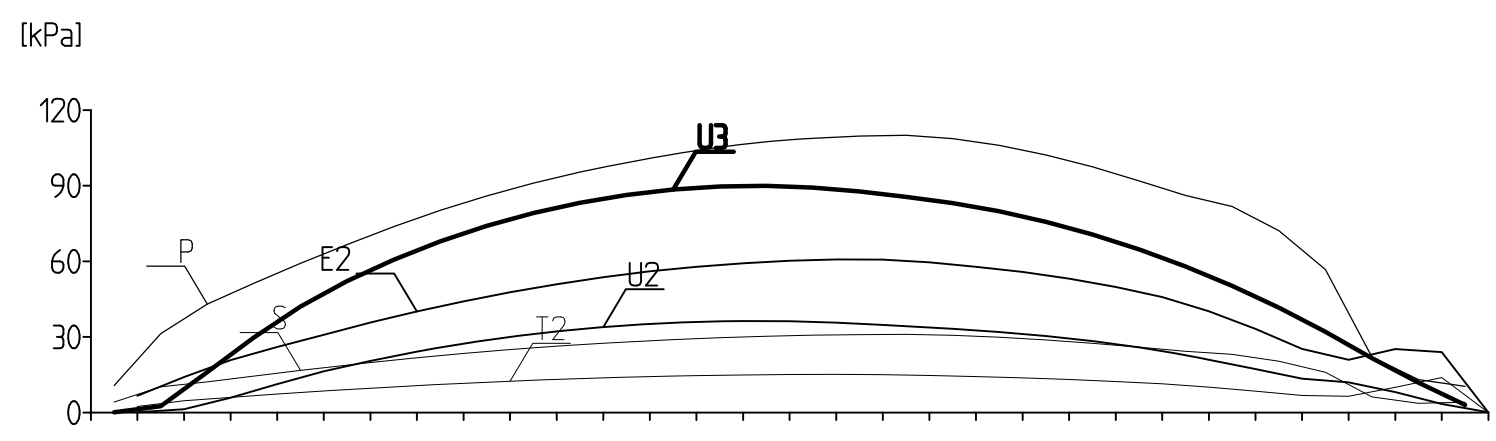
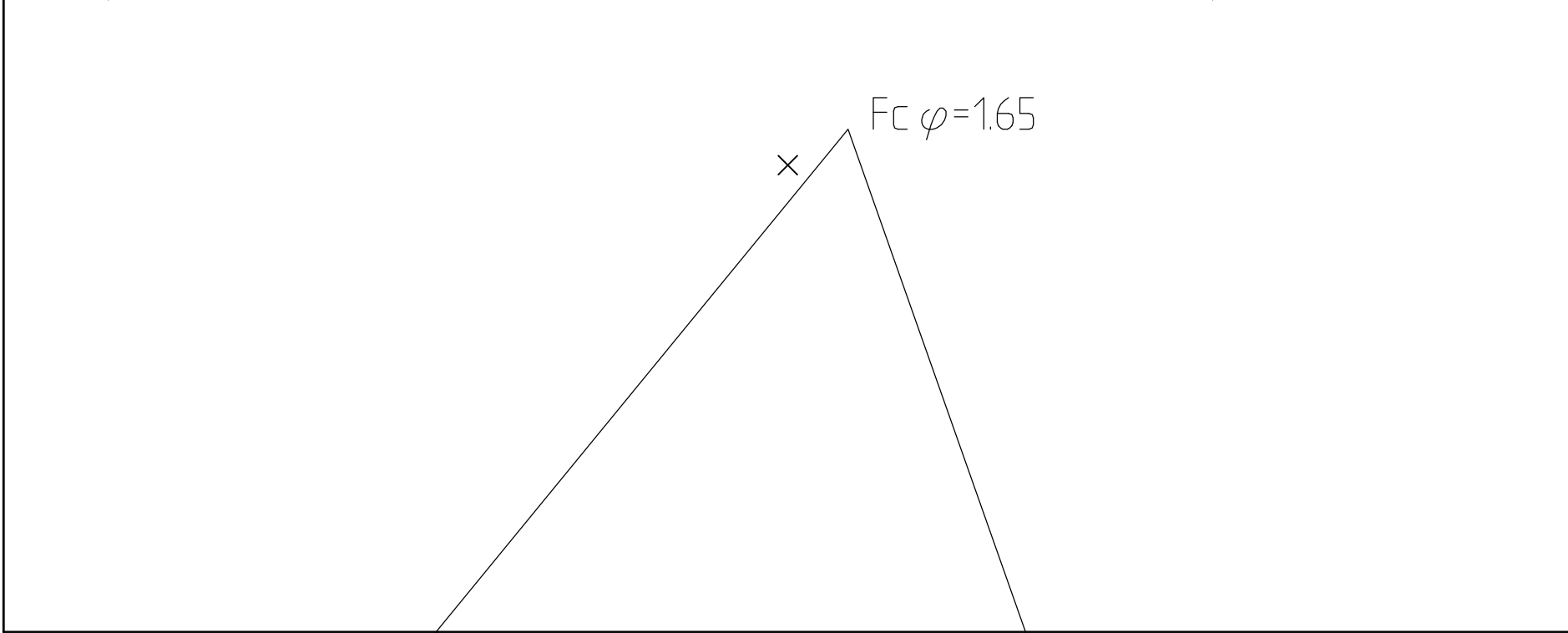
Search area (Ritzgen)



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



1		16.03.2009	erit	arv	oå
Rev.	10% poreovertrykk hensyntatt	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Region Midt-Norge		Original format	Fag		
Storaunet-Skei, Rissa		Tegningens filnavn	Profil_1_ADP.dwg		
Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik		Underlagets filnavn			
Stabilitetsberegning GeoSuite		Målestokk	1:400		
Profil 5 Storaunet-Skei					
Drenert analyse m/ 10% poreovertrykk					
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
7486 TRONDHEIM		16.03.2009	erit	arv	oå
Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		412498	-175		01

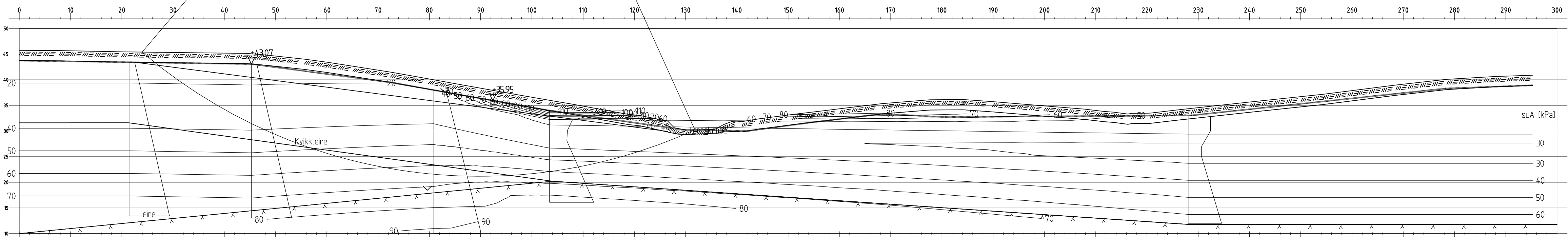
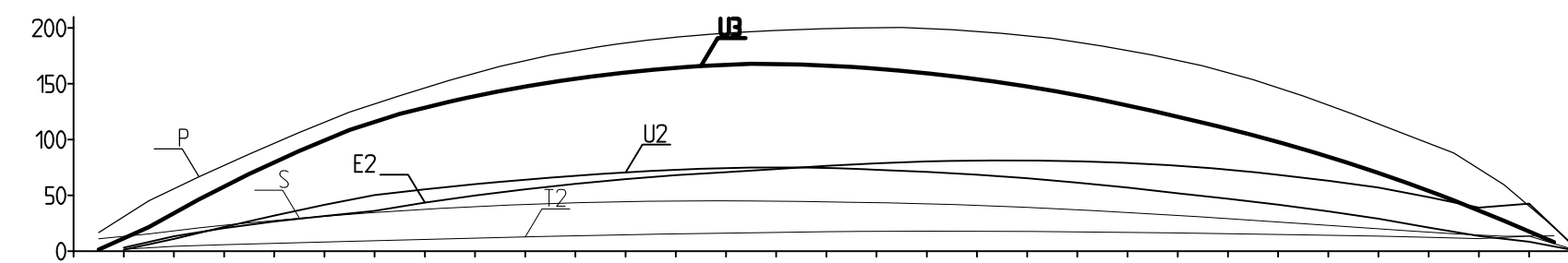
Profil 5

Material	no	Un	Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress
Tannskorpe	1	20.00	330	0.0						0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	2	20.00	---	---	C-profil	100	0.60	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
Leire	3	20.00	---	---	C-profil	100	0.60	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00

