

Program for økt sikkerhet mot leirskred

Skotfoss, Skien kommune. Risiko for kvikkleireskred

Rev. 3
20011544-2

6. november 2007
7. august 2006

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

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

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

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



Program for økt sikkerhet mot leirskred

Skotfoss, Skien kommune. Risiko for kvikkleireskred

Rev. 3
20011544-2

6. november 2007
7. august 2006

Oppdragsgiver:

NVE Region Sør

Kontaktperson:
Kontraktreferanse:

Eirik Traae
Bestilling nr. 004277
datert 01.07.2002

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder:

Odd Gregersen

Rapport utarbeidet av:

Odd Gregersen,
Tonje Eide Helle

Arbeid også utført av:



Sammendrag

På oppdrag fra NVE og Skien kommune har NGI foretatt stabilitetsanalyser for vurdering av faren for større kvikkleireskred på elvestrekningen mellom Skotfoss og Grøtsund. Bakgrunnen er at det høsten 2000 gikk et skred i veifyllingen på hovedveien gjennom Skotfoss, samt at det tidligere er påvist kvikkleire i betydelig mektighet på flere steder i det aktuelle området. Revisjon 2 av denne rapporten inneholdt dimensjonering og vurdering av motfylling innerst i bukta ved Skotfoss sentrum og utenfor Skotfoss skole, samt plassering av anleggsvei. Denne revisjonen inneholder resultater fra nye grunnundersøkelser og ny vurdering av anleggsvei.

Løsmassene i området består av siltig leire/leirig silt med sandlag av mektighet inntil 4-5 m. Leiren er sensitiv eller kvikk. Sensitiviteten synes å øke med dybden. Poretrykkmålerne viser tilnærmet hydrostatisk poretrykkfordeling med dybden. De nye grunnundersøkelsene i krysset der veien går opp til Dalsbygda indikerer sand i de øvre 12 m. Totalsonderingen indikerer kvikk/sensitiv leire fra 11 m til 15 m dybde.

Stabilitetsanalysene viser lav sikkerhet innerst i bukta ved Skotfoss. Det foreslås her lagt ut motfylling i foten av skråningen. Langs elvestrekningen for øvrig er den beregningsmessige sikkerheten, med dagens elvenivå, tilfredsstillende. Redusert elvevannstand vil kunne føre til tilfredsstillende sikkerhet på strekningen langs Skotfoss skole. På den nederste delen av strekningen, profilene 203 og 204, er sikkerheten tilfredsstillende også ved senket elvevannstand. Vi har ikke informasjon om hvorvidt redusert vannstand vil kunne forekomme.

Ved å legge motfylling innerst ved Skotfoss sentrum og utenfor skolen øker stabiliteten ved normalvannstand med henholdsvis 25 % og 8 %. Ved vannstand 2 m lavere enn normalvannstand øker sikkerhetsfaktoren med henholdsvis 27 % og 9 %. Den prosentvise økningen er i henhold til "vesentlig forbedring" i Geoteknisk Veiledning's /8/.

Den beregningsmessige sikkerheten for skråningen i Profil A-A, hvor anleggsveien går ned til utfyllingsområdet, er noe lavere enn ønskelig for et tett bebygde område. Skråningen består av sand/silt i de øvre 11 m, og belastningen fra trafikklasten er ikke permanent. Man kan dermed akseptere en noe lavere sikkerhetsfaktor i dette tilfellet.



Innhold

1	INNLEDNING	4
2	FELT- OG LABORATORIEUNDERSØKELSER	4
	2.1 Dybdeforhold	4
	2.2 Grunnboringer og laboratoriearbeider	4
3	GRUNNFORHOLD.....	5
	3.1 Topografi	5
	3.2 Beskrivelse av løsmassene.....	5
	3.3 Styrkeegenskaper	6
4	STABILITETSANALYSER.....	7
	4.1 Generelt.....	7
	4.2 Resultat av stabilitetsanalyser	8
5	STABILISERENDE TILTAK	9
	5.1 Skotfoss sentrum.....	9
	5.2 Skotfoss skole	9
	5.3 Utførelse av fyllingsarbeidet.....	10
6	REFERANSER	10

Vedlegg

A Figurer

Tegninger

010	Plantegning Skotfoss vest
011	Plantegning Skotfoss øst
200	Profil 201 – Stabilitet før og etter motfylling, vannstand kote +5,5
201	Profil 201 – Stabilitet før og etter motfylling, vannstand kote +3,5
202	Profil 202 – Stabilitet før og etter motfylling, vannstand kote +5,5
203	Profil 202 – Stabilitet før og etter motfylling, vannstand kote +3,5
204	Profil 203
205	Profil 204
206	Profil A-A
207	Profil 201 og 202 - Motfylling

Kontroll- og referanseside



1 INNLEDNING

På oppdrag for NVE foretar NGI risikoklassifisering av kvikkleiresonene i Trøndelag og på Østlandet. Sonene langs Skienselven ble klassifisert i 2000 og 2001 i forbindelse med utprøving av selve metoden, kfr. ref /6/. Klassifiseringen ga som resultat at de aller fleste sonene fikk ”høy” faregrad og ”meget alvorlig” konsekvens, og derved høy risikoklasse. NVE og Skien kommune besluttet derfor at det skulle foretas supplerende grunnundersøkelser langs vassdraget for vurdering av stabilitetsforholdene og behovet for sikringstiltak.

Det ble bestemt at undersøkelsene også skulle omfatte elvestrekningen mellom Skotfoss og Grøtsund hvor det tidligere var påvist kvikkleire i betydelig mektighet. Ønsket om å få vurdert stabilitetsforholdene på denne strekningen skyldes også at det høsten 2000 gikk et skred i Skotfoss, i vegfyllingen på riksvei 357.

NGI har foretatt planlegging av undersøkelsene, evaluering av resultatene, utført stabilitetsberegninger og vurdert behovet for sikringstiltak. Revisjon 2 av denne rapporten omfattet dimensjonering av motfyllinger innerst i bukta ved Skotfoss sentrum og ved Skotfoss skole, samt vurdering av plassering av anleggsvei. Denne revisjonen inneholder resultater fra nye grunnundersøkelser vest for planlagt fyllingsområde i Skotfoss sentrum, og ny vurdering av anleggsvei.

2 FELT- OG LABORATORIEUNDERSØKELSER

2.1 Dybdeforhold

NVE foretok i november 2004 opplodding av elvebunnen i 5 tverrprofiler, P1 til P5. Resultatene fremgår av situasjonsplanen, tegning nr. 010 og 011. Det foreligger dybdekart (NVE) fra 1985, ekvidistanse 2,5 m. Dybdeprofiler vist i rapporten er basert på opploddingen fra 2004.

2.2 Grunnboringer og laboratoriearbeider

Grunnboringer og laboratoriearbeider er tidligere utført av firma SCC Scandiaconsult (nå Rambøll) i Trondheim. Feltarbeidene har omfattet boringer i fire lokaliteter, henholdsvis innerst i bukta ved Skotfoss (201), ved Skotfoss skole (202), ved Tangen (203) og ved Grøtsund (204), se situasjonsplanene tegning nr. 010 og 011. Til sammen ble det utført 4 dreietrykksonderinger, 4 trykksonderinger (CPTU), 2 prøveserier samt installert poretrykkmålere i 3 borpunkter. Laboratorieundersøkelsene har, foruten rutineundersøkelser, omfattet bestemmelse av konsistensgrenser og kornfordeling, se ref /1/.

NGI utførte to totalsonderinger, en dreietrykksondering og en CPTU-sondering i juni 2007. Totalsonderingene og CPTU-sonderingen er plassert i krysset der



veien går til Dalsbygda, og dreietrykksonderingen er plassert ved elvebredden, se tegning nr. 010.

Det er i tillegg utført grunnundersøkelser langs vassdraget av NOTEBY og Statens vegvesen Telemark, se ref /2/ til /5/ og /7/. Rapportene er stilt til rådighet og resultatene er lagt til grunn for vurderingen i denne rapporten.

3 GRUNNFORHOLD

3.1 Topografi

Vannstanden i elven ligger på ca kote +5,5. Dybdekartet fra 1985 viser at det på strekningen fra Grøtsund til Tangen går en dyprenne omtrent midt i elven, det vil si 30-50 m fra land. Vanndybden er her mindre enn 5 m. Videre oppstrøms er dyprennen bredere og dypere. Utenfor Skotfoss skole går dyprennen helt inn mot land. Største vanddybde er her mer enn 10 m. Lengst inne i bukta, vest for Skotfoss kirke, er største vanddybde vel 5 m.

Terrenghøydene ned mot elven er størst innerst i bukten, 7-8 m, og avtagende nedstrøms. Ved skolen ligger terrenget ca 4 m over elvevannstanden og på strekningen fra Tangen til Grøtsund på ca 3 m. Terrenget stiger svakt med økende avstand fra elven.

3.2 Beskrivelse av løsmassene

Løsmassene langs vassdraget har for det meste meget stor mektighet. Flere av boringene til Statens vegvesen er ført ned til mer enn 50 m. Bare innerst i bukta ved Skotfoss sentrum er boringene avsluttet mot faste masser i moderat dybde (15-20 m).

Resultatene av de supplerende grunnundersøkelsene fremgår av ref/1/. De øvrige undersøkelsene i området fremgår av ref /2/ til /5/. Våre tolkninger av grunnforholdene er vist på CPTU-profilene, figur 02-06 og tverrprofilene 201-204 og AA, tegning nr. 200-206.

Massene består av en siltig leire/leirig silt med lag av sand. Ved boring 201 er det lagdelte sandige masser fra 2 til 4 m og fra 12 til 16 m under terreng, ved boring 202 fra 6 til 10 m, ved boring 203 fra 4 til 6 m og fra 9 til 13 m og ved 204 fra 4 til 9 m. Det kan synes som om lagene, med hovedsakelig sandige masser, har stor utstrekning.

Boringene viser at den øvre leiravsetningen (over sandlaget) har høy plastisitet ($I_p=20-25\%$) og høyt vanninnhold ($W=50-60\%$). Sensitiviteten varierer fra middels til høy. Innerst i bukta ved Skotfoss og ved skolen (boringene 201 og 202) ligger sensitiviteten på mellom 10 og 20. Boringene ved Tangen og Evja (Statens vegvesen og NOTEBY) viser høye sensitiviteter. Den øvre leiravsetningen er her å betegne som kvikk.



Den nedre leiravsetningen (under sandlaget) har lav plastisitet ($I_p=5\%$), lavt vanninnhold ($W=25-30\%$) og gjennomgående høy sensitivitet ($S_t=30-200$).

Poretrykkmålerne ved borpunktene 201, 202 og 204 viser at grunnvannsnivået ligger på mellom 2 m (boring 201) og 4 m under terreng og at alle tre målestedene har en tilnærmet hydrostatisk poretrykkfordeling med dybden.

Borpunkt 400 og 401 er plassert i krysset der veien går opp til Dalsbygda. Disse indikerer lagdelt sand/silt fra terreng til 11 m dybde. Fra 11 m til 15 m dybde er det indikasjon på sensitiv/kvikk leire. Fra 15 m til 25 m dybde indikeres sand/silt. Boringene er avsluttet i antatt fjell/fast grunn.

Dreietrykksondering nr. 402 er utført ved elvebredden. Sonderingen indikerer lagdelte masser av sand og trolig sensitive masser i de øvre 11 m. Fra 11 m til 15 m dybde er det klar indikasjon på sensitiv/kvikk leire. Fra 15 m til 17,5 m dybde er det indikert sandavsetninger. Boringen er avsluttet på 17,5 m dybde i antatt fjell/fast grunn.

3.3 Styrkeegenskaper

Skjærstyrken i leiren kan bestemmes ved tolking av CPTU-forsøk og/eller på grunnlag av laboratorieforsøk på opptatte prøver. Resultatene av laboratorieforsøkene vil avhenge av kvaliteten på prøvematerialet. Erfaring har vist at laboratorieforsøk på prøver av siltig kvikkleire, tatt ved hjelp av vanlig prøvetagerutstyr (54 mm), gir for lave styrkeverdier på grunn av prøveforstyrrelse. For å oppnå mer pålitelige styrkeverdier på grunnlag av laboratorieforsøk, kan det benyttes avansert prøvetagingssteknikk (blokkprøver). Blokkprøvetagning er imidlertid svært kostbart. I dette tilfellet er derfor skjærstyrken bestemt ved tolkning av CPTU-forsøk.

