



Rapport / Report

Stabilitetsanalyser av kvikkleiresone 56 Bøle i Skien kommune

Resultater av stabilitetsberegninger med vurdering av eventuelle tiltak

20130896-02-R
24. februar 2014
Rev. nr.: 1 / 19. september 2014

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

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

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

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



Prosjekt

Prosjekttittel: Stabilitetsanalyser av kvikkleiresone 56
Bøle i Skien kommune

Dokumenttittel: Resultater av stabilitetsberegninger med
vurdering av eventuelle tiltak

Dokumentnr.: 20130896-02-R

Dato: 24. februar 2014

Rev. nr./rev. dato: 1 / 19. september 2014

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 5687 Sluppen
7485 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat
(NVE), Region Sør

Kontaktperson: Ellen Davis Haugen/Martin N. Jespersen

Kontraktreferanse: Oppdragsbekreftelse av 02.12.2013

For NGI

Prosjektleder: Bjørn Kalsnes

Utarbeidet av: Laura Henderson og José M. Cepeda

Kontrollert av: Bjørn Kalsnes

Sammendrag

NVE har igangsatt geoteknisk utredning av området nord for eksisterende kvikkleiresone 56 Bøle i Skien kommune.

Som ledd i utredningsarbeidet har NGI beregnet skråningsstabilitet for fire profiler. Profilene F og G er nye stabilitetsberegninger mens stabilitetsberegningene for profilene D2 og D er oppdaterte basert på ny data i dette området. Tidligere utførte stabilitetsanalysen for Profil E er også inkludert i rapporten for fullstendighet, men har ikke vært vurdert her. Resultater fra nye og tidligere grunnundersøkelser er rapportert i separate rapporter.

Ytterligere grunnundersøkelser i området ved vraket ble gjennomført etter rev 00 av denne rapporten. Disse undersøkelsene viste at det ikke er kvikkleire i elva ved

BS EN ISO 9001
Certified by BSI
Reg. No. FS 32989

Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20130896-02-R
Dato: 2014-09-19
Rev.: 1
Side: 4

vraket. På bakgrunn av denne informasjonen inneholder denne revisjonen oppdaterte stabilitetsberegninger for profiler F, G, D2 og D. For alle disse profilene er det nå oppnådd tilstrekkelig forbedring med de angitte stabiliserende tiltak.

Stabilitetsanalysene av profilene gir beregnede materialfaktorer som gitt i tabellen under:

Profil	Udrenert		Drenert		Kommentar
	γ_m Dagens situasjon	γ_m etter sikrings-tiltak	γ_m Dagens situasjon	γ_m etter sikrings-tiltak	
F	1,11	1,20	1,50	1,56	Tilstrekkelig forbedring
G	1,21	1,27	1,46	1,88	Tilstrekkelig forbedring
D2	1,11	1,19	1,31	1,77	Tilstrekkelig forbedring
D	1,18	1,36	1,51	1,65	Tiltak allerede utført-tilstrekkelig forbedring.

Det anbefalte tiltaket er motfylling i elva i området nord for den eksisterende faresonen, samt noe senking av terreng i den øvre skråningen nord for vraket.

Det foreslås en endring i faresonens utbredelse ved at sonen utvides noe i nordlig retning.

Innhold

1	Innledning	6
2	Grunnundersøkelser	6
3	Beregningsforutsetninger og materialparametre	7
3.1	Laggrenser	7
3.2	Udrenerte styrkeparametre	8
3.3	Poretrykk	10
4	Stabilitetsberegninger	11
4.1	Generelt	11
4.2	Prinsipper for stabilitetsforbedrende tiltak	11
4.3	Profil D2	15
4.4	Profil D	15
4.5	Profil E2	16
4.6	Oppsummering av tiltak	16
5	Forslag til soneutvidelse i nordlig retning	17
6	Referanser	18

Tegninger

001	Oversiktskart
010	Borplan og beregningsprofiler, sone 56 Bøle
011	Tiltak
100	Ny grense av kvikkleiresone 56 Bøle

Vedlegg

- A: Udrenert skjærstyrke tolket fra CPTU-sonderinger
- B: Resultater fra stabilitetsberegninger, sone 56 Bøle
- C: Tidligere NGI rapporter

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NVE har gitt NGI i oppdrag å utføre geoteknisk utredning av området rett nord for eksisterende kvikkleiresone 56 Bøle i Skien kommune (lav faregrad, meget alvorlig konsekvenser, middels prioritet risiko). Stabilitetsberegninger er utført i tre profiler i dette området. I tillegg er ett profil der det allerede er utført tiltak, kontrollberegnet på bakgrunn av oppdaterte grunnlagsdata. Grunnforhold er tolket fra datagrunnlag i både tidligere prosjekter og supplerende grunnundersøkelser utført i dette prosjektet (ref./4/ og ref./10/). Beliggenhet av beregningsprofiler er vist på detaljkart tegning 010. Både tidligere og nylige utførte grunnundersøkelser er vist i tegningen. Det foreslås også en utvidelse av den eksisterende faresonen i Bøle på bakgrunn av nye data og topografiske forhold, se tegning 100.

2 Grunnundersøkelser

Skråningsstabiliteten i området har vært analysert i tidligere prosjekter:

- Rapport datert 08.08.2008, ref. /1/
- Teknisk notat datert 21.01.2009, ref. /2/
- Rapport datert 16.09.2009, ref. /3/

I dette prosjektet er det utført supplerende grunnundersøkelser i området rett nord for den eksisterende faresonen på Bøle. Disse grunnundersøkelsene gir datagrunnlag for beregning av stabilitet i sikringssonen for kulturminner, og oppdatering av tidligere utførte stabilitetsberegninger i det sørlige området. Data-rapportert fra de nye undersøkelsene er gitt i ref. /4/ og ref. /10/.

En oversikt over undersøkelsene er vist i Tabell 1. Data fra alle disse grunnundersøkelsene er presentert i ref. /4/ og ref. /10/ i tillegg til de opprinnelige rapportene referert til i Tabell 1.

Tabell 1: Alle grunnundersøkelser i Bøle området

BP	DrT	CPTU	PZ	PR	Ref.
117	X				/7/
118	X	X	X		/7/
301	X				/1/
302	X				/1/
303	X				/1/
304	X				/1/
305	X		X		/3/
306	X	X	X	X (*)	/3/ (/4/ kun PR)
307	X				/3/
308	X	X (*)			/3/ (/4/ kun CPTU)
309	X	X			/3/
310	X				/3/
311	X	X	X	X	/4/
312	X				/10/
313	X	X		X	/10/
314	X				/10/

DrT = dreietrykksondering

CPTU = trykksondering med poretrykksmåling

PZ = piezometer

PR = prøveserie. Sylinderprøver er Ø72 mm.

(*) Ref. /4/.

Det er foretatt begrenset prøvetaking i tidligere grunnundersøkelser. Ved grunnundersøkelsen for dette prosjektet ble det derfor tatt prøver av det som fra dreietrykksonderingene ble tolket til å være potensielle sensitive leirer fra BP 306 og BP 311. Disse prøvene ble analysert i NGIs laboratorium, se ref. /4/. Det ble utført ett treaksial CAUC forsøk på prøver fra hver av lokasjonene.

3 Beregningsforutsetninger og materialparametre

3.1 Laggrenser

Grunnundersøkelsene har vært rettet inn mot å gi grunnlag for å tolke laggrenser og lagmektigheter, derunder skillet mellom sensitiv og ikke-sensitiv leire, samt lateral fordeling av de enkelte materialtypene over de kartlagte områdene. Vurderingene er gjort basert på data fra dreietrykksonderinger, CPTU-sonderinger samt resultater fra laboratorieanalyse av opphentede jordprøver.

En viss usikkerhet gjenstår alltid i tolkningen, og ofte kan prøvetaking vise at antakelser om sensitiv leire basert på dreietrykksondering er noe konservativ. Likevel vil en konservativ vurdering som regel føre til at det må antas sensitiv leire i de tilfellene hvor for eksempel dreietrykksondering ikke gir økende boremotstand i dybden, og hvor det heller ikke er opptatt prøve eller utført CPTU-sondering. I de nye undersøkelsene er det tatt opp prøver fra to av lokasjonene (306 og 311) for bedre

å kunne vurdere sensitiviteten til leirmaterialet. Ytterligere undersøkelser med prøvetaking ble også gjennomført i elva av tilsvarende grunner.

Lagdelingen for de beregnete profilene varierer noe, men generelt er det tørrskorpe over lag med (sensitiv) leire og sand. Tabell 2 viser lagdelingen slik den er tolket for profil F.

Tabell 2 Laggrenser profil F Bøle nord

Del av profil	BP	Dybde (m)	Grunnforhold
Nedre del (elvebreidd)	308	0-1	Tørrskorpe
		1-6	Sensitiv leire*
		6-13	Leire
		13-16,5	Sand
		16,5-19,5	Leire
		19,5+	Sand
Øvre del	311	0-2	Tørrskorpe
		2-3,5	Leire
		3,5-6	Sand
		6-12,5	Sensitiv leire*
		12,5-15	Sand
		15-19	Leire
		19-20	Sand
		20-22	Leire
		22+	Sand

*Konusforsøk på omrørte prøver viser omrørt styrke på typisk mellom 1 og 2 kPa, mao det klassifiseres som sprøbruddmateriale, men ikke kvikt.

Det er ikke utført bergkontroll i forbindelse med boringene. Dybder til fjell er derfor generelt usikre. Stabilitetsberegningene viser at dybde til fjell ikke er en sentral parameter da de kritiske glidesirklene er forholdsvis grunne sammenlignet med maksimal boret dybde med løsmasser.

3.2 Udrenerte styrkeparametre

3.2.1 CPTU-sonderinger

Udrenerte styrkeparametre er tolket ut fra samlet bruk av informasjon fra CPTU-sonderinger, målte poretrykk i felten, laboratorieresultater og dreietrykk-sonderinger. I tillegg er topografiske forhold benyttet for vurdering av over-konsolidering i området. Tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU-sonderinger er vist i vedlegg A. De mange silt og sandlagene kompliserer tolkning av skjærfastheten fra CPTU. Blant annet er poretrykksresponsen i store deler av dybdeprofilen influert av sandlagene, og er i så måte ikke gyldig som grunnlag for tolkning av skjærfasthet. Det er derfor tatt utgangspunkt i dybdelag der det synes å være homogene leirlag (f eks i dybde 6-10 m i BP 311) der det er tatt prøver og utført treaksialforsøk, og prøvd å korrelere etter det.

Følgende anisotropiforhold er benyttet:

”Ikke-sprøbruddmateriale” (su omrørt > 2 kPa og St < 15):

- Direkte skjærfasthet: $SuD = 0,7 SuA$
- Passiv skjærfasthet: $SuP = 0,4 SuA$

SuA , SuD og SuP er hhv. aktiv, direkte og passiv karakteristisk udrenert skjærfasthet.

”Sprøbruddmateriale” (su omrørt < 2 kPa og St > 15):

- Direkte skjærfasthet: $SuD = 0,65 SuA$
- Passiv skjærfasthet: $SuP = 0,35 SuA$

I tillegg er det i hht. NVEs retningslinjer (ref. /5/) gjort en reduksjon med 15 % av karakteristisk aktiv skjærfasthet når det karakteristiske aktive styrkeprofil i sprøbruddmateriale er tolket ut fra korrelasjon med CPTU-sonderinger (ref. /1/ - /4/ og ref. /10/), dvs:

$SuA,dim = 0,85 SuA$,

der SuA,dim er udrenert aktiv skjærfasthet for sprøbruddmateriale.

Fasthetsprofil i de udrenerte beregningene er lagt inn som karakteristisk aktiv udrenert skjærfasthet, dvs. uten reduksjon som nevnt over. Anisotropifaktorene er deretter lagt inn i beregningsprogrammet for hvert materiale ut fra beskrivelsen gitt over.

3.2.2 Skjærfasthet i overkonsolidert leire

Målingene fra CPT308 nede ved elva og CPT313 i elva antyder at leira nede ved elva er noe overkonsolidert, antakelig som resultat av at tidligere overliggende avsetninger ble fjernet gjennom prosesser som skred og erosjon. Masser som tidligere har hatt større overlagering er derfor konsolidert til et høyere spenningsnivå enn dagens. Udrenert skjærstyrke i overkonsoliderte finkornige sedimenter kan beregnes dersom en kjenner forkonsolideringsnivået. Dette kan vurderes basert på en tolkning av CPTU-sonderingene, hvor forkonsoliderings-nivået estimeres ut fra sonderingsresultatene.

Ut fra overkonsolideringsnivået kan udrenert skjærfasthet beregnes ved anvendelse av den såkalte SHANSEP-metoden (ref. /6/). Aktiv skjærfasthet, SuA,ocr , i overkonsolidert leire er således beskrevet ved den følgende ligningen:

$$SuA,ocr = 0,3 p_0' \times OCR^{0,65}$$

hvor $OCR = p_c'/p_0'$

p_0' = effektivt overlageringstrykk in situ (dvs. totalvekt minus poretrykk)

p_c' = forkonsolideringstrykk ut fra antatt tidligere terrengnivå (evt. inkludert ”aging”-effekt; her er benyttet en aging-faktor på 1,2)

Normalkonsolidert leire (dvs. for områder uten større tidligere overlaging av masser enn dagens terrengnivå) vil erfaringsmessig ha følgende minimums-skjærfasthet, SuA,nc :

$$SuA,nc = 0,3 p_0'$$

I beregningene er de udrenerte styrkene basert på Shansep metoden med et antatt tidligere terrengnivå ca. 12 moh på landet og ca. 5 moh i elva.

3.2.3 Drenerte styrkeparametre

Det er utført 2 udrenerte triaksialforsøk på prøver i sonen, ref. /4/. Følgende drenerte skjærstyrkeparametre er tolket fra disse forsøkene, og er benyttet ved drenerte stabilitetsberegninger i leire:

Kohesjon (c):	8 kPa
Friksjonsvinkel (ϕ'):	30°

Motfyllinger av stein er modellert med følgende parametre (konservative anslag):

Total romvekt (γ_{tot})	18,5 kN/m ³
Friksjonsvinkel (ϕ'):	37°
Kohesjon (c):	0 kPa

Sand er modellert med følgende parametre :

Total romvekt (γ_{tot})	19,5 kN/m ³
Friksjonsvinkel (ϕ'):	33°
Kohesjon (c):	0 kPa

3.3 Poretrykk

Poretrykksstasjonen BP. 311 (ref. /4/) er installert på plataet helt i nord. Det er installert to poretrykksmålere, henholdsvis på 5 og 15 m dybde. De målte poretrykkene er henholdsvis 16 kPa og 65,5 kPa, hvilket antyder at det er et betydelig lavere poretrykk enn hydrostatisk. Poretrykket antas basert på målingene å bli 50% av hydrostatisk fra grunnvannsnivå på 2 m dybde til 15m dybde, og derfra hydrostatisk.

På grunn av de de lave poretrykksmålingene, ble det gjennomført en sensitivitetsanalyse mht beregnet stabilitet for å se på effekt av et eventuelt høyere poretrykk i grunnen enn målt. Det er gjennomført en beregning der poretrykket antas å være hydrostatisk fra grunnvannsnivå på 3,5 m dybde oppe på plataet, mens poretrykket nede ved elva antas å være hydrostatisk fra -1 moh. Resultatene fra beregningene viser bare en liten forskjell, hvilket antyder at poretrykksituasjonen ikke er en kritisk parameter (tilstrekkelig sikkerhet for drenerte forhold).

Poretrykksmålerne i henholdsvis BP 305 og 306 viser utslag på henholdsvis kote 2,89 m og 2,96 m (ref. /2/). I profil D er grunnvannsnivået på plataet tatt som +3,0 moh.

Målte poretrykk fra BP 118 på plataet bak skråningen viser hydrostatisk fordeling med dybden fra ca. 4 m under terreng, ref. /1/

4 Stabilitetsberegninger

NGI har tidligere utført stabilitetsanalyser for faresone Bøle, jfr. ref. /1/ - /3/. Rapporten i ref. /2/ konkluderte at den utlagte steinfylling i elva gir tilfredsstillende sikkerhet for dypere glidninger, men at sikkerheten er litt lav for mindre glidninger oppstrøms profil E og opp mot området for kulturvern (ved vraket). Området nord for faresonen, innenfor sonen for kulturvernet, har ikke vært analysert i tidligere prosjekter.

De foreliggende vurderingene er basert på ovennevnte rapporter og på reviderte styrkeprofiler. Resultater fra beregningene er vist i vedlegg B. Stabilitet er beregnet med stabilitetsmodulen i den geotekniske programvaren NovaPoint GeoSuite Toolbox (ref. /8/). Beregningsprogrammet bruker "limit equilibrium method" i beregning av stabilitet for valgte glideflater, som kan være sirkulære eller plane/sammensatte. Beregninger er utført både for udrenerte og drenerte forhold.

4.1 Generelt

Kvikkleiresonen Bøle er tett bebyggt med næringsbygg og bolighus. Skråningen ned mot Skienselva har høydeforskjeller opp mot 10 m med en helning på 1:2.

4.2 Prinsipper for stabilitetsforbedrende tiltak

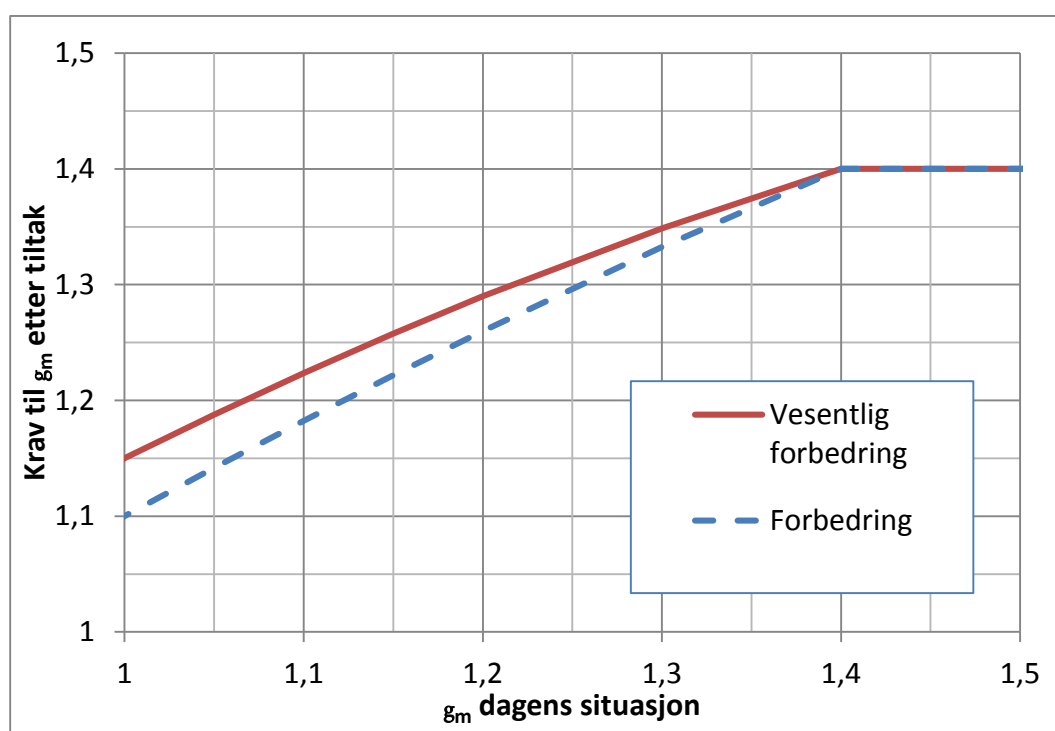
Det er beregnet stabilitet for fire profiler. Profilene F, G og D2 ligger i sikringssonen for kulturminner og har beregningsmessig dårlig stabilitet for dagens situasjon. Eventuelle tiltak i denne kulturminnesonen skal ikke påvirke vraket som ligger i elva (begrenset område for motfyllinger langs vraket). Profil D ligger innen eksisterende kvikkleirefaresone. De eksisterende beregninger for profil D ble oppdatert med nye grunnundersøkelser og data fra "as-built" kartlegging (ref. /11/).

For profiler hvor beregnet sikkerhet er dårligere enn angitt i NVEs retningslinjer (ref. /5/), er det foretatt beregninger med stabiliserende tiltak. Stabilitetsforbedrende tiltak er i utgangspunktet påkrevet dersom beregnet materialfaktor for dagens situasjon er mindre enn 1,4 (for drenert og/eller udrenert analyse).

Det er i retningslinjene åpnet for at stabiliserende tiltak ikke behøver å bringe skråningen til en situasjon hvor materialfaktor γ_m for den kritiske glideflaten etter stabiliserende tiltak blir 1,4 eller mer. I stedet kan det gjøres tiltak som resulterer i enten "forbedring" eller "vesentlig forbedring" av stabilitetsforholdene. Krav til

prosentvis forbedring er knyttet til dagens stabilitets situasjon. For en skråning som beregningsmessig er labil ($\gamma_m = 1,0$) er kravet til "vesentlig forbedring" at materialfaktoren skal økes med 15 %. For "forbedring" kreves det tilsvarende en forbedring på 10 %. For høyere materialfaktor i dagens situasjon er kravet beskrevet ved en glidende avtakende skala, og for $\gamma_m = 1,4$ kreves det således ingen forbedring.

Krav til materialfaktor etter tiltak med utgangspunkt i beregnet materialfaktor for dagens situasjon er oppsummert i Figur 1. I denne rapporten er det tatt utgangspunkt i tiltak som sikrer *forbedring*, ut fra at eventuell fremtidig utvikling av området plasseres i tiltakskategori K4 og kvikkleireklassene innenfor planområdet har faregradsklasse "lav", jfr. ref. /5/.



Figur 1: Krav til materialfaktor etter stabiliserende tiltak ut fra beregnet materialfaktor for dagens situasjon. Krav for hhv. "forbedring" og "vesentlig forbedring" i hht. ref. /5/ er vist.

Beliggenhet av de analyserte profilene er vist på **tegning 010**. Resultater fra beregningene er vist i **vedlegg B**.

4.2.1 Profil F

Profil F ligger oppstrøms av eksisterende Bøle kvikkleiresone og er i sikringssonen for kulturminner, rett nord for vraket. Skråningshøyde på land er 10 m og bratteste helningsgrad er 1:2,1. Det er påvist sensitiv leire i profilet, med lagtykkelse inntil 6,5 m som ligger under kote + 3 moh på platået og som antas å kile ut i elvebredden. Grunnen består av flere leire- og sandlag med varierende tykkelse. I beregningene er de tykkeste lagene med friksjonsmateriale (opptil 2,5m) modellert som sand.

Poretrykket er basert på målinger modellert til å være 50% av hydrostatisk fra grunnvannsnivå på 2 m dybde til 15m dybde, og derfra hydrostatisk. Ved elva antas poretrykket å være hydrostatisk fra -1 moh.

Det er en brygge ved elvebredden. Det er ikke kjent hvordan denne er fundamentert. Beregningene inkluderer derfor ikke eventuelle gunstige effekter av bryggefundament (gjelder også for profil G og D2).

Totalspenningsanalyse:

Beregnet materialfaktor for dagens situasjon er 1,11, se vedlegg B01. Kritisk glideflate går gjennom den sensitive leira, med bakkant glidesirkel 20 m bak skråningen opp fra elva. Der er også beregnet en ganske lav materialfaktor (1,13) i den øvre skråningen.

Drenert analyse

Drenert analyse gir materialfaktor 1,50 for kritisk glidesirkel, se vedlegg B02.

Stabilitetsforbedrende tiltak

For udrenert analyse må materialfaktor etter tiltak være:

Forbedring:

7,3 % økning av materialfaktoren, dvs. $\gamma_m = 1,11 \times 1,073 = 1,19$.

Tilstrekkelig materialfaktor for den udrenerte analysen oppnås med støttefylling opp til ca. kote -4,5 moh i elva, samt noe senking av terrenget i den øvre skråningen. Støttefyllingen i elva sørger for at den kritiske (globale) glideflaten får tilstrekkelig forbedring. Men da dette tiltaket ikke forbedrer situasjonen for den lokale øvre skråningen som har en beregnet materialfaktor 1,13 i dagens situasjon (se vedlegg B01), kreves det et tiltak som også forbedrer profilet lokalt. Dette kan foretas ved å senke terrenget i den øvre skråningen. Både den kritiske glideflaten og den lokale glideflaten har høyere materialfaktorer enn den opprinnelige, henholdsvis 1,20 og 1,21. Se vedlegg B03 og B04.

4.2.2 Profil G

Profil G ligger ca. 30 m sør for profil F. Profilet går gjennom vraket som ligger i elva. Fra plataet til elva er høydeforskjellen ca. 11m. Midt i profilet er det en støttemur (ca. 2,5 m). Som for profil F er det en blanding av sensitiv leire, leire og sand. Dreietrykk-sondering 308 antyder at det nede ved elva er sensitiv leire på 7 m tykkelse. Prøver fra BP. 313 i elva viste ikke en kvikkeleire, men derimot et lag med sandig leire, eller leirig sand, fra 3-6 m dybde. Dreietrykksonderingen på BP. 313 viste lag med sand og leire derunder. Poretrykksituasjonen antas som for profil F.

Som en konservativ antagelse, er vraket ikke inkludert i stabilitetsberegningene. Vekten av vraket virker således ikke som en stabiliserende motstand.

Totalspenningsanalyse:

Beregnet materialfaktor for dagens situasjon er 1,21, se vedlegg B05. Kritisk glideflate går gjennom den sensitive leira. Utgående glidesirkel er ca. 7 m fra vraket.

Drenert analyse

Drenert analyse gir materialfaktor 1,46 for kritisk glidesirkel, se vedlegg B06.

Stabilitetsforbedrende tiltak

For udrenert analyse må materialfaktor etter tiltak være:

Forbedring:

4,8 % økning av materialfaktoren, dvs. $\gamma_m = 1,21 \times 1,048 = 1,27$.

Tiltaket i denne profilen er begrenset av vraket, som er ansett som et kulturminne, og som derfor ikke skal tildekkes. Et tiltak med støttefylling opp til ca. kote +1,0 moh, se vedlegg B07, gir en tilstrekkelig materialfaktor $\gamma_m = 1,27$. Legg merke til at vinkelen på fyllingen er ganske bratt og fyllingen strekker seg hele veien til kanten av vraket. Beregnet materialfaktor for selve fyllingen er $\gamma_m = 1,14$ (med konservative estimater av materialparametre for fyllingen), se vedlegg B11. Det presiseres derfor at fyllmaterialet velges nøye, og forsiktighet må vises ved plassering i elva. Det anbefales brukt fyllmaterialer med faktisk friksjonsvinkel ϕ er over 40 grader.

Siden prøvene i BP. 313 viste at materialet under elven ikke var en homogen leire, men inneholdt mye sand, har det også blitt utført beregninger der dette materialet er modellert som leirig sand. Som en konservativ antagelse er det brukt friksjonsvinkel $\phi = 30$ grader, og kohesjon $c = 0$ for dette materialet.

Totalspenningsanalyse (med sandlag under elva):

Beregnet materialfaktor for dagens situasjon er 1,27, se vedlegg B09. Den kritiske glideflaten er lokal og går gjennom kaia.

Drenert analyse (med sandlag under elva):

Drenert analyse gir materialfaktor 1,20 for kritisk glidesirkel, se vedlegg B10.

Stabilitetsforbedrende tiltak (med sandlag under elva):

For udrenert analyse må materialfaktor etter tiltak være:

Forbedring:

Udrenert: 3,3 % økning av materialfaktoren, dvs. $\gamma_m = 1,27 \times 1,033 = 1,31$

Drenert 5,0 % økning av materialfaktoren, dvs. $\gamma_m = 1,20 \times 1,05 = 1,26$

Profil G (med sandlag under elva) ble sjekket med det samme tiltaket som brukt overfor, og stabilitetsberegninger viste tilstrekkelige materialfaktorer (ved sjekking av de samme glideflatene). Se vedlegg B11 og B12.