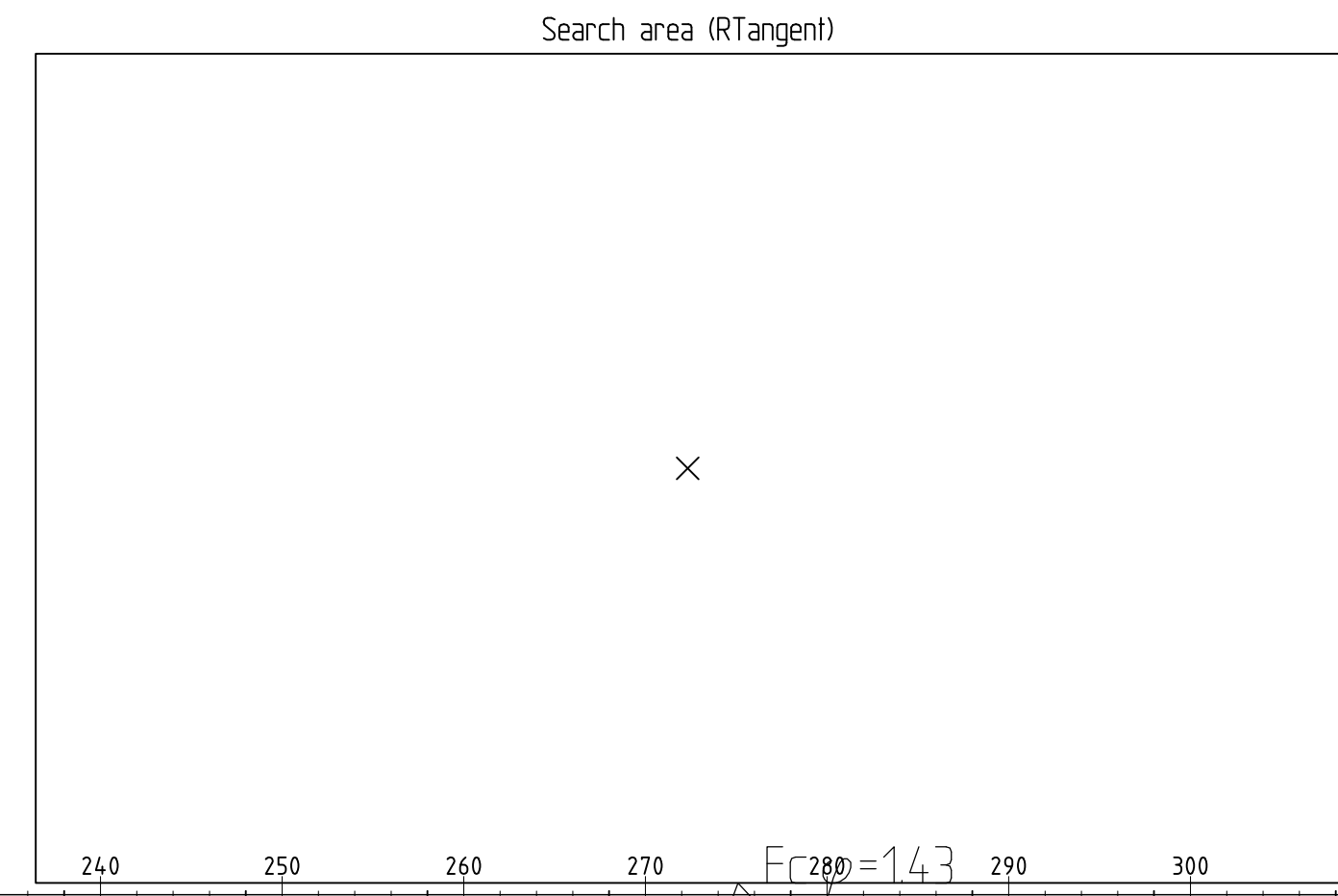
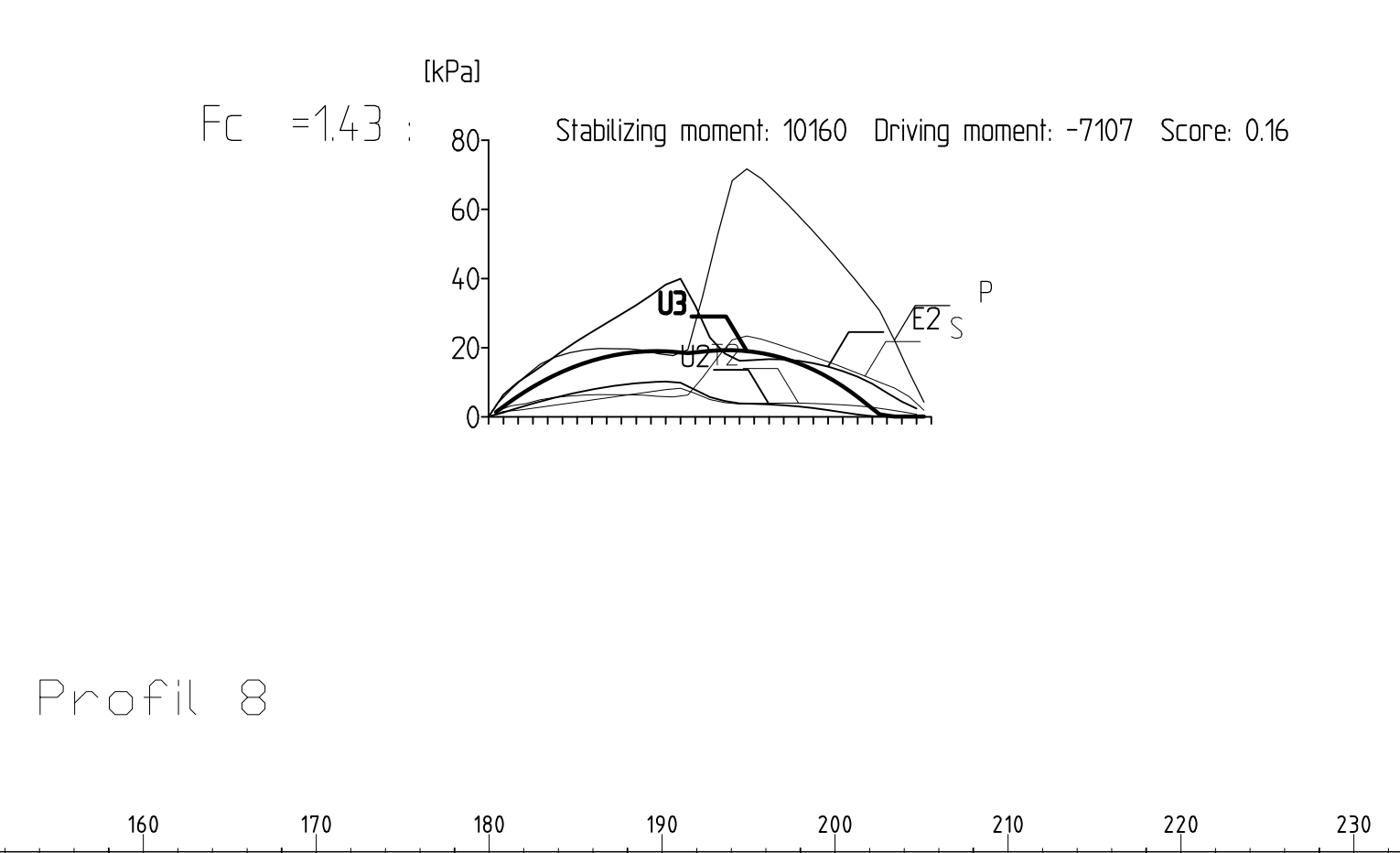
Fc=0.99

x

[kPa]

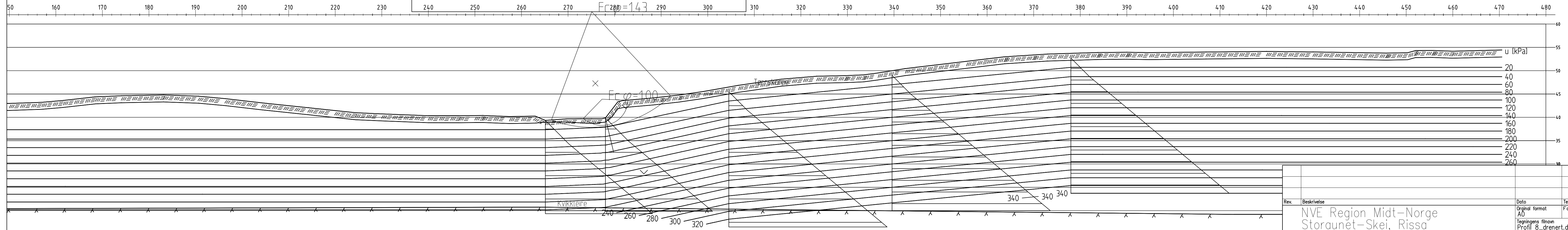


01	10% poreovertrykk hensyntatt	16.03.2009	erit	arv	oå
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik		Original format A0	Fag		
Stabilitetsberegning GeoSuite Profil 5 Storaunet-Skei ADP-analyse		Målestokk 1:400			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 06.02.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -176	Rev.	01



Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Tørnskorpe	1	20.00	33.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	2	20.00	25.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Berg											