Skjærstyrken, s_{uA} , er tolket for de 4 CPTU-forsøkene, basert på målt poretrykk ($N_{\Delta u}$) og spissmotstand (N_{kt} og N_{ke}). Resultatene av tolkningene er vist på figurene 02-05. Som det fremgår, er det i enkelte nivåer store sprang i styrkeverdiene. Poretrykkbasert styrkeprofil (sort kurve) viser her lave verdier og spissmotstandbaserte styrkeprofiler (rød og grønn kurve) viser høye verdier. Dette skyldes sand-og siltlagene i avsetningen langs vassdraget. I leiravsetningen, som tolkningen gjelder for, gir tolkningen relativt entydige styrkeprofiler med verdier som forventet.

I tillegg viser figurene udrenert skjærstyrkeprofil, s_{uA} , utledet på grunnlag av overkonsolideringsgrad, OCR. s_{uA} , basert på OCR, er utledet fra følgende formel:

$$s_{uA} = \alpha p_0' OCR^{0,65}$$

hvor: $\alpha = 0,32$ i profil 201 og 202, og $0,3$ i profil 203 og 204



$$\begin{aligned}OCR &= p_c' / p_0' \\p_0' &= \text{effektivt overlagingstrykk} \\p_c' &= \text{forkonsolideringstrykk ut fra antatt tidligere terrengnivå}\end{aligned}$$

Grunnen i området er antatt normalkonsolidert. De OCR baserte styrkeprofilene på figurene 02-06 er således beregnet på grunnlag av OCR=1. Som man ser av figurene, er det i leiravsetningene, relativt god overensstemmelse mellom skjærstyrke tolket fra trykksonderinger og skjærstyrke beregnet på grunnlag av OCR. Det er derfor valgt å basere stabilitetsvurderingene for hele området på skjærstyrke utledet fra OCR. Dette gir dessuten et enhetlig grunnlag for styrkebestemmelse for alle analyserte skråninger. For skjærstyrkebestemmelse ute i elven, er dagens terrengnivå på land benyttet som grunnlag for beregning av forkonsolideringstrykket.

4 STABILITETSANALYSER

4.1 Generelt

Stabilitetsberegningene er utført med programmet Postograf. Postograf baserer seg på en likevektsbetraktning i bruddgrensetilstanden, "Limit equilibrium method" (LEM).

Beregningene er utført med sirkulære glideflater. Terrenglast er ikke medregnet for permanent stabilitet, men en karakteristisk terrenglast på 13 kPa er lagt til i anleggsfasen.

Det er foretatt beregninger for fire profiler, henholdsvis ved Skotfoss sentrum, Skotfoss skole, mellom Skotfoss skole og renseanlegget og ved Grøtsund. I tillegg er fire profiler beregnet i forbindelse med anleggsvei. Aktivt skjærstyrkeprofil på land for de ulike lokalitetene fremgår av figurene 02-06. I sandlagene er det antatt en friksjonsvinkel på 32 grader.

I beregningene er det tatt hensyn til at leire er et anisotrop materiale, det vil si at skjærstyrken varierer med glideflatens helning. På grunnlag av erfaringstall fra laboratorieforsøk på en rekke norske leirer er forholdet mellom styrkeverdiene for aktiv sone, den plane delen av glideflaten og passiv sone satt til:

$$s_{uD} = 0,7 s_{uA} \text{ og } s_{uP} = 0,4 s_{uA}$$

I følge Geoteknisk Veiledning /8/ skal skjærstyrke tolket fra CPTU reduseres med 10-15 % i kvikk/sensitiv leire for å ta høyde for eventuell progressiv bruddutvikling. Det er i profil 201 og 202 benyttet en skjærstyrkereduksjon på 10 %.

Tilfredsstillende beregningsmessig sikkerhet, materialfaktor γ_M , settes til 1,4.



Dybdekartet fra 1985 er lite detaljert. Det er derfor vanskelig å sammenligne kartet med resultatet av opploddingene i 2004. Hvorvidt det skjer erosjon/sedimentering i denne delen av vassdraget er derfor ikke avklart. Det synes imidlertid ikke å ha skjedd endringer som er av betydning for vurderingen av stabilitetsforholdene langs vassdraget.

Den aktuelle elvestrekningen, Meierelva, er en del av et regulert vassdrag. Vannstanden er derfor meget stabil. På grunnlag av opploddingene er normal vannstand, i beregningene, satt til kote +5,5. Det er også utført beregninger for å analysere effekten av at vannstanden senkes, henholdsvis 1 og 2 m under antatt normalvannstand.

4.2 Resultat av stabilitetsanalyser

Resultater av stabilitetsanalysene fremgår av tegning nr. 200-206. Det er foretatt analyser med antatt vannstand på henholdsvis kote +4,5 og +3,5 i tillegg til normalvannstand på kote +5,5. Vi har ikke informasjon om hvorvidt redusert vannstand vil forekomme.

4.2.1 Profil 201

Med dagens vannstand i elven er den beregningsmessige sikkerheten for større glidninger, γ_M lavere enn 1,0. Skråningen står per i dag, og sikkerheten kan dermed ikke være lavere enn 1,0. Dette tilsier at skråningen er labil. Beregningsresultatet synes å være i god overensstemmelse med at det like i nærheten gikk et skred høsten 2000. En senkning av vannstanden fra kote +5,5 til kote +3,5 reduserer sikkerhetsfaktoren fra 0,89 til 0,82 (Tegning nr. 200 og 201). På grunn av den lave sikkerheten anbefalte NGI i revisjon 1 av denne rapporten å legge en motfylling i skråningsfoten. Forslag til dimensjonering av motfylling er omtalt i avsnitt 5.

4.2.2 Profil 202

Med dagens vannstand i elven, er den beregningsmessige sikkerheten for større glidninger, γ_M lik 1,4 (Tegning nr. 202). Dette tilsier at sikkerheten i dag er tilfredsstillende. En senkning av vannstanden til kote +3,5 vil redusere sikkerheten til 1,2 (Tegning nr. 203). Denne verdien er noe lavere enn ønskelig. Dette innebærer at dersom det skulle oppstå en situasjon hvor vannstanden i elven skulle synke, vil dette i verste fall kunne medføre ustabile forhold på strekningen utenfor skolen. Det er derfor vurdert en motfylling langs skråningen (se avsnitt 5).

4.2.3 Profil 203

Med dagens vannstand i elven, er den beregningsmessige sikkerheten for større glidninger, γ_M lik 2,2 (Tegning nr. 204). Dette tilsier at sikkerheten i dag er god. En senkning av vannstanden til kote +4,5 og +3,5 vil her ikke redusere den beregningsmessige sikkerheten i vesentlig grad.



4.2.4 Profil 204

Med dagens vannstand i elven, er den beregningsmessige sikkerheten for større glidninger, γ_M lik 2,1 (Tegning nr. 205). Dette tilsier at sikkerheten i dag er god. En senkning av vannstanden til kote +4,5 og +3,5 vil her redusere sikkerheten til henholdsvis 1,9 og 1,7. Dette er også tilfredsstillende verdier.

4.2.5 Profil A-A - Anleggsvei

Den beregningsmessige sikkerheten for skråningen i Profil A-A, hvor anleggsveien går ned til utfyllingsområdet, er noe lavere enn ønskelig for et tett bebyggt område (Tegning nr. 207). Skråningen består av sand/silt i de øvre 11 m, og belastningen fra trafikklaster er ikke permanent. Man kan dermed akseptere en noe lavere sikkerhetsfaktor i dette tilfellet.

5 STABILISERENDE TILTAK

I følge Geoteknisk Veiledning /8/ vil en prosentvis økning av sikkerhetsfaktoren, avhengig av den opprinnelige sikkerhetsfaktoren for skråningen, legges til grunn for dimensjonering av stabiliserende tiltak.

5.1 Skotfoss sentrum

Motfyllingen innerst i bukta ved Skotfoss sentrum er dimensjonert for en vannstand på kote +3,5 m, 2 m lavere enn normalvannstand på kote +5,5 m. Det fylles med stein til normalvannstanden på kote +5,5 m. Fyllingen får et platå som er 18 m bredt. Det må påsees at fyllingen legges slik at den strekker seg utenfor knekken i elvebunnen for å forhindre brudd i leira under fyllingen. Se Figur nr. 12 for dimensjoner og geometri på motfylling. Fyllingen vil strekke seg over et område på ca. 47 m, og er estimert til et volum av 2210 m³. Med foreslått geometri vil den beregningsmessige sikkerhetsfaktoren for profil 201 øke fra 0,89 til 1,11 med en vannstand på kote +5,5 m (Tegning nr. 200), og fra 0,82 til 1,04 ved en vannstand på kote +3,5 m (Tegning nr. 201). I følge beregningene reduseres stabiliteten av elvebunnen ved utfylling. Med en vannstand på kote +5,5 m reduseres den fra 6,1 før utfylling til 2,1 etter utfylling.

5.2 Skotfoss skole

Motfyllingen langs Skotfoss skole er dimensjonert for en vannstand på kote +3,5, 2 m lavere enn normalvannstand på kote +5,5. Det fylles med stein til normalvannstanden på kote +5,5. Fyllingen får et platå som er 14,5 m bredt. Se Figur nr. 12 for dimensjoner og geometri på motfylling. Fyllingen må legges langs hele skolen, og vil få en lengde på ca. 150 m. Estimert volum blir 6300 m³. Med foreslått geometri vil den beregningsmessige sikkerhetsfaktoren for profil 202 øke fra 1,17 til 1,28 ved en vannstand på kote +3,5 (Tegning nr. 203), og fra 1,42 til 1,54 ved en vannstand på kote +5,5. I følge beregningene



reduseres ikke sikkerhetsfaktoren av elvebunnen ved utfylling (Tegning nr. 202).

Det antas at anleggsveien kan legges i det flatere partiet vest for Profil 202. Skråning må fylles ut med en helling ikke brattere enn 1:7 slik at anleggsmaskinene kan komme til. Den beregnede udrenerte sikkerhetsfaktoren i Profil 202 under anleggsfasen er 1,49 for skråning med motfylling i elva, vannstand på kote +5,5 og en karakteristisk trafikklast på 13 kPa.

5.3 Utførelse av fyllingsarbeidet

Kvikk/sensitiv leire befinner seg trolig like under elvebunnen. Det må fylles forsiktig slik at det ikke genereres poreovertrykk. Det anbefales å måle poretrykket i poretrykksmåleren i borpunkt 201 og 202 under fyllingsarbeidene for å ha kontroll på poretrykksutviklingen. Ved økt poretrykk utover poreovertrykk lik påført last avsluttes arbeidene. Arbeidet kan påbegynnes igjen når poretrykket er tilbake til opprinnelig verdi.