4.3 Profil D2

Profil D2 ligger ca 20 m sør for profil G, utenfor området som berøres av vraket. Høydeforskjellen fra platået til elva er i underkant av 10 m. Det er som for de øvrige profilene presentert i denne rapporten en blanding av sensitiv leire, leire og sandlag. Ved elva er sensitiv leire lag begrenset på grunn av dreietrykksonderingen på BP. 312, som viser lignende resultater til BP. 313. Under -6 moh ved kaia er det sandig leire.

Totalspenningsanalyse:

Beregnet materialfaktor for dagens situasjon er 1,11, se vedlegg B13. Den kritiske glideflate går gjennom det sensitivt leire lag og bakkanten ligger ca. 55 m fra elva.

Drenert analyse

Drenert analyse gir materialfaktor 1,31 for kritisk glidesirkel, se vedlegg B14. Kritisk glidesirkel er en lokal glidesirkel ved brygga. Bryggas fundament er ikke vurdert i stabiliteten beregningene, hvilket antas å være et konservativt anslag.

Stabilitetsforbedrende tiltak

For udrenert analyse må materialfaktor etter tiltak være:

Forbedring:

7,3% økning av materialfaktoren, dvs. $\gamma_m = 1,11 \times 1,073 = 1,19$.

Tilstrekkelig materialfaktor for den udrenerte analysen er 1,19, se vedlegg B13. Den drenerte analyse med tiltak viser en ny kritisk glideflate med tilstrekkelig materialfaktor 1,77.

4.4 Profil D

Tiltaket ved profil D ble utført etter forslag i NGI rapporter, og området er sikret med steinfylling i elva. I denne rapporten er analysene av profil D oppdatert med bruk av nye data for å kontrollere om det eksisterende tiltaket er tilstrekkelig. Den nye prøveserien på BP. 306 antyder sensitiv leire mellom 3,5 og 10,5 m dybde. Det er også lagt inn sandlag i beregningene av profil D. Topp nivået av plassert steinfylling er tatt fra "as-built" kartlegging mottatt fra NVE (ref. /11/).

Totalspenningsanalyse før tiltak:

Beregnet materialfaktor for situasjon før tiltak er 1,18 for den lokale glidesirkelen i den øvre skråningen, og 1,19 for den globale glidesirkelen, se vedlegg B17. Som for de andre profilene går kritisk glidesirkel stort sett gjennom den sensitive leira.

Drenert analyse før tiltak

Drenert analyse gir materialfaktor 1,51 for kritisk glidesirkel, se vedlegg B18.

Dagens stabilitetsforbedrende tiltak

For udrenert analyse må materialfaktor etter tiltak være:

Forbedring:Lokalt: 5,5 % økning av materialfaktoren, dvs. $\gamma_m = 1,18 \times 1,055 = 1,24$.Globalt: 5,3 % økning av materialfaktoren, dvs. $\gamma_m = 1,19 \times 1,053 = 1,25$.

Beregninger av dagens situasjon (etter tiltak) viser materialfaktor er 1,36 for den udrenerte lokale glidesirkelen, se vedlegg B19. Den udrenerte analyse for den globale glidesirkelen gir materialfaktor 1,57, mens den drenerte analyse gir materialfaktor 1,65. Stabiliseringstiltak ved profil D i dag er tilstrekkelig.

4.5 Profil E2

Profil E2 ligger i den nedre delen av sonen hvor terrenget er 2 m lavere enn i Profil D. Det er ikke utført nye undersøkelser i dette området.

Rapporten 20011544-00-37-R (ref. /2/) gir materialfaktorene for de kritiske lokale (øvre skråning) og globale sirkler på henholdsvis, $\gamma_m = 1,35$ og 1,50, se vedlegg B21.

4.6 Oppsummering av tiltak

Stabilitetsforbedrende tiltak er foreslått og beregnet i hht. NVEs *Veileder 7/2014, Sikkerhet mot* (ref. /5/), og foreslåtte tiltak for profiler F, G og D2 oppfyller NVEs kriterier. Tiltak vil være oppfylling med masse (stein) i elva nord for området der det allerede er utført tiltak, samt terrengsenking i den øvre skråningen nord for vraket. Tiltaket som er utført i den eksisterende faresonen (sør for vraket) tilfredsstiller kravene til forbedring gitt i NVEs veileder.

Estimerte volumer for motfyllingene er presentert i tabellen under, med beliggenhet som vist på tegning 011. Beregnede volumer er blitt redusert siden rev. 00, av to grunner:

1. Mindre kvikkleirelag i elva
2. Høyere udrenert styrker i elva, tolket fra CPT313 og brukt i profiler F, G og D2.

Profil	Estimat tverrsnittsareal (m ²)	Estimat volum (m ³)
F	12 fylling 17 skjæring	700 fylling 1000 skjæring
G	72 fylling	1800 fylling
D2	52 fylling	3500 fylling
D	5 fylling	1500 fylling

5 Forslag til soneutvidelse i nordlig retning

I desember 2008 foretok Eirik Traae fra NVE og Odd Gregersen fra NGI befaring av området, se ref. /3/. På grunnlag av observasjoner av fjell i dagen og nye topografiske kart (ekvidistanse 1 m) ble det foreslått å forlenge sonen med ca 120 m mot nord. De nye grunnundersøkelsene foretatt i desember 2013 bekrefter at det er sensitive leirer nord for den eksisterende faresonen. Forslaget om ny sone-avgrensning gitt i ref. /3/ beholdes derfor, se tegning 100. Dette innebærer at den nye grensen i nordlig retning vil gå rett nord for profil F gitt i denne rapporten.

I ref. /3/ foreslås det videre at soneavgrensningen mot syd beholdes. I forbindelse med behandlingen av kommunedelplan Borgestad-Menstad, har NGI på oppdrag fra Norsk Hydro Produksjon, utført orienterende grunnundersøkelser og foretatt stabilitetsanalyser på strekningen syd for faresone Bøle. Undersøkelsene har i liten grad påvist sensitive masser ut mot elven i dette området. Ved ny utbygging i området må tilstrekkelig sikkerhet dokumenteres.

Det er foretatt en ny faregradsevaluering på grunnlag av topografiske, geotekniske og hydrologiske kriterier gitt i ref. /9/. Denne evalueringen gir faregrad "Lav". Den lave skåren skyldes i første rekke relativt små skråningshøyder, målt pore undertrykk, og moderate målte sensitiviteter.

Tabell 3 Evaluering av faregrad, Bøle

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score				Bøle	Bøle vektet
		3	2	1	0		
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	1	1
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15	2	4
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	2	4
Poretrykk	3	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk	-1	-3
Overtrykk, kPa: Undertrykk, kPa:	-3	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)			
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	2	4
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	1	1
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	1	3
Inngrep:	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	0	0
Forverring Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten			
Sum		51	34	16	0		14
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %		27%

6 Referanser

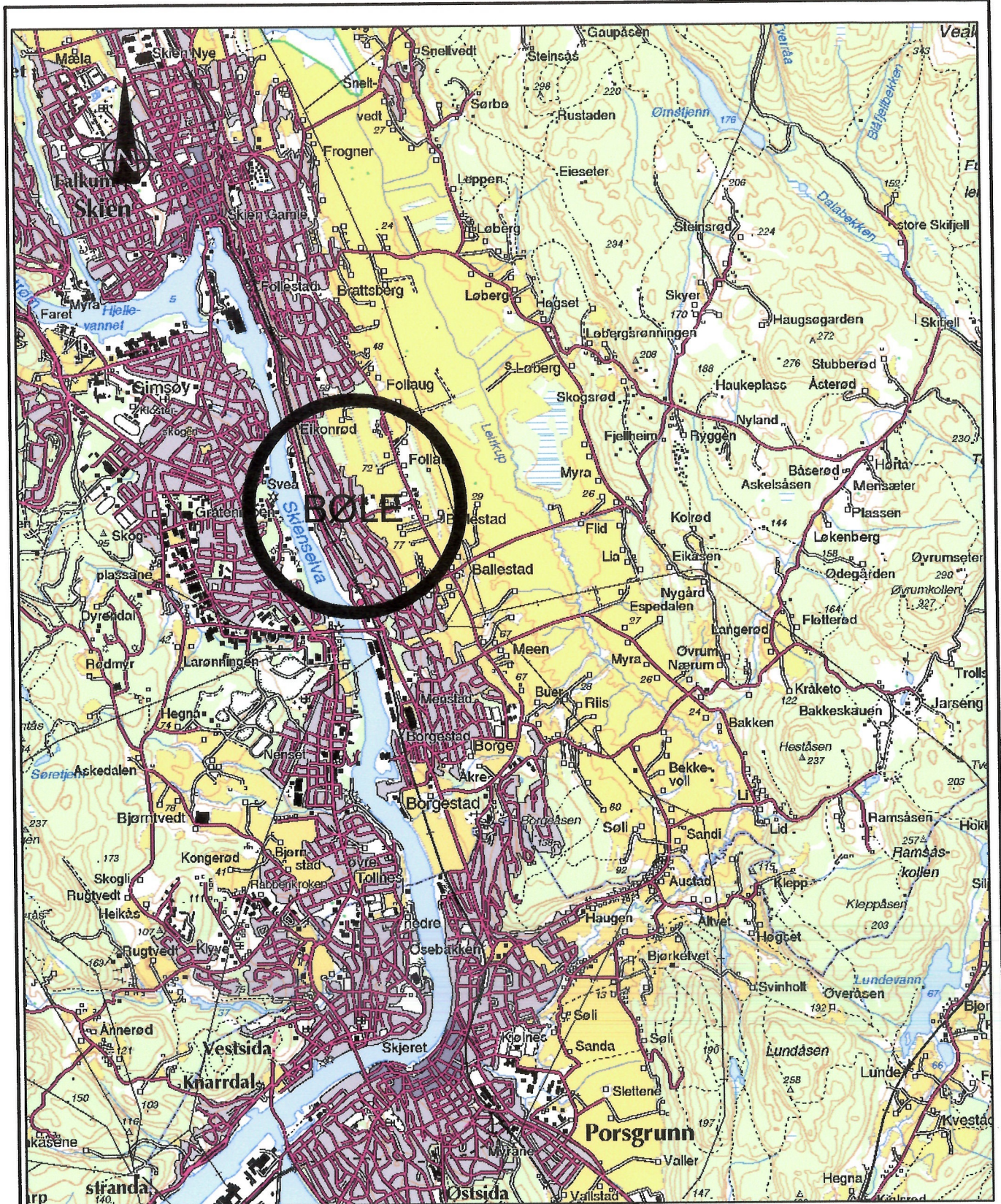
- /1/ Norges Geotekniske Institutt (2008). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Bøle, Skien kommune. Risiko for kvikkleireskred. Dokument nr. 20011544-03 rev. 01 datert 8. august 2008.
- /2/ Norges Geotekniske Institutt (2009). Stabilitet Skienselven. Supplerende grunnundersøkelser og vurdering av stabilitet i skråning over elvenivå. Dokument nr. 20011544-00-37-R datert 16. september 2009.
- /3/ Norges Geotekniske Institutt (2009). Bøle, Skienselven. Risiko for kvikkleireskred. Teknisk notat til prosjekt nr. 20011544, datert 21. januar 2009.
- /4/ Norges Geotekniske Institutt (2014). Stabilitetsanalyser av kvikkleiresone 56 Bøle i Skien kommune. Datarapport. Dokument nr. 20130896-01-R datert 31. januar 2014.
- /5/ NVE (2014): Sikkerhet mot kvikkeleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper. NVE veileder 7-2014. Revidert april 2014. ISSN: 1501 – 0678.
- /6/ Ladd, C. C. and R. Foott (1974): New design procedure for stability of soft clays. Journal of the geotechnical engineering division, ASCE, Vol. 100, No. GT7, July, pp. 763-786.
- /7/ Scandiaconsult (2002). Skienselva i Skien og Porsgrunn–Grunnundersøkelser datarapport. Rapport nr. 6202207A-1, datert 4. oktober 2002.
- /8/ ViaNova Systems (2000-2007). Novapoint GeoSuite Toolbox R18. Version 4.4.0.28. Install package 2.0.31.
- /9/ Norges Geotekniske Institutt (2002). Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, Revisjon 3, datert 8. oktober 2008.
- /10/ GeoStrøm AS (2014). Grunnundersøkelse i Skienselva ved Bøle. Rapport nr. 1154/R1 datert 6. august 2014.
- /11/ NVE. Kotelinjer for ferdig terreng "Boleferdig05m_3D.dwg", e-post fra Martin Jespersen mottatt 20.06.2014.



Tegninger

Innhold

001	Oversiktskart	1:50000
010	Borplan	1:1000
011	Tiltak	1:1000
100	Ny grense av kvikkleiresone 56 Bole	1:5000



Bøle-kvikkleire stabilitetsvurderinger

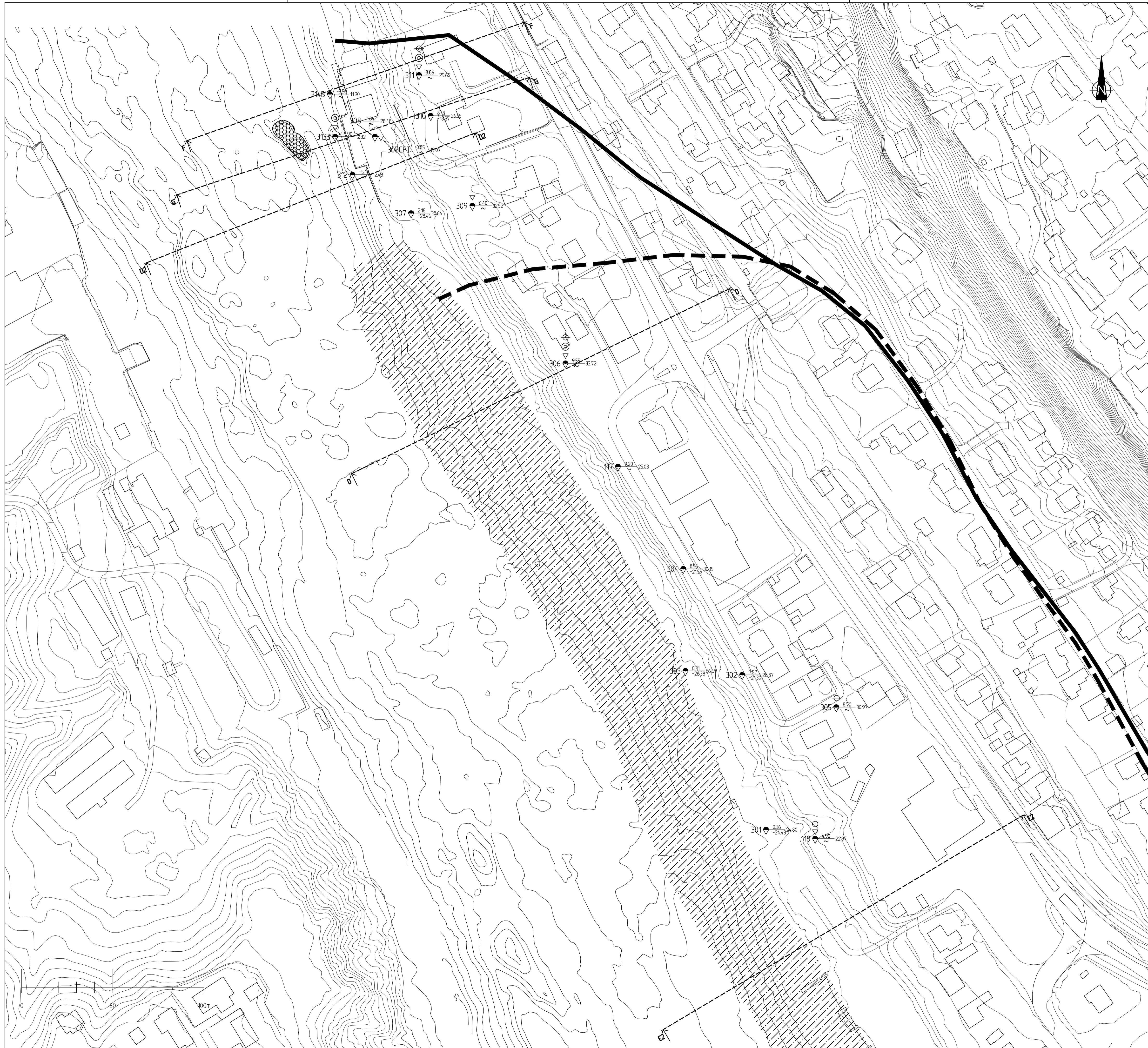
Bøle, Skien kommune
Oversiktskart
M = 1 : 50 000

Rapport nr. 20130896-01-R Figur nr. 001

Tegner TEH Dato: 16.01.09

Kontrollert 7
Godkjent 7





- FORKLARINGER:**
- Dreiesondring
 - Enkel sondering
 - ▽ Trykksondring
 - ☆ Fjellkontrollboring
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrøp
 - +
 - ⊕ Dreietrykksondring
 - ⊕ Totalsondring
 - ⊕ Poretrykksmåling
 - ⊕ Fjell i dagen
- $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)
- Vraket
 - Tidligere motfylling
 - Eksisterende faresone
 - Forslag til ny faresone

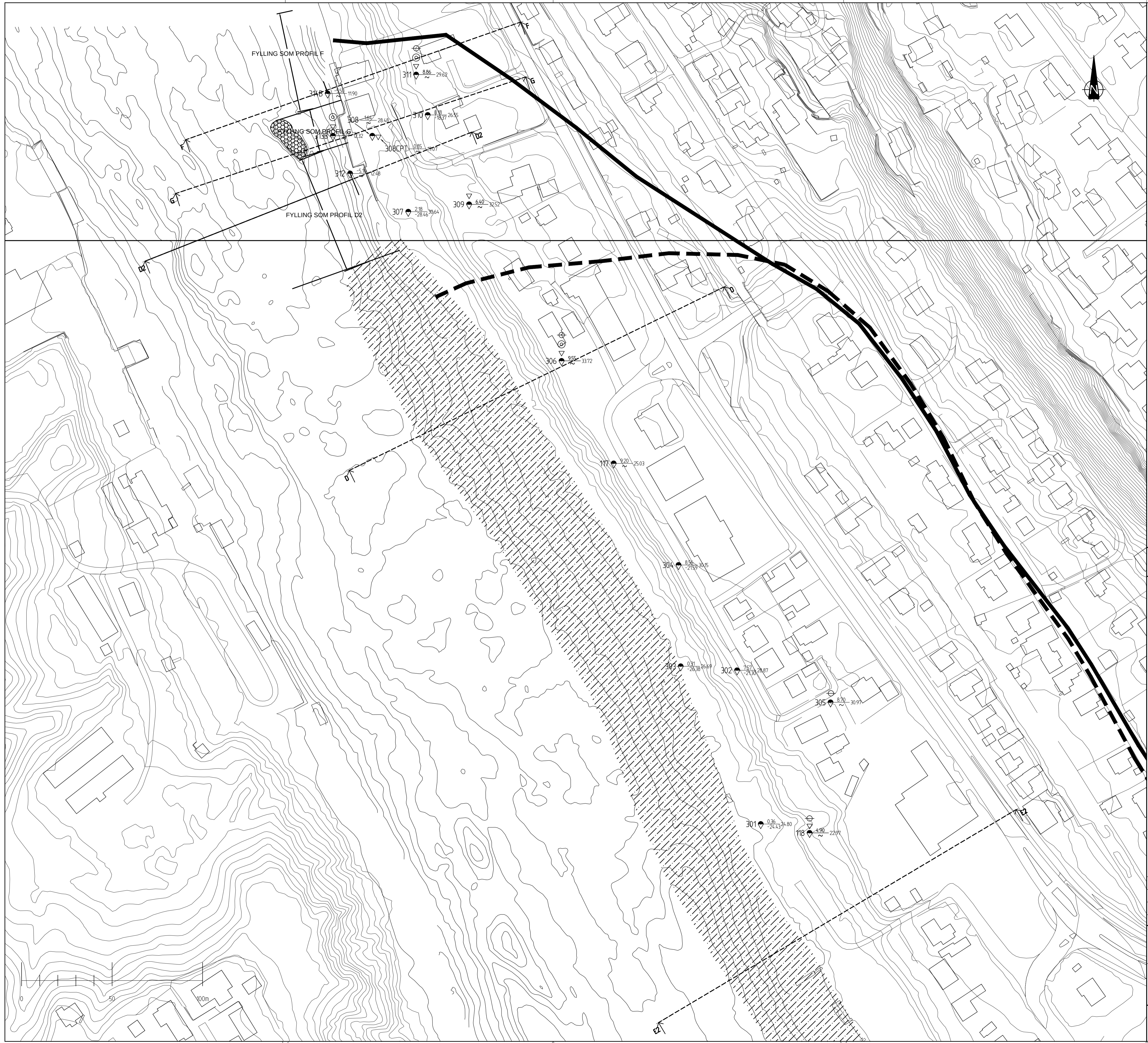
Tegningsstille:	Tegningsnr.:	Rev.:
Borplan	010	03

03	Revidert etter oppdatering av beregninger	05.09.2014	LaH	BGK	JMC
02	Nye anbefalte grunnundersøkelser i elva	13.06.2014	LaH	BGK	JMC
01	Profil G lagt til	24.02.2014	LaH	BGK	JMC

Rev. Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godk.
Bøle stabilitetsberegninger	—	—	—	—
Status: Original format A-1 Tegningens linjevisning				

Borplan	Skala: 1:1000	
---------	---------------	--

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato: 20.01.2014 Oppdragsnr.: 20130896	Kartr./Tegnet: LaH Tegningnr.: 010	Kontrollert: JMC Godkjent: BGK	Rev.: 02
---	---	---------------------------------------	-----------------------------------	----------



FORKLARINGER:

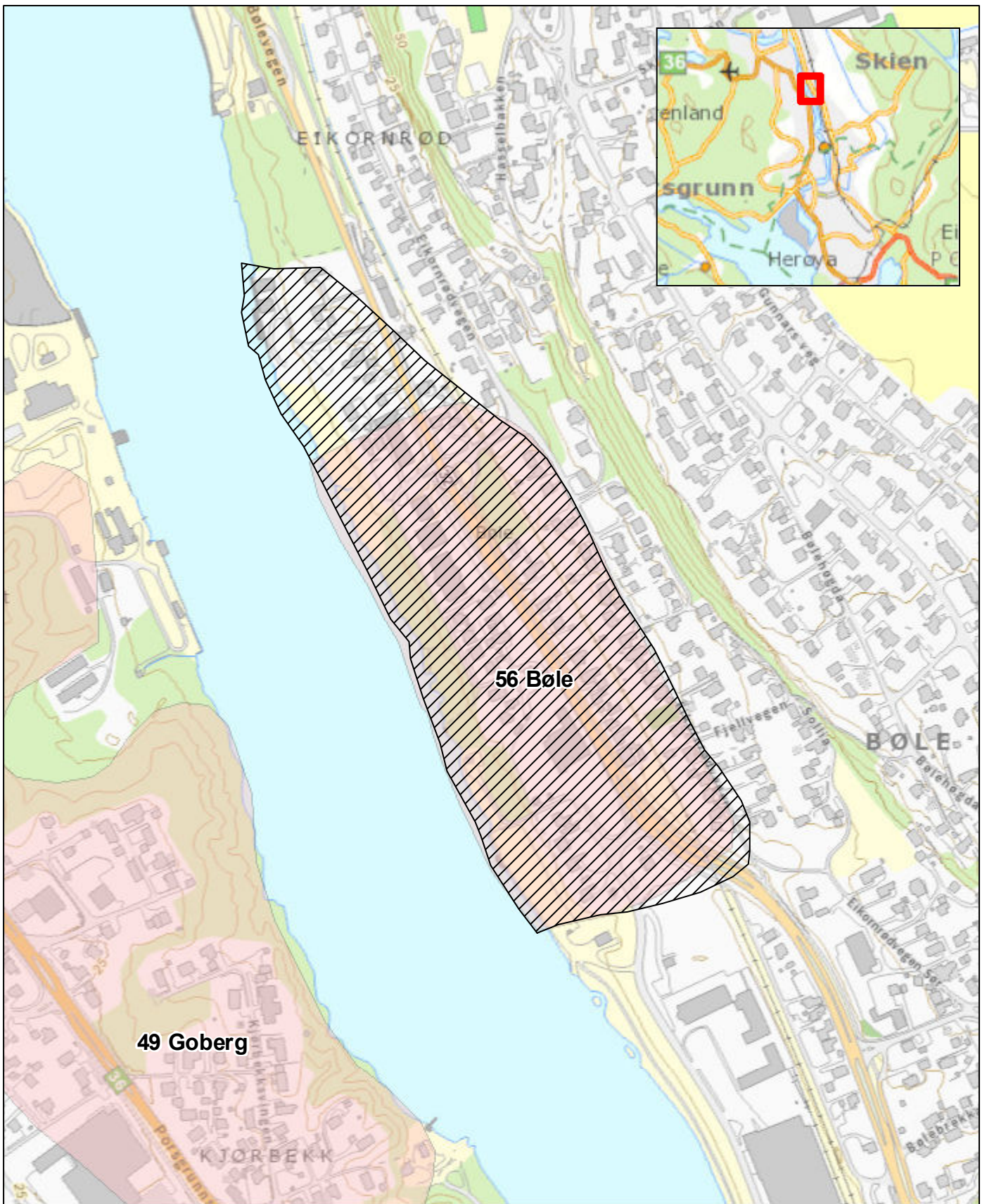
- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- ⊕ Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Barhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

- Vraket
- Tidligere mottylling
- Eksisterende faresone
- Forslag til ny faresone

Tiltak	011	01
--------	-----	----

01 Revidert etter oppdatering av beregninger	05.09.2012	LaH	BGK	JMC
Rev. Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godk.
Bøle stabilitetsberegninger				
Status: Original format A-1 Tegningens tittel: NBrestak				
Tiltak	1:1000			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no				
Dato	24.02.2014	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Oppdragsnr.	20130896	Tegning:	LaH	JMC
Rev.	011			
				01