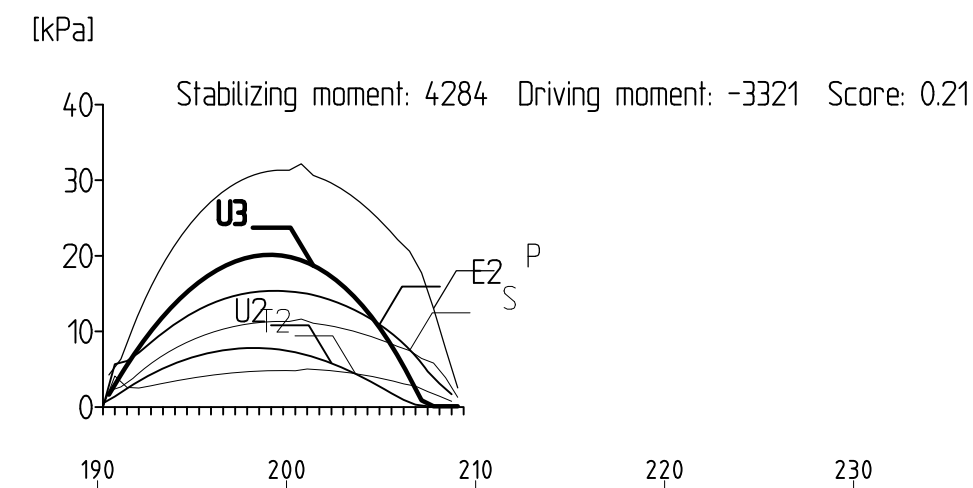
Profil 8



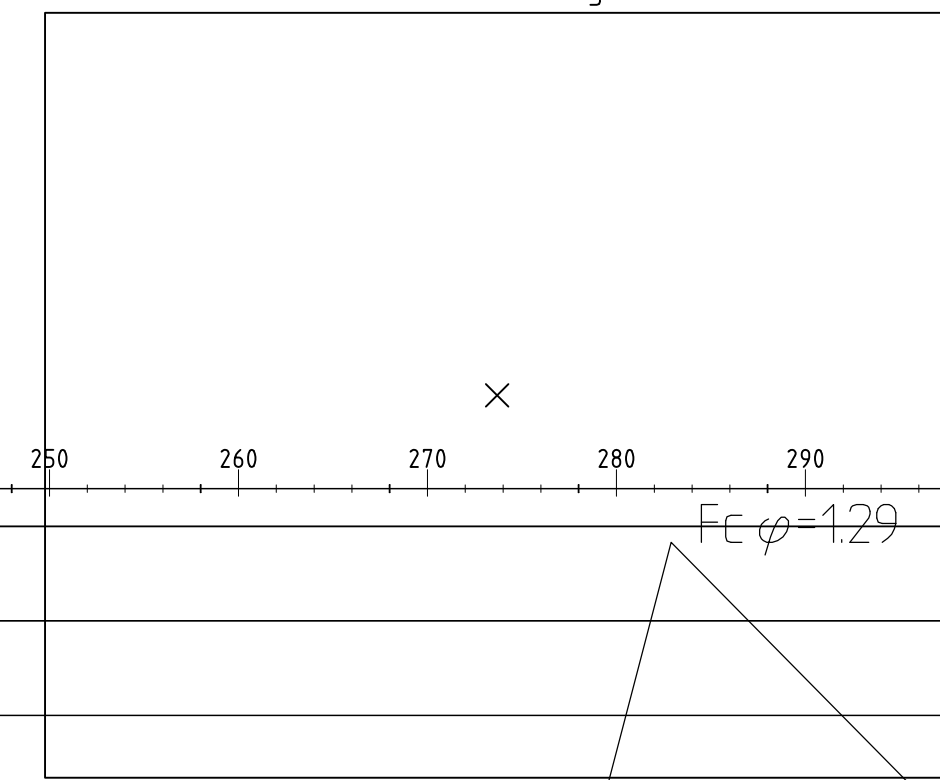
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	Original format AO	Fag		
	Stabilitetsberegning GeoSuite Profil 8 Storaunet-Skei Drenert analyse	Tegningens filnavn Profil 8_drenert.dwg	Målestokk 1:400	Godkjent oå	
	MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Dato 09.02.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -177	Rev.	



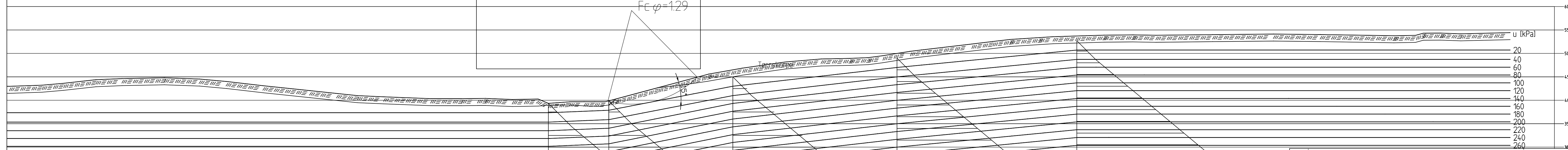
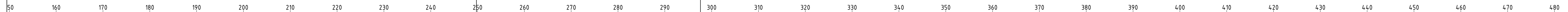
Profil 8



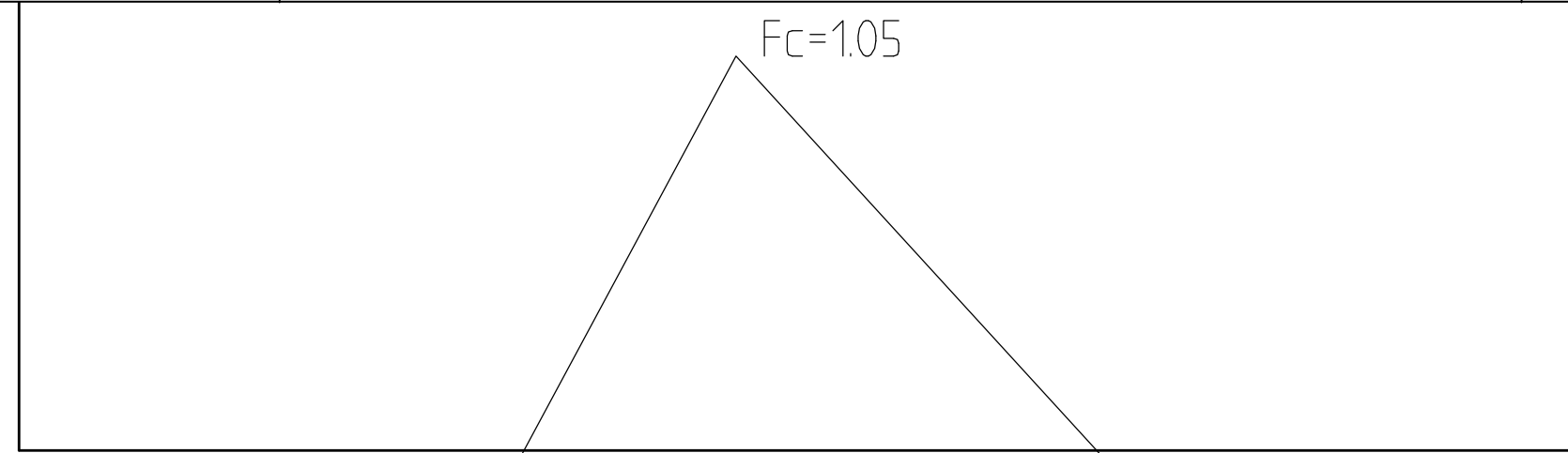
Search area (RTangent)



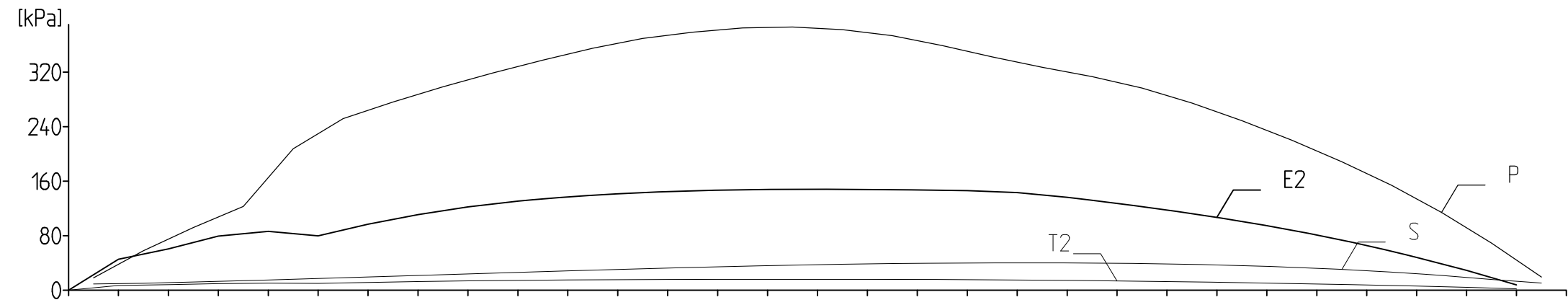
Material	no	Un.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Tørnskorpe	1	20.00	33.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	2	20.00	25.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Berg											