6 REFERANSER

- /1/ SCC Scandiaconsult. NVE Region Sør. Skienselva i Skien og Porsgrunn. Grunnundersøkelser. Datarapport 620207A-1, datert 04.10.2002.
- /2/ NOTEBY. Kloakkrammeplan for Skien kommune. Tangen pumpestasjon, Skotfoss. Rapport 33625, datert 16. november 1995.
- /3/ Statens vegvesen. Rv. 357/01 Myrabakken x Rv.354- Skotfoss. Rapport Hd-1070A, datert 19. februar 2001.
- /4/ Statens vegvesen. Rv. 357/01 Myrabakken – Grandalen. Rapport Hd-1057A, datert 4. februar 2000.
- /5/ Statens vegvesen. Riksveg 357/01 Skien – Skotfoss. Rapport Hd – 317 A, datert 15. juli 1980.
- /6/ Norges Geotekniske Institutt. Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev. 2, datert 16. desember 2002.
- /7/ NOTEBY. Grunnforhold Skotfoss/Grøtsund. Rapport 700288, datert 14. februar 2002.
- /8/ Norges Vassdrags- og Energidirektorat (ikke publisert) Geoteknisk Veiledning



Vedlegg A - Figurer

INNHold

01	Oversiktskart
02	Resultater fra CPT 201
03	Resultater fra CPT 202
04	Resultater fra CPT 203
05	Resultater fra CPT 204
06	Resultater fra CPT 400
07	Totalsondering 400
08	Totalsondering 401
09	Dreietrykksondering 402
10	CPT 400

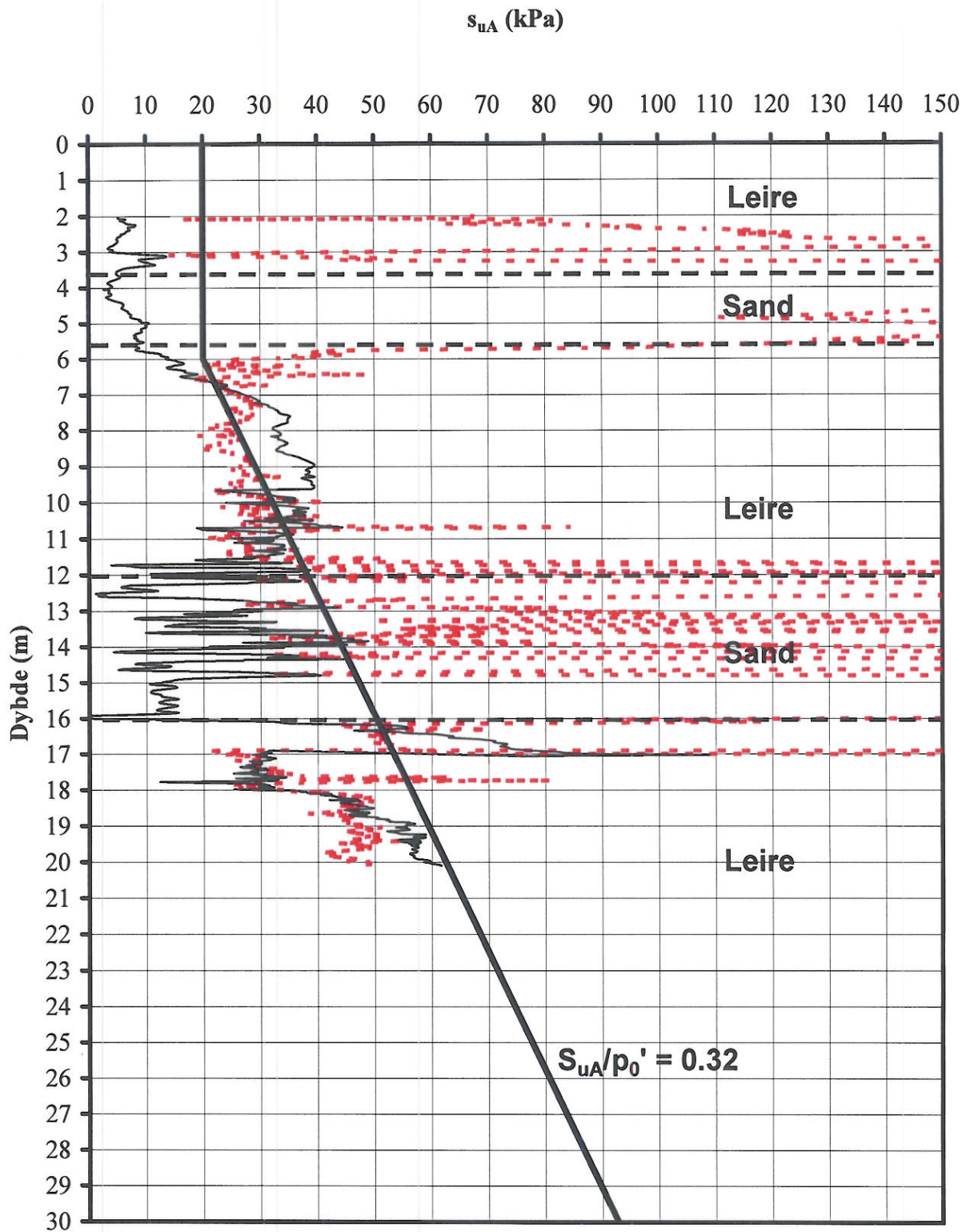


SKOTFOSS SKIEN, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Rapport nr. 20011544-2	Figur nr. 01
Tegner OG	Dato 2006-08-07
Kontrollert AE	
Godkjent OG	

Oversiktskart M = 1:50 000

N50 1713 III Kilebygd
UTM 32VNL302628



- - - Basert på NKt=11

— Basert på Ndu=7

— SuA/p0'

Terrengkote : 8,7 m

Grunnvannstand : 2 m under terreng

F:\p2001\11520011544\Div\CPT revisjon 2\201.xls\SuA

SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Rapport nr.
20011544-2

Figur nr.
02

Resultater fra CPT 201

Tegner
TEH

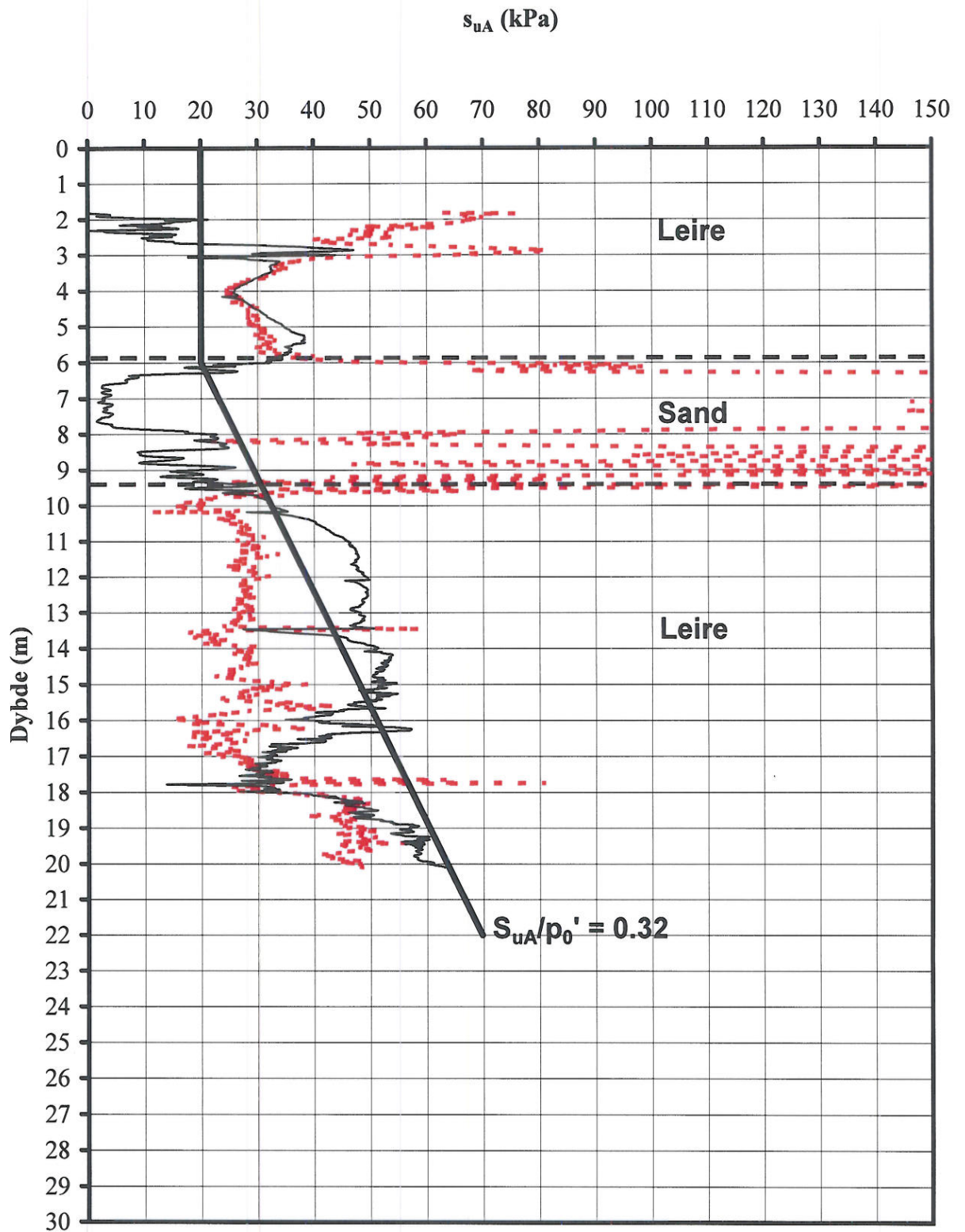
Dato
12.03.07

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

Kontrollert
AE

Godkjent
OG






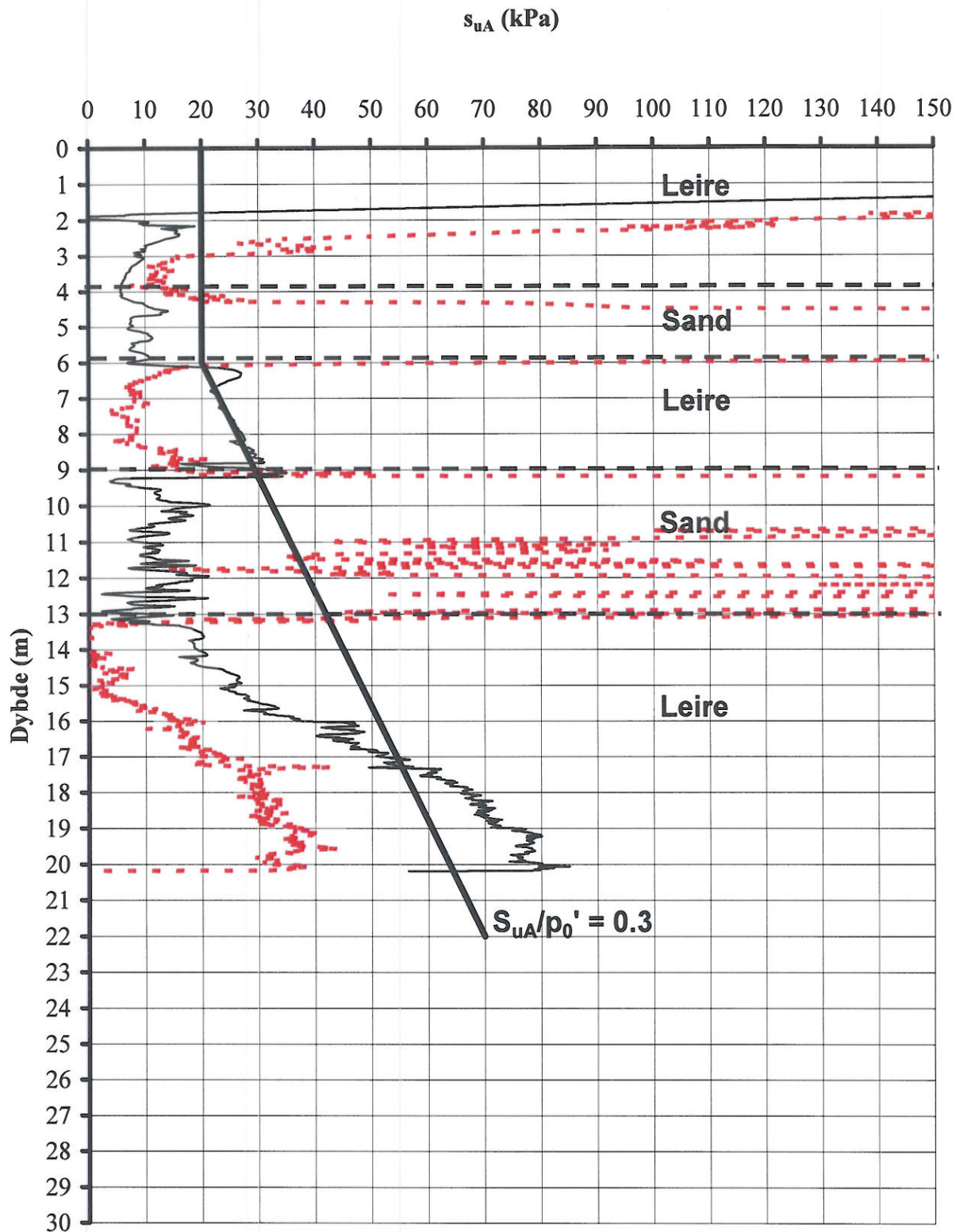
- - - Basert på Nkt=11 — Basert på Ndu=7 — SuA/p₀'