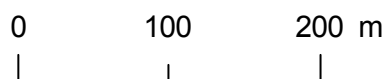
Tegnforklaring

 Ny grense


Eksisterende soner

Faregradsklasse

-  1 - Lav
-  2 - Middels
-  3 - Høy



Målestokk (A4): 1:5 000 Datum: E uref89, Kartprosjeksjon: UTM 33N

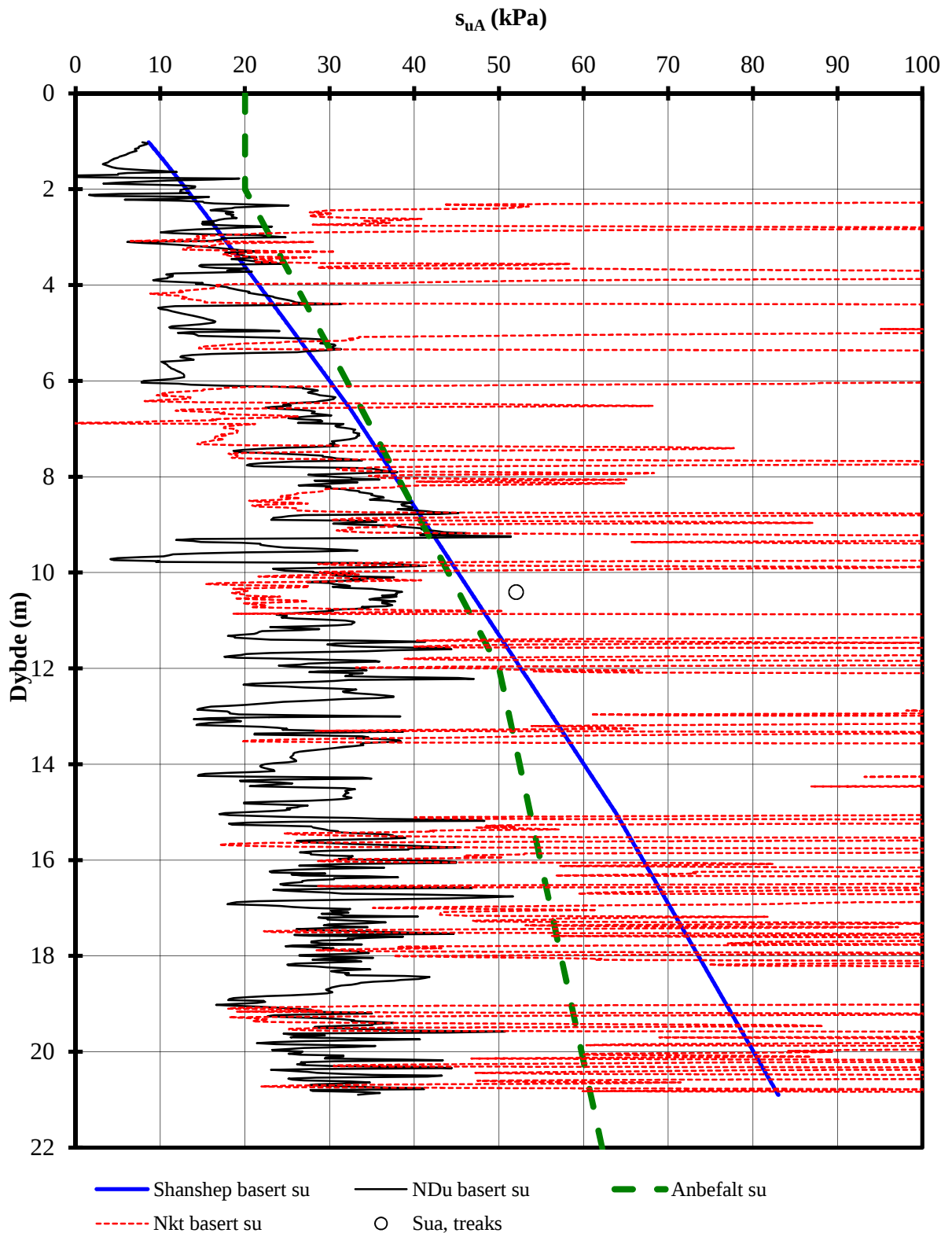
Ny grense av kvikkleiresone 56 Bøle		
NVE, Region Sør	Prosjektnr. 20130896	Tegning nr.. 100
	Geot. utredning 56 Bøle Skien kommune	Dato 2014-09-05
Rev. 0	Kontrollert La H	
	Godkjent BGK	



Vedlegg A - Aktiv udrenert skjærstyrke tolket fra CPTU-sonderinger


Innhold

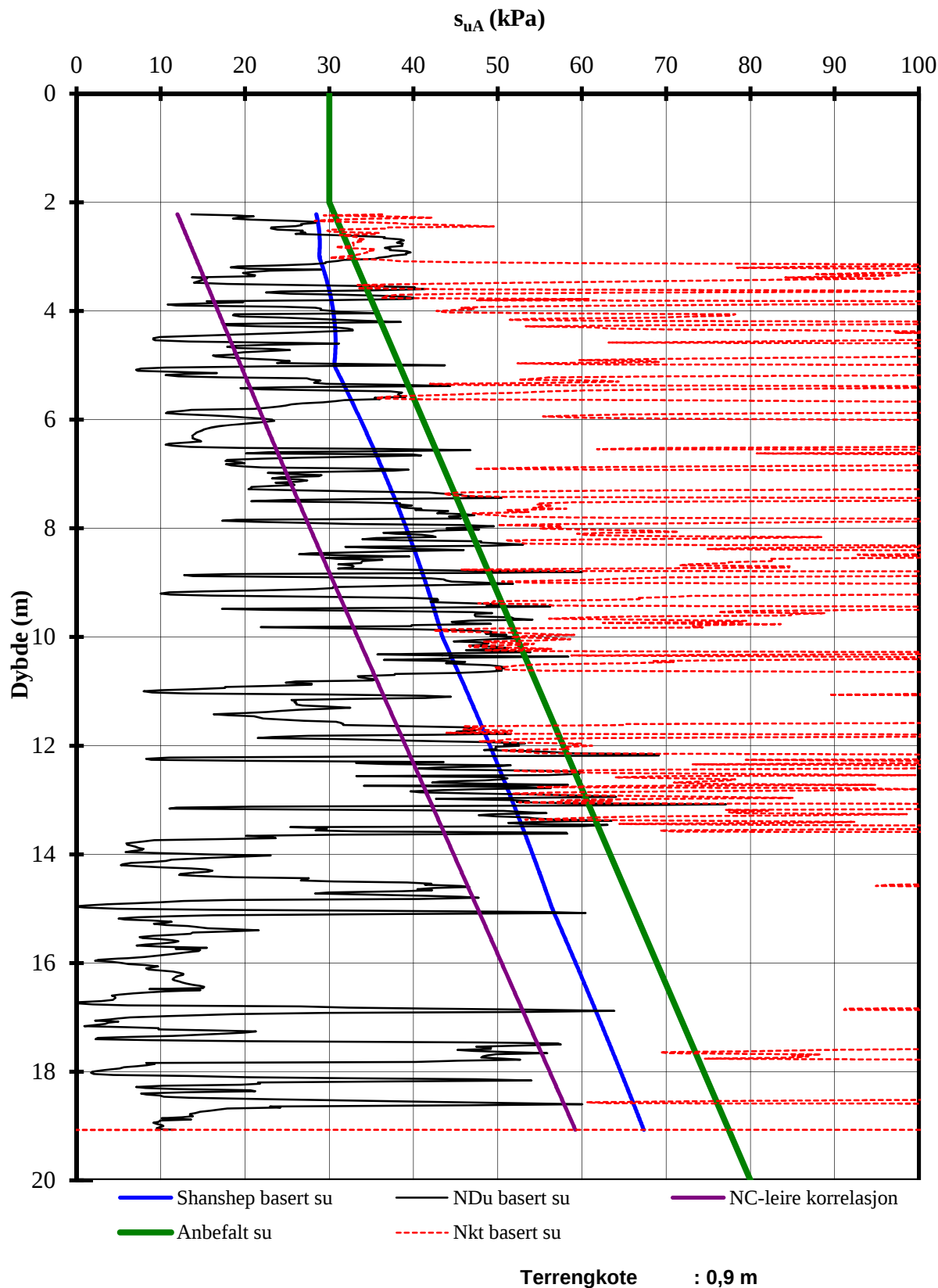
A01	CPTU 306
A02	CPTU 308
A03	CPTU 309
A04	CPTU 311
A05	CPTU 313




Terrengkote : 9.55 m
 Tidligere terrengnivå : 12 m

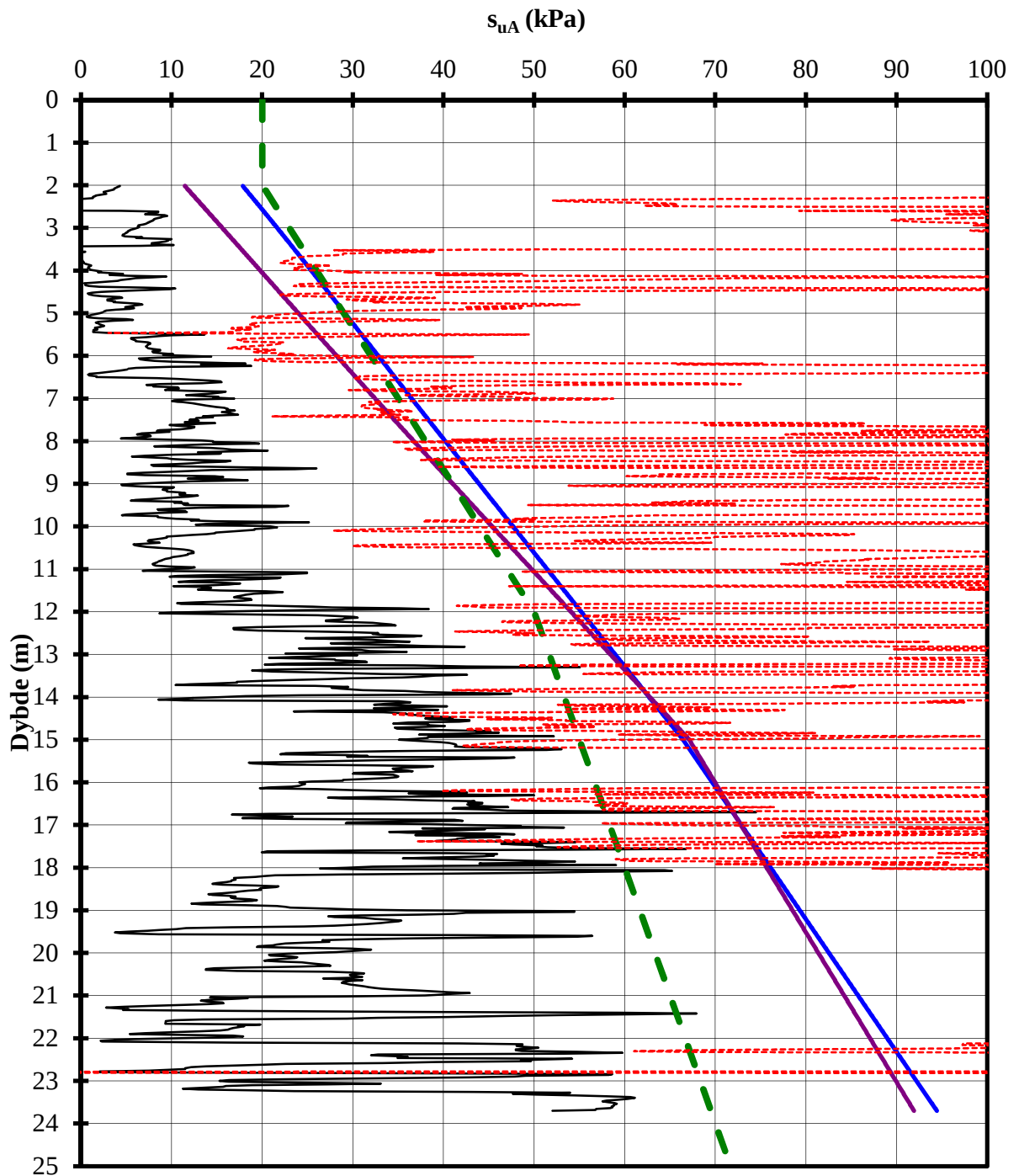
P:\2013\08\20130896\Beregninger\CPTU tolk\CPTU-tolk_306_lah.xlsm\sua profil

Bøle - kvikkleire stabilitetsvurdering Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 306	Rapport nr. 20130896	Figur nr. A1
	Tegner LaH	Dato 28.01.2014
	Kontrollert JMC	
	Godkjent BGK	



P:\2013\08\20130896\Beregninger\CPTU tolk\CPTU-tolk308.xls\sua profil


Bøle - kvikkleire stabilitetsvurdering Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull308	Rapport nr.	Figur nr.
	20130896	A2
	Tegner	Dato
	LaH	28.01.2014
Kontrollert		
Godkjent		
	BGK	

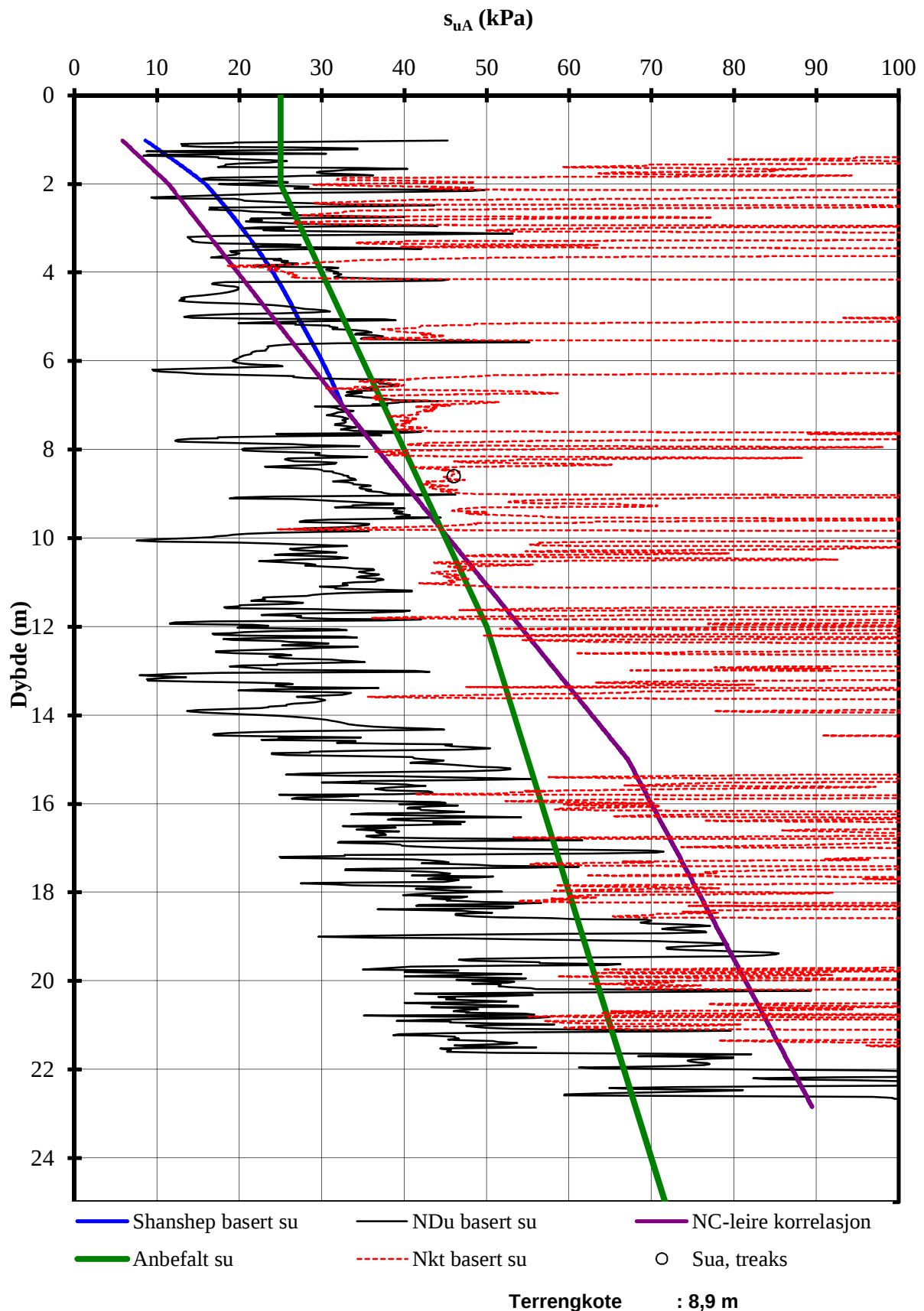


— Shanshep basert su — NDu basert su — NC-leire korrelasjon
- - Anbefalt su - - - - Nkt basert su

Terrengkote : 6.4 m
 Tidligere terrengnivå : 12 m

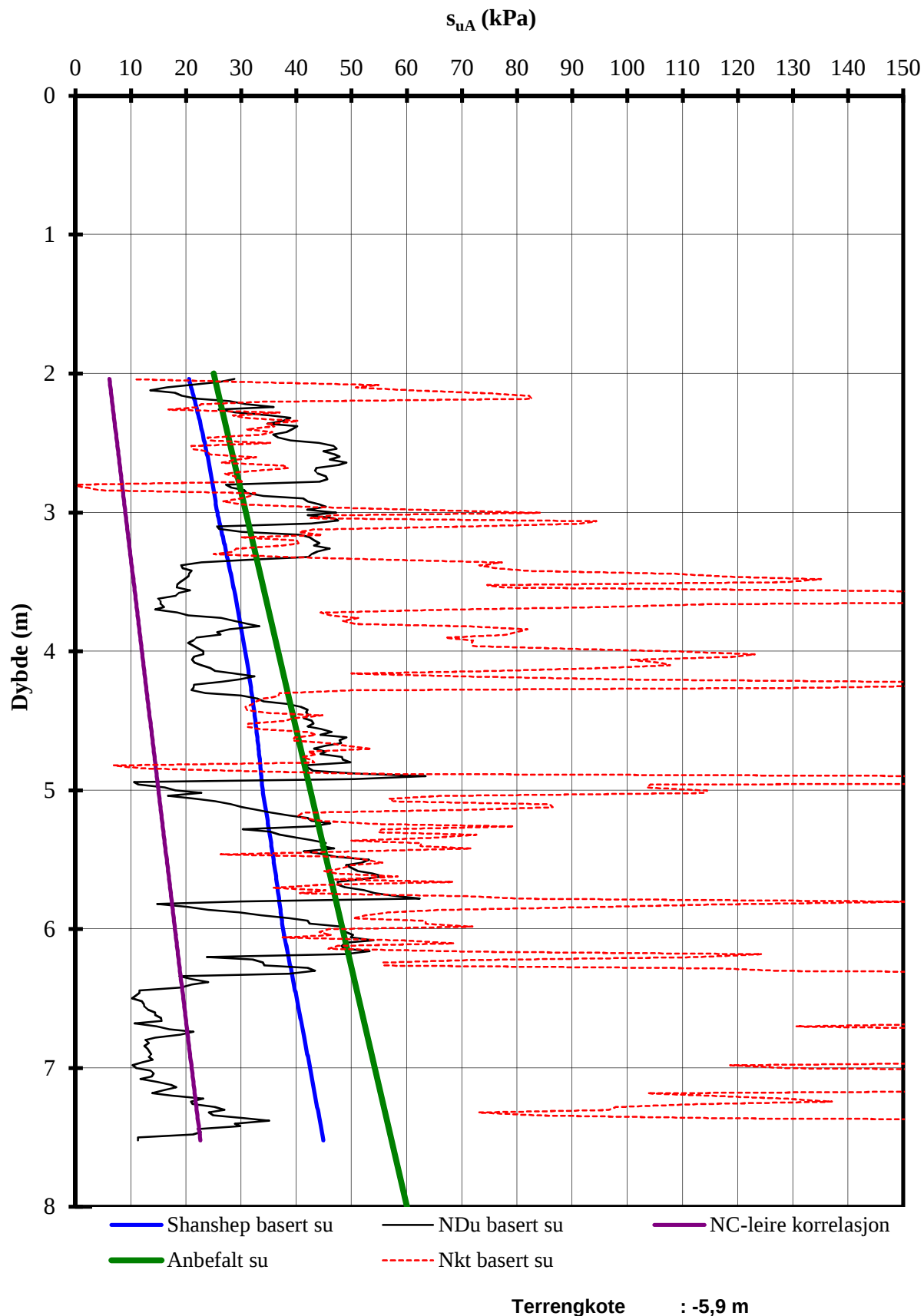
P:\2013\08\20130896\Beregninger\CPTU tolk\CPTU-tolk_309_lah.xlsm\sua profil

Bøle - kvikkleire stabilitetsvurdering	Rapport nr.	Figur nr.
	20130896	A3
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 309	Tegner	Dato
	LaH	21.02.2014
	Kontrollert JMC	
Godkjent BGK		



P:\2013\08\20130896\Beregninger\CPTU tolk\CPTU-tolk_311_lah.xls\sua profil

<p>Bøle - kvikkleire stabilitetsvurdering</p> <p>Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.</p> <p>Borhull311</p>	Rapport nr. 20130896	Figur nr. A4	
	Tegner LaH	Dato 28.01.2014	
	Kontrollert JMC		
	Godkjent BGK		



P:\2013\08\20130896\Beregninger\CPTU tolk\CPTU-tolk_313B.xls\sua profil

<p>Bøle - kvikkeleire stabilitetsvurdering</p> <p>Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.</p> <p>Borhull313</p>	Rapport nr. 20130896	Figur nr. A05
	Tegner LaH	Dato 05.09.2014
	Kontrollert BGK	
	Godkjent BGK	

Vedlegg B - Resultater fra stabilitetsberegninger, sone 56 Bøle

Innhold

Tegningnr.	Tittel	Rev.	Målest.
B01	Profil F- Dagens- Udrenert	01	
B02	Profil F- Dagens- Drenert	01	
B03	Profil F- Tiltak- Udrenert	01	
B04	Profil F- Tiltak- Drenert	01	
B05	Profil G- Dagens-leire elvebunnen- Udrenert	01	
B06	Profil G- Dagens-leire elvebunnen - Drenert	01	
B07	Profil G- Tiltak-leire elvebunnen - Udrenert	01	
B08	Profil G- Tiltak-leire elvebunnen - Drenert	01	
B09	Profil G- Dagens-sand elvebunnen - Udrenert	00	
B10	Profil G- Dagens-sand elvebunnen - Drenert	00	
B11	Profil G- Tiltak-sand elvebunnen - Udrenert	00	
B12	Profil G- Tiltak-sand elvebunnen - Drenert	00	
B13	Profil D2- Dagens- Udrenert	01	
B14	Profil D2- Dagens- Drenert	01	
B15	Profil D2- Tiltak- Udrenert	01	
B16	Profil D2- Tiltak- Drenert	01	
B17	Profil D- Før tiltak- Udrenert	00	
B18	Profil D- Før tiltak- Drenert	00	
B19	Profil D- Dagens- Udrenert	01	
B20	Profil D- Dagens- Drenert	01	
B21	Profil E2- Dagens- Udrenert	00	

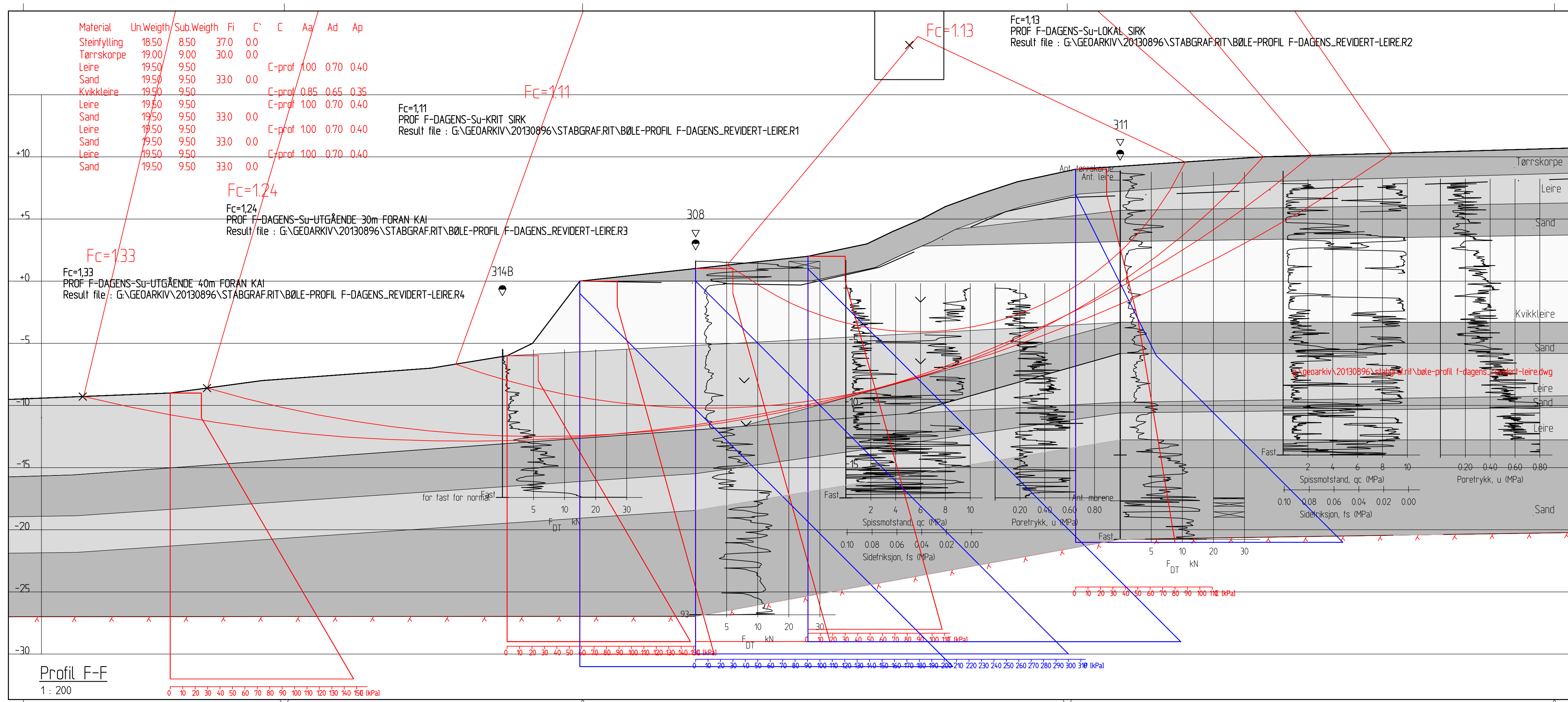
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørnskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	0.85	0.65	0.35
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				

Fc=1,11
 PROF F-DAGENS-Su-KRIT SIRK
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL F-DAGENS_REVIDERT-LEIRE.R1

Fc=1,13
 PROF F-DAGENS-Su-LOKAL SIRK
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL F-DAGENS_REVIDERT-LEIRE.R2

Fc=1,24
 PROF F-DAGENS-Su-UTGÅENDE 30m FORAN KAI
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL F-DAGENS_REVIDERT-LEIRE.R3

Fc=1,33
 PROF F-DAGENS-Su-UTGÅENDE 40m FORAN KAI
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL F-DAGENS_REVIDERT-LEIRE.R4



FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

01	Ny lagdeling. Ny dreietrykksondering (314)	08.09.2014	LaH	BGK	JMC
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

NVE, Region Sør
 Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering
 Profil F-Dagens-Udrenert

Målestokk
 1:200

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 13.02.2014 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet LaH Tegningsnr. B01	Kontrollert BGK	Godkjent JMC
				Rev. 01