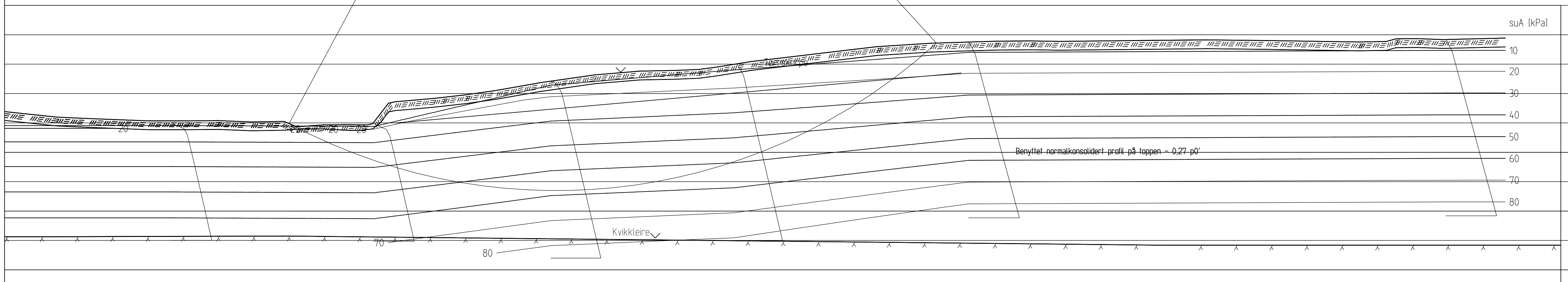
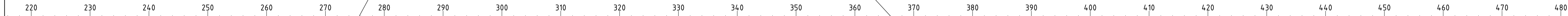
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	10.02.2009			
	Stabilitetsberegning GeoSuite Profil 8 Storaunet-Skei Drenert analyse med tiltak				
	Målestokk 1:400				
	MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 412498	Konstr./Tegnet erit Tegningsnr. -177b	Kontrollert arv	Godkjent oå Rev.



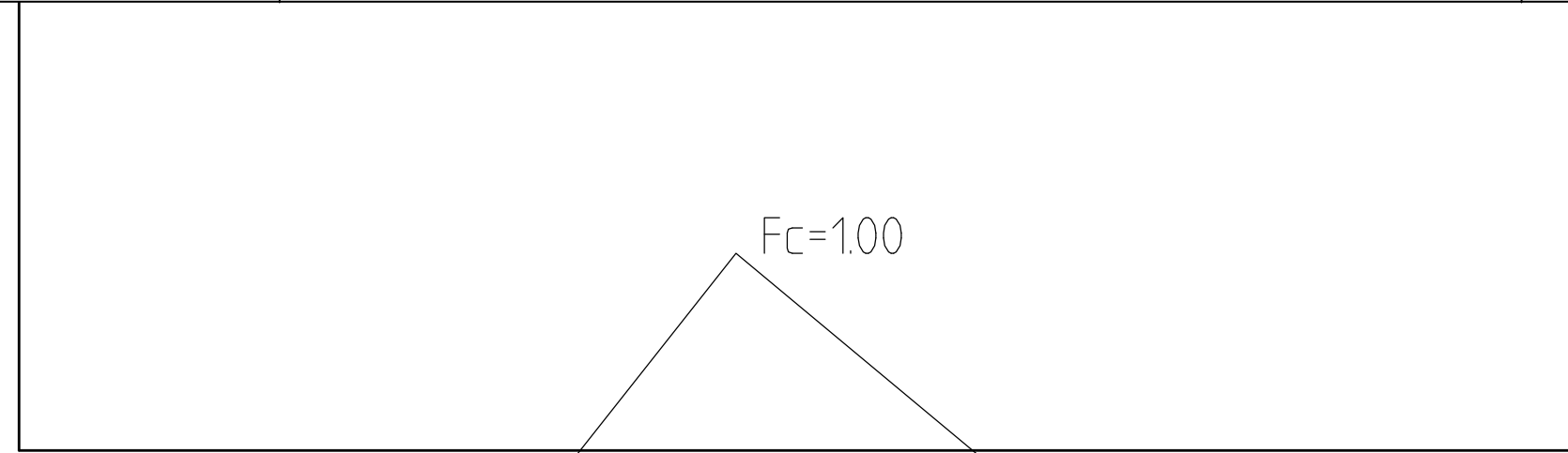
Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress
Tørrskorpe	1	20.00	33.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	2	20.00	---	---	C-profil	1.00	0.60	0.30	0.00	0.00	0.00
Berg											



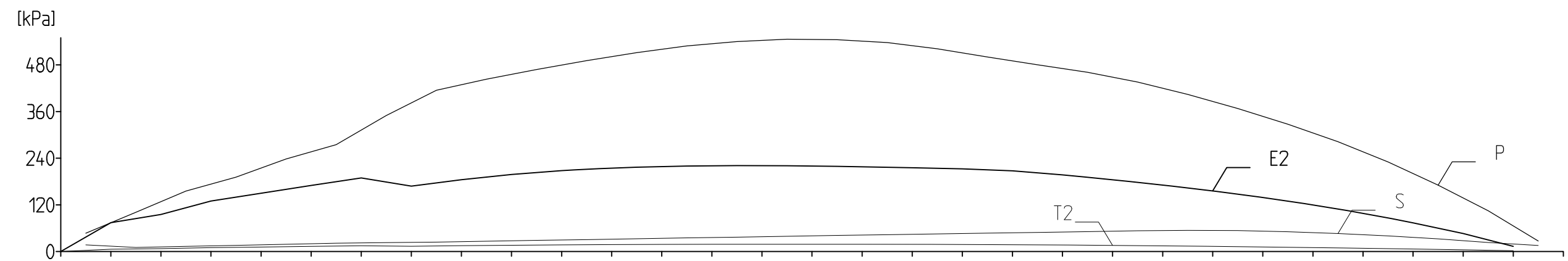
Profil 8



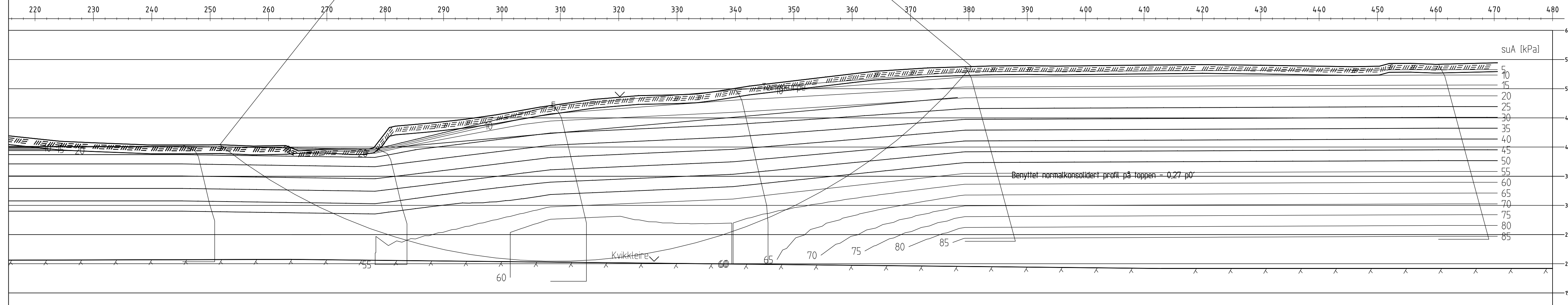
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	Original format A0	Fag		
	Stabilitetsberegning GeoSuite Profil 8 Storaunet-Skei ADP-analyse - su tolket økende i dybden	Tegningens filnavn Profil 8_ADP 1.dwg	Målestokk 1:400		
	<b>MULTICONSULT AS</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Dato 09.02.2009	Konstr./Tegnet erit	Kontrollert arv	Godkjent oå
		Oppdragsnr. 412498	Tegningsnr. -178a	Rev.	



Material	no	Un.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress
Tørrskorpe	1	20.00	33.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	2	20.00	---	---	C-profil	1.00	0.60	0.30	0.00	0.00	0.00
Berg											