Terrengkote : 9,2 m

Grunnvannstand : 3 m under terreng

F:\p\2001\15\20011544\Div\CPT revisjon 2\202.xls\SuA

SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED Resultater fra CPT 202 Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons	Rapport nr. 20011544-2	Figur nr. 03
	Tegner TEH	Dato 12.03.07
	Kontrollert AE	
	Godkjent OG	



- - - Basert på Nkt=11

— Basert på Ndu=7

— SuA/p₀'

Terrengkote : 8,4 m

Grunnvannstand : 2 m under terreng

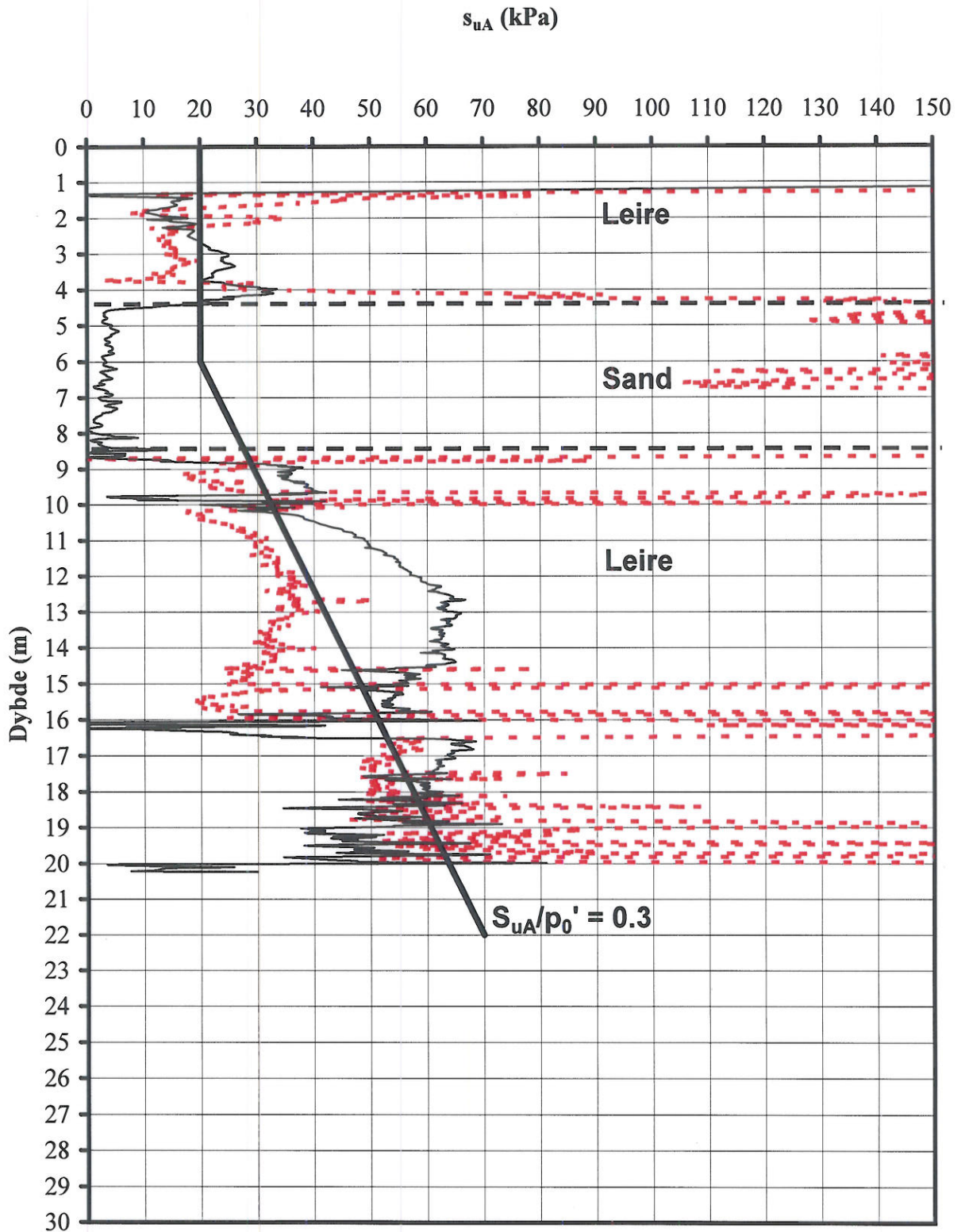
F:\p\20011\15\20011544\Div\203.xls\SuA

SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Rapport nr. 20011544-2	Figur nr. 04
Tegner OG	Dato 13.03.07
Kontrollert AE	
Godkjent OG	

Resultater fra CPT 203

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons



- - - Basert på Nkt=11

— Basert på Ndu=7

— SuA/p_{0'}

Terrengkote : 7,9 m

Grunnvannstand : 3 m under terreng

F:\p\2001\15\20011544\Div\204.xls\SuA


SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

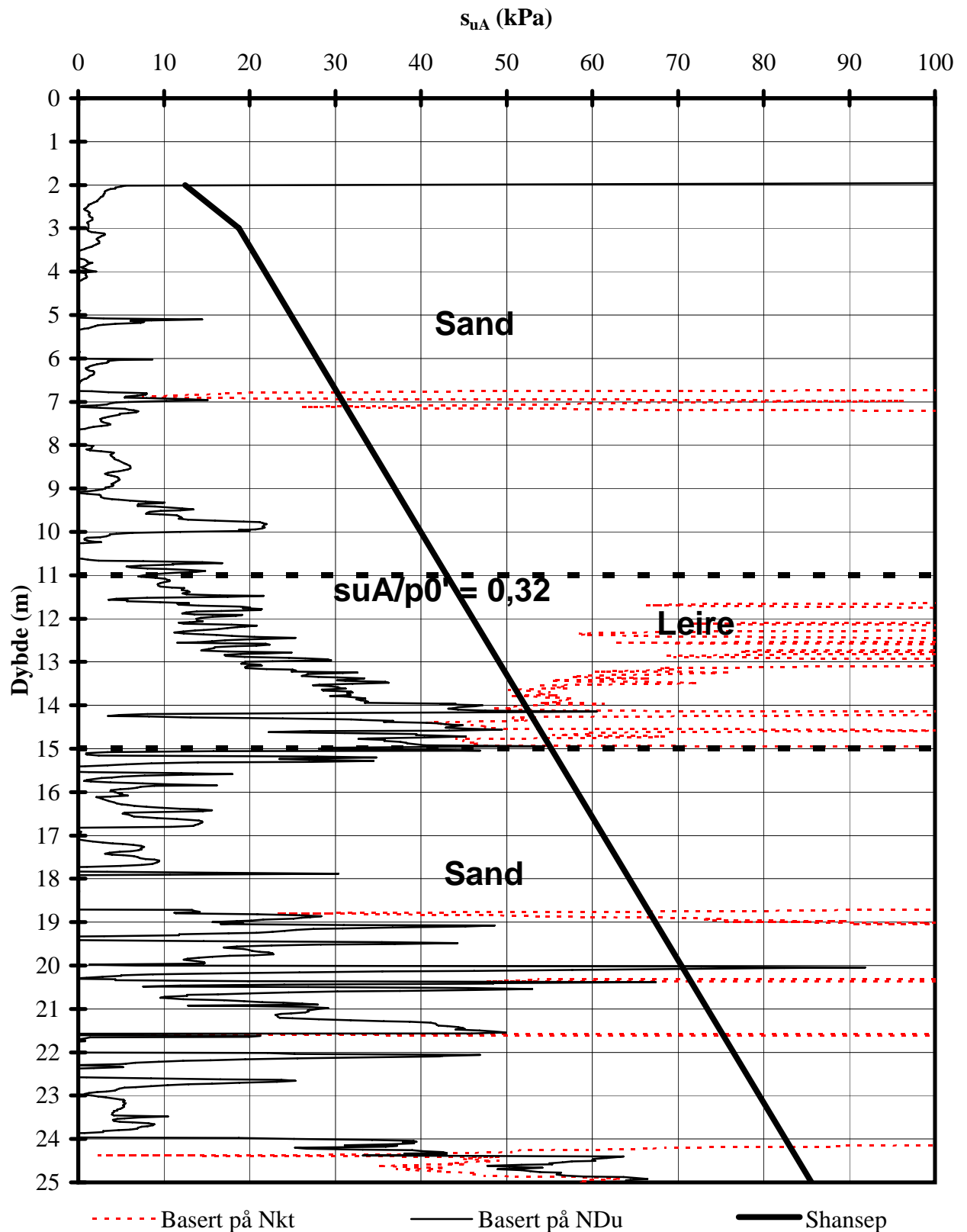
Rapport nr. 20011544-2	Figur nr. 05
---------------------------	-----------------

Resultater fra CPT 204

Tegner OG	Dato 15.03.2007
--------------	--------------------

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons


Kontrollert AE	
Godkjent OG	

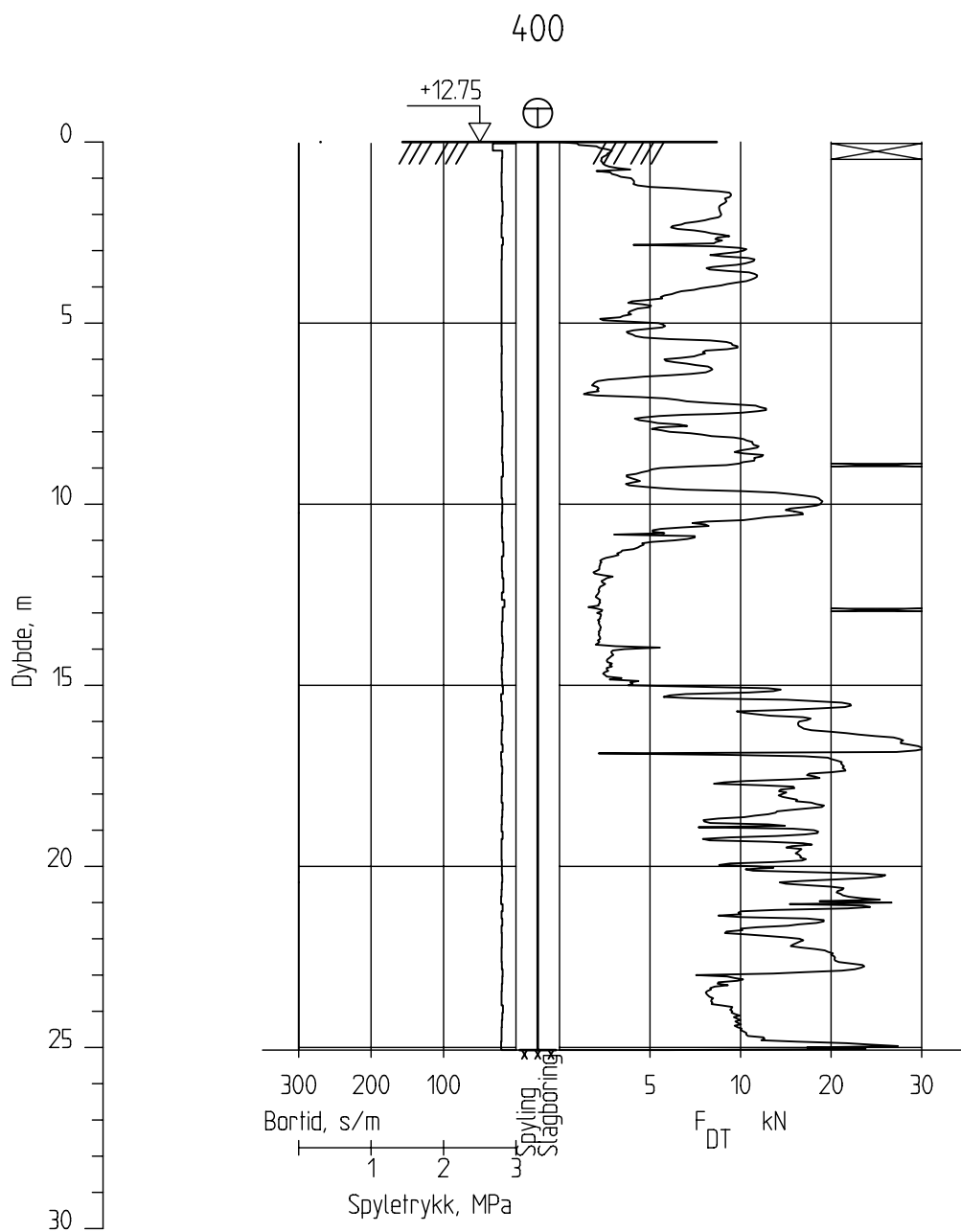


N_{kt} =
 N_{Du} =

Terrengekote : 12,75 m
 Grunnvannstand : 3 m under terreng

F:\p\2001\15\20011544\Div\CPT2007\C400.xls\Figur

Skotfoss Skien kommune, Sikkerhet for kvikkleireskred	Rapport nr. 20011544-2	Figur nr. 06
	Tegner TEH	Dato 06.11.07
Resultater fra CPT 400	Kontrollert OG	
Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons	Godkjent OG	



SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Rapport nr.
20011544-2Figur nr.
07Totalsondering
M = 1 : 200

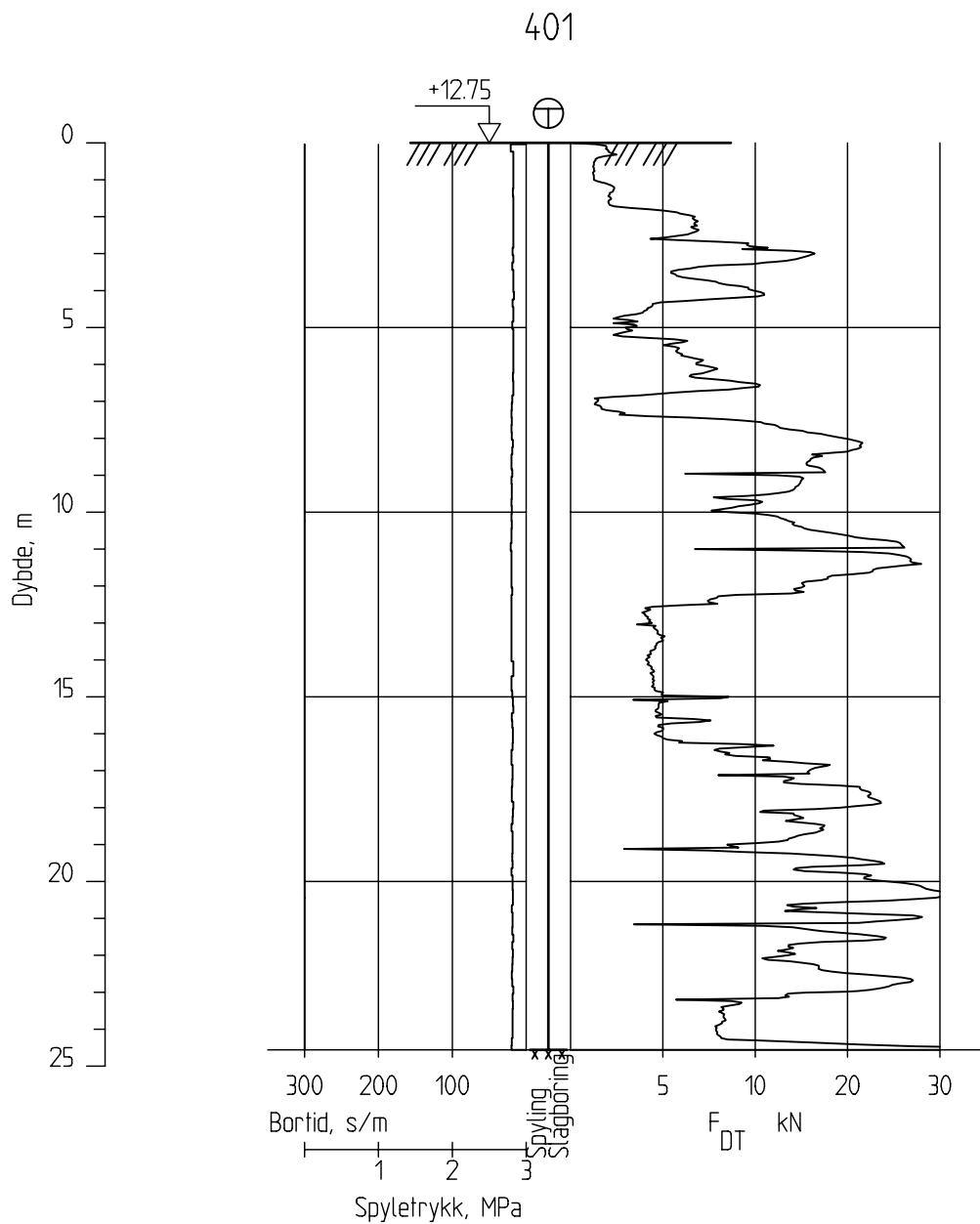
Tegner


Dato:
20.10.07Borhull 400
Posisjon: X 6564028.92 Y 529798.51Forsøk nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :04.06.2007

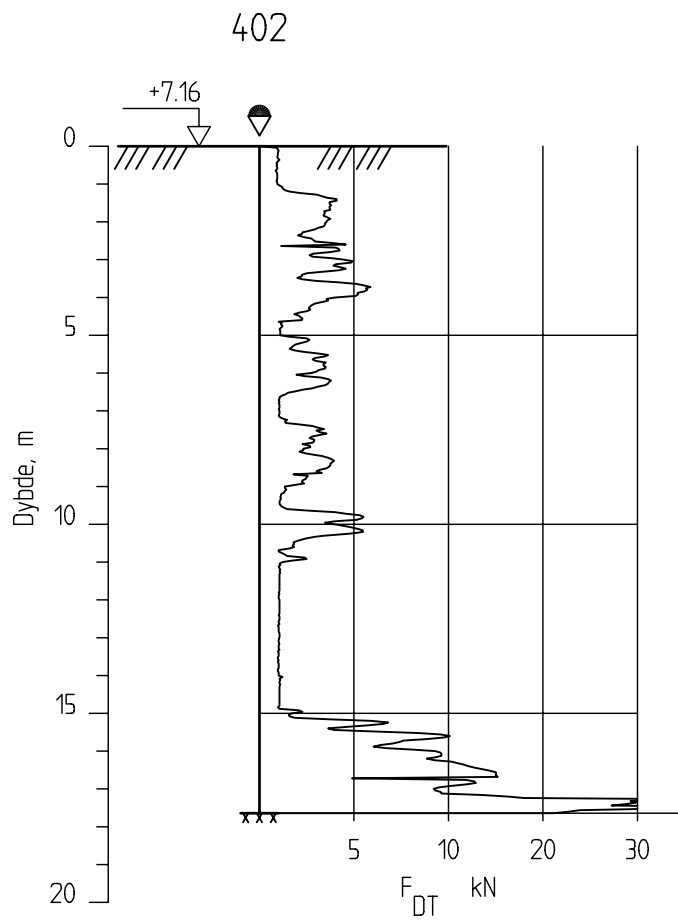
Kontrollert

Godkjent





SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED		Rapport nr. 20011544-2	Figur nr. 08
		Tegner	Dato: 20.10.07
Totalsondering M = 1 : 200 Borhull 401 Posisjon: X 6564031.70 Y 529791.66		Forsök nr. : Sonde nr. : Dato boret :04.06.2007	
		Kontrollert	
		Godkjent	



SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Rapport nr.
20011544-2

Figur nr.
09

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner

Dato:
20.10.07

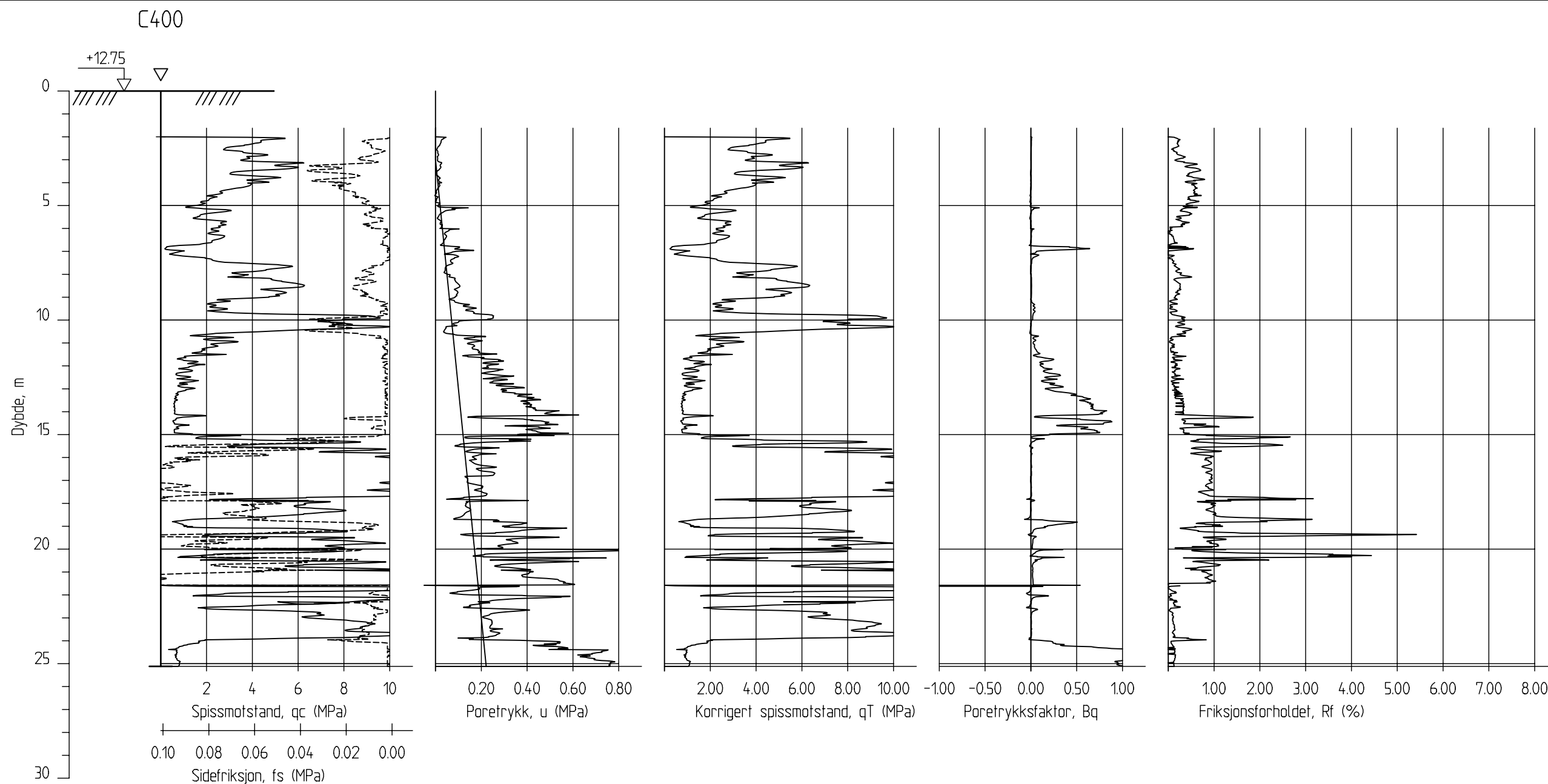
Borhull 402
Posisjon: X 6564042.30 Y 529827.28