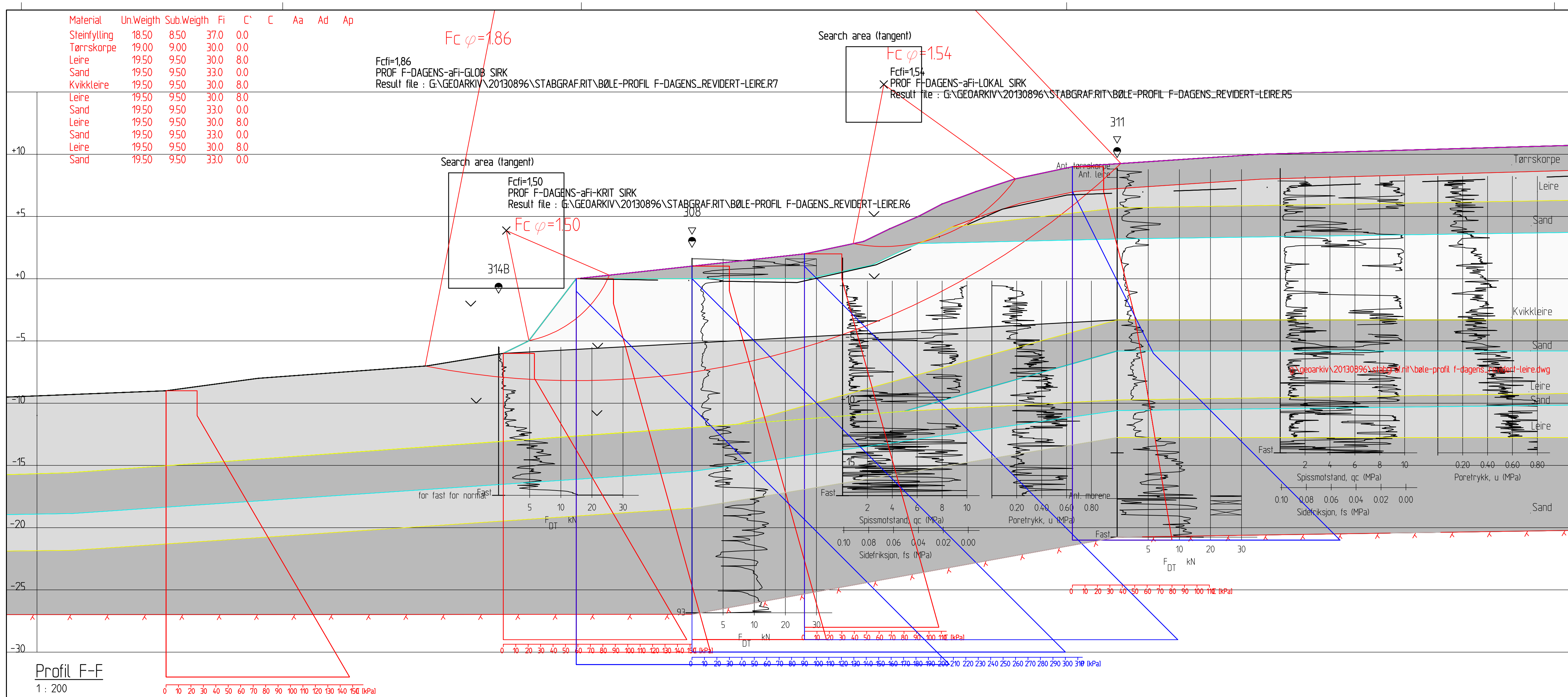
Profil F-F
 1 : 200

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørrskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				

F_{ci}=1,86
 PROF F-DAGENS-aFi-GLOB SIRK
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL F-DAGENS_REVIDERT-LEIRE.R7

F_{ci}=1,50
 PROF F-DAGENS-aFi-KRIT SIRK
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL F-DAGENS_REVIDERT-LEIRE.R6

Search area (tangent)
 F_{ci}=1,54
 PROF F-DAGENS-aFi-LOKAL SIRK
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL F-DAGENS_REVIDERT-LEIRE.R5



Profil F-F
 1 : 200

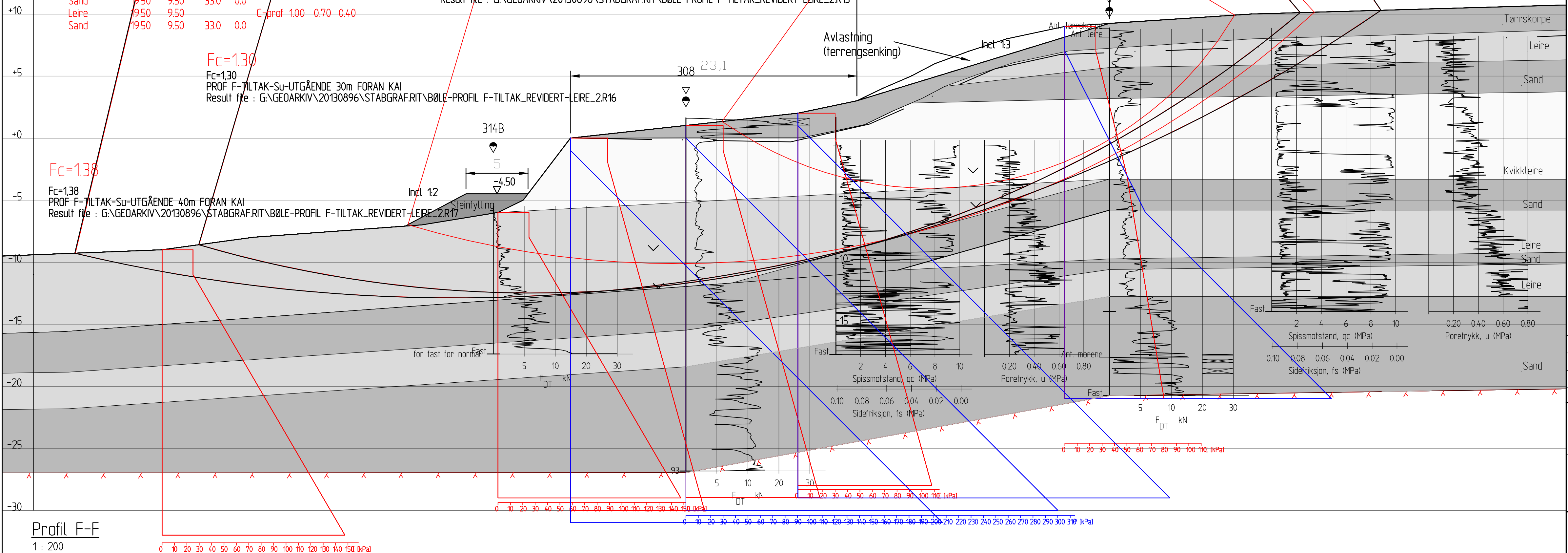
FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

01	Ny lagdeling. Ny dreietrykksondering (314)	08.09.2014	LaH	BGK	JMC
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Status	Original format A-3LL Tegningens filnavn		
Stabilitetsvurdering Profil F-Dagens-Drenert		Målestokk	1:200		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Oppdragsnr.		13.02.2014	LaH	BGK	JMC
Tegningsnr.		20130896	B02	Rev.	
				01	

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørnskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	0.85	0.65	0.35
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				



FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

01	Ny lagdeling. Ny dreietrykksondering (314)	08.09.2014	LaH	BGK	JMC
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

NVE, Region Sør
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering
 Profil F-Tiltak-Udrenert

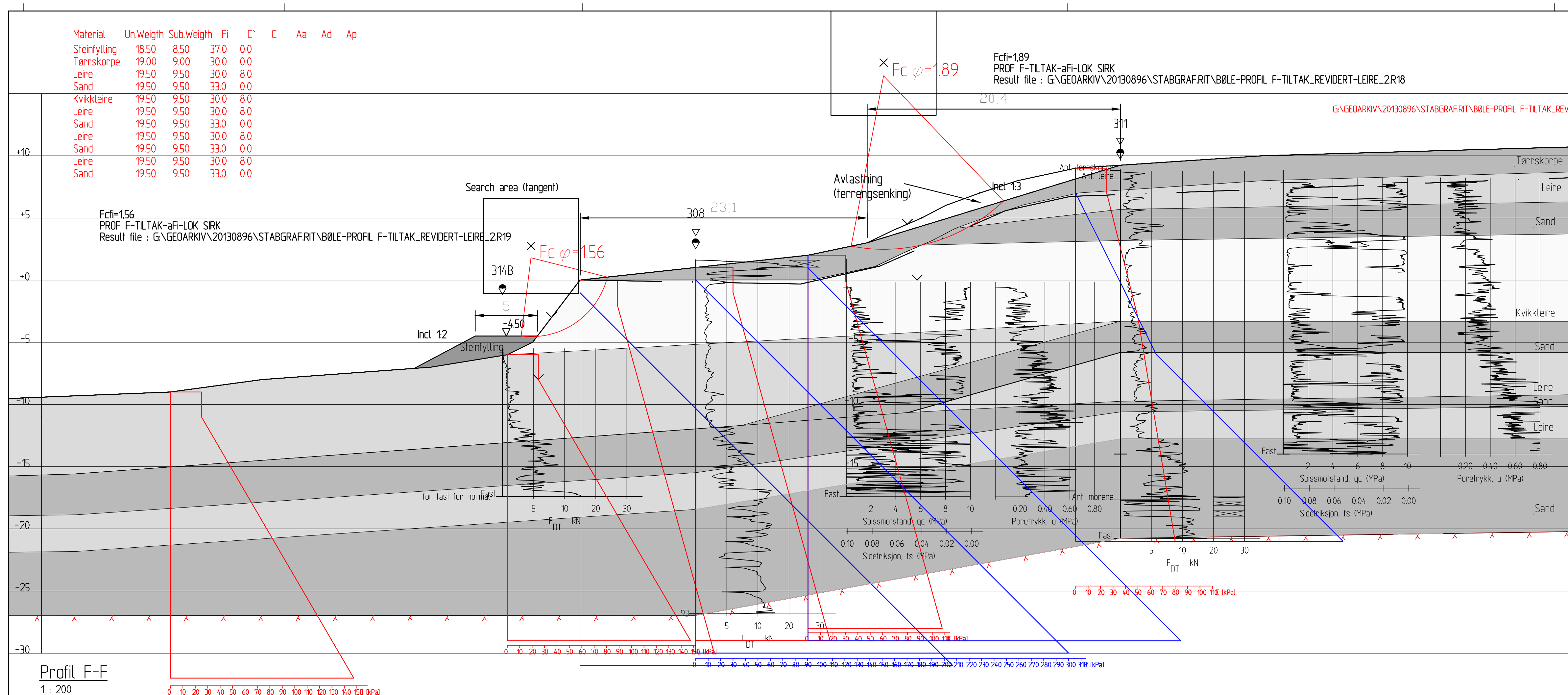
Målestokk
 1:200

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 13.02.2014 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet LaH Tegningsnr. B03	Kontrollert BGK	Godkjent JMC
---	---	---	--------------------	-----------------

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørrskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				

Fcfi=156
 PROF F-TILTAK-aFi-LOK SIRK
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL F-TILTAK_REVIDERT-LEIRE_2.R19

Fcfi=189
 PROF F-TILTAK-aFi-LOK SIRK
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL F-TILTAK_REVIDERT-LEIRE_2.R18



FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingebooring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

01	Ny lagdeling. Ny dreietrykksondering (314)	08.09.2014	LaH	BGK	JMC
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

NVE, Region Sør
 Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering
 Profil F-Tiltak-Drenert

Målestokk: 1:200



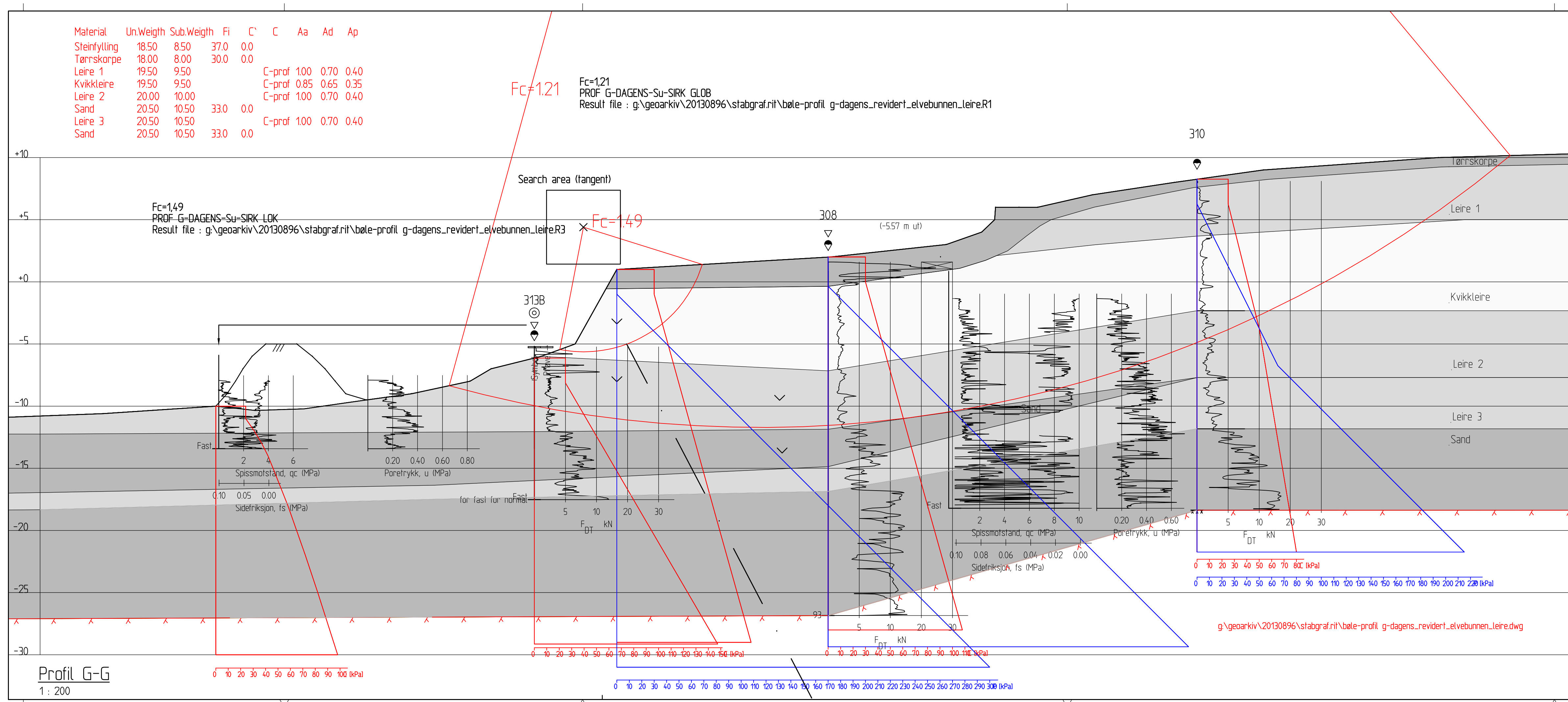
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 13.02.2014	Konstr./Tegnet LaH	Kontrollert BGK	Godkjent JMC
Oppdragsnr. 20130896	Tegningsnr. B04	Rev. 01		

Profil F-F
 1 : 200

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørrskorpe	18.00	8.00	30.0	0.0				
Leire 1	19.50	9.50		C-prof	1.00	0.70	0.40	
Kvikkleire	19.50	9.50		C-prof	0.85	0.65	0.35	
Leire 2	20.00	10.00		C-prof	1.00	0.70	0.40	
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				
Leire 3	20.50	10.50		C-prof	1.00	0.70	0.40	
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				

Fc=1.21
 PROF G-DAGENS-Su-SIRK GLOB
 Result file : g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rit\bøle-profil g-dagens_revidert_elvebunnen_Leire.R1

Fc=1.49
 PROF G-DAGENS-Su-SIRK LOK
 Result file : g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rit\bøle-profil g-dagens_revidert_elvebunnen_Leire.R3



FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingebooring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

01	Ny lagdeling. Ny dreietrykksondering (313B)	08.09.2014	LaH	BGK	JMC
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

NVE, Region Sør
 Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering
 Profil G-Dagens-Udrenert
 Leire elvebunnen

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 13.02.2014 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet LaH Tegningsnr. B05	Kontrollert BGK	Godkjent JMC
---	--	--	--------------------	-----------------



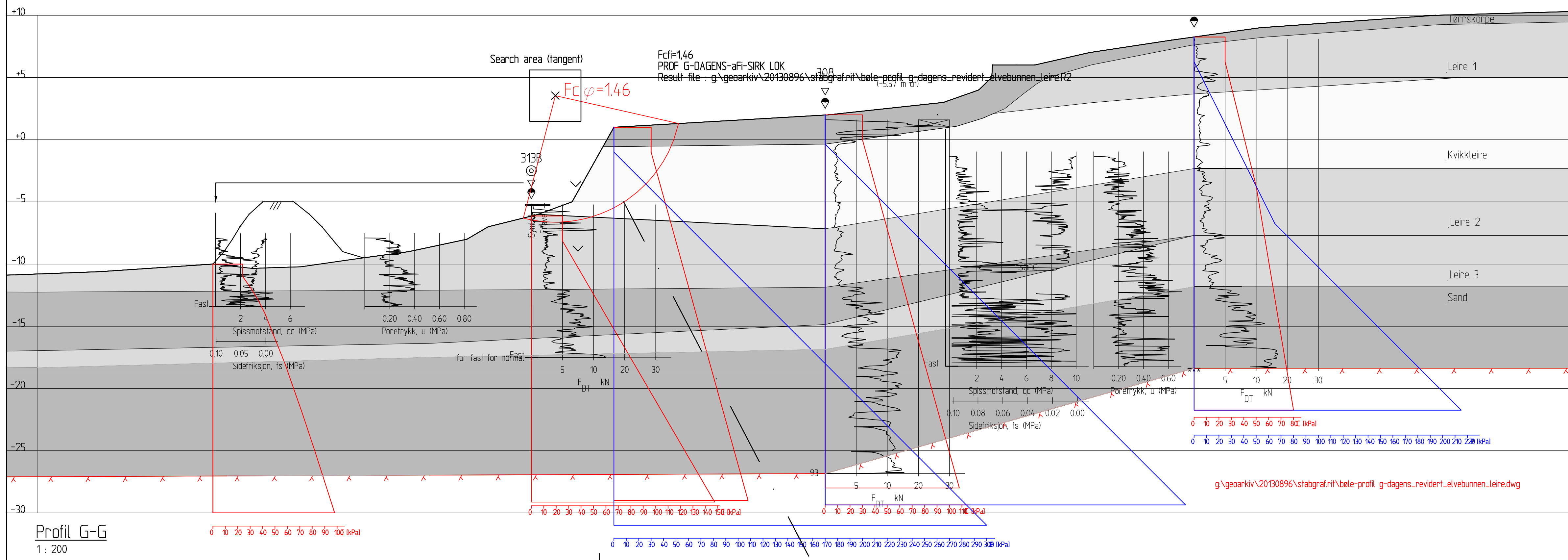
Rev. **01**

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørnskorpe	18.00	8.00	30.0	0.0				
Leire 1	19.50	9.50	30.0	8.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Leire 2	20.00	10.00	30.0	8.0				
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				
Leire 3	20.50	10.50	30.0	8.0				
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				

FORKLARINGER:

- Dreiesondering ⚙ Fjellkontrollboring ⊙ Prøveserie ⊕ Poretrykksmåling
- Enkel sondering ⚡ Dreietrykksondering □ Prøvegrop ⚒ Fjell i dagen
- ▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vingebooring

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)



Profil G-G
1 : 200

01	Ny lagdeling. Ny dreietrykksondering (313B)	08.09.2014	LaH	BGK	JMC
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Status	Original format A-3LL Tegningens filnavn		
Stabilitetsvurdering Profil G-Dagens-Drenert Leire elvebunnen		Målestokk	1200		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
20130896		13.02.2014	LaH	BGK	JMC
B06		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20130896	B06		01

Material	Un.Weighth	Sub.Weighth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørrskorpe	18.00	8.00	30.0	0.0				
Leire 1	19.50	9.50			C-prof 1.00	0.70	0.40	
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof 0.85	0.65	0.35	
Leire 2	20.00	10.00			C-prof 1.00	0.70	0.40	
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				
Leire 3	20.50	10.50			C-prof 1.00	0.70	0.40	
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				

$F_c=1.27$

$F_c=1.27$
 PROF G-TILTAK-Su-SIRK GLOB
 Result file : g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rit\bøle-profil_g-tiltak_revidert_elvebunnen_Leire.R4

$F_c=3.21$
 PROF G-TILTAK-Su-SIRK LOK
 Result file : g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rit\bøle-profil_g-tiltak_revidert_elvebunnen_Leire.R7

Single Surface
 $F_c=3.21$
 4,4

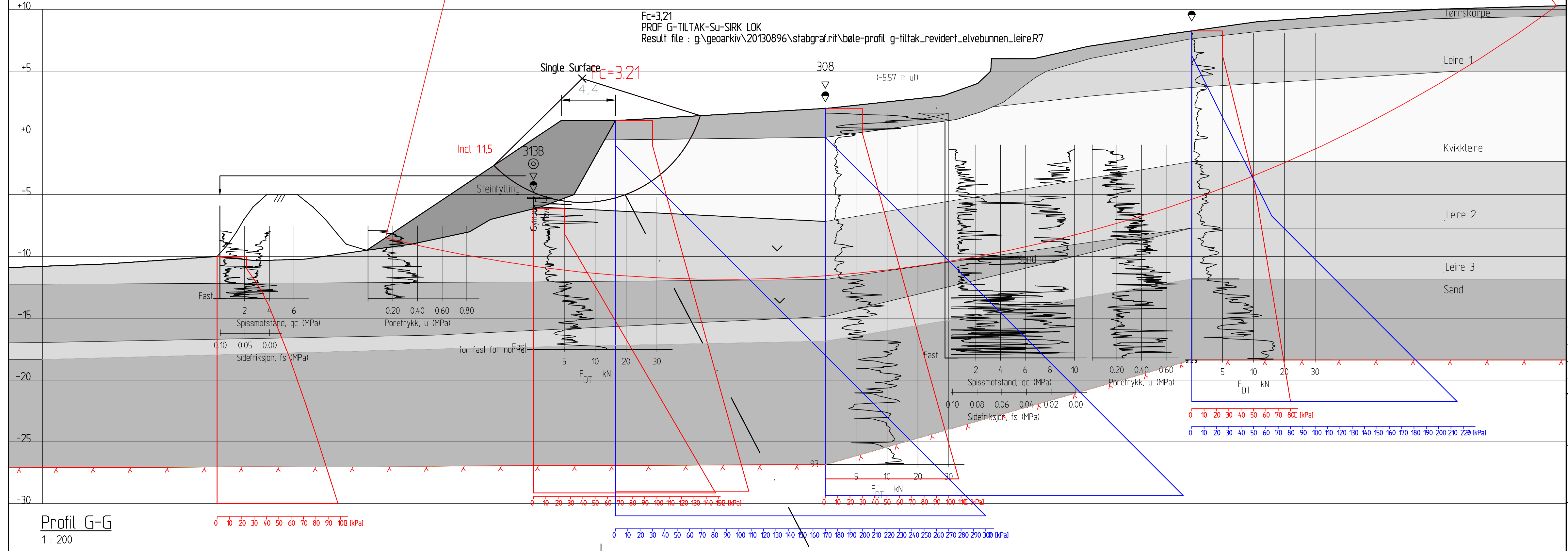
Incl 1:1.5

313B

Steinfylling

Symbol

for fast for normal



Profil G-G
 1 : 200

FORKLARINGER:

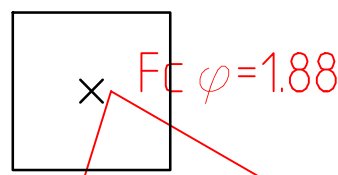
- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

01	Ny lagdeling. Ny dreietrykksondering (313B)	08.09.2014	LaH	BGK	JMC
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Målestokk 1:200			
Stabilitetsvurdering Profil G-Tiltak-Udrenert Leire elvebunnen		Oppdragsnr. 20130896			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 13.02.2014	Konstr./Tegnet LaH	Kontrollert BGK	Godkjent JMC
		Tegningsnr. B07			Rev. 01

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørrskorpe	18.00	8.00	30.0	0.0				
Leire 1	19.50	9.50	30.0	8.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Leire 2	20.00	10.00	30.0	8.0				
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				
Leire 3	20.50	10.50	30.0	8.0				
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				

Search area (tangent)

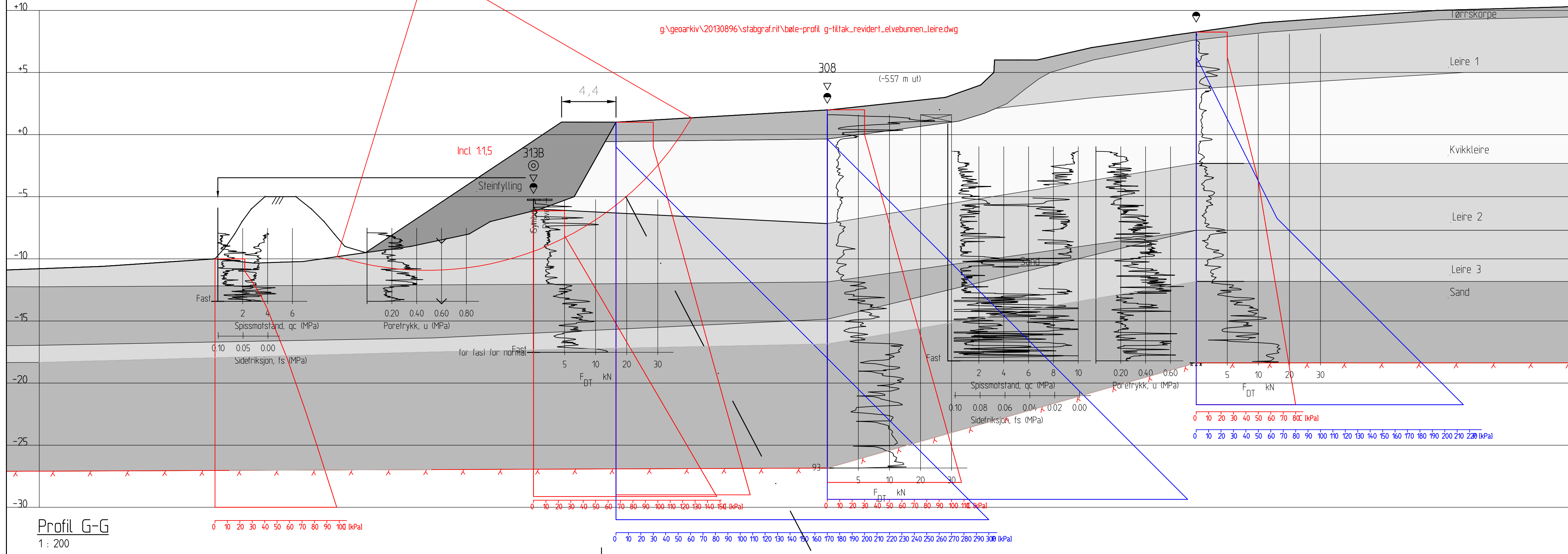


Fcφ=1,88
 PROF G-TILTAK-AFI-SIRK LOK
 Result file : g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rtf\bøte-profil_g-tiltak_revidert_elvebunnen_Leire.R5

FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingebooring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

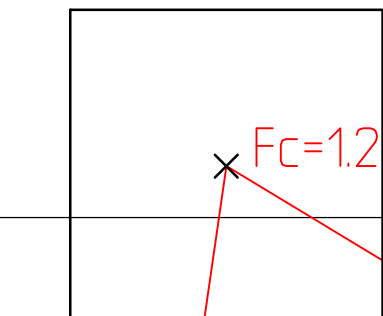
Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)



01	Ny lagdeling. Ny dreietrykksondering (313B)	08.09.2014	LaH	BGK	JMC
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøte, Skien Kommune		Målestokk 1:200			
Stabilitetsvurdering Profil G-Tiltak-Drenert Leire elvebunnen		Dato 13.02.2014			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet LaH	Kontrollert BGK	Godkjent JMC
		Tegningsnr. B08			Rev. 01

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørrskorpe	18.00	8.00	30.0	0.0				
Leire 1	19.50	9.50		C-prof 1.00	0.70	0.40		
Kvikkleire	19.50	9.50		C-prof 0.85	0.65	0.35		
Sand	20.00	10.00	30.0	0.0				
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				
Leire 3	20.50	10.50		C-prof 1.00	0.70	0.40		
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				

Search area (tangent)