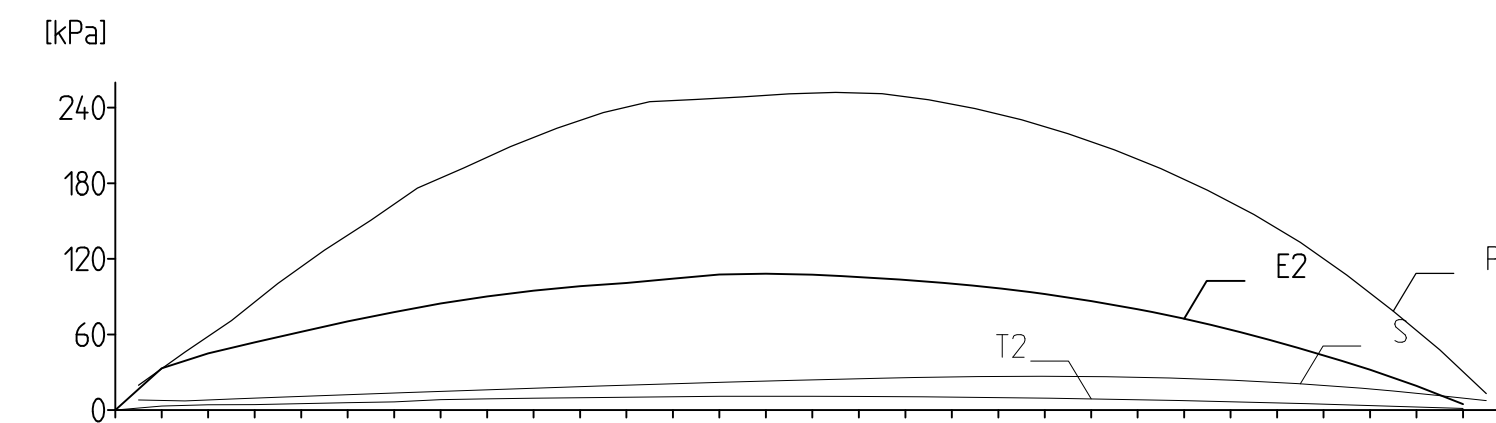
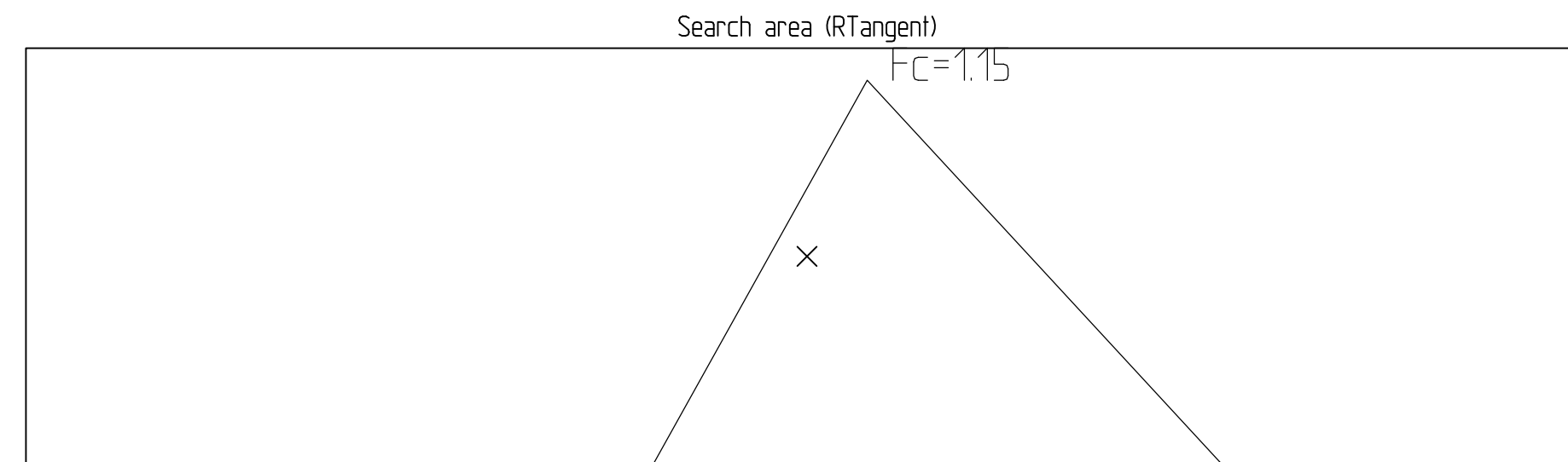
Profil 8



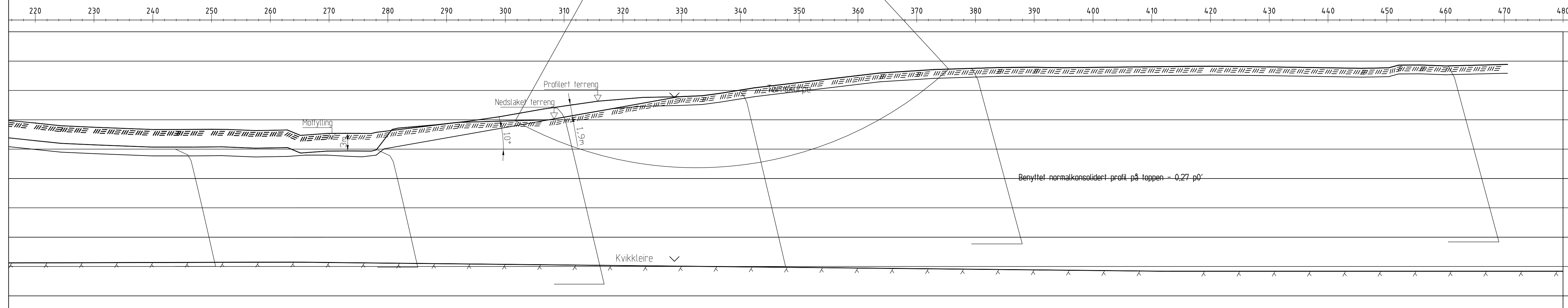
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	09.02.2009			
	Stabilitetsberegning GeoSuite Profil 8 Storaunet-Skei ADP-analyse - su tolket konstant i dybden				
	Målestokk 1:400				
	<b>MULTICONSULT AS</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 412498	Konstr./Tegnet erit Tegningsnr. -178b	Kontrollert arv	Godkjent oå Rev.



Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress
Tørreskorpe	1	20.00	33.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	2	20.00	---	---	C-profil	1.00	0.60	0.30	0.00	0.00	0.00
Berg											



Profil 8

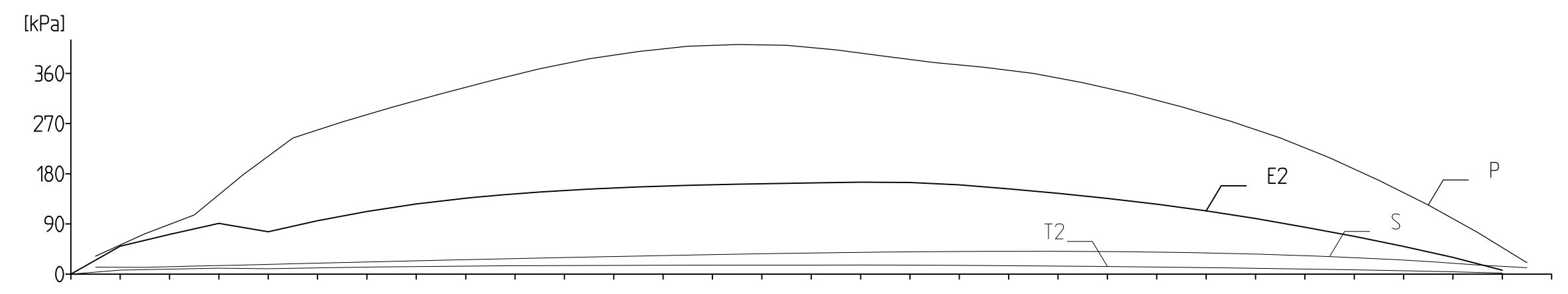


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	Original format A0	Fag		
	Stabilitetsberegning GeoSuite Profil 8 Storaunet-Skei ADP-analyse - økende su med tiltak	Tegningens filnavn Profil 8_med tiltak.dwg	Målestokk 1:400		
	<b>MULTICONSULT AS</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Dato 11.02.2009	Oppdragsnr. 412498	Konstr./Tegnet erit Tegningsnr. -178c	Godkjent oå Rev.

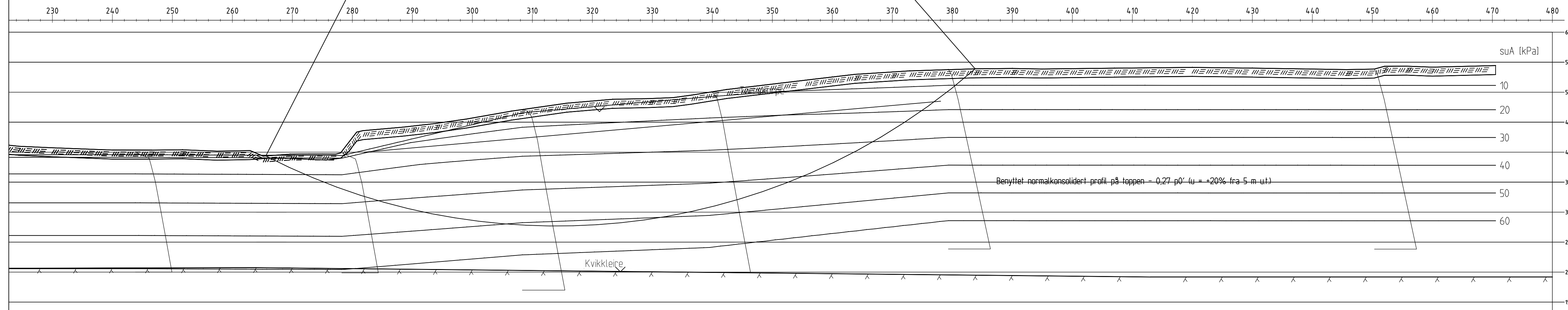
$F_c=0.92$

x

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Tørreskorpe	1	20.00	33.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Kvikkleire	2	20.00	---	---	C-profil	1.00	0.60	0.30	0.00	0.00	0.00
Berg											