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :05.06.2007

Kontrollert

Godkjent





SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

CPT-sondering
M = 1 : 200

Borhull C400
Posisjon: X 6564028.92 Y 529798.51

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :05.06.2007

Rapport nr.
20011544-2

Figur nr.
10

Tegner

Dato:
20.10.07

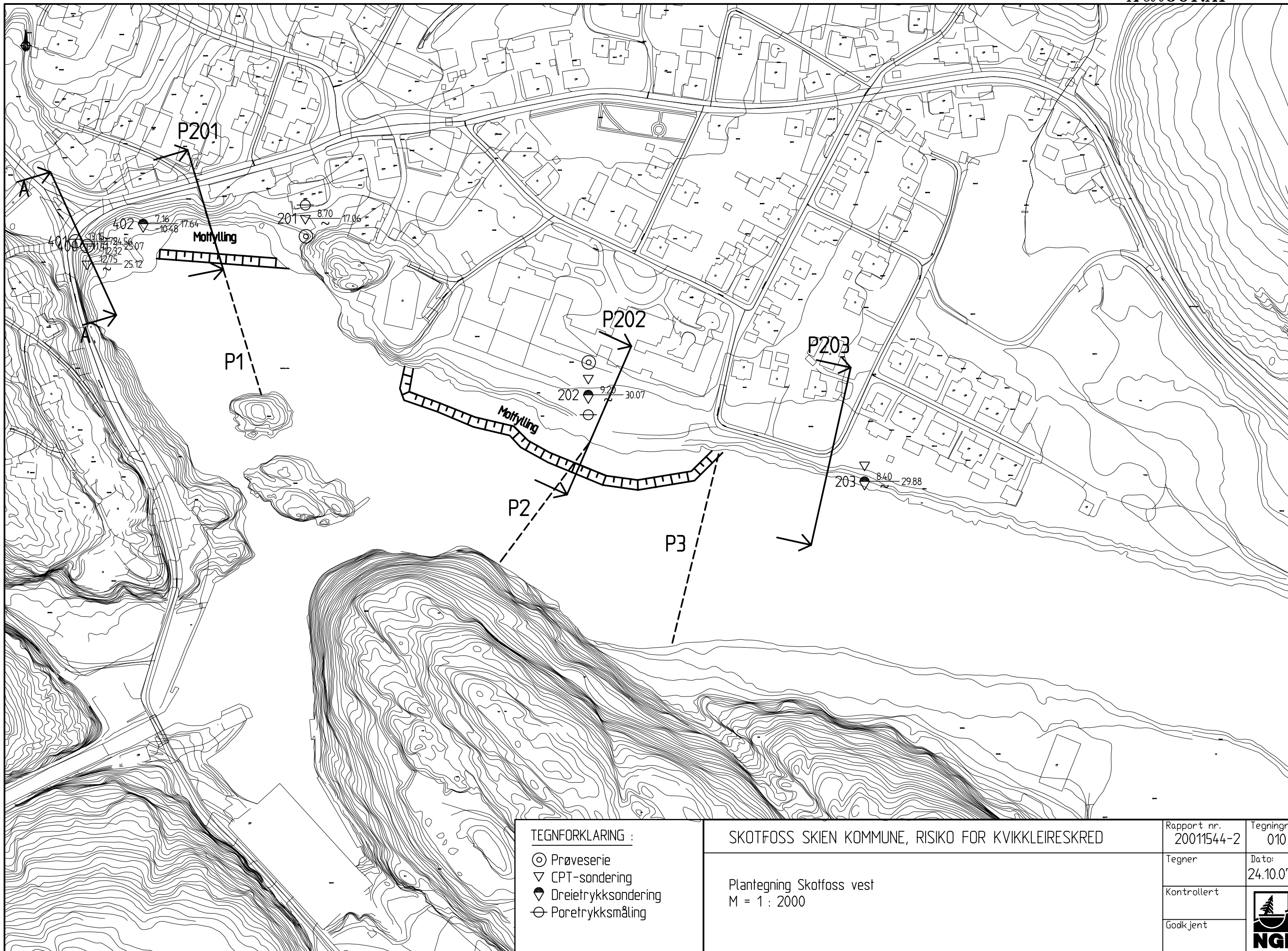
Kontrollert

Godkjent






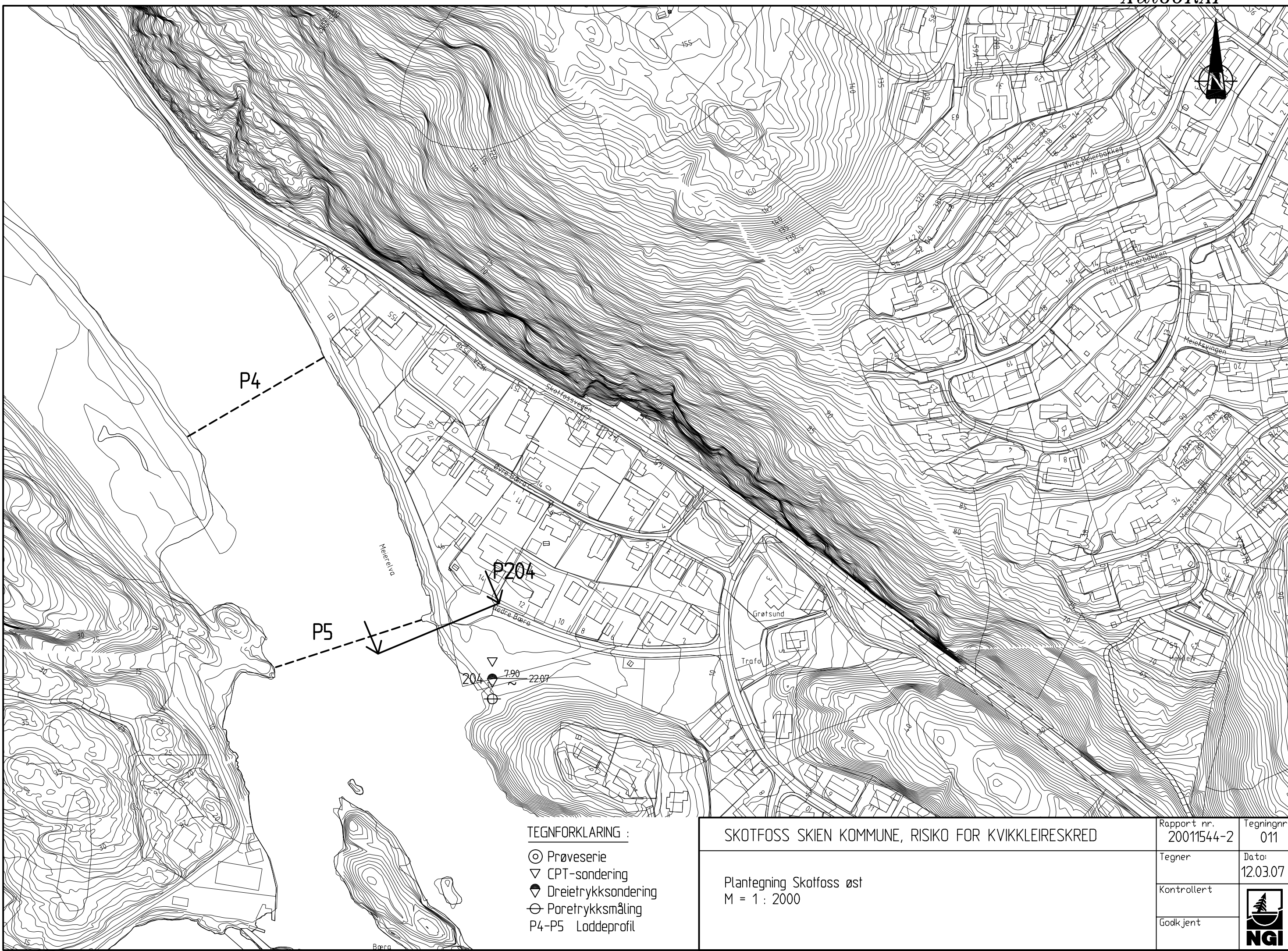
Tegninger



TEGNFORKLARING :	
⊙	Prøveserie
▽	CPT-sondering
◆	Dreietrykksondering
⊖	Poretrykksmåling

SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED	
Plantegning Skotfoss vest M = 1 : 2000	

Rapport nr. 20011544-2	Tegningnr. 010
Tegner	Dato: 24.10.07
Kontrollert	
Godkjent	



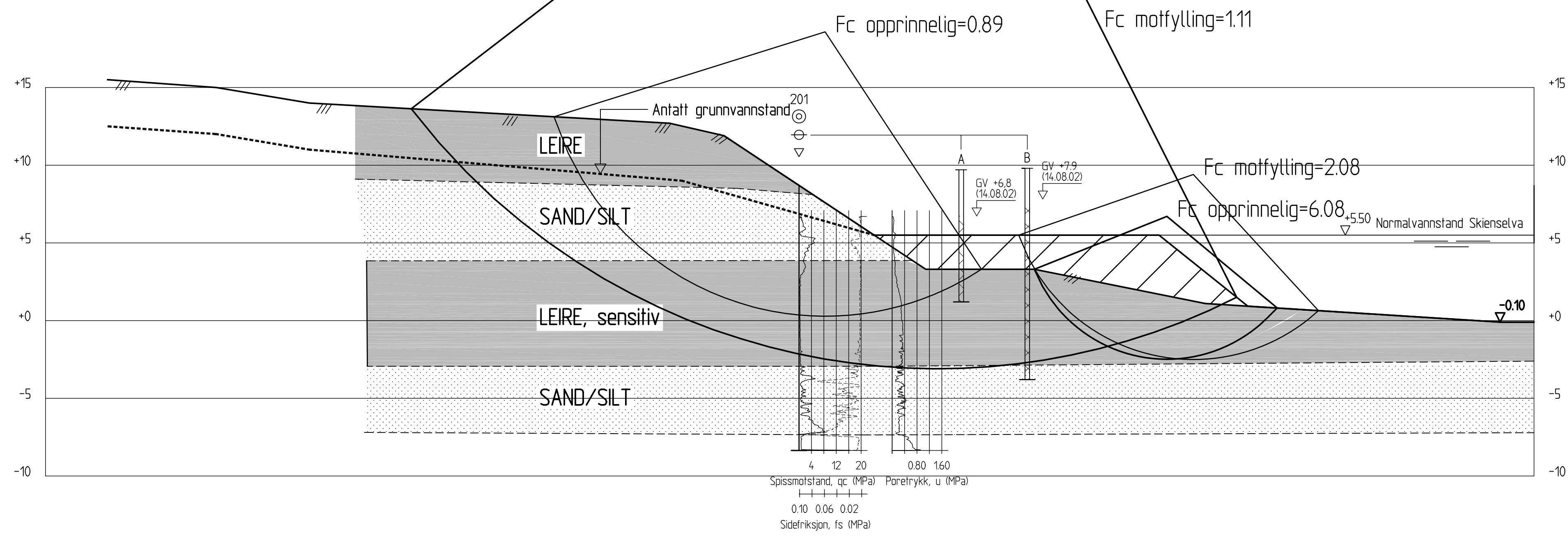
TEGNFORKLARING :

- ⊙ Prøveserie
- ▽ CPT-sondering
- Dreietrykksondering
- ⊖ Poretrykksmåling
- P4-P5 Loddeprofil

SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKLEIRESKRED


Plantegning Skotfoss øst
M = 1 : 2000

Rapport nr. 20011544-2	Tegningnr. 011
Tegner	Dato: 12.03.07
Kontrollerert	
Godkjent	

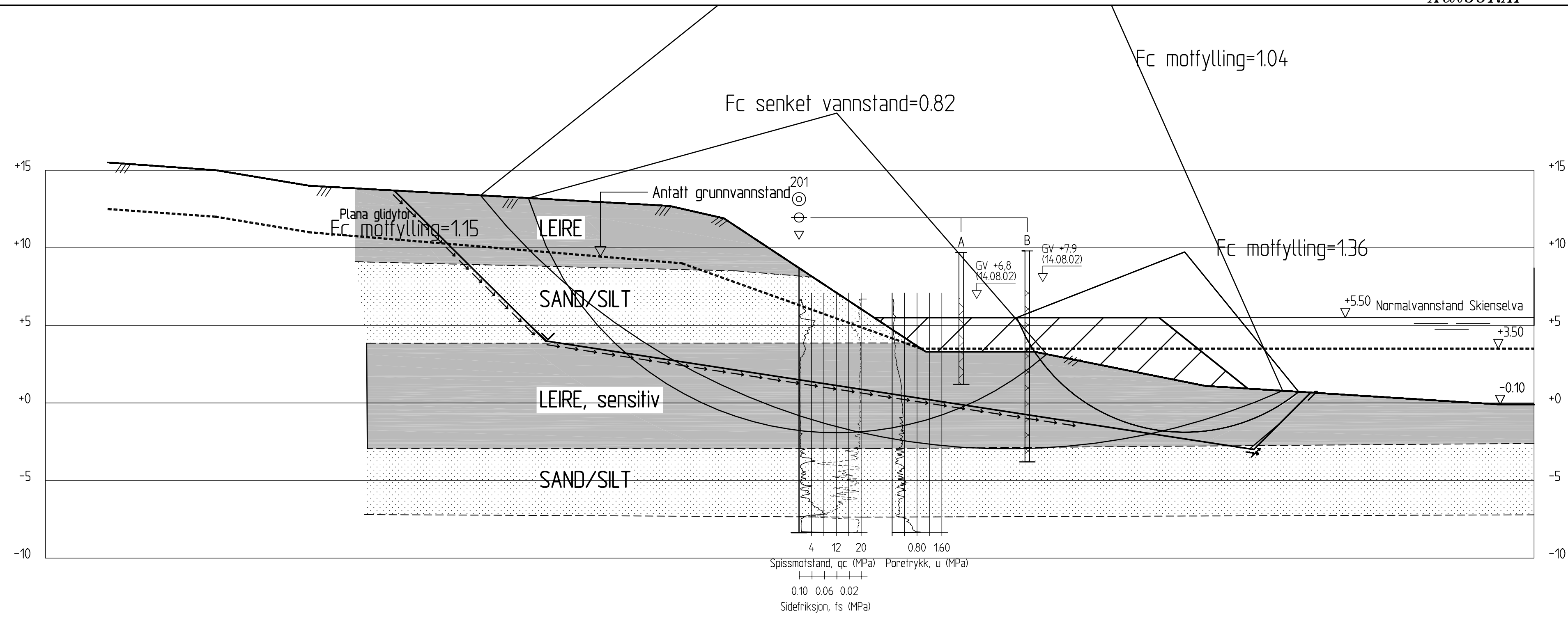


TEGNFORKLARING :