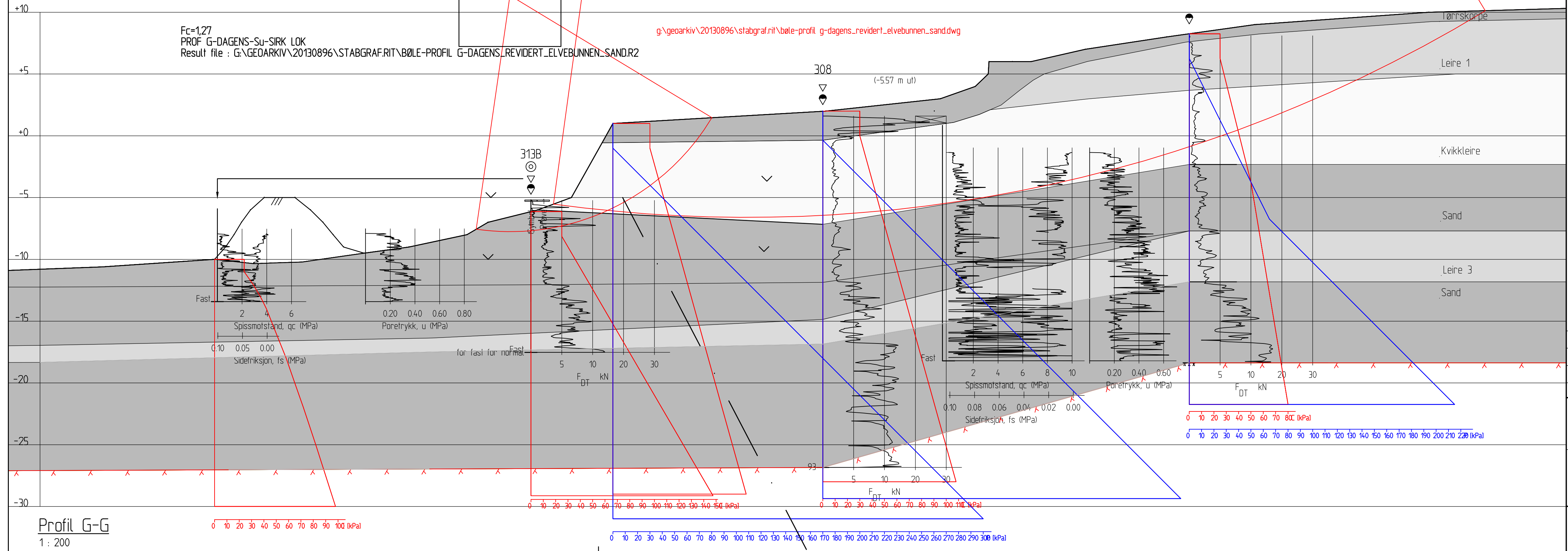


Fc=1.31
 PROF G-DAGENS-Su-SIRK GLOB
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL G-DAGENS_REVIDERT_ELVEBUNNEN_SAND.R1

Fc=1.31

Fc=1.27
 PROF G-DAGENS-Su-SIRK LOK
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL G-DAGENS_REVIDERT_ELVEBUNNEN_SAND.R2

g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rit\bøle-profil_g-dagens_revidert_elvebunnen_sand.dwg



Profil G-G
1 : 200

FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingebooring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

NVE, Region Sør
 Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering
 Profil G-Dagens-Udrenert
 Sand elvebunnen

Målestokk
1:200



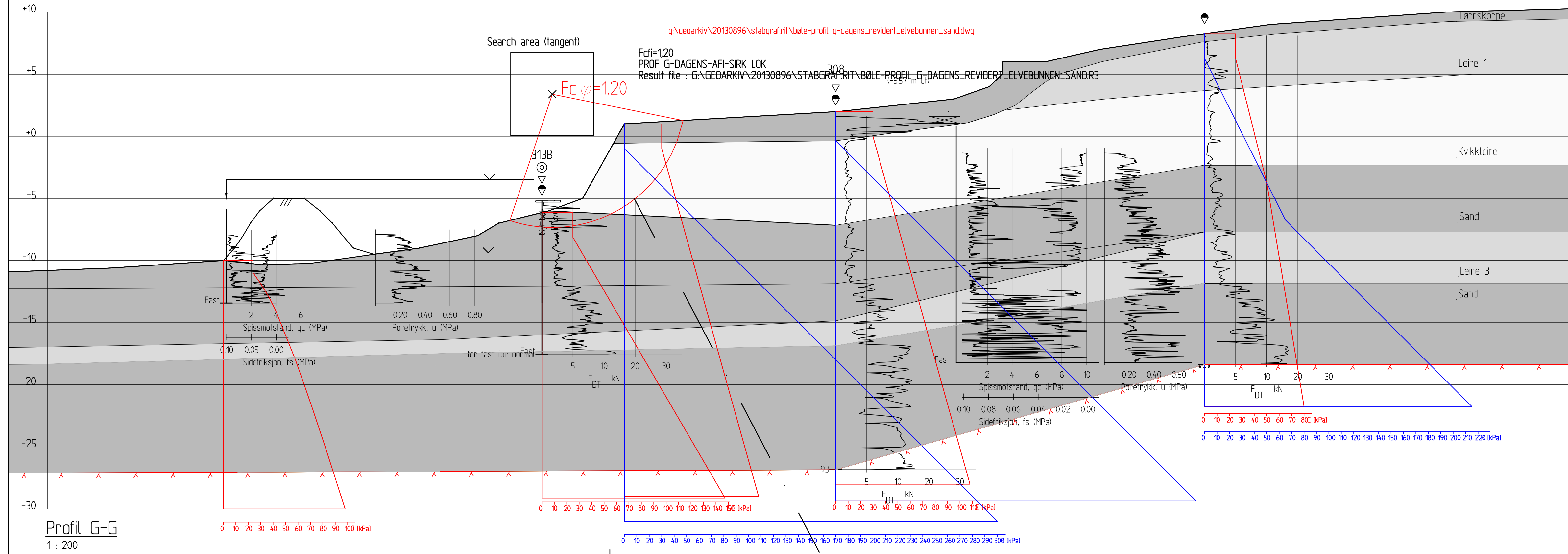
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 08.09.2014 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet LaH Tegningsnr. B09	Kontrollert BGK	Godkjent JMC
---	---	---	--------------------	-----------------

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørreskorpe	18.00	8.00	30.0	0.0				
Leire 1	19.50	9.50	30.0	8.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	20.00	10.00	30.0	0.0				
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				
Leire 3	20.50	10.50	30.0	8.0				
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				

FORKLARINGER:

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksoneering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksoneering
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboering
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

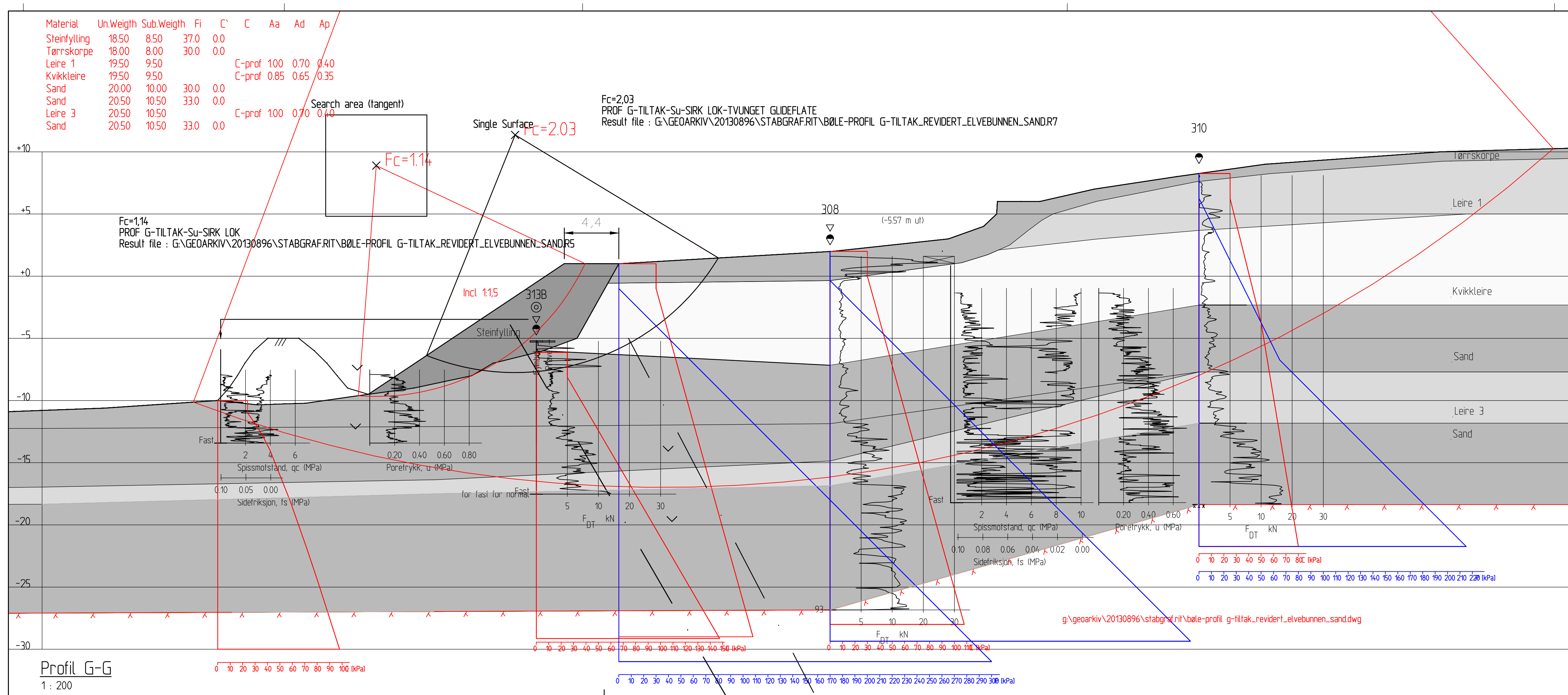
Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)



Profil G-G
1 : 200

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune					Status Original format A-3LL Tegningens filnavn
Stabilitetsvurdering Profil G-Dagens-Drenert Sand elvebunnen					Målestokk 1:200
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 08.09.2014 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet LaH Tegningsnr. B10	Kontrollert BGK	Godkjent JMC Rev. 00

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørrskorpe	18.00	8.00	30.0	0.0				
Leire 1	19.50	9.50		C-prof 1.00	0.70	0.40		
Kvikkleire	19.50	9.50		C-prof 0.85	0.65	0.35		
Sand	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire 3	20.50	10.50		C-prof 1.00	0.70	0.40		
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				



Profil G-G
1 : 200

FORKLARINGER:

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksoneering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksoneering
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboering
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

NVE, Region Sør
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering
Profil G-Tiltak-Udrenert
Sand elvebunnen

Målestokk
1:200

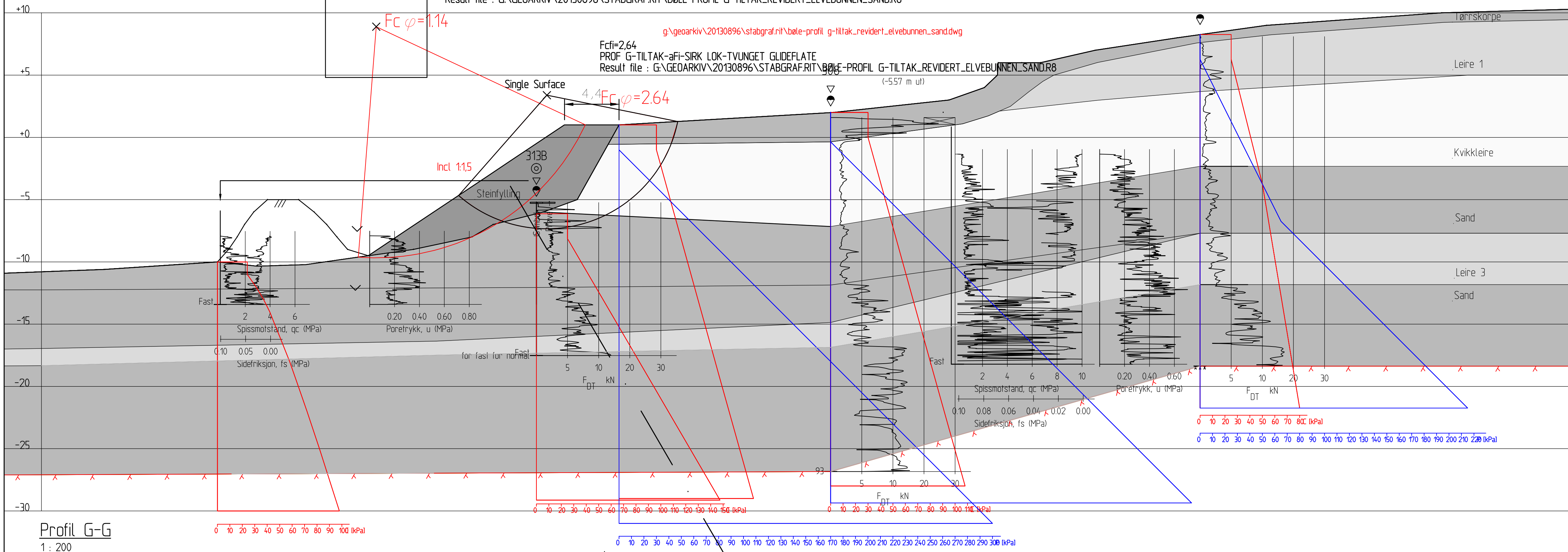
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 08.09.2014 Oppdragsnr. 20130896	Konstr./Tegnet LaH Tegningsnr. B11	Kontrollert BGK	Godkjent JMC
---	---	---	--------------------	-----------------

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørrskorpe	18.00	8.00	30.0	0.0				
Leire 1	19.50	9.50	30.0	8.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	20.00	10.00	30.0	0.0				
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				
Leire 3	20.50	10.50	30.0	8.0				
Sand	20.50	10.50	33.0	0.0				

FORKLARINGER:

- Dreiesondering ⚠ Fjellkontrollboring ⊙ Prøveserie ⊕ Poretrykksmåling
- Enkel sondering ⚡ Dreietrykksondering □ Prøvegrop ⚒ Fjell i dagen
- ▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vingeboring

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)



Profil G-G
1 : 200

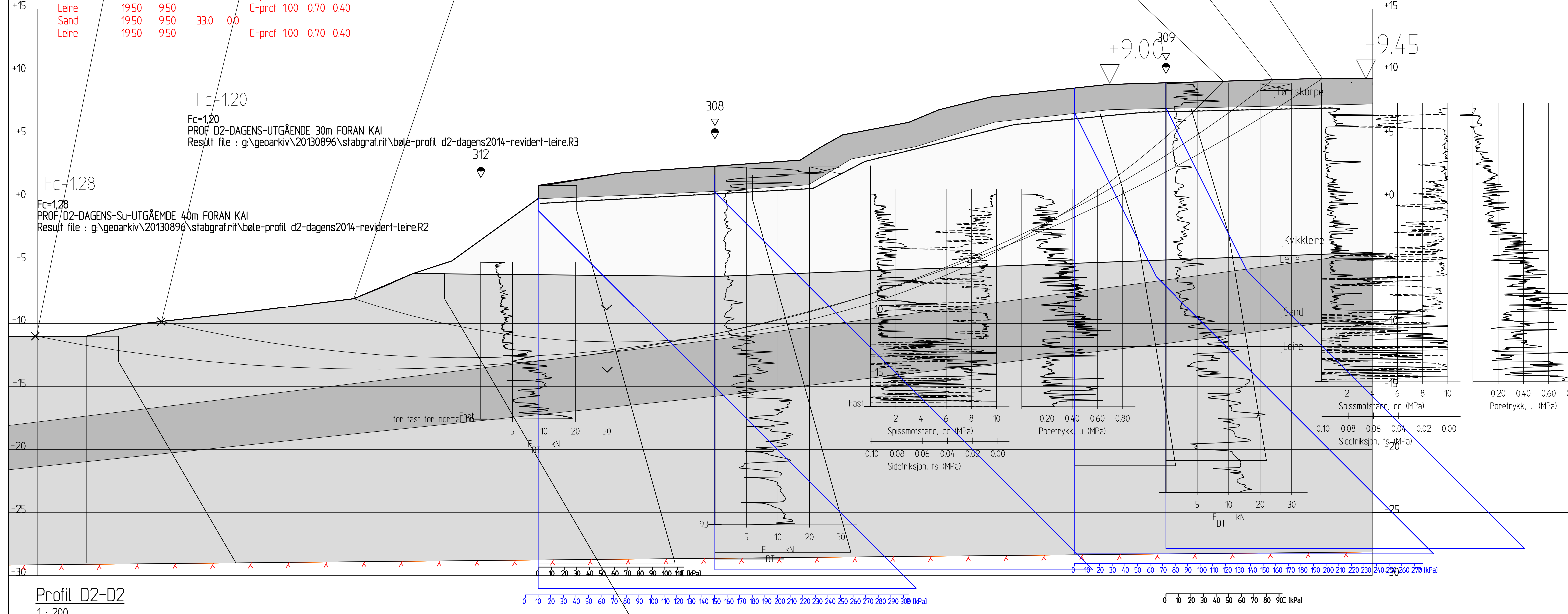
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Målestokk 1:200			
Stabilitetsvurdering Profil G-Tiltak-Drenert Sand elvebunnen		NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato: 08.09.2014 Oppdragsnr.: 20130896 Konstr./Tegnet: LaH Tegningsnr.: B12 Kontrollert: BGK Godkjent: JMC Rev.: 00	

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørrskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof 0.85	0.65	0.35	
Leire	19.50	9.50			C-prof 1.00	0.70	0.40	
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof 1.00	0.70	0.40	

Fc=1.11

Fc=1.11
 PROF D2-DAGENS-Su-SIRK KRIT
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL D2-DAGENS2014-REVIDERT-LEIRE.R1

g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rit\bøle-profil d2-dagens2014-revidert-leire.dwg



FORKLARINGER:

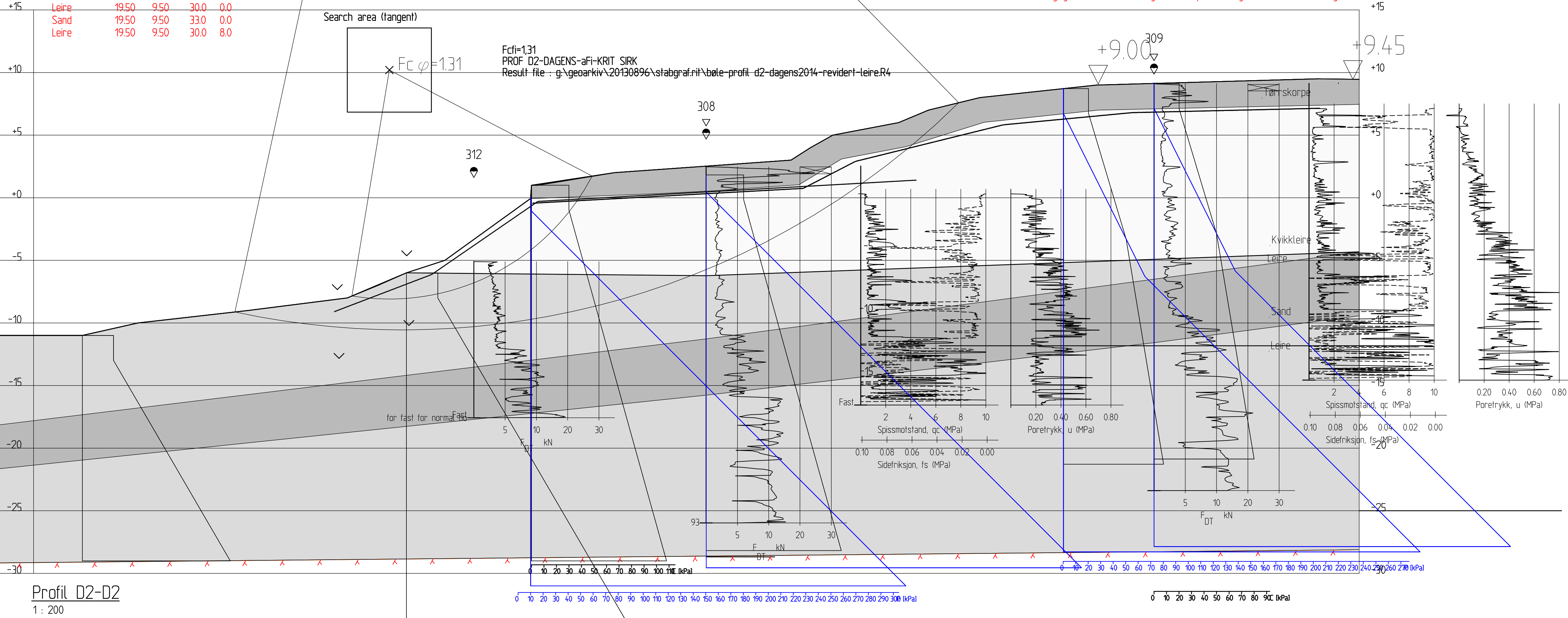
- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

01	Ny lagdeling. Ny dreietrykksondring (312)	08.09.2014	LaH	BGK	JMC
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Original format A-3LL Tegningens filnavn		Målestokk 1:200	
Stabilitetsvurdering Profil D2-Dagens-Udrenert		NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no			
13.02.2014		Konstr./Tegnet LaH		Kontrollert BGK	
Oppdragsnr. 20130896		Tegningsnr. B13		Godkjent JMC	
				Rev. 01	

Profil D2-D2
1:200

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørsskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	0.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				



FORKLARINGER:

- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ⊠ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

01	Ny lagdeling. Ny dreietrykksondring (312)	08.09.2014	LaH	BGK	JMC
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Status	Original format A-3LL Tegningens filnavn		
Stabilitetsvurdering Profil D2-Dagens-Drenert		Målestokk	1:200		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	13.02.2014	Konstr./Tegnet	LaH
		Oppdragsnr.	20130896	Kontrollert	BGK
		Tegningsnr.	B14	Godkjent	JMC
		Rev.			01

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0			
Tørnskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0			
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof 0.85	0.65	0.35
Leire	19.50	9.50			C-prof 1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0			
Leire	19.50	9.50			C-prof 1.00	0.70	0.40

Fc=1.19

Fc=1.19

PROF D2-TILTAK-Su-KRIT SIRK

Result file : g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rit\bøle-profil d2-tiltak-revidert-leire.R6

Fc=1.21

Fc=1.21

PROF D2-TILTAK-Su-UTGÅENDE 30m FORAN KA

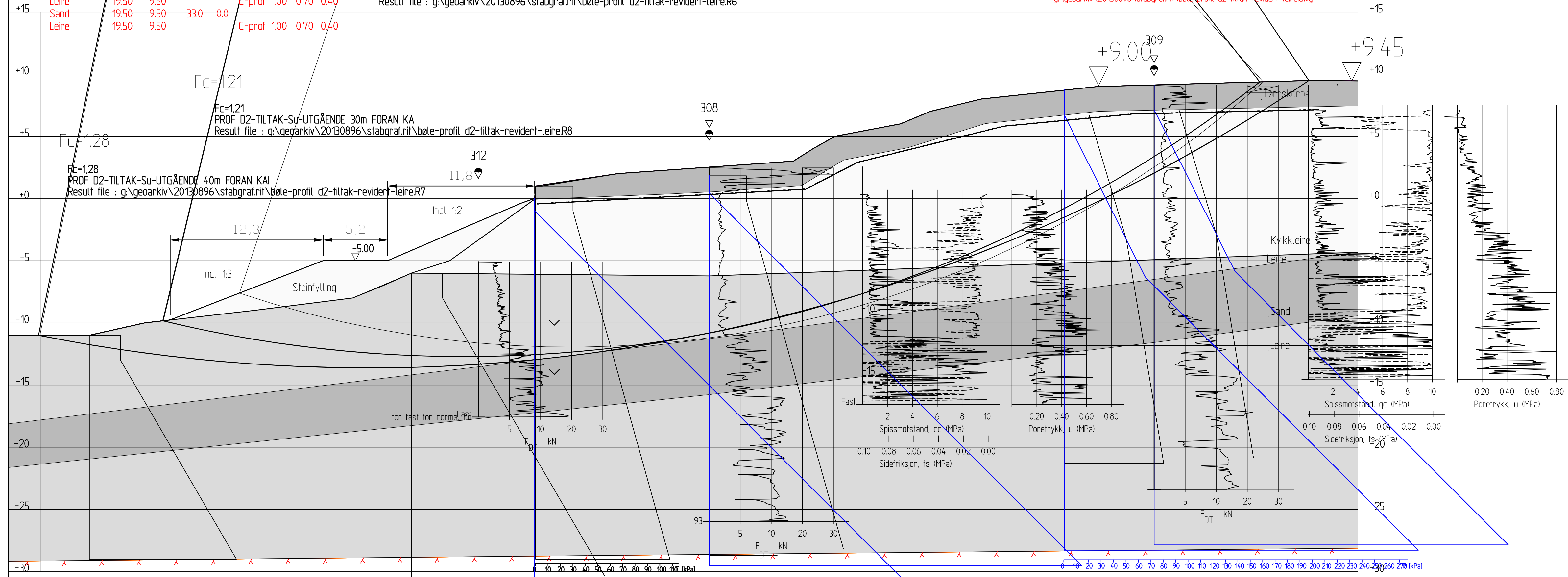
Result file : g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rit\bøle-profil d2-tiltak-revidert-leire.R8

Fc=1.28

Fc=1.28

PROF D2-TILTAK-Su-UTGÅENDE 40m FORAN KAI

Result file : g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rit\bøle-profil d2-tiltak-revidert-leire.R7



FORKLARINGER:

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksoneering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksoneering
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

01	Ny lagdeling. Ny dreietrykksoneering (312)	08.09.2014	LaH	BGK	JMC
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

NVE, Region Sør
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune

Stabilitetsvurdering
 Profil D2-Tiltak-Udrenert

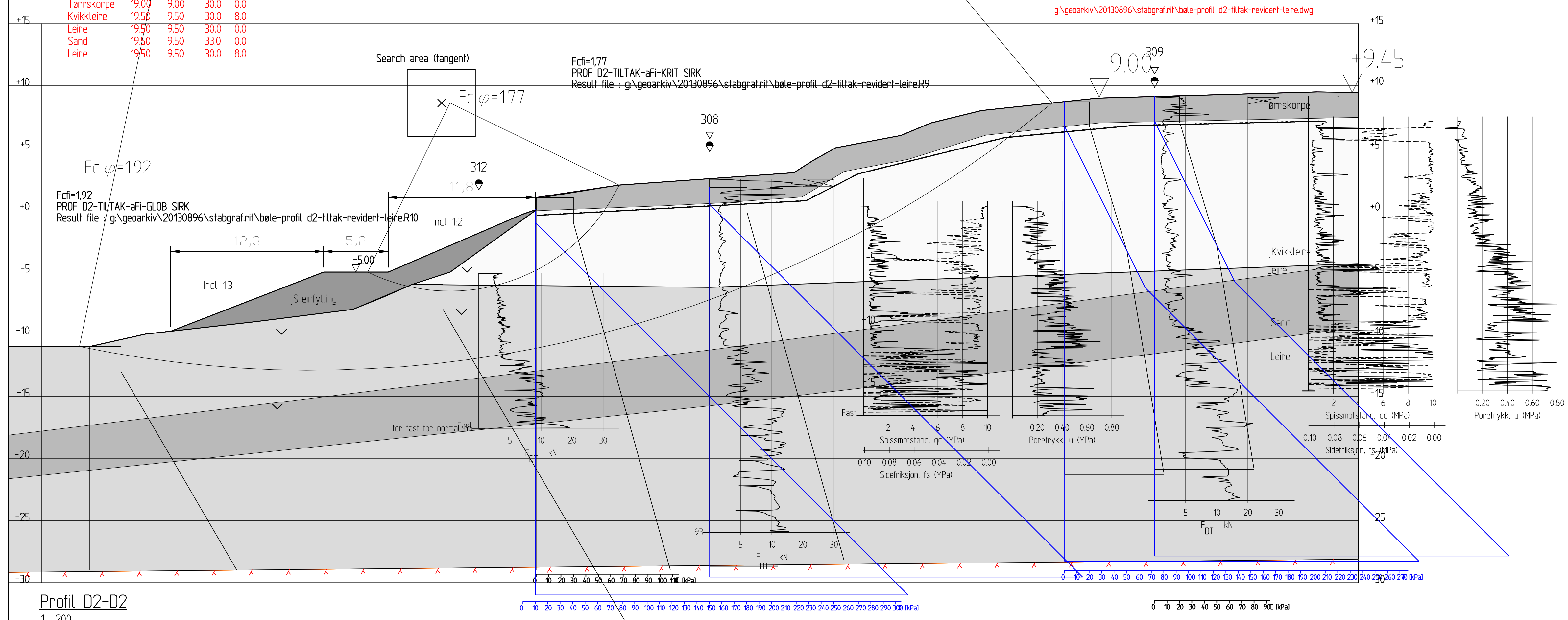
Målestokk: 1:200



NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 13.02.2014	Konstr./Tegnet LaH	Kontrollert BGK	Godkjent JMC
Oppdragsnr. 20130896	Tegningsnr. B15	Rev. 01		