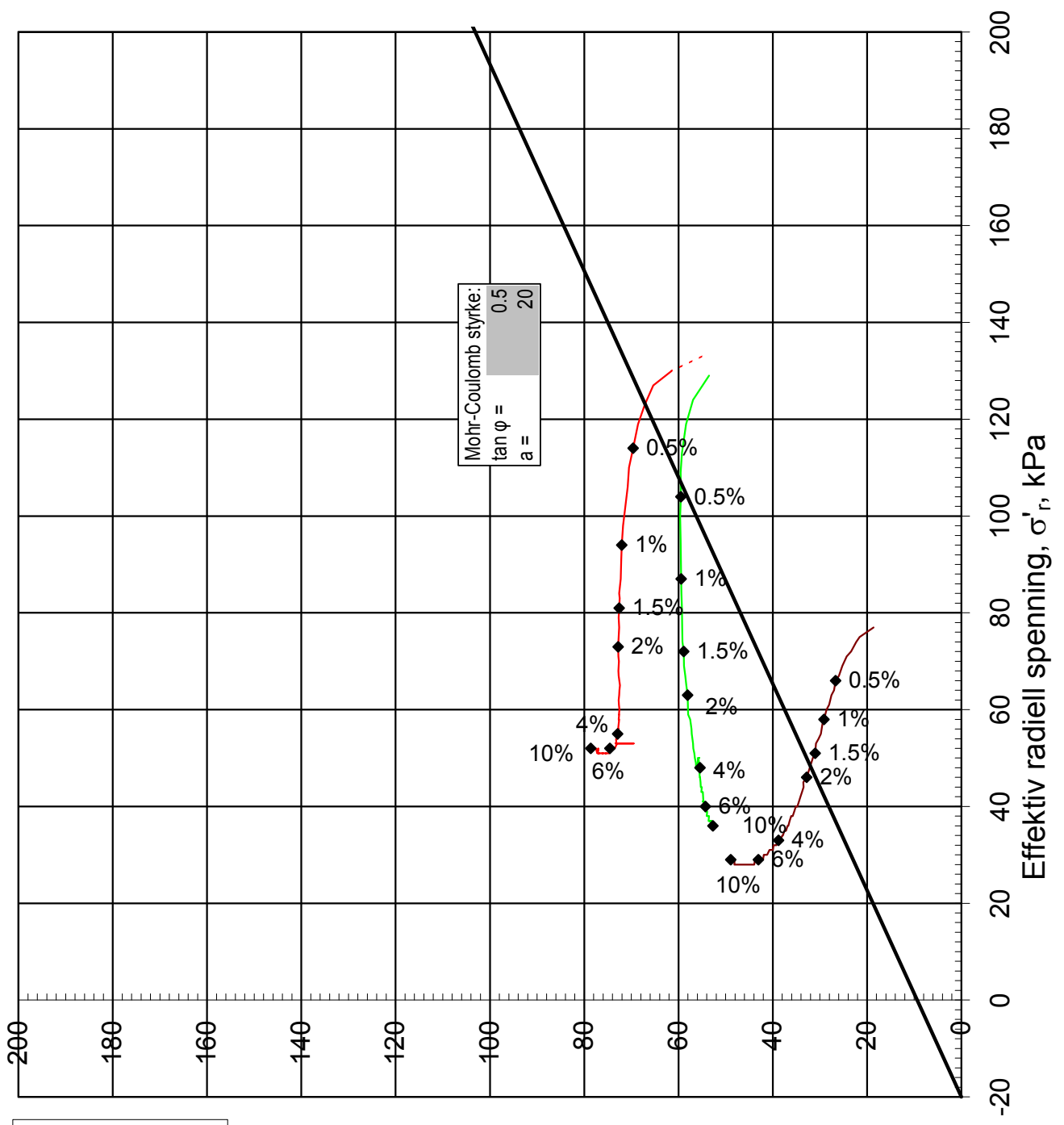


Profil 8



Kvikkleire

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE Region Midt-Norge Storaunet-Skei, Rissa Kvikkleirekartlegging Rissa & Leksvik	17.03.2009	AO	Fag	
	Stabilitetsberegning GeoSuite Profil 8 Storaunet-Skei ADP-analyse - su tolket økende i dybden med u +20 %				
	Målestokk 1:400				
	<b>MULTICONSULT AS</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 412498	Konstr./Tegnet erit Tegningsnr. -178d	Kontrollert arv	Godkjent oå Rev.



- BH 10 - 9,5 m
- BH 10 - 21,4 m
- BH 3 - 22,5 m

<b>Kvikkleirekartlegging Rissa, Storaunet-Skei</b> NVE Region Midt-Norge TREAKSIALFORSØK Aktivt, deviatorspenningssti samleplott			Tegningens filnavn: 3_22,50_treks.xls
<b>MULTICONSULT AS</b> Sluppenvegen 23, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Serie 3 & 10	Dvbde 9.5-22.5	Testnr.
	Dato: 25.01.2008	Kontrollert: OAF	Godkjent: OÅ
	Oppdrag nr.: 412498	Tegning nr.: 180	Tegnet: EriT



# Vedlegg A.1 Profil 1 Grønlia drenert analyse

## REPORT

01/28/2009

**User:** MULTICONSULT AS  
**Title:** Grønlia - 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

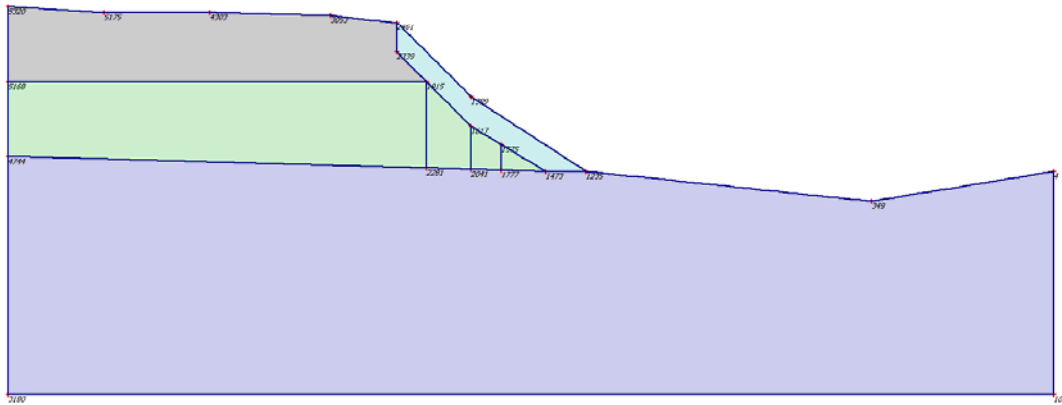


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

## 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

<b>Mohr-Coulomb</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
		<b>Sand - tan phi = 0.6</b>	<b>Morene</b>	<b>Tørrskorpeleire - drenert</b>	<b>Leire 1 - drenert</b>
<b>Type</b>		Drained	Drained	Drained	Drained
$\gamma_{unsat}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	20.50	20.50	20.50	20.50
$\gamma_{sat}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>2</sup> ]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
$\nu$	[-]	0.200	0.200	0.200	0.200
$G_{ref}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	2083.333	2083.333	2083.333	2083.333
$E_{oed}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	5555.556	5555.556	5555.556	5555.556
$c_{ref}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.00	14.00	30.00	4.66
$\phi$	[°]	31.00	35.00	31.00	25.00
$\psi$	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
$E_{inc}$	[kN/m <sup>2</sup> /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
$y_{ref}$	[m]	0.000	0.000	0.000	0.000
$c_{increment}$	[kN/m <sup>2</sup> /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
$T_{str.}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>Interface</b>		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral
<b>permeability</b>					