- ⊙ Prøveserie
- ▽ CPT-sondering
- ⊖ Poretrykksmåling


SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED	Rapport nr. 20011544-2	Tegningnr. 200
	Tegner	Dato: 12.03.07
	Kontrollert	
	Godkjent	

Profil 201 -Stabilitet før og etter motfylling, vannstand kote +5,5
M = 1 : 200



TEGNFORKLARING :

- ⊙ Prøveserie
- ▽ CPT-sondering
- ⊖ Poretrykksmåling

SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED	Rapport nr. 20011544-2	Tegningnr. 201
	Tegner	Dato: 12.03.07
	Kontrollert	
	Godkjent	

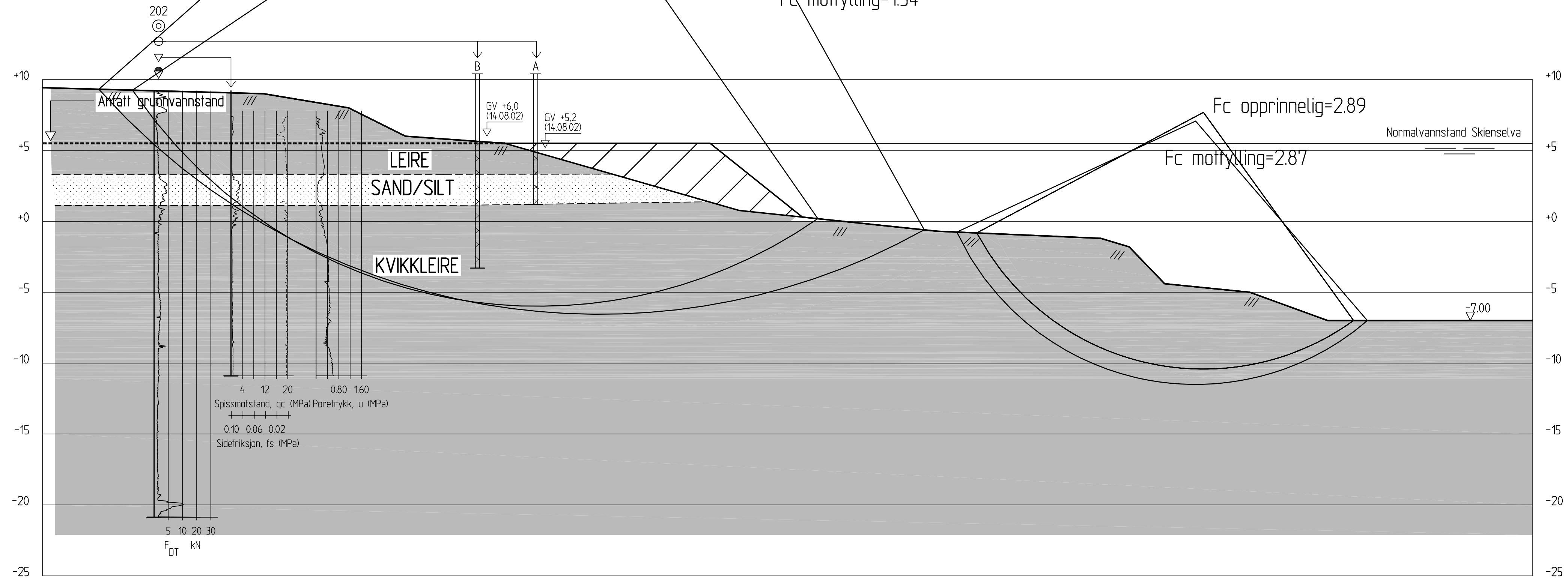
Profil 201 - Stabilitet før og etter motfylling, vannstand kote +3,5
M = 1 : 200

Fc opprinnelig=1.42

Fc motfylling=1.54

Fc opprinnelig=2.89

Fc motfylling=2.87



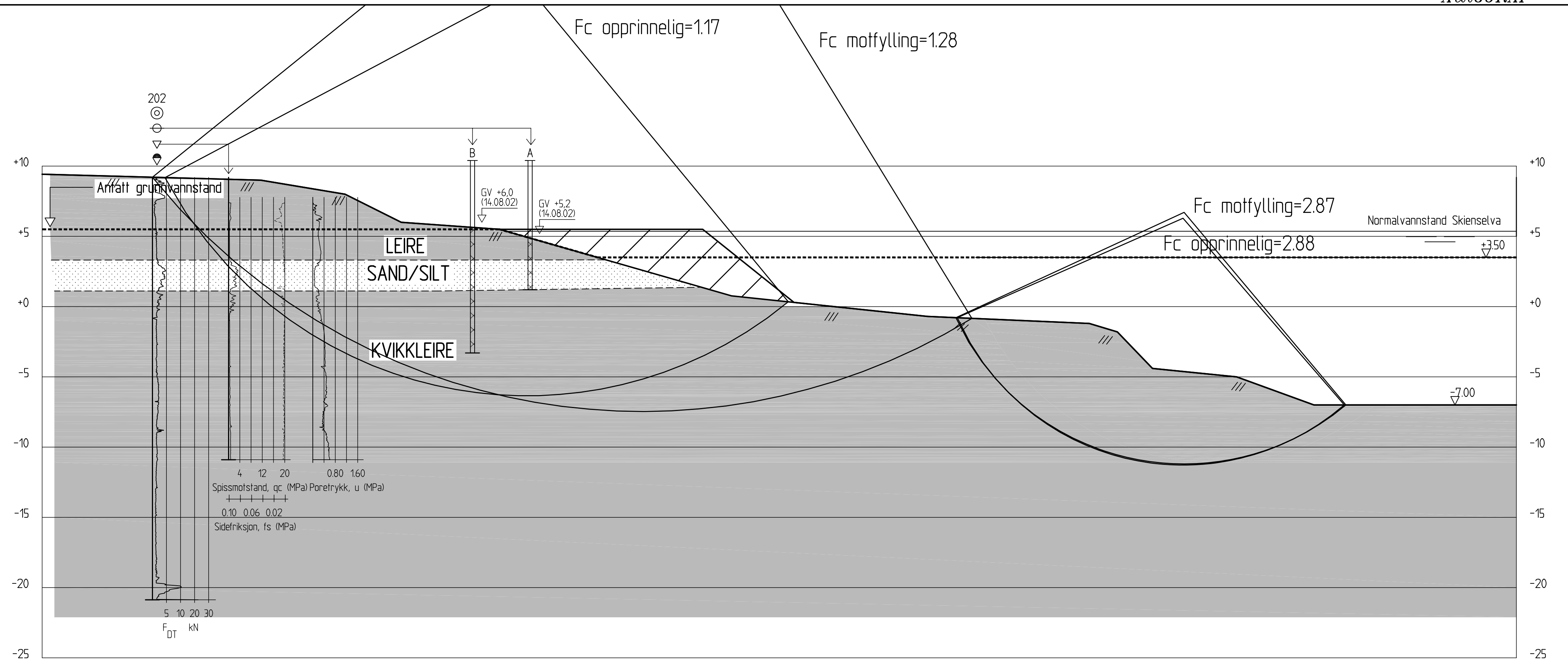
Spissmotstand, qc (MPa) Poretrykk, u (MPa)
 0.10 0.06 0.02
 Sidefriksjon, fs (MPa)

F_{DT} kN


TEGNFORKLARING :

- ⊙ Prøveserie
- ▽ CPT-sondering
- Dreietrykkssondering
- ⊖ Poretrykksmåling

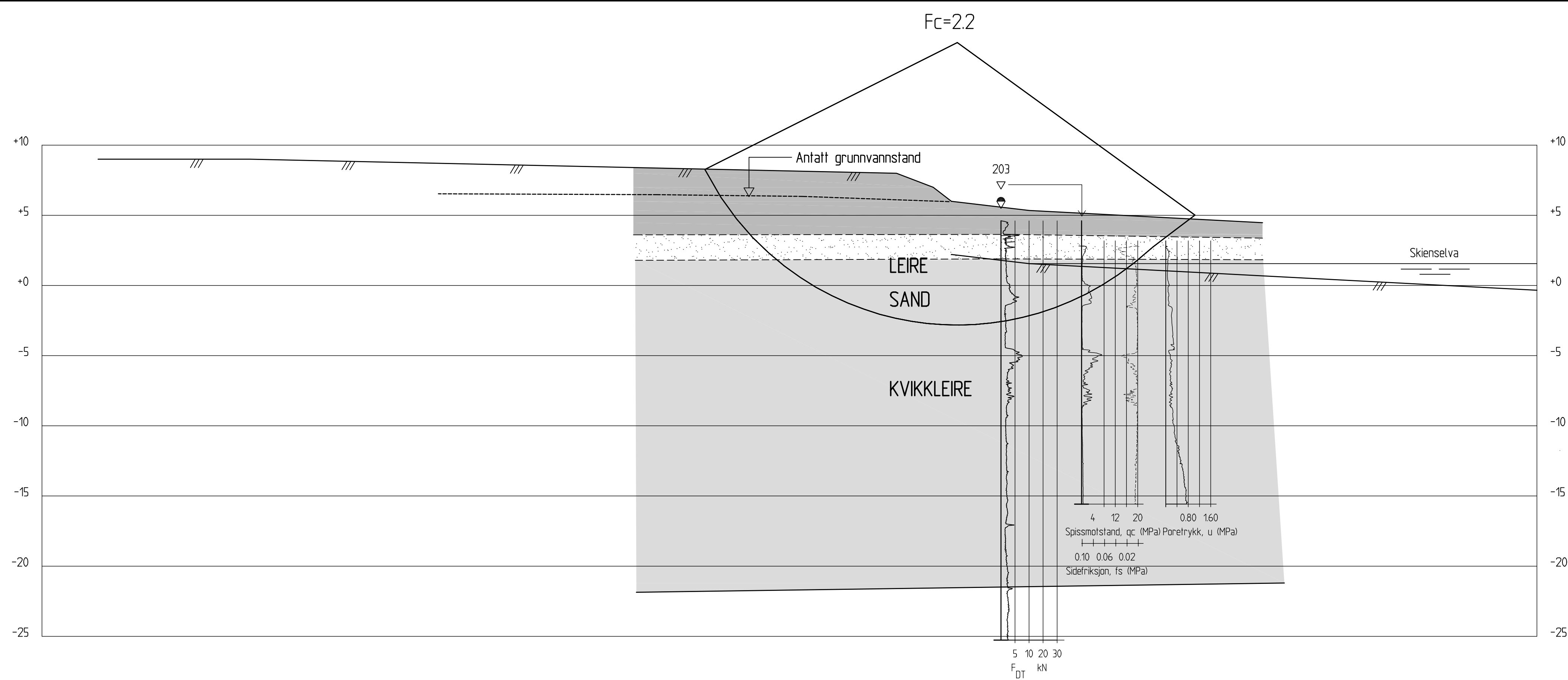
SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED		Rapport nr. 20011544-2	Tegningnr. 202
Profil 202 - Stabilitet før og etter motfylling, vannstand kote +5,5 M = 1 : 200		Tegner	Dato: 12.03.06
		Kontrollert	
		Godkjent	