Profil D2-D2
1: 200

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørnskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	0.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				



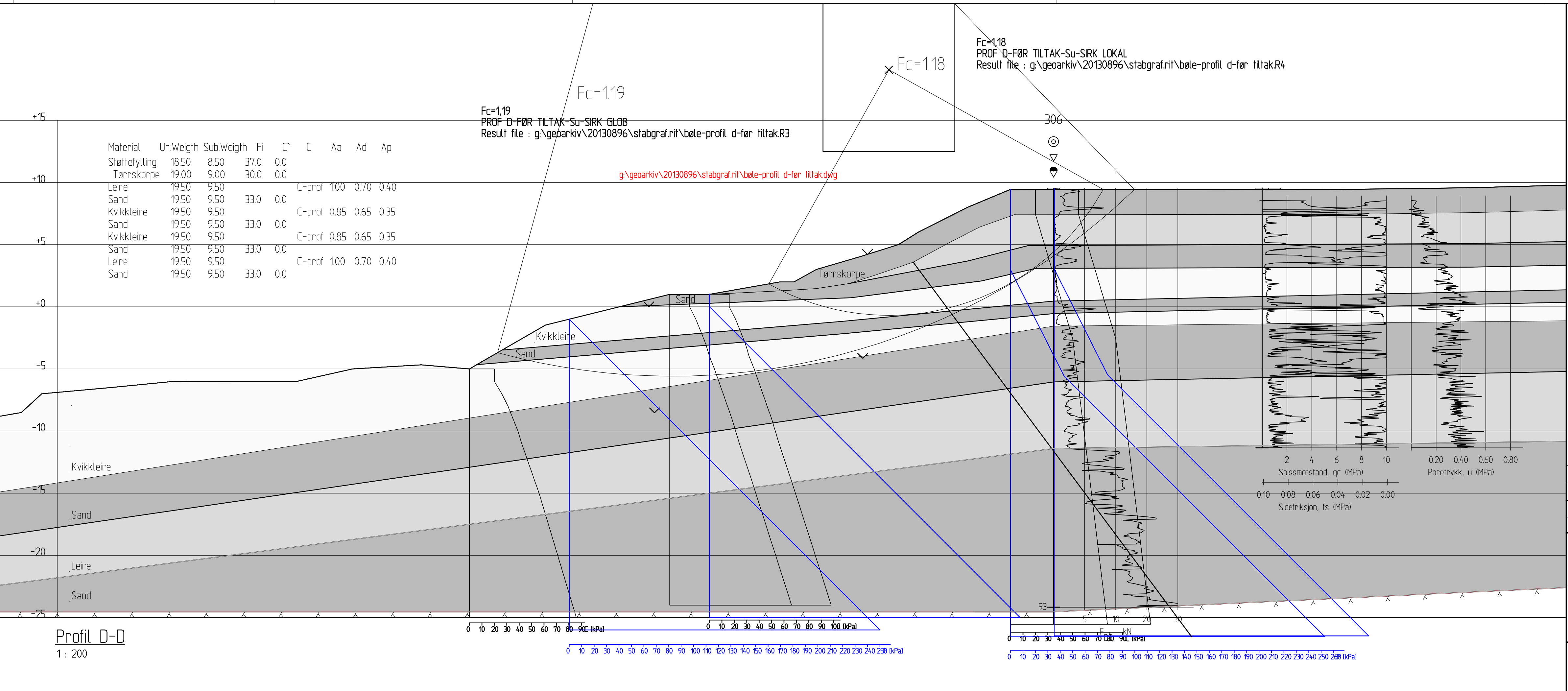
Profil D2-D2
1 : 200

FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

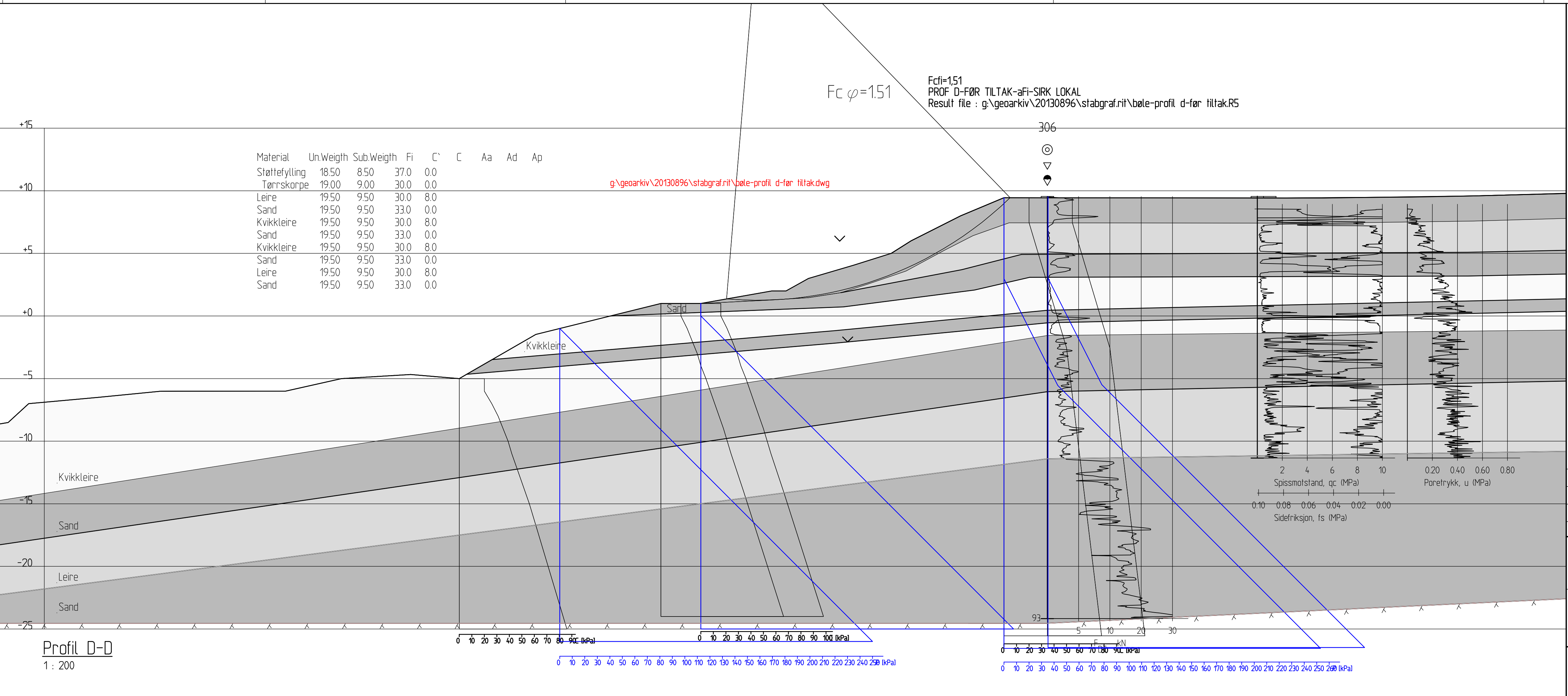
01	Ny lagdeling. Ny dreietrykksondering (312)	08.09.2014	LaH	BGK	JMC
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Status Original format A-3LL Tegningens filnavn		Målestokk 1:200	
Stabilitetsvurdering Profil D2-Tiltak-Drenert		NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no			
13.02.2014		Konstr./Tegnet LaH		Kontrollert BGK	
20130896		Oppdragsnr.		Tegningsnr. B16	
				Godkjent JMC	
				Rev. 01	



- FORKLARINGER:**
- Dreiesondering
 - Enkel sondering
 - ▽ Trykksondering
 - ⊛ Fjellkontrollboring
 - ◆ Dreietrykksondering
 - ⊕ Totalsondering
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - + Vingebooring
 - ⊕ Poretrykksmåling
 - ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.
		Status		Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune		Original format		
		Tegningens filnavn		
Stabilitetsvurdering Profil D-Før Tiltak-Udrenert		Målestokk		
		1:200		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert
		13.02.2014	LaH	BGK
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
		20130896	B18	00



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Støttefylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørnskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				

Fc $\phi = 1.51$

Fc ϕ =1,51
 PROF D-FØR TILTAK-aFi-SIRK LOKAL
 Result file : g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rit\bøle-profil d-før tiltak.R5

FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksendering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ◊ Dreietrykksendering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingebooring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

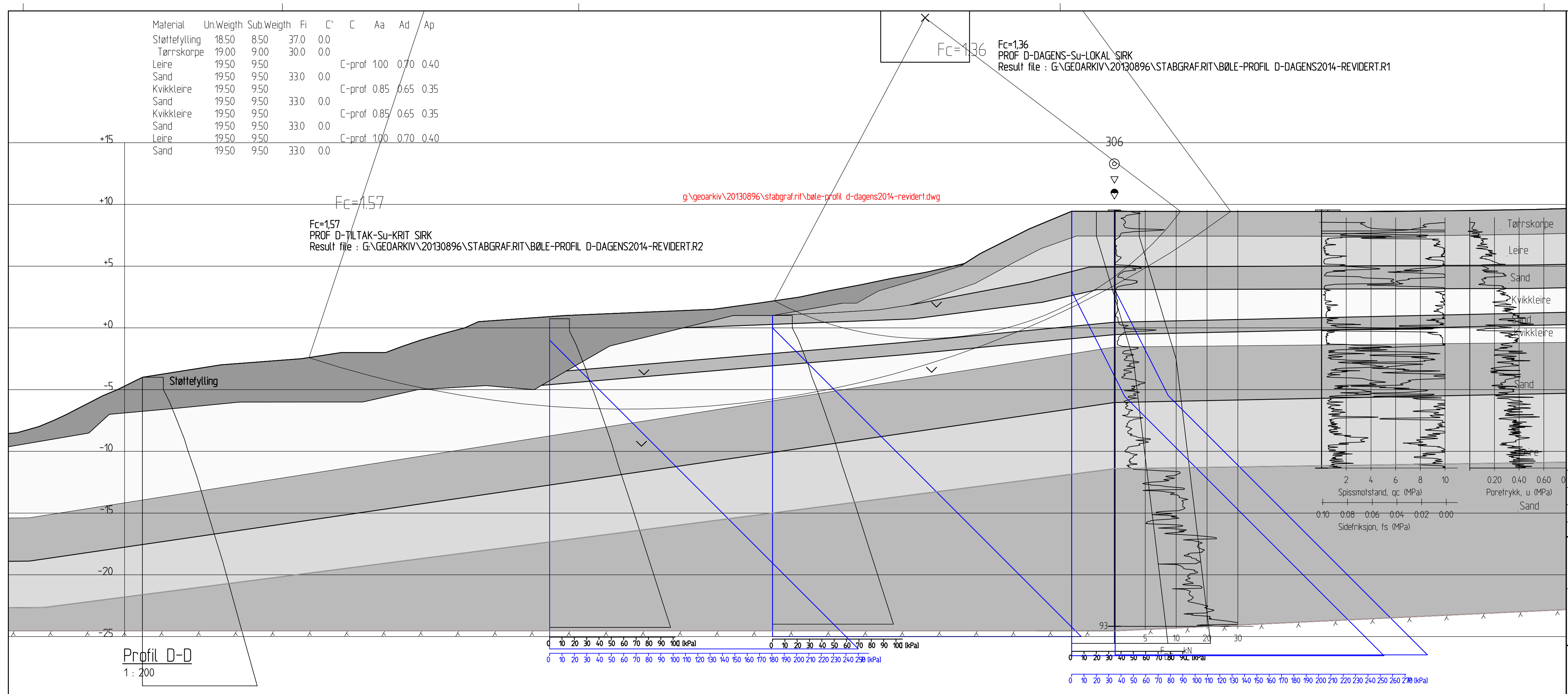
Rev.		Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
NVE, Region Sør Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune			Dato		13.02.2014	
Stabilitetsvurdering Profil D-Før Tiltak-Drenert			Konstr./Tegnet		LaH	
			Kontrollert		BGK	
NGI			Oppdragsnr.		20130896	
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no			Tegningsnr.		B17	
Målestokk			Godkjent		JMC	
1:200			Rev.		00	

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Støttefylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørreskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	0.85	0.65	0.35
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50			C-prof	0.85	0.65	0.35
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				

$F_c = 1.36$
 Fc=1,36
 PROF D-DAGENS-Su-LOKAL SIRK
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL D-DAGENS2014-REVIDERT.R1

$F_c = 1.57$
 Fc=1,57
 PROF D-TILTAK-Su-KRIT SIRK
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL D-DAGENS2014-REVIDERT.R2

g:\geoarkiv\20130896\stabgraf.rit\bøle-profil d-dagens2014-revidert.dwg



FORKLARINGER:


- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksoneering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksoneering
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

01	Oppdatert fyllingen fra "som utført" terrengmodell	08.09.14	LaH	BGK	JMC
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

NVE, Region Sør
Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune
 Stabilitetsvurdering
 Profil D-Dagens (med stabiliserende tiltak)-Drenert

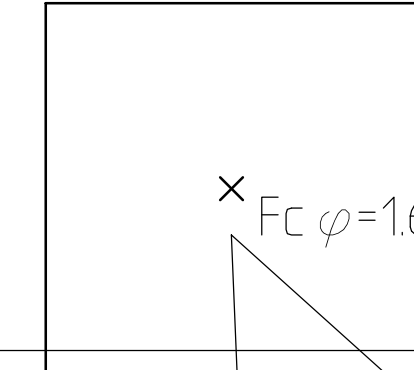
Målestokk: 1:200



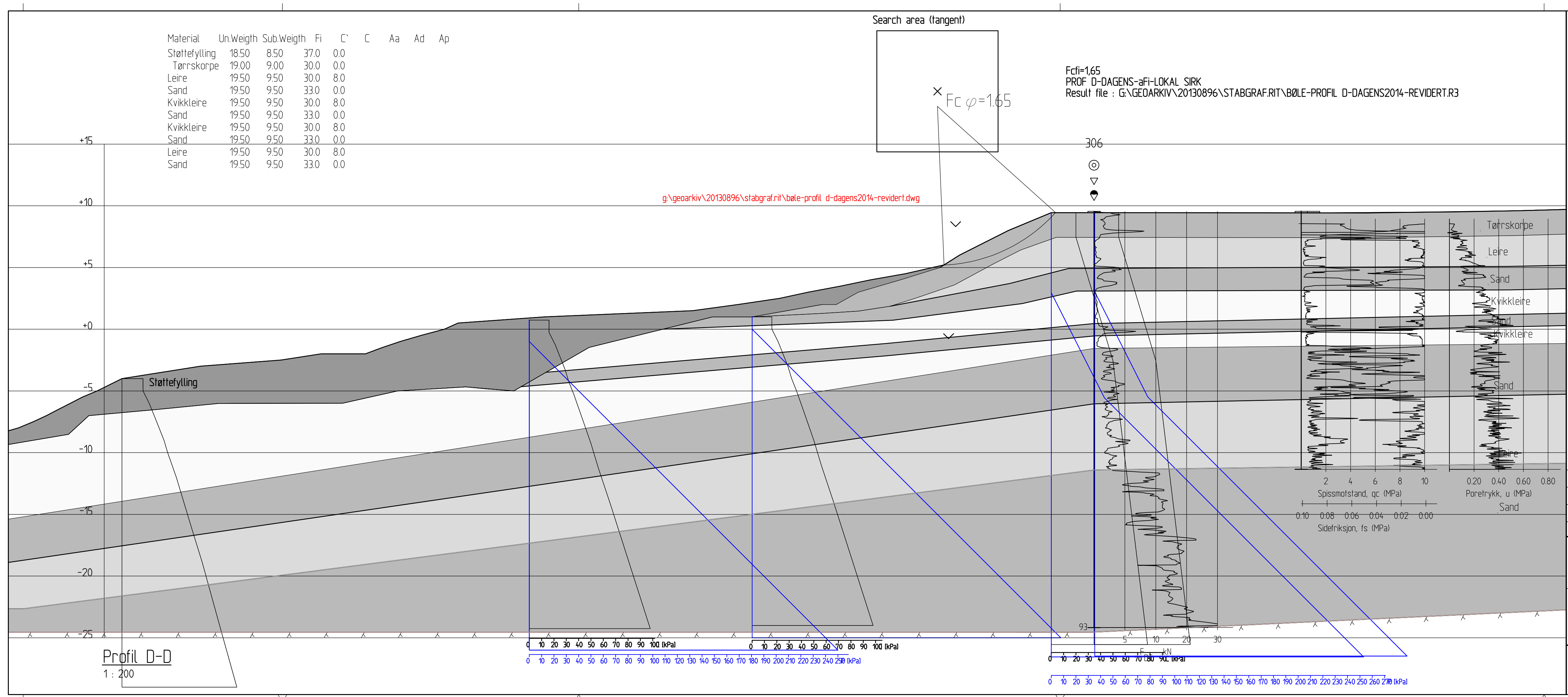
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 13.02.2014	Konstr./Tegnet LaH	Kontrollert BGK	Godkjent JMC
Oppdragsnr. 20130896	Tegningsnr. B19	Rev. 01		

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Støttefylling	18.50	8.50	37.0	0.0				
Tørreskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	30.0	8.0				
Sand	19.50	9.50	33.0	0.0				

Search area (tangent)



Fcfi=1.65
 PROF D-DAGENS-aFi-LOKAL SIRK
 Result file : G:\GEOARKIV\20130896\STABGRAF.RIT\BØLE-PROFIL D-DAGENS2014-REVIDERT.R3



FORKLARINGER:

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksoneering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksoneering
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboering
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

01	Oppdatert fyllingen fra "som utført" terrengmodell	08.09.14	LaH	BGK	JMC
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

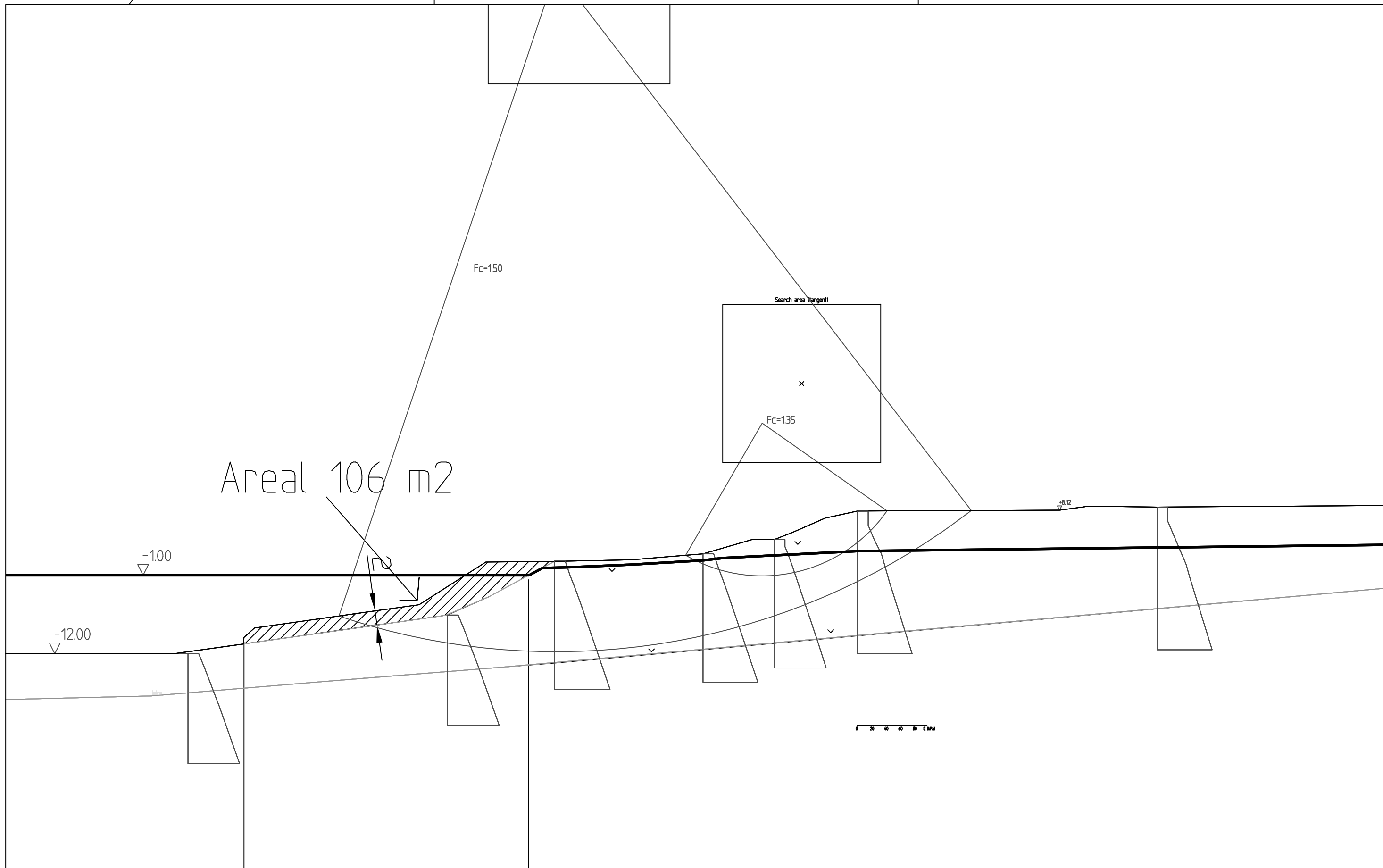
NVE, Region Sør
 Geot. Utredning 56 Bøle, Skien Kommune


Stabilitetsvurdering
 Profil D-Dagens (med stabiliserende tiltak)-Drenert

Målestokk: 1:200

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 13.02.2014	Konstr./Tegnet LaH	Kontrollert BGK	Godkjent JMC
Oppdragsnr. 20130896	Tegningsnr. B19	Rev. 01		

Profil D-D
1 : 200



NVE Region Sør Bøle, Skien kommunel Kontroll av stabilitet av øvre del av skråning uten øvre støttefylling - Profil E2 M = 1:500	Prosjektnr. 20011544	Figur nr. 10
	Tegner OAH	Dato 16.09.09
	Kontrollert OG	
	Godkjent OG	

Vedlegg C - Tidligere NGI rapporter

Innhold

- C01 Norges Geotekniske Institutt (2008). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Bøle, Skien kommune. Risiko for kvikkleireskred. Dokument nr. 20011544-03 rev. 01 datert 8. august 2008.
- C02 Norges Geotekniske Institutt (2009). Stabilitet Skienselven. Supplerende grunnundersøkelser og vurdering av stabilitet i skråning over elvenivå. Dokument nr. 20011544-00-37-R datert 16. september 2009.
- C03 Norges Geotekniske Institutt (2009). Bøle, Skienselven. Risiko for kvikkleireskred. Teknisk notat til prosjekt nr. 20011544- datert 21. januar 2009.

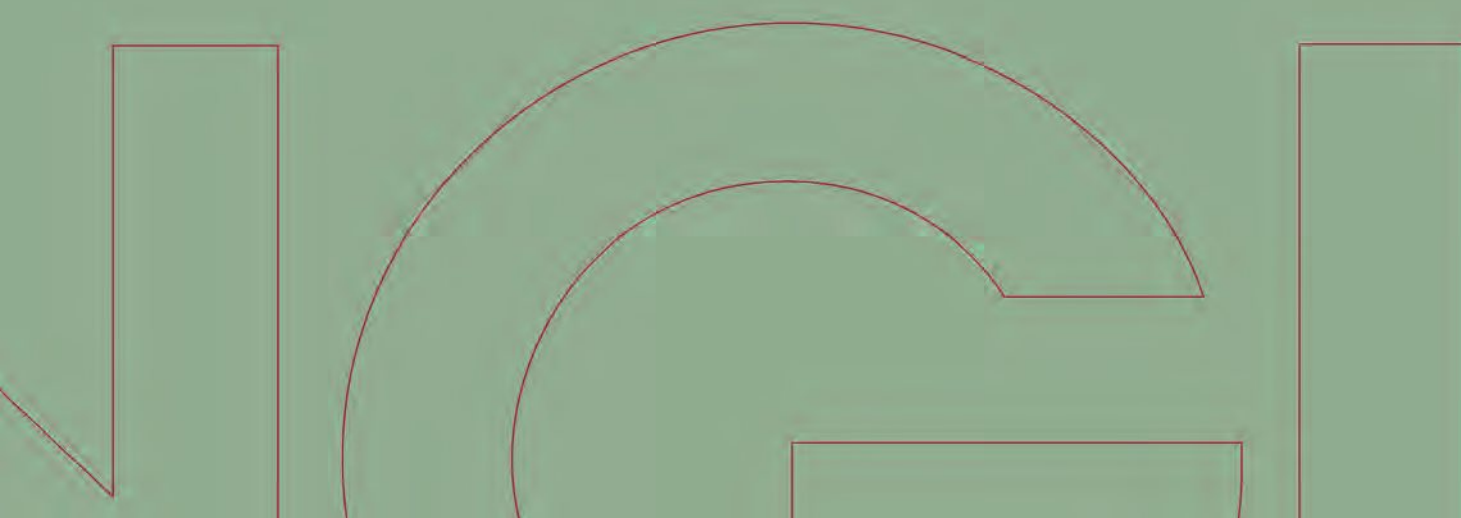


Rapport / Report

Program for økt sikkerhet mot leirskred

Bøle, Skien kommune. Risiko for kvikkleireskred

20011544-3
16. november 2007
Rev. 1
08. august 2008



Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentsiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere dette før bruk av dokumentet.

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

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this before using this document.

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



Prosjekt

Prosjekt: Program for økt sikkerhet mot leirskred
Rapportnummer: 20011544-3
Rapporttittel: Bøle, Skien kommune. Risiko for kvikkleireskred
Dato: 16. november 2007
Revidert: 8. august 2008

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: NVE Region Sør
Oppdragsgivers
kontaktperson: Eirik Traae
Kontraktreferanse: Bestilling nr. 32131, datert 14.04.08

For NGI

Prosjektleder: Odd Gregersen
Rapport utarbeidet av: Tonje Eide Helle

Sammendrag

NGI har på oppdrag fra NVE Region Sør utført nye grunnundersøkelser og nye beregninger for sikringstiltak av kvikkleirefasesonen Bøle i Skien kommune. Faresonen har faregrad "middels", konsekvens "meget alvorlig" og risikoklasse 5. Sonen er tett bebygd med næringsbygg og flere bolighus. Denne revisjonen inneholder vurdering av ulike sikringstiltak i henhold til krav om "forbedring" og "vesentlig forbedring".