## 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

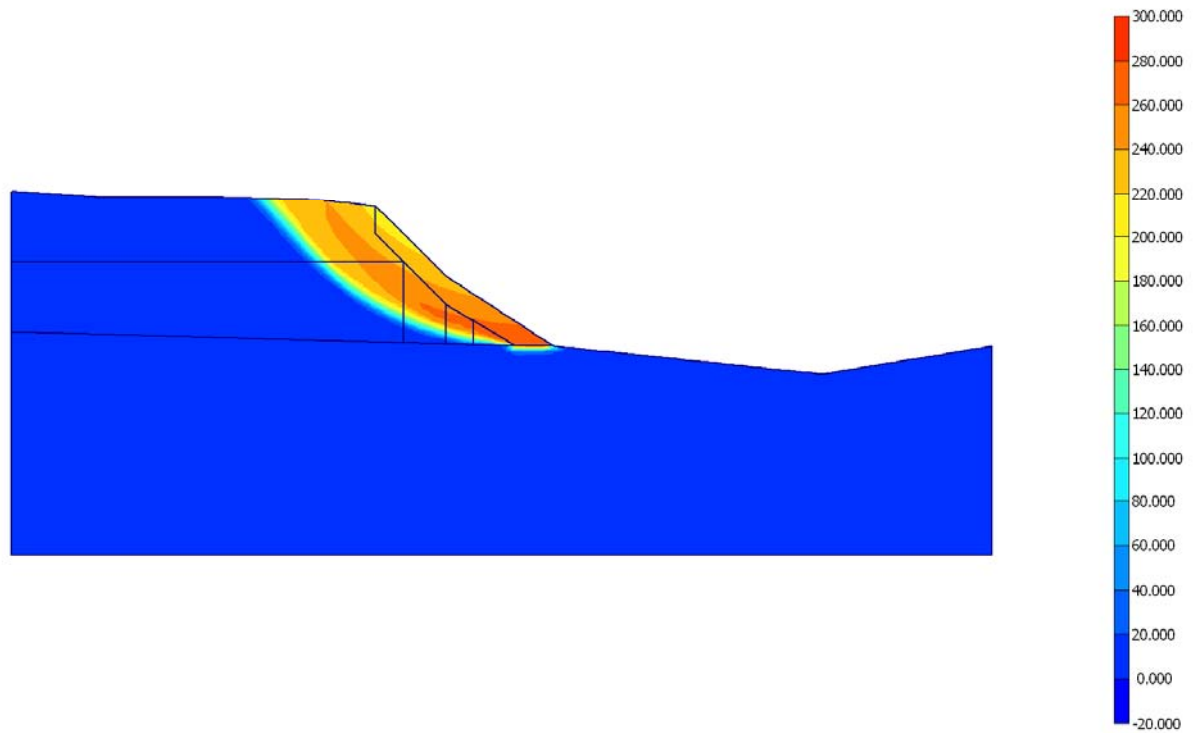
Ph-No.	Displ.	Load A	Load B	Weight	Accel	Time	s-f
0	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000
2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.9812



## 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

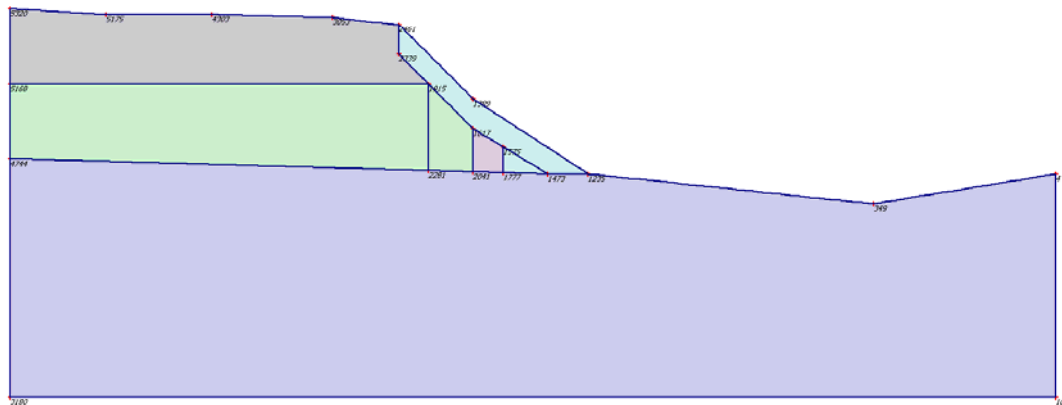


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

### 3. Mesh data

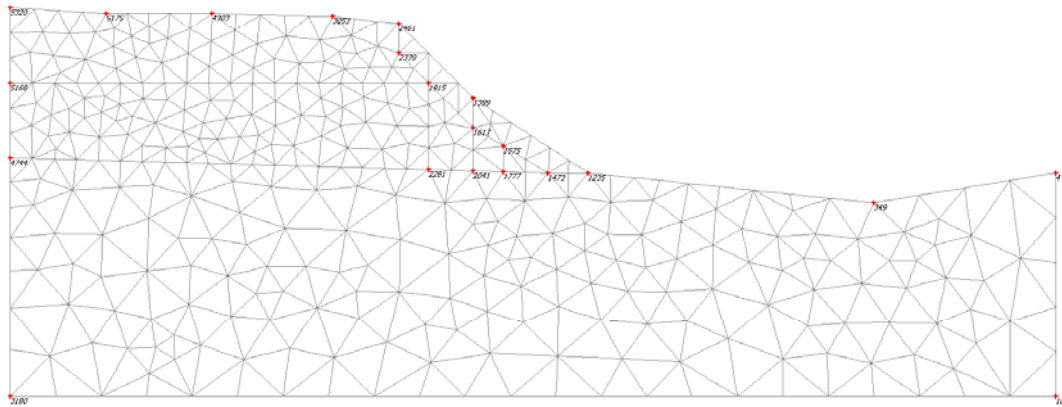


Fig. 2 Plot of the mesh with significant nodes

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

<i>Mohr-Coulomb</i>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
		<b>Sand - tan phi = 0.6</b>	<b>Morene</b>	<b>Tørrskorpeleire - drenert</b>	<b>Leire 1</b>
<b>Type</b>		Drained	Drained	Drained	UnDrained
$\gamma_{unsat}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	20.50	20.50	20.50	20.50
$\gamma_{sat}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>2</sup> ]	5000.000	5000.000	5000.000	5000.000
$\nu$	[-]	0.200	0.200	0.200	0.200
$G_{ref}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	2083.333	2083.333	2083.333	2083.333
$E_{oed}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	5555.556	5555.556	5555.556	5555.556
$c_{ref}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.00	14.00	30.00	23.90
$\phi$	[°]	31.00	35.00	31.00	0.00
$\psi$	[°]	0.00	0.00	0.00	0.00
$E_{inc}$	[kN/m <sup>2</sup> /m]	0.00	0.00	0.00	0.00
$y_{ref}$	[m]	0.000	0.000	0.000	61.000
$c_{increment}$	[kN/m <sup>2</sup> /m]	0.00	0.00	0.00	3.47
$T_{str.}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.00	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00	1.00
<b>Interface permeability</b>		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

<i>Mohr-Coulomb</i>		<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
		<b>Leire 2</b>	<b>Leire 3</b>	<b>Leire 4</b>
<b>Type</b>		UnDrained	UnDrained	UnDrained
$\gamma_{unsat}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	20.50	20.50	20.50
$\gamma_{sat}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	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 <sup>2</sup> ]	5000.000	5000.000	5000.000
$\nu$	[-]	0.200	0.200	0.200
$G_{ref}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	2083.333	2083.333	2083.333
$E_{oed}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	5555.556	5555.556	5555.556
$c_{ref}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	22.50	26.00	27.90
$\phi$	[°]	0.00	0.00	0.00
$\psi$	[°]	0.00	0.00	0.00
$E_{inc}$	[kN/m <sup>2</sup> /m]	0.00	0.00	0.00
$y_{ref}$	[m]	59.400	57.400	55.800
$c_{increment}$	[kN/m <sup>2</sup> /m]	3.47	3.47	3.47
$T_{str.}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	1.00	1.00	1.00
<b>Interface permeability</b>		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