- TEGNFORKLARING :
- ⊙ Prøveserie
 - ▽ CPT-sondering
 - ⬇ Dreietrykkssondering
 - ⊖ Poretrykksmåling

SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED	Rapport nr. 20011544-2	Tegningnr. 203
	Tegner	Dato: 12.03.06
	Kontrollert	
	Godkjent	

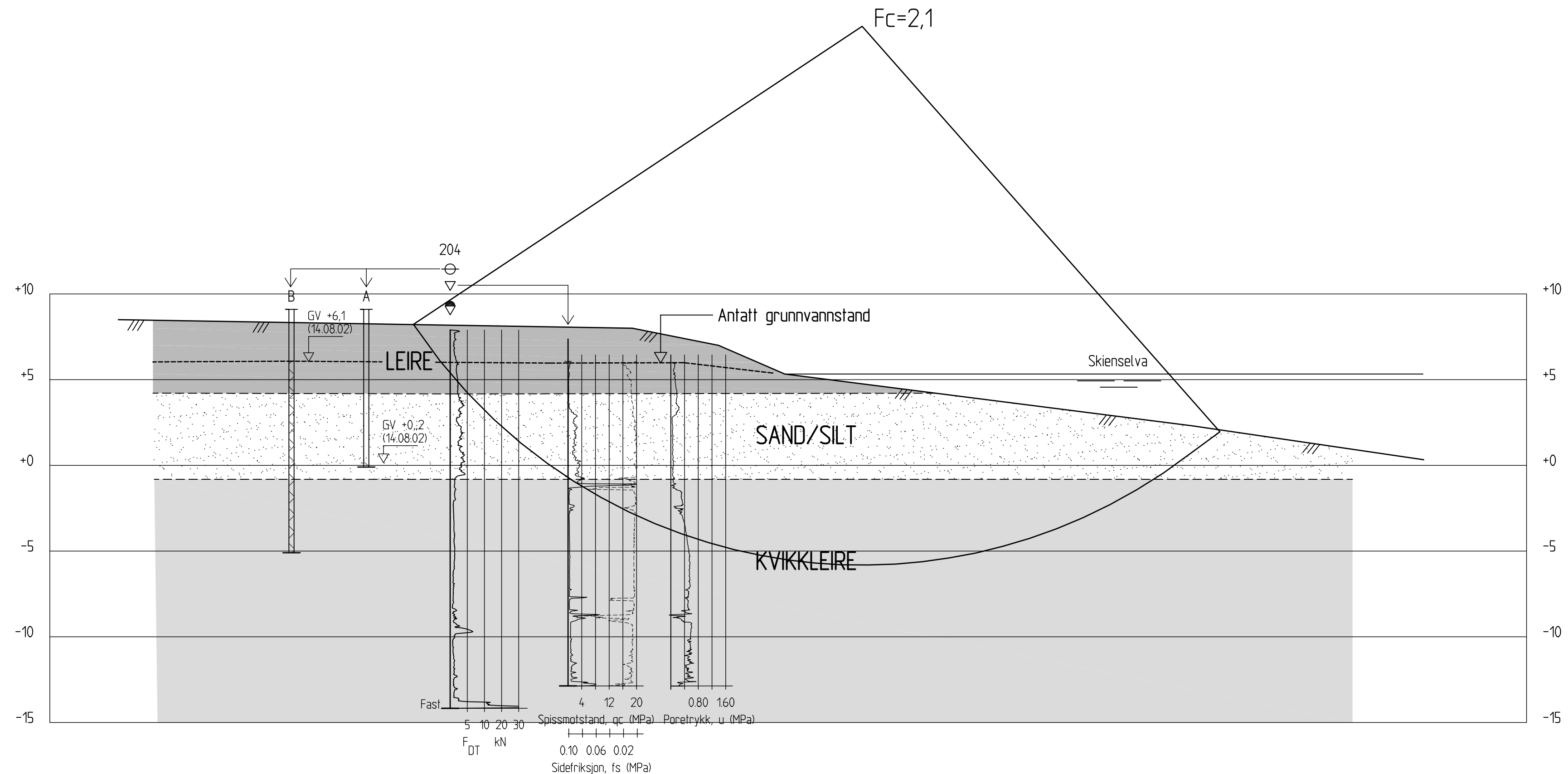
Profil 202 - Stabilitet før og etter motfylling, vannstand kote +3,5
M = 1 : 200



TEGNFORKLARING :

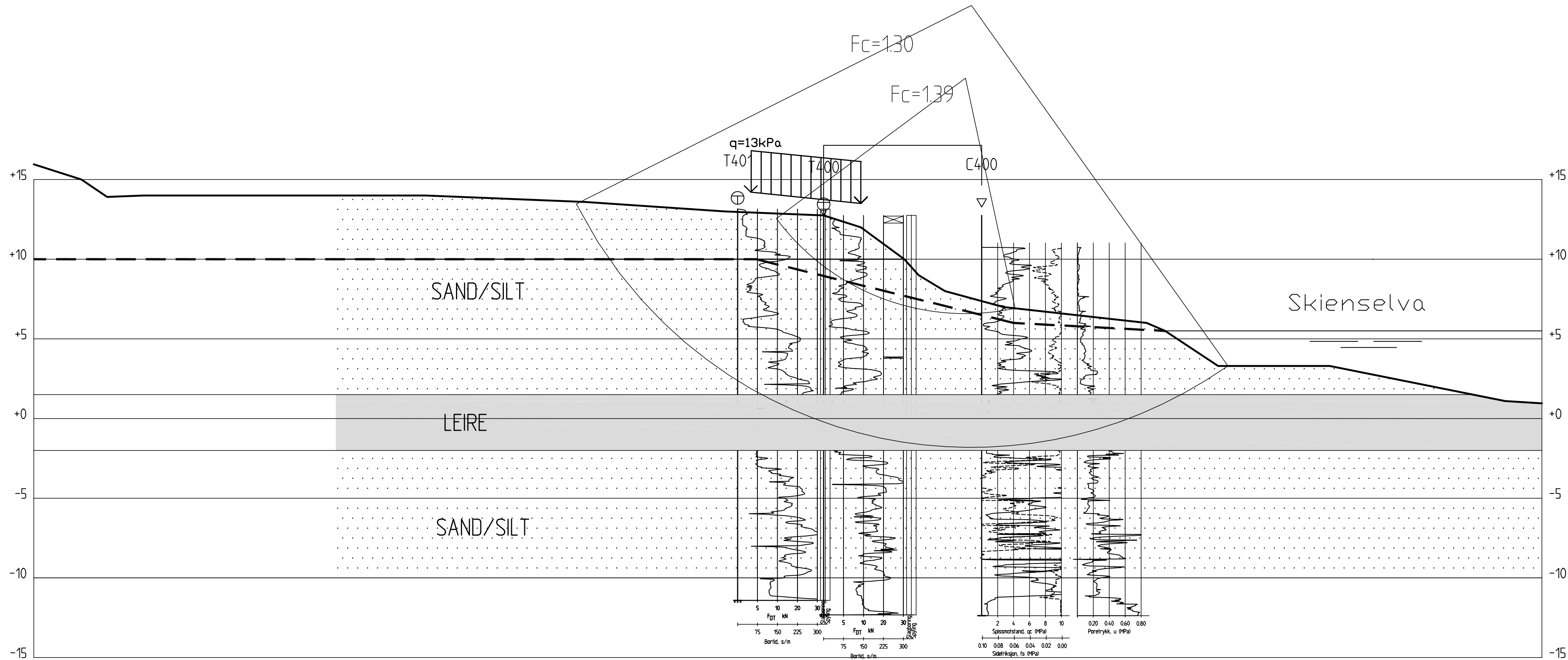
- ▽ CPT-sondering
- ◆ Dreietrykkssondering

SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED		Rapport nr. 20011544-2	Tegningnr. 204
Profil 203 M = 1 : 200		Tegner	Dato: 12.03.07
		Kontrollert	
		Godkjent	




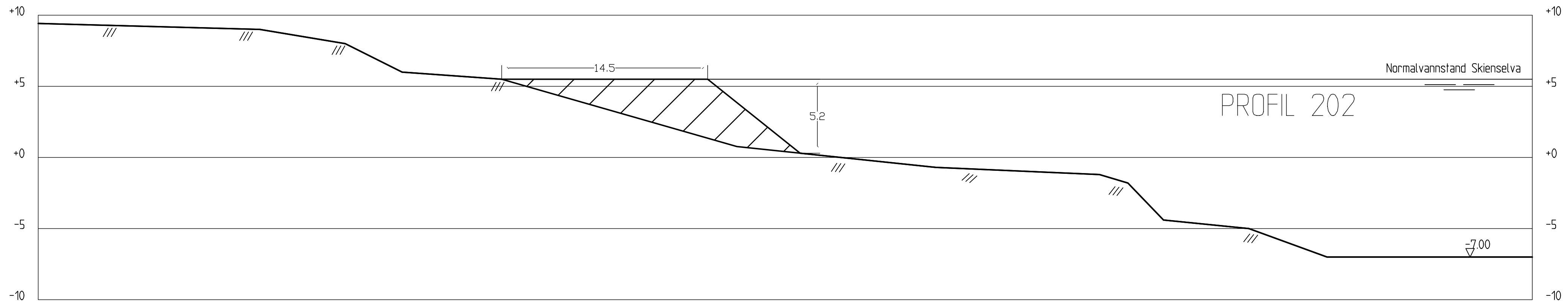
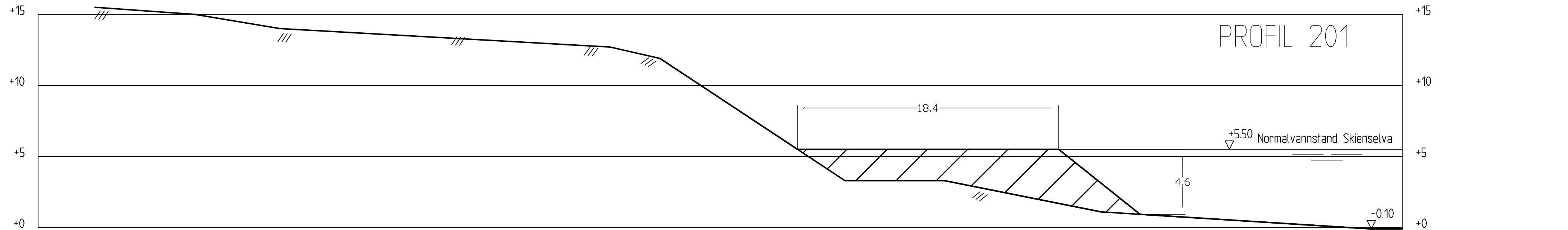
- TEGNFORKLARING :
- ▽ CPT-sondering
 - ◄ Dreietrykkssondering
 - ⊖ Poretrykksmåling

SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED		Rapport nr. 20011544-2	Tegningnr. 205
Profil 204 M = 1 : 200		Tegner	Dato: 12.03.07
		Kontrollert	
		Godkjent	



Profil A-A
1 : 200

SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED	Rapport nr. 2001544-2	Tegningnr. 206
	Tegner	Dato: 01.11.07
Profil A-A M = 1 : 200	Kontrollert	
	Godkjent	



SKOTFOSS SKIEN KOMMUNE, RISIKO FOR KVIKLEIRESKRED	Rapport nr. 20011544-2	Tegningnr. 207
	Tegner	Dato: 12.03.06
	Kontrollert	
	Godkjent	

Profil 201 og 202 - Møfylling
M = 1 : 200

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Program for økt sikkerhet mot leirskred			Dokument nr./Document No. 20011544-2		
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date	
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited		7. august 2006	
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited		Rev.nr./Rev.No. 3 6 november 2007	
		<input type="checkbox"/> Ingen/None			
Oppdragsgiver/Client NVE Region Sør					
Emneord/Keywords quick clay, embankment, risk assessment					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Norge, Telemark			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Skien			Felt navn/Field name		
Sted/Location Skotfoss			Sted/Location		
Kartblad/Map N50 1713 III Kilebygd			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL302638					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:
0	Original dokument	AE	OG		
2		TEH	OG		
3		TEH	OG		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 6. november 2007		Sign. Prosjektleder/Project Manager Odd Gregersen	