Det er utført til sammen 6 stk dreietrykksonderinger, en CPTU-sondering og installert en poretrykkstasjon i området. På toppen av skråningen er det indikasjon på kvikk/sensitiv leire/silt med sand og gruslag ned til 19 m. Fra 19 m er det antatt sand/grus med lite sensitive leirlag. Boringene er avsluttet ved antatt fjell på ca. 30 m dybde. Langs elvekanten indikeres kvikk/sensitiv leire/silt med sand og gruslag ned til 10-11 m. Fra 10-11 m er det antatt sand og gruslag. Boringene er avsluttet ved antatt fjell i ca. 25 m dybde.

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

BS EN ISO 9001
Serifisert av BSI
Reg. No. FS 32989

Sammendrag (forts.)



Rapport nr.: 20011544-3
Dato: 2007-11-16
Rev. dato: 2008-08-08
Side: 4 / Rev.: 1

Det er beregnet stabilitet i Profil D og E2. Beregninger viser at dagens sikkerhet er lavere enn ønskelig. Det er vurdert ulike sikringstiltak så som motfylling, avlastning av terreng, masseutskifting med lette fyllmasser, kalksementpeling og tilsetning av salt i kvikkleira vha elektrolyse.

I første utgave av denne rapporten ble det i samråd med NVE valgt en motfylling i henhold til krav om "forbedring" (ref./2/). I denne revisjonen er det vurdert alternative sikringstiltak som øker sikkerheten i henhold til krav om "vesentlig forbedring".

Velges en økning av sikkerheten i henhold til krav om "forbedring" vil den beregningsmessige sikkerheten gi rom for å utføre tiltak av begrenset omfang så lenge disse ikke forringer stabiliteten. Det understrekes at motfyllingen som skissert i denne rapporten ikke gir rom for tiltak som innebærer tilflytting av mennesker, eller utbygging med viktige samfunnsfunksjoner. Dette innebærer boliger, institusjoner, næringsbygg, skoler, toglinjer, sentralt kraftnett o.l., ref./2/.

Velges en økning av sikkerheten i henhold til krav om "vesentlig forbedring", kan det tillates tiltak som innebærer tilflytting av personer og utbygging med viktige samfunnsfunksjoner, ref./2/.

Kostnadsoverslag for de ulike sikringstiltakene er sammenstilt i Tabell 1. Motfylling i kombinasjon med avlastning av terrenget i område D og kalksementpeling i område E har det billigste kostnadsoverslaget. Det er forbundet risiko med utgraving i de bløte massene og kalksementpeling. Motfylling er den tryggeste metoden for å sikre området. Alle sikringstiltak må følges opp av geotekniker.

Tabell 1 Kostnadsoverslag for ulike sikringstiltak

Tiltak	Kostnadsoverslag (kr. eks.mva.)
<i>Krav om "forbedring"</i>	
Motfylling	23 370 000,-
<i>Krav om "vesentlig forbedring"</i>	
Motfylling	34 650 000,-
Avlastning av terreng i område D, motfylling i område E	30 000 000,-
Avlastning av terreng i område D, kalksementpeler i område E	25 975 000,-
Masseutskifting i område D, motfylling i område E	33 105 000,-
Masseutskifting i område D, kalksementpeler i område E	29 288 000,-
Kalksementpeler	27 575 000,-

Innhold



Rapport nr.: 20011544-3
Dato: 2007-11-16
Rev. dato: 2008-08-08
Side: 5 / Rev.: 1

1	Innledning	7
1.1	Bakgrunn	7
2	Grunnforhold	8
3	Stabilitetsberegninger	8
3.1	Generelt	8
3.2	Skjærstyrke	9
3.3	Analyseverktøy	9
4	Resultater fra stabilitetsberegningene	10
4.1	Motfylling	10
4.2	Alternative sikringstiltak	12
5	Kostnadsoverslag	15
5.1	Motfylling	15
5.2	Avlastning av terreng	15
5.3	Masseutskifting med lette fyllmasser	16
5.4	Kalksementpeler	17
6	Konklusjoner	18
6.1	Valg av sikkerhetsnivå	18
6.2	Valg av tiltak	19
7	Referanser	19

Figurer

Figur 1 Minimumskrav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer. Fra ref. /2/.....	7
---	---

Tabeller

Tabell 1 Kostnadsoverslag for ulike sikringstiltak.....	4
Tabell 2 Estimerte enhetspriser eks.mva.....	15
Tabell 3 Estimerte kostnader for motfylling iht. krav om "forbedring"	15
Tabell 4 Estimerte kostnader for motfylling iht. krav om "vesentlig forbedring"	15
Tabell 5 Estimerte kostnader ved avlastning av terreng i område D, og motfylling i område E	16
Tabell 6 Estimerte kostnader ved avlastning av terreng i område D, og kalksementpeling i område E	16
Tabell 7 Estimerte kostnader ved masseutskifting i område D, og motfylling i område E.	17
Tabell 8 Estimerte kostnader ved masseutskifting i område D, og kalksement- peling i område E.	17
Tabell 9 Estimerte kostnader ved kalksementpeling.....	18

Innhold



Rapport nr.: 20011544-3
Dato: 2007-11-16
Rev. dato: 2008-08-08
Side: 6 / Rev.: 1

Tegninger

- 001 Oversiktskart
- 010 Borplan og stabiliserende tiltak i henhold til krav om ”forbedring”
- 100 Profil D-D – Stabiliserende tiltak i henhold til krav om ”forbedring” og ”vesentlig forbedring”
- 101 Profil E2-E2 – Stabiliserende tiltak i henhold til krav om ”forbedring” og ”vesentlig forbedring”
- 102 Minimum fylling lagt ut fra lekter
- 103 Sammenligning av motfylling for ulike sikkerhetsnivåer
- 104 Profil D – Avlastning av terreng
- 105 Profil D – Masseutskifting med lette fyllmasser
- 106 Profil D og E2 - Kalksementpeling

Vedlegg

- A Grunnundersøkelser

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

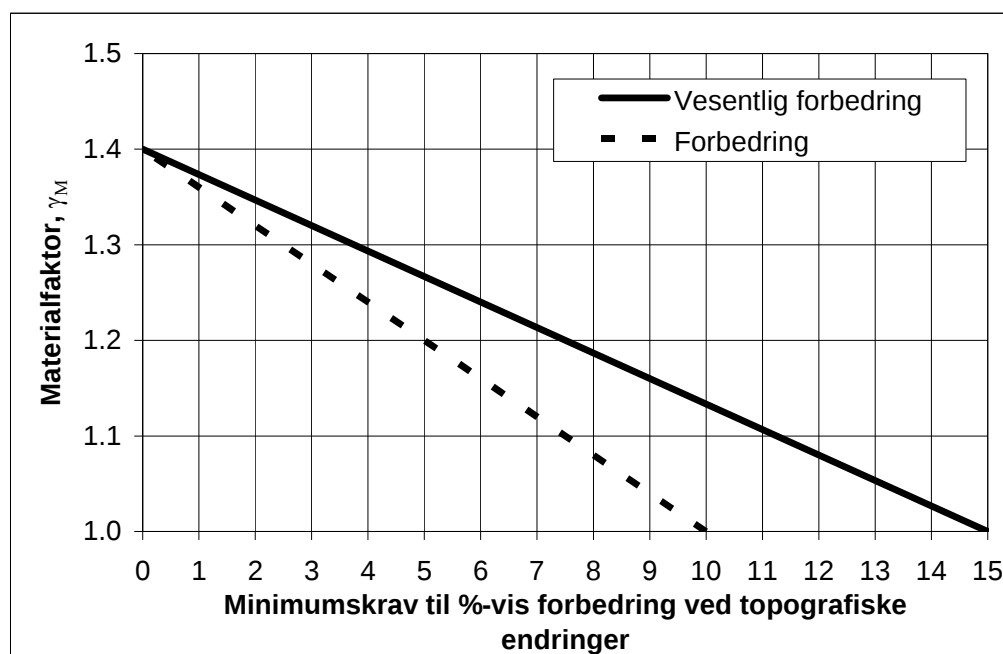
NGI har på oppdrag fra NVE Region Sør utført nye beregninger for sikringstiltak av kvikkleirefaresonen Bøle i Skien kommune. Faresonen er klassifisert til faregrad "middels", konsekvens "meget alvorlig" og risikoklasse 5. Sonen er tett bebygd med næringsbygg og flere bolighus.

1.1 Bakgrunn

I Retningslinjer nr. 1 2007 er det laget krav om sikkerhetsnivåer avhengig av arealbruk og utbyggingsområdets faregradsklasse. Kravene til økning av den beregningsmessige sikkerheten er "tilstrekkelig γ_M ", "ikke forverring", "forbedring" og "vesentlig forbedring". Tilstrekkelig γ_M er 1,4. Den prosentvise forbedringen beregnes ved å endre området topografi i henhold til krav om "forbedring" eller "vesentlig forbedring" som vist i Figur 1.

Denne rapporten omfatter resultater fra gamle og nye beregninger og dimensjonering av sikringstiltak i sonen som samsvarer med krav til "forbedring" og "vesentlig forbedring".

Denne revisjonen inneholder vurdering av alternative sikringstiltak til motfylling. Alternativene som er vurdert er avlastning av terreng, masseutskiftning med lette fyllmasser, kalksementpeler og tilsetning av salt i kvikkleira ved hjelp av elektrolyse.



Figur 1 Minimumskrav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer. Fra ref. /2/.

2 Grunnforhold

Grunnundersøkelsene er utført av Scandiaconsult i 2002, ref. /3/, og av NGI i 2007. Undersøkelsene omfatter 6 stk dreietrykkssonderinger, 1 stk CPTU-sondering og en poretrykksstasjon. Plasseringen av borpunktene er vist på tegning nr. 010. Dreietrykkssondering nr. 301-304 er vist som enkeltboringer i vedlegg A.

På toppen av skråningen, indikerer dreietrykkssonderingene kvikk/sensitiv leire/silt med sand og gruslag ned til 19 m. Fra 19 m er det antatt sand/grus med leirlag som ikke er sensitive. Boringene er avsluttet ved antatt fjell på ca. 30 m dybde.

Langs elvekanten indikerer grunnundersøkelsene kvikk/sensitiv leire/silt med sand og gruslag ned til 10-11 m. Fra 10-11 m er det antatt sand og gruslag. Boringene er avsluttet ved antatt fjell i ca. 25 m dybde.

Målte poretrykk på platået bak skråningen viser hydrostatisk fordeling med dybden fra ca 4 m under terreng, ref. /1/.

Grunnforholdene er vist på profilene D-D og E2-E2, tegning nr. 100 og 101.

3 Stabilitetsberegninger

3.1 Generelt

Kvikkleiresonen Bøle er tett bebygd med næringsbygg og bolighus. Skråningen ned mot Skienselva har høydeforskjeller opp mot 10 m med en helning på 1:2. I område D (se tegning nr. 010) har skråningen tett vegetasjon. Skråningen avsluttes med en 1-2 m høy loddrett kant mot elva støttet av gamle tømmerstokker.

I område E er det båttopplagsplass langs elva med en 6 m høy skråning i bakkant. Skråningshelningen er 1:2.

Dybdekartleggingen utført i 2002 viser at det har skjedd en utdypning av elvebunnen siden den forrige dybdekartleggingen i 1985, ref. /1/. Partiene hvor utdypning av elvebunnen er registrert er vist med skravur på tegning nr. 010. Skienselva har tidligere blitt brukt til tømmerfløting. Tømmer som ligger igjen på bunnen kan ha forårsaket at ekkoloddkartleggingen har registrert grunnere bunnkoter enn reelt. Bunnen av elva er derfor lagt 1-2 m dypere i beregningene enn det som fremkommer av kartet.

Motfyllingene i Profil D og E2 er beregnet i henhold til krav om "forbedring", "vesentlig forbedring", og "vesentlig forbedring" med terrenglast tilsvarende to etasjers bolighus på skråningstoppen. I tillegg er det vurdert hvor mye av fyllingen som må legges ut i elva fra lekter før man kan begynne arbeidene fra

land. Motfyllingene som tilfredsstillter krav om "forbedring" og "vesentlig forbedring" er presentert for begge profilene i denne rapporten. Motfylling i henhold til krav om "vesentlig forbedring" med terrenglast er kun presentert for profil D på tegning nr. 103. Alternative sikringstiltak er vurdert for krav om "vesentlig forbedring".

3.2 Skjærstyrke

Stabilitetsforholdene er bestemt på basis av den udrenerte skjærstyrke, s_u . Skjærstyrken bestemt ved tolkinga av CPTU-forsøkene er kalibrert mot laboratorieforsøk på blokkprøver, og er tolket basert på målt poretrykk ($N_{\Delta u}$) og spissmotstand (N_{kt}). Grunnvannstand er satt til 4 m under terreng i CPTU118.

Den aktive udrenerte skjærstyrken, s_{ua} , fra CPTU er sammenlignet med s_{ua} utledet på grunnlag av overkonsolideringsgrad, OCR, i henhold til følgende empiriske formel:

$$s_{ua} = 0,3 p_0' \times OCR^{0,65}$$

hvor: $OCR = p_c' / p_0'$

p_0' = effektivt overlagingstrykk

p_c = forkonsolideringstrykk ut fra antatt tidligere terrengnivå

Grunnen i området er antatt normalkonsolidert ut fra topografi og det kvartærgeologiske kartet over området. Det OCR baserte styrkeprofil er således beregnet på grunnlag av OCR=1. Overkonsolideringsforholdet (OCR) i skråningen regnes fra platånivået.

Skjærstyrken tolket fra CPTU-sonderingene i området samsvarer relativt godt med skjærstyrken utledet fra SHANSEP. Det er derfor valgt å basere stabilitetsvurderingene for hele området på skjærstyrken utledet fra SHANSEP, ref. /1/.

3.3 Analyseverktøy

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

Beregningene er utført med sirkulære glideflater. Det er foretatt beregninger for to profiler, D og E2 (se tegning nr. 010).

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

4 Resultater fra stabilitetsberegningene

4.1 Motfylling

4.1.1 Tidligere beregninger

Det er tidligere utført stabilitetsberegninger og dimensjonering av motfylling i profil D. I beregningene i rapport 20011544-1, datert 14. februar 2003, ref. /1/ er sikkerhetsfaktoren av eksisterende skråning beregnet til 1,01. Den dimensjonerte motfyllingen gir en økning av sikkerhetsfaktoren på 7 %, se tegning nr. 103.

4.1.2 "Forbedring" av stabilitetsforholdene

Kvikkleiresonen Bøle har faregradsklasse middels. Ved å øke den beregningsmessige sikkerheten økes i henhold til krav om "forbedring" vil det her kunne gjennomføres tiltak av begrenset omfang uten tilflytting av mennesker.

Profil D

Profil D ligger lengst oppstrøms i sonen, se tegning 010. Profilet fremgår av tegning 100. På grunn av utdypninger i partier av elvebunnen og tømmer på elvebunnen som omtalt i avsnitt 3.1, er bunnen senket med 1 m 15 m fra land, og 2 m på det dypeste partiet av elvebunnen.

Den beregningsmessige sikkerheten for dagens terreng er 0,99. I følge Figur 1 må sikkerheten økes med 10 %. Ved å legge en motfylling som vist på tegning 100, vil den beregningsmessige sikkerheten økes til 1,11 for den globale glidesirkelen, og 1,12 for den lokale glidesirkelen på land. Avslutningene på de forskjellige trinnene av motfyllingen tilsvarer rasvinkelen til fyllmassene (1:1,25 – 1:1,5).

Volumet av motfyllingen i område D estimeres til 51 500 m³.

Profil E2

Profil E2 ligger i den nedre delen av sonen hvor terrenget er 2 m lavere enn i Profil D. Profilet fremgår av tegning 101. Elvebunnen er, som i Profil D, senket med 1 m 15 m fra land, og 2 m på det dypeste partiet av elvebunnen.

Den beregningsmessige sikkerheten for dagens terreng er 1,14 for en lokal glidesirkel på land, og en global sikkerhet på 1.15. I følge Figur 1 må den beregningsmessige sikkerheten økes med 6,5 %. Ved å legge en motfylling som vist på tegning 101, vil den beregningsmessige sikkerheten økes til 1,21

for den lokale glideflaten på land, og 1,24 for den globale glidesirkelen. Avslutningene på de forskjellige trinnene av motfyllingen er rasvinkelen til fyllmassene (1:1,25 – 1:1,5).

Volumet av motfylling i område E estimeres til 25 000 m³. I tillegg kommer motfylling på land på estimerte 1 400 m³.

4.1.3 ”Vesentlig forbedring” av stabilitetsforholdene

Ved å øke den beregningsmessige sikkerheten i henhold til krav om ”vesentlig forbedring” vil det kunne gjennomføres tiltak som innebærer tilflytting av mennesker, eller utbygging som omfatter viktige samfunnsfunksjoner.

Profil D

Den beregningsmessige sikkerheten for dagens terreng er 0,99. I følge Figur 1 må sikkerheten økes med 15 %. Ved å legge en motfylling som vist på tegning 100, vil den beregningsmessige sikkerheten økes til 1,15 for den dypeste glidesirkelen, og 1,18 for den lokale glidesirkelen på land. Motfyllingen er vesentlig større enn i henhold til krav om ”forbedring”, se tegning 103.

Volumet av motfylling i område D estimeres til 72 500 m³.

Profil E2

Den beregningsmessige sikkerheten for dagens terreng er 1,14 for en lokal glidesirkel på land, og en global sikkerhet på 1.15. I følge Figur 1 må sikkerheten økes med ca. 10 % for den lokale glidesirkelen, og ca. 9 % for den globale glidesirkelen. Ved å legge en motfylling som vist på tegning 101, vil den beregningsmessige sikkerheten økes til 1,26 for den globale glidesirkelen, og 1,25 for den lokale glidesirkelen på land. Motfyllingen er vesentlig større enn i henhold til krav om ”forbedring”.

Volumet av motfylling i område E estimeres til 40 000 m³ i elva, og 3 000 m³ på land.

4.1.4 Terrenglast tilsvarende bebyggelse med to etasjer

Bebyggelse innenfor sonen som innebærer tilflytting av mennesker tilhører tiltaksklasse K3. Sonen Bøle er innenfor faregradsklasse middels, og ny bebyggelse innenfor sonen krever i følge ref. /2/ dermed en ”vesentlig forbedring” av den beregningsmessige sikkerheten.

En terrenglast tilsvarende et bolighus med to etasjer ble satt på toppen av skråningen. For å opprettholde den prosentvise økningen av sikkerhet til ”vesentlig forbedring”, ble motfyllingen uforholdsmessig stor. Se sammenligning av motfyllingene for ulike sikkerhetsnivåer på tegning nr. 103.

4.1.5 Stabilitet ved anleggsarbeider

I første omgang skal det kun legges ut motfylling i elva. Motfyllingen på land planlegges utført på et senere tidspunkt.

Det vil ikke være mulig å legge ut hele motfyllingen i elva fra lekter. Deler av den legges fra lekter, og det resterende fra land. Tegning nr. 102 viser minimum fylling fra lekter for å oppnå tilfredsstillende stabilitet under fyllingsarbeidene fra land. Stabiliteten under anleggsarbeidene er kontrollert for anleggstrafikk på 10 kPa.

Topografien i sonen har lite variasjon. Det anbefales at motfyllingen dimensjonert i profil D legges i de øvre 320 m. Motfyllingen dimensjonert for profil E2 anbefales å legges i de nedre 220 m av sonen. Motfyllingen på land i profil E2 legges kun langs skråningen med størst høydeforskjell og helning (ca. 130 lm). Det presiseres at motfyllingen i elva er et absolutt minimum for å oppnå tilfredsstillende stabilitet. Volumet av motfyllingene på land må ikke overstiges.

Motfyllingen i elva legges ut i to faser. Først fra lekter, det resterende fra land. Det anbefales å legge ut så mye av motfylling som mulig fra lekter før anleggsarbeidene på land starter, og minimum som vist på tegning 102.

Fyllingsarbeidene skal utføres fra lengst ute i elva, og innover mot land. Hvert lag av stein skal ikke overstige 2,0 m høyde. Dette laget fullføres hele veien inn til land før neste lag påbegynnes. Dette for at poretrykksoppbyggingen skal få tid til å dissipiere.

4.2 Alternative sikringstiltak

For å oppnå ”vesentlig forbedring” må det legges ut en svært stor motfylling både i elva og på land. For å redusere omfanget av motfylling på land er det vurdert å benytte masseutskifting med lette fyllmasser, eller kalksementpeler på toppen av skråningen i profil D.

4.2.1 Avlastning av terreng

Da sikkerheten i profil D er lav, må sikkerhetsfaktoren økes noe før gravearbeidene settes i gang. Tegning nr. 104 viser nødvendig motfylling i elva og motfylling på land.

Grunnundersøkelsene indikerer svært bløte masser fra terreng. Dette kan medføre vanskelige graveforhold. Utgravingen må utføres med forsiktighet slik at massene ikke omrøres. Det må anlegges motfylling i foten av skråningen før gravearbeidene starter. Massene skal ikke mellomlagres på området, men kjøres direkte til egnet deponi.

Volumet av nødvendig avlastning i profil D estimeres til 7 700 m³.

4.2.2 Masseutskifting med lette fyllmasser

Det er benyttet Leca Lettklinker 0-32 mm i beregningene. I følge ref./4/ har Leca Lettklinker 0-32 mm en karakteristisk friksjonsvinkel på 40,5°. Densiteten er konservativt satt til 7,0 kN/m³ for fylling som helt eller periodevis ligger under vannstand/grunnvannstand da lecaen vil trekke vann ved nedbør.

Da sikkerheten i profil D er lav, må sikkerhetsfaktoren økes noe før gravearbeidene settes i gang. Tegning nr. 105 viser nødvendig motfylling i elva og midlertidig motfylling på land. Den midlertidige motfyllingen på land fjernes når masseutskiftingen er ferdigstilt. Massene kan da benyttes som motfylling på land i område E.

Det er beregnet to forskjellige alternativ for å oppnå tilfredsstillende stabilitet ved bruk av Leca Lettklinker 0-32 mm.

Alternativ 1

Det legges en 2 m tykk fylling langs elvebunnen. Deretter masseutskiftes en 14 m bred og 3,5 m dyp sone langs hele skråningskanten med Leca Lettklinker 0-32 mm. Volumet som må masseutskiftes estimeres til 16 000 m³.

Alternativ 2

Ved å øke motfyllinga i elva som vist på tegning nr. 104, reduseres omfanget av nødvendig masseutskifting. Bredden på sonen reduseres til 8 m, mens dybden er den samme. Volumet som må masseutskiftes reduseres til 9 000 m³.

Gravearbeidene må for begge alternativene utføres med forsiktighet da grunnundersøkelsene indikerer bløte masser fra terreng. Massene skal ikke mellomlagres på området, men kjøres direkte til egnet deponi.

4.2.3 Kalksementpeler

Under installasjon av kalksementpeler vil grunnforholdene forverres da poretrykket øker. Siden skråningen i dag står med en sikkerhetsfaktor på 1,0, må sikkerheten økes før man kan igangsette kalksementpeling.

Tegning nr. 105 viser nødvendig motfylling i elva og skråningsfoten for å oppnå tilfredsstillende stabilitet under anleggsarbeidene. Fyllingen på land fjernes når den kalksementstabiliserte grunnen har oppnådd tilstrekkelig styrke.

Det installeres doble kalksementribber normalt på skråningen. 30 % av jordvolumet skal bestå av kalksementpeler. I område D settes kalksementpeler over en bredde på 6 m innover i skråningsfoten, og over en bredde på 7 m i

område E. Kalksementpelene settes ned til ulike nivå for å oppnå en fortanning i bunnen av ribbene.

Arbeidene med kalksementpeling må overvåkes med poretrykksmålere. Det må i forkant av arbeidene defineres en alarmgrense for poretrykket slik at arbeidene avsluttes når grensen er nådd. For å unngå stor poretrykksoppbygging, må arbeidene deles opp slik at man får størst mulig avstand mellom ribbene under installasjonsarbeidene. Det må påses at kalksementpelingen foregår ved bruk av lavest mulig trykk for å hindre forstyrrelse av de omkringliggende massene. Arbeidene må følges opp av geotekniker gjennom hele anleggsfasen.

4.2.4 Saltbrønner

Ved å tilføre saltioner i kvikkleira vil leiras sensitivitet avta og udrenert styrke øke. Følgelig vil skredfaren avta. Tilsetning av salt gjøres ved å bore et rutemønster over hele området med perforerte rør. Rørene fylles med salt og vil fungere som anoder i leirmassivet.

Tilføring av salt kan utføres på tre måter:

- a) Det bores et rutenett med saltbrønner over hele området. Brønnene fylles med salt og vann slik at saltet går i oppløsning. Det saltholdige vannet vil kunne strømme ut i omkringliggende leire ved naturlig grunnvannsstrømning. Ved å holde et overtrykk i brønnene i forhold til omgivelsene, vil grunnvannstrømningen øke.
- b) Som i a), men i tillegg installeres jernstenger som katoder et stykke unna. Dette vil føre til en saltdiffusjon fra røret til jernstangen.
- c) Ved å sette på likestrøm vil poretrykket øke ved katodene siden disse vil trekke vann fra anoden til katoden. Strømforbruket vil øke etter hvert som saltet trekker inn i leira grunnet økt elektrisk konduktivitet. Spesielt vil dette være tilfelle i sand/siltlag.

I henhold til ref./5/ vil tilsetning av kaliumklorid (KCl) øke skjærstyrken betraktelig. Prosessen tar relativt lang tid, anslagsvis 2-3 år. Arbeidene med å stabilisere en utgravning i Oslo på 70-tallet viste en økning av skjærstyrken på hele 200 % i løpet av 3 år. Det er imidlertid ikke benyttet tilsetning av salt i kvikkleire som stabiliserende tiltak siden 60-/70-tallet. Metoden anbefales ikke i skråninger med lav sikkerhetsfaktor da vanninnholdet vil øke lokalt i skråningen.

5 Kostnadsoverslag

Tabell 2 viser estimerte enhetspriser per kubikkmeter masse.

Tabell 2 Estimerte enhetspriser eks.mva.

Enhetspriser	kr/m ³ eks.mva.
Tilkjøring og utlegging av stein	300,-
Fjerning av masser og bortkjøring	150,-
Opplasting av masser og utlegging i samme område	35,-
Leca Lettklinker 0-32 mm	350,-
Kalksementpeler	350,-

5.1 Motfylling

Kostnadsoverslag for motfylling dimensjonert i henhold til krav om ”forbedring” er gjengitt i Tabell 3.

Tabell 3 Estimerte kostnader for motfylling iht. krav om ”forbedring”

	Volum (m ³)	Kostnadsoverslag (kr eks.mva.)
Profil D	51 500	15 450 000,-
Profil E2		
I elva	25 000	7 500 000,-
På land	1 400	420 000,-
<i>Totalt</i>		<i>23 370 000,-</i>

For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet i henhold til krav om ”vesentlig forbedring” trengs en massiv motfylling i elva og på land. Estimerte kostnader er vist i Tabell 4.

Tabell 4 Estimerte kostnader for motfylling iht. krav om ”vesentlig forbedring”

	Volum (m ³)	Kostnadsoverslag (kr eks.mva.)
Profil D	72 500	21 750 000,-
Profil E2		
I elva	40 000	12 000 000,-
På land	3 000	900 000,-
<i>Totalt</i>		<i>34 650 000,-</i>

5.2 Avlastning av terreng

Kostnadsoverslag for avlastning av terreng er gjengitt i Tabell 5 og Tabell 6. Det er ikke vurdert avlastning i profil E2. Det er derfor gitt kostnadsoverslag for avlastning i område D kombinert med enten motfylling eller kalksementpeler i område E.

Tabell 5 Estimerte kostnader ved avlastning av terreng i område D, og motfylling i område E

	Volum (m ³)	Kostnadsoverslag (kr eks.mva.)
Profil D		
Motfylling i elva	46 000	13 800 000,-
Motfylling på land	7 000	2 100 000,-
Fjerning av masser	8 000	1 200 000,-
Profil E2		
Motfylling i elva	40 000	12 000 000,-
Motfylling på land	3 000	900 000,-
Totalt		30 000 000,-

Tabell 6 Estimerte kostnader ved avlastning av terreng i område D, og kalksementpeling i område E

	Volum (m ³)	Kostnadsoverslag (kr eks.mva.)
Profil D		
Motfylling i elva	46 000	13 800 000,-
Motfylling på land	7 000	2 100 000,-
Fjerning av masser	8 000	1 200 000,-
Profil E2		
Motfylling i elva	19 500	5 850 000,-
Motfylling på land	2 500	750 000,-
Kalksementpeling	6 500	2 275 000,-
Totalt		25 975 000,-

I tillegg kommer omlegging av veg og vannledning, samt arondering av arealet. Det må vurderes i felt om tiltaket kommer i konflikt med bebyggelsen.

5.3 Masseutskifting med lette fyllmasser

Tabell 7 og Tabell 8 viser kostnadsoverslaget for motfylling i elva og masseutskifting som beskrevet i alternativ 2 under avsnitt 4.2.2. Det er ikke vurdert masseutskifting i profil E2. Det er derfor gitt kostnadsoverslag for masseutskifting i område D kombinert med enten motfylling eller kalksementpeler i område E.

Tabell 7 Estimerte kostnader ved masseutskifting i område D, og motfylling i område E.

	Volum (m ³)	Kostnadsoverslag (kr eks.mva.)
Profil D		
Motfylling i elva	46 000	13 800 000,-
Motfylling på land	7 000	2 100 000,-
Fjerning av gravemasser	9 000	1 350 000,-
Leca lettklinker	9 000	3 150 000,-
Profil E2		
Motfylling i elva	40 000	12 000 000,-
Motfylling på land (fra område D)	3 000	105 000,-
Fjerning av overskuddsmasser	4 000	600 000,-
Totalt		33 105 000,-

Tabell 8 Estimerte kostnader ved masseutskifting i område D, og kalksementpeling i område E.

	Volum (m ³)	Kostnadsoverslag (kr eks.mva.)
Profil D		
Motfylling	46 000	13 800 000,-
Motfylling på land	7 000	2 100 000,-
Fjerning av gravemasser	9 000	1 350 000,-
Leca lettklinker	9 000	3 150 000,-
Profil E2		
Motfylling i elva	19 500	5 850 000,-
Motfylling på land (fra område D)	2 500	88 000,-
Fjerning av overskuddsmasser	4 500	675 000,-
Kalksementpeling	6 500	2 275 000,-
Totalt		29 288 000,-

I tillegg kommer omlegging av veg og vannledning, samt arondering av arealet. Det må vurderes i felt om tiltaket kommer i konflikt med bebyggelsen.

5.4 Kalksementpeler

For å oppnå tilfredstillende sikkerhet under anleggsfasen, må sikkerheten økes i forkant av kalksementpelingen. Dette innebærer at det må legges ut motfylling i elva i forkant av kalksementpelingen. I tillegg må det legges ut en motfylling av sand i foten av område D for få en tilstrekkelig økning av sikkerheten. Denne motfyllingen må bestå av sand for at riggen skal kunne bore gjennom den.

Tabell 9 Estimerte kostnader ved kalksementpeling

	Volum (m ³)	Kostnadsoverslag (kr eks.mva.)
Profil D		
Motfylling i elva	46 000	13 800 000,-
Motfylling på land (sand)	7 000	2 100 000,-
Kalksementpeling	8 000	2 800 000,-
Profil E2		
Motfylling i elva	19 500	5 850 000,-
Motfylling på land	2 500	750 000,-
Kalksementpeling	6 500	2 275 000,-
Totalt		27 575 000,-

Kostnadsoverslaget inkluderer ikke installering av poretrykksmålere, prosjektering av kalksementpelingen, eller kostnader i forbindelse med oppfølging under anelggsfasen.

6 Konklusjoner

6.1 Valg av sikkerhetsnivå

Kravene til forbedret beregningsmessig sikkerhet i NVE's retningslinjer nr. 1/2007 skal oppfylles når det iverksettes tiltak innenfor kvikkleiresoner. Det foreligger ingen retningslinjer for nødvendig prosentvis økning i skråninger med eksisterende bebyggelse. Dette forutsettes vurdert i hvert enkelt tilfelle.

I NGI-rapport nr. 20011544-1, ref. /1/, er den beregningsmessige sikkerheten for profil D økt med 7 %. Dimensjonene på motfyllingene blir vesentlig større ved å tilfredsstillere kravene om "forbedring" og "vesentlig forbedring", se tegning 103.

Forbedringen av den beregningsmessige sikkerheten som oppnås ved "forbedring" gir rom for å utføre tiltak som er av begrenset omfang, og må ikke forringe stabiliteten. Det understrekes at motfyllingen som skissert i denne rapporten ikke gir rom for tiltak som innebærer tilflytting av mennesker, eller utbygging med viktige samfunnsfunksjoner. Dette innebærer boliger, institusjoner, næringsbygg, skoler, toglinjer, sentralt kraftnett o.l.

Med en "vesentlig forbedring" av den beregningsmessige sikkerheten kan det tillates tiltak som innebærer tilflytting av mennesker, og bygging av bygninger og infrastruktur med viktige samfunnsfunksjoner.

Eventuell utbygging i området må ikke forringe stabiliteten i området.

6.2 Valg av tiltak

Ved å øke sikkerheten i henhold til ”vesentlig forbedring” økes dimensjonen på motfyllingen betraktelig i forhold til krav om ”forbedring”. Dette vil føre til økte kostnader, samt stor motfylling i elva og på land. For å unngå at terrenget på land skal endres så drastisk kan man velge masseutskifting, eller kalksementpeling. Dette medfører en motfylling i elva, og redusert motfylling på land. Motfyllingen langs elvebredden kan benyttes som turvei om fyllingen heves over vannflaten.

Motfylling dimensjonert i henhold til krav om ”forbedring” vil være langt billigere enn motfylling dimensjonert i henhold til krav om ”vesentlig forbedring”.

Det billigste alternativet for å oppnå en heving av sikkerheten i henhold til krav om ”vesentlig forbedring”, er avlastning av terreng i område D kombinert med kalksementpeling i område E. Det er ikke medregnet kostnader omlegging av veg og vannledning, eller arondering av terrenget etter at arbeidene med de stabiliserende tiltakene er avsluttet.

Det er forbundet risiko med utgraving i de bløte massene og kalksementpeling. Motfylling er den tryggeste metoden for å sikre området. Alle sikringstiltak må følges opp av geotekniker.

7 Referanser

- /1/ Norges Geotekniske Institutt (2003)
Skienselva. Risiko for kvikkleireskred. Grunnundersøkelser, stabilitetsanalyser og forslag til sikringstiltak.
Rapport nr. 20011544-1, datert 14. februar 2003
- /2/ Norges Vassdrags- og Energidirektorat (2007)
Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag.
Retningslinjer nr. 1 2007
- /3/ Scandiaconsult (2002)
Skienselva i Skien og Porsgrunn – Grunnundersøkelser datarapport
Rapport nr. 6202207A-1, datert 4. oktober 2002
- /4/ Leca (2002)
Leca lett fyllmasse
Leca 12.100 – 2002
- /5/ Eggestad, A. og Sem, H. (1976).
Stability of excavations improved by salt diffusion from deep wells.
Sixth European conference on soil mechanics and foundation



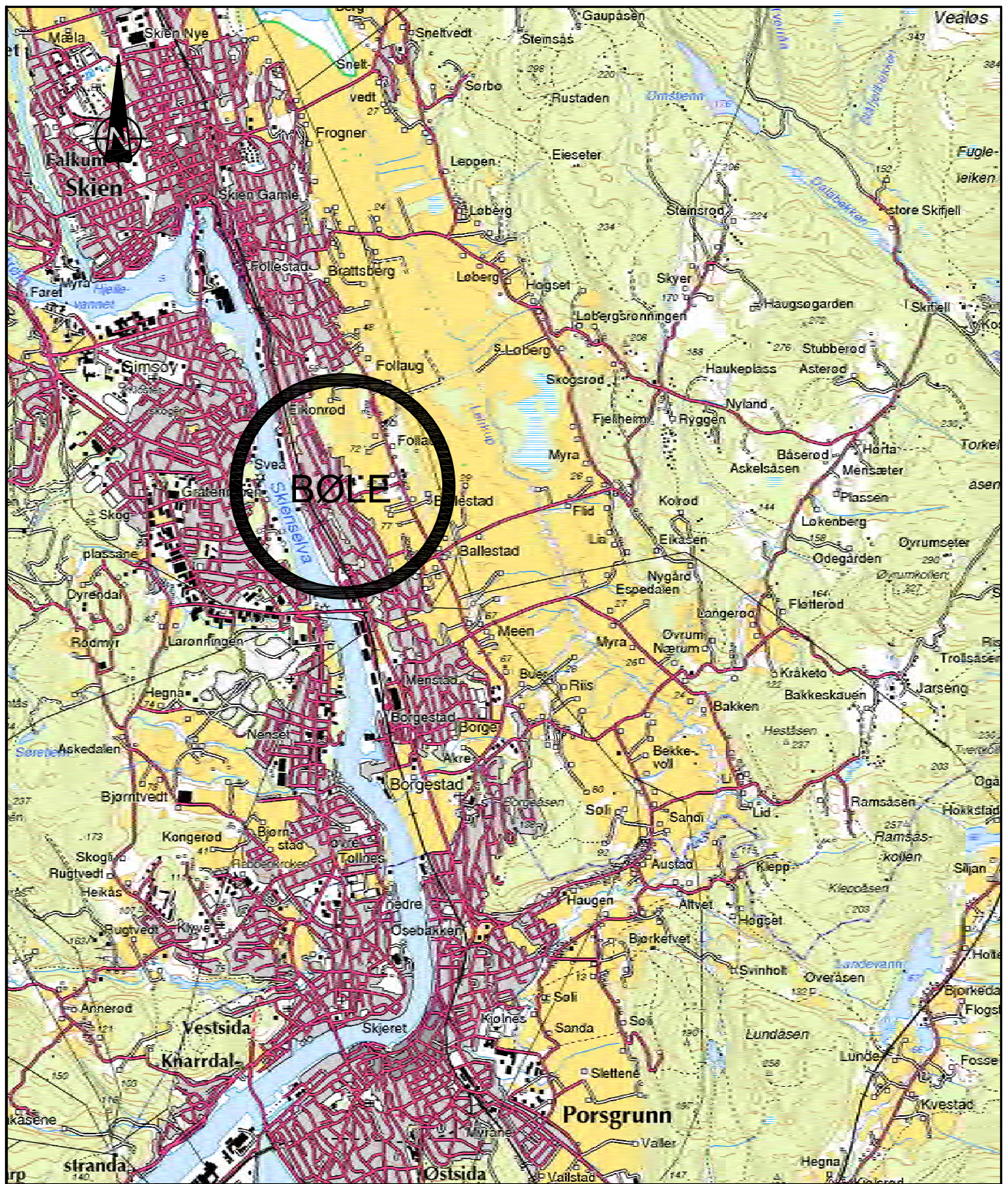
Rapport nr.: 20011544-3
Dato: 2008-04-21
Rev. dato: 2008-08-08
Side: 20 / Rev.: 1

engineering – Deep foundations and deep excavations. Proceedings,
Vienna 22nd to 24th March 1976, Volume 1.1. s. 211-216



Rapport nr.: 20011544-3
Dato: 2007-11-16
Rev. dato: 2008-08-08
Side:
Rev.: 1

Tegninger



NVE REGION SØR

SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Bøle, Skien kommune
Oversiktskart

Status

Original format

A-4

Tegningens filnavn

autograf.rif\rapp3\001.dwg

Målestokk

1:50000



NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO

Sognsveien 72

Tlf: 22 02 30 00 Fax: 22 23 04 48

www.ngi.no

Dato

05.11.2007

Oppdragsnr.

20011544

Konstr./Tegnet

TEH

Tegningsnr.

001

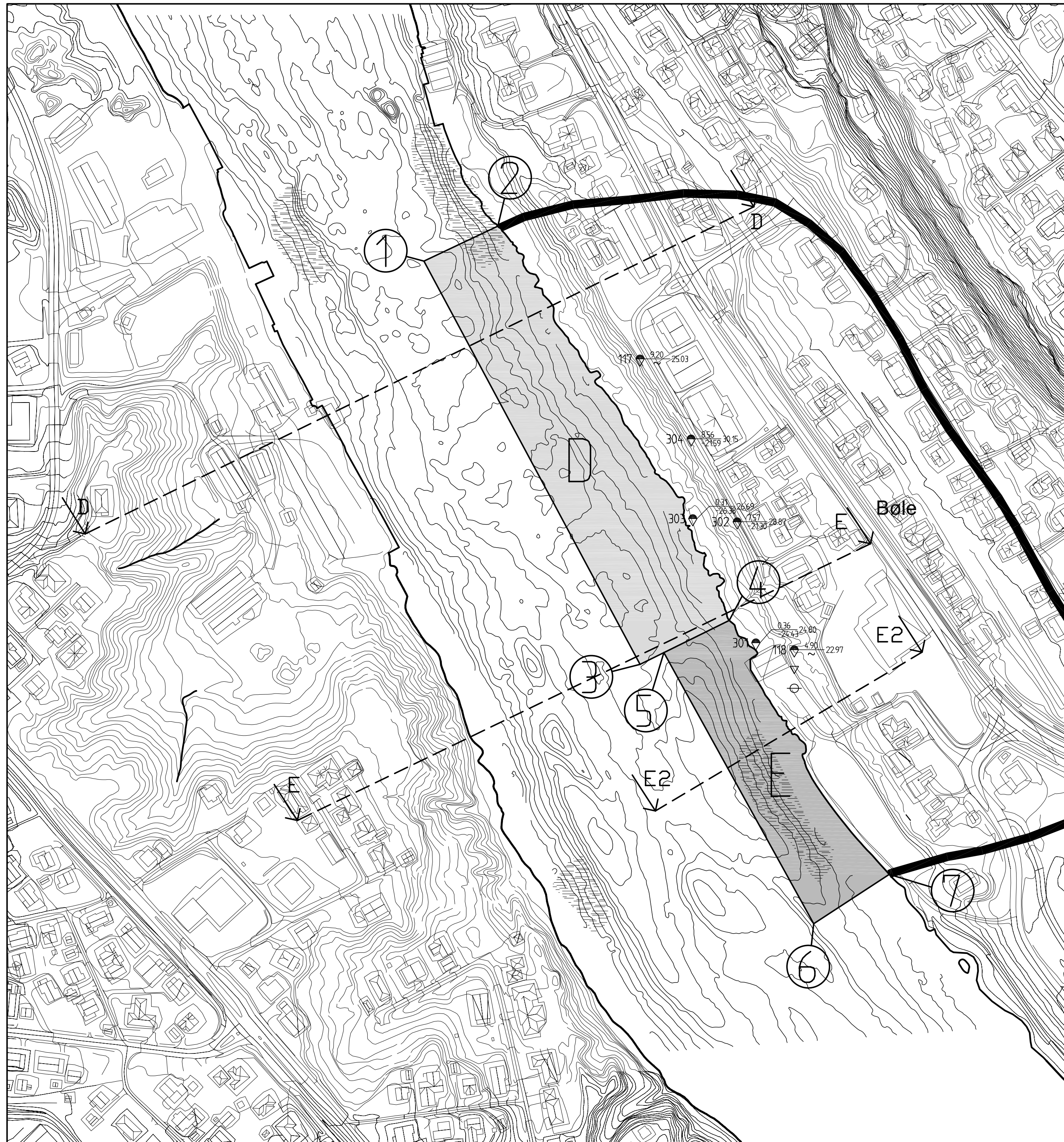
Kontrollert

OG

Godkjent

OG

Rev.



TEGNFORKLARING :

- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ★ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksondring
- Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng kote}}{\text{Antatt fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

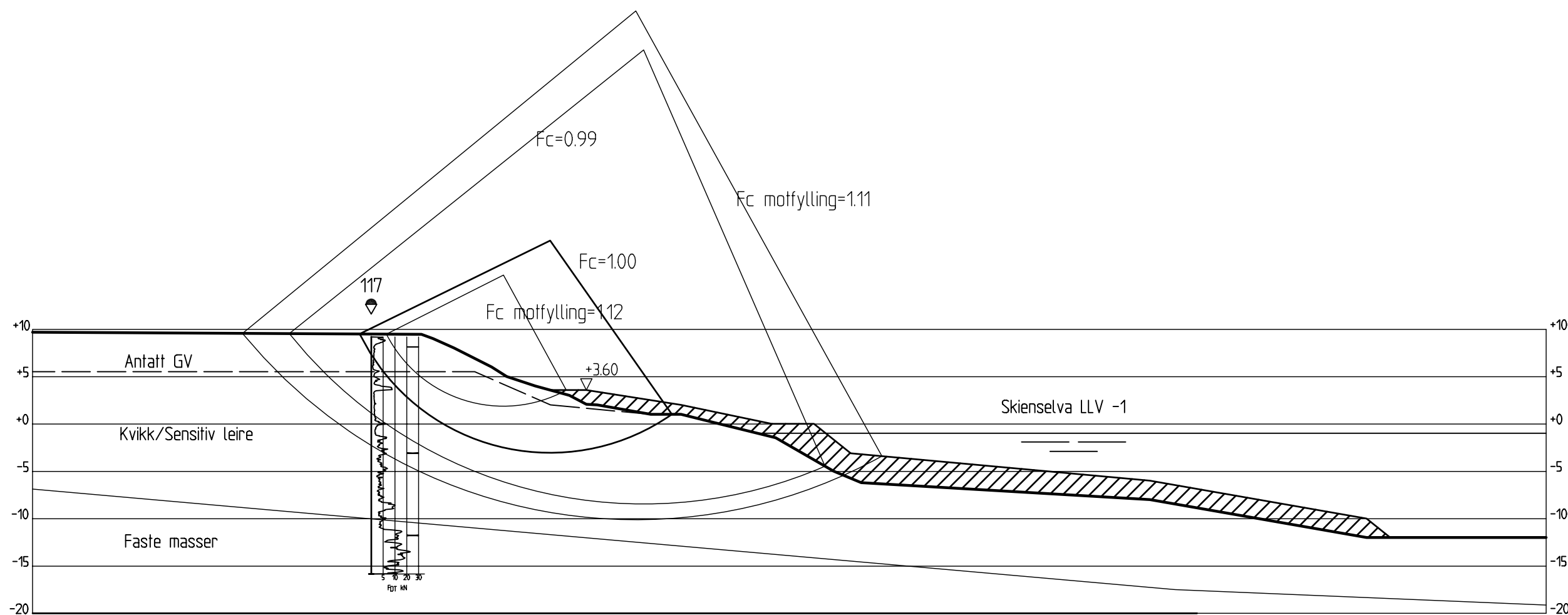
////// Erosjon/Utdypning (forskjell mellom dybdemålinger fra 1985 og 2002)

Koordinater knekkpunkter utfylling i elv

- ① X 6560395 Y 535920
- ② X 6560420 Y 535972
- ③ X 6560112 Y 536072
- ④ X 6560120 Y 536088
- ⑤ X 6560121 Y 536088
- ⑥ X 6559930 Y 536194
- ⑦ X 6559965 Y 536247

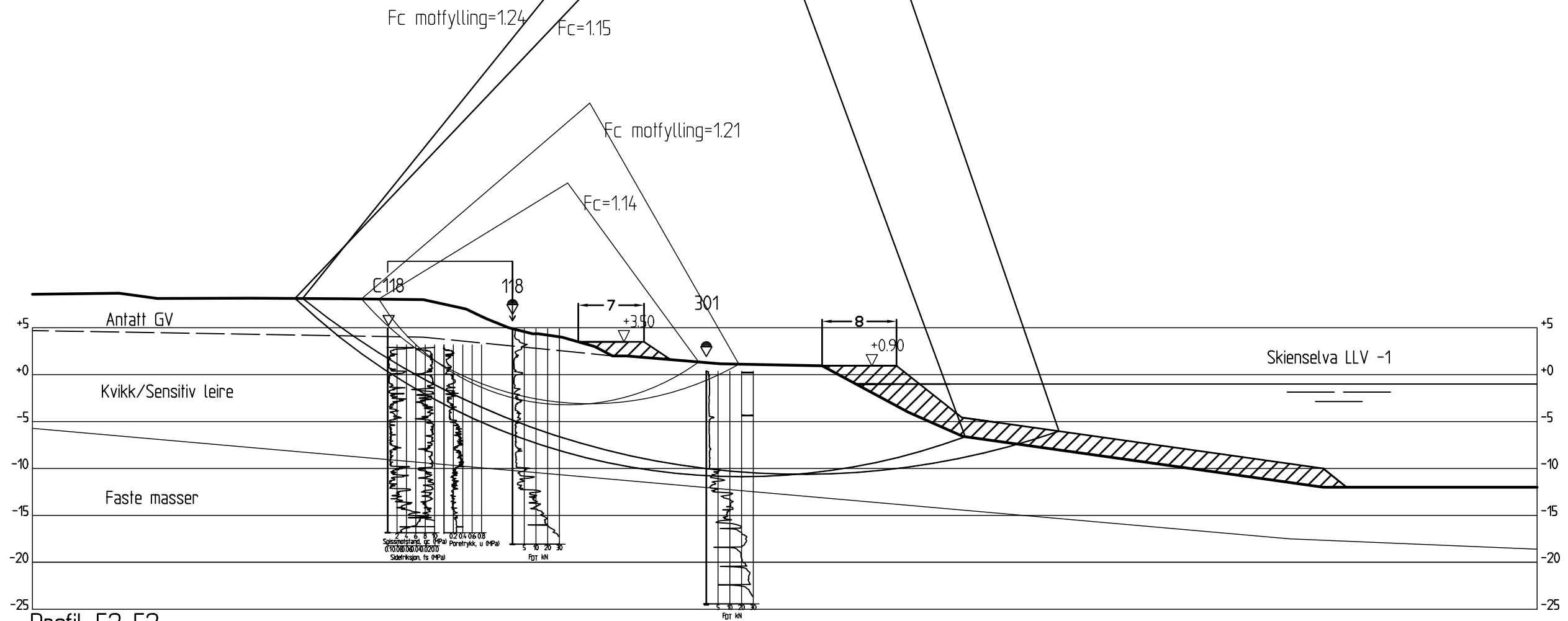
Utfyllingsvolum område D 51480m³
 Utfyllingsvolum område E 24690m³

NVE REGION SØR SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKLEIRESKRED		Status	
		Original format A-2 Tegningens filnavn Autograf.rvt\rapp3\010.dwg Målestokk	
Bøle, Skien kommune Borplan og stabiliserende tiltak i henhold til krav om "forbedring"		12000	
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Fax: 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 13.11.2007 Oppdragsnr. 20011544	Konstr./Tegnet Kontrollert Godkjent Tegningsnr. 010 Rev.



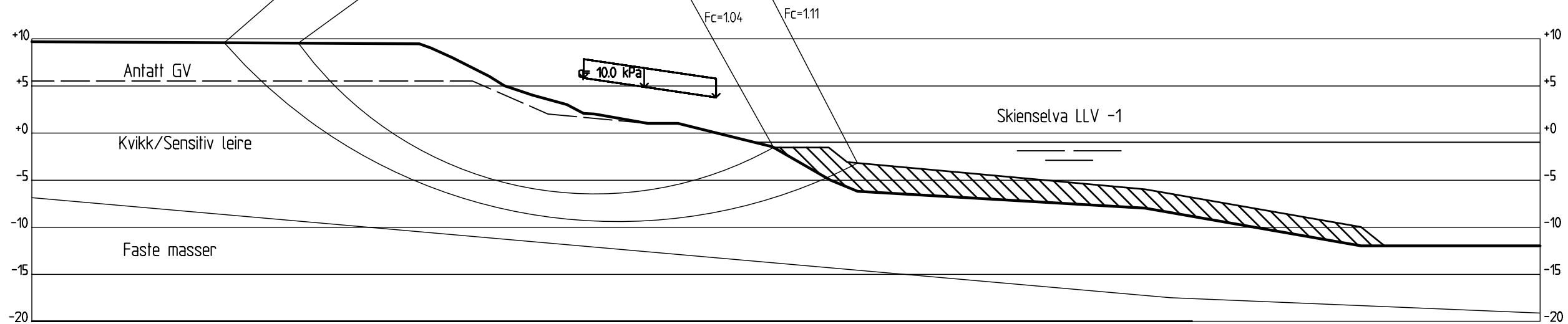
Profil D-D
1 : 500

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Konfr.	Godkj.
NVE REGION SØR SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED		Status			
Bøle, Skien kommune Profil D-D - Stabiliserende tiltak i henhold til krav om "forbedring"		Original format A-3		Tegningens filnavn Autograf.rit\rapp 3\100.dwg	
		Målestokk 1:500			
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Fax: 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 06.11.2007	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		Oppdragsnr. 20011544	Tegningsnr. 100	Rev.	



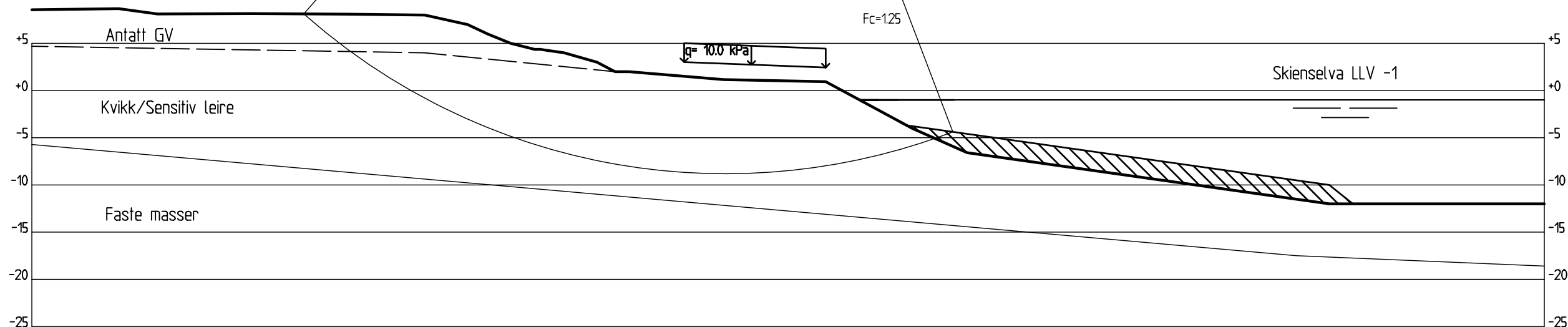
Profil E2-E2
1 : 500

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Konfr.	Godkj.
		Status			
		Original format			
		A-3			
		Tegningens filnavn			
		Autograf.rit\rapp 3\101.dwg			
		Målestokk		1500	
					
NVE REGION SØR SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED Bøle, Skien kommune Profil E2-E2 - Stabiliserende tiltak i henhold til krav om "forbedring"		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Fax: 22 23 04 48 www.ngi.no		05.11.2007			
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20011544	101		



Profil D-D

1 : 500



Profil E2-E2

1 : 500

NVE REGION SØR
SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Bøle, Skien kommune
Minimum fylling lagt ut fra lekter

Status	Original format
A-3	Tegningens filnavn
Autograf.rit\rapp 3\102.dwg	Målestokk

1:500



NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
Sognsveien 72
Tlf: 22 02 30 00 Fax: 22 23 04 48
www.ngi.no

Dato
05.11.2007

Konstr./Tegnet

Kontrollert