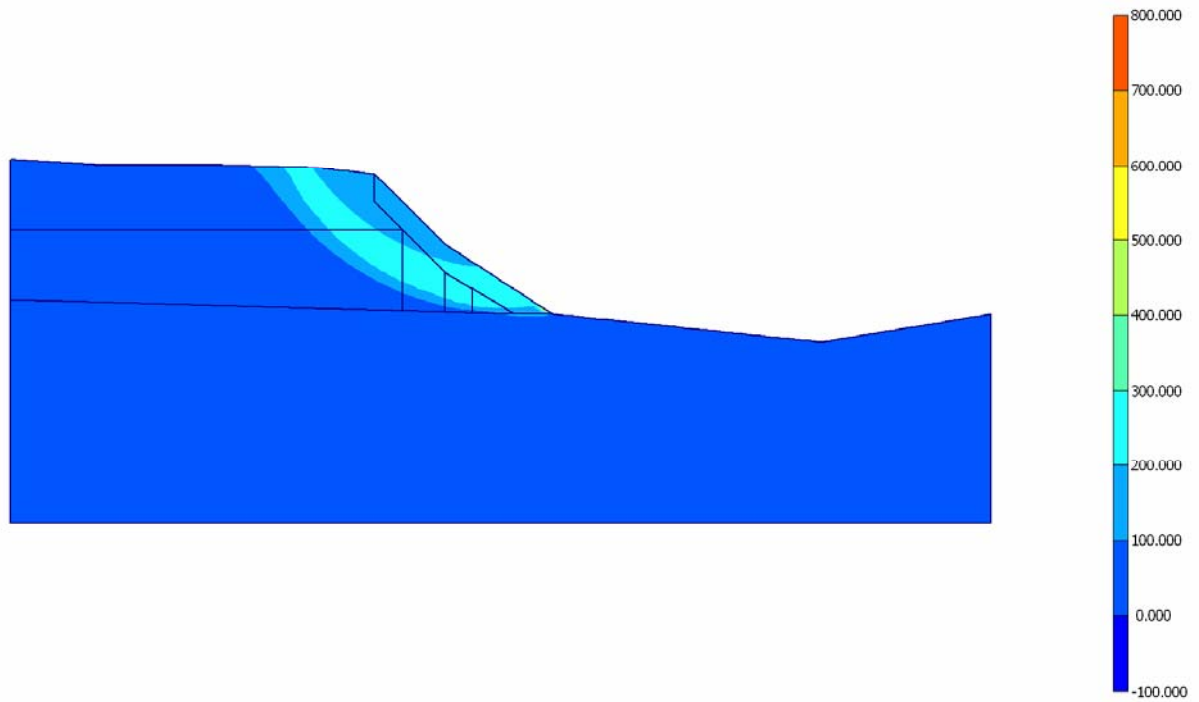
### 6.1. Calculation information

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**

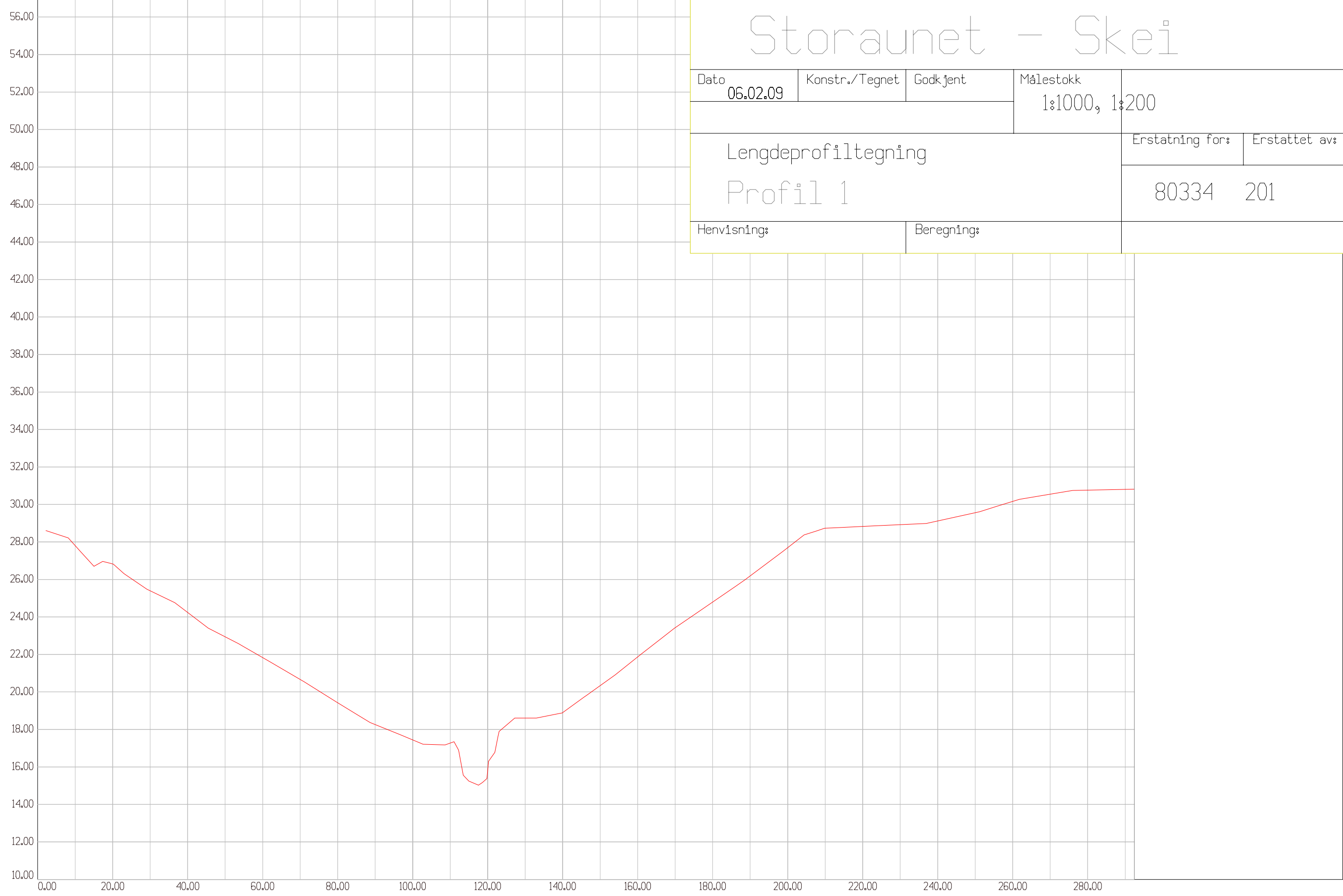
## **Profilering**



HOH.

# Storaunet - Skei

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



PROFIL NR.	TERRENG H.
0.00	28.609
10.00	27.808
20.00	26.826
30.00	25.397
40.00	24.240
50.00	22.940
60.00	21.832
70.00	20.666
80.00	19.424
90.00	18.257
100.00	17.443
110.00	17.270
118.00	15.825
120.00	18.608
130.00	18.897
140.00	20.340
150.00	21.868
160.00	23.425
170.00	24.794
180.00	26.186
190.00	27.695
200.00	28.731
210.00	28.827
220.00	28.922
230.00	29.119
240.00	29.562
250.00	30.165
260.00	30.551
270.00	30.766
280.00	30.806

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:		

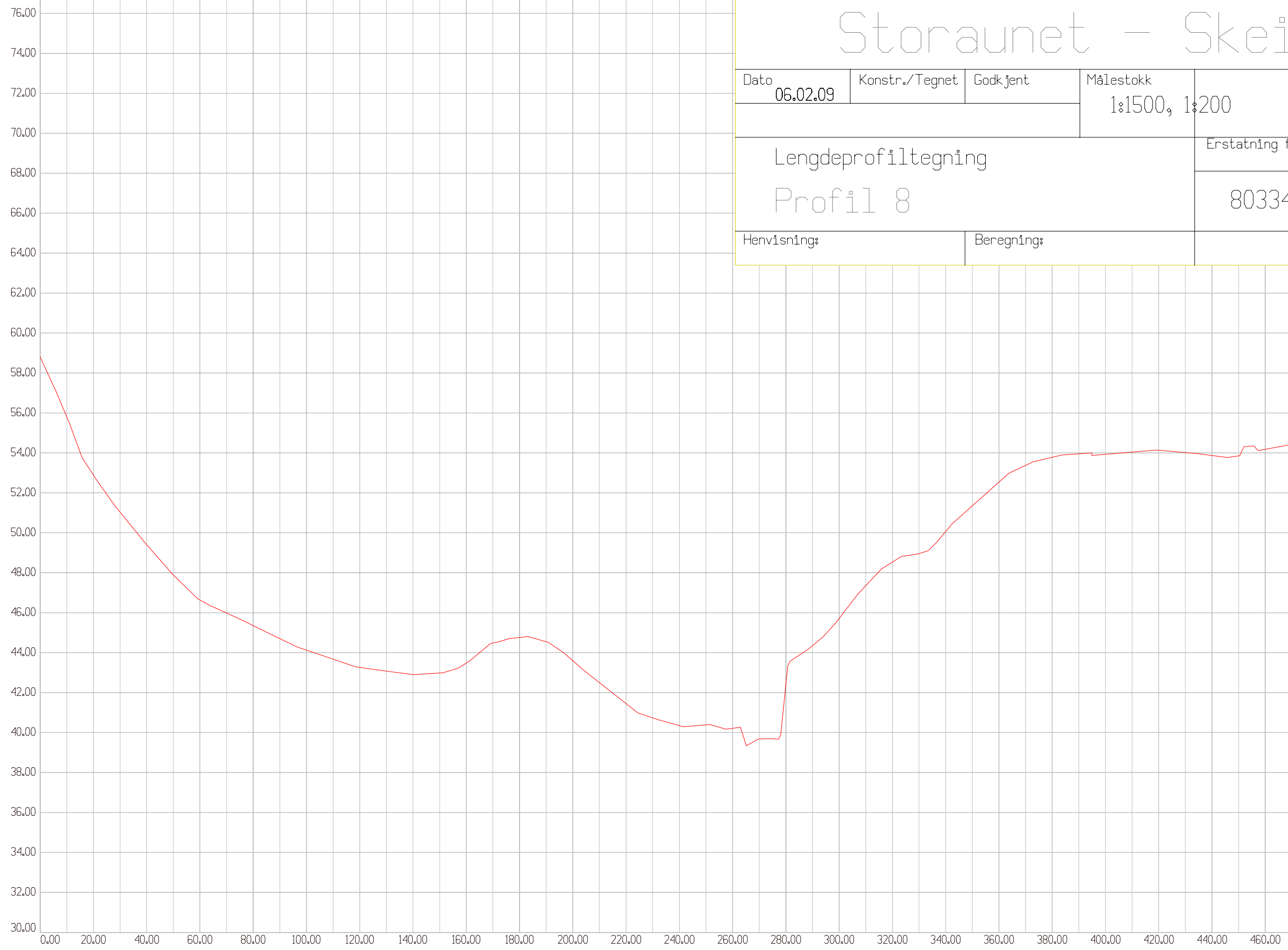


PROFIL NR.	TERRENG H.
	45.733
	45.646
	45.445
	45.319
	45.198
	44.625
	43.425
	41.872
	40.154
	38.338
	36.593
	34.852
	33.130
	30.195
	31.922
	33.117
	34.337
	35.481
	36.115
	35.718
	34.897
	34.010
	33.480
	34.564
	35.652
	36.704
	37.881
	39.134
	40.172
	40.701
	40.885

HOH.

# Storaunet - Skei

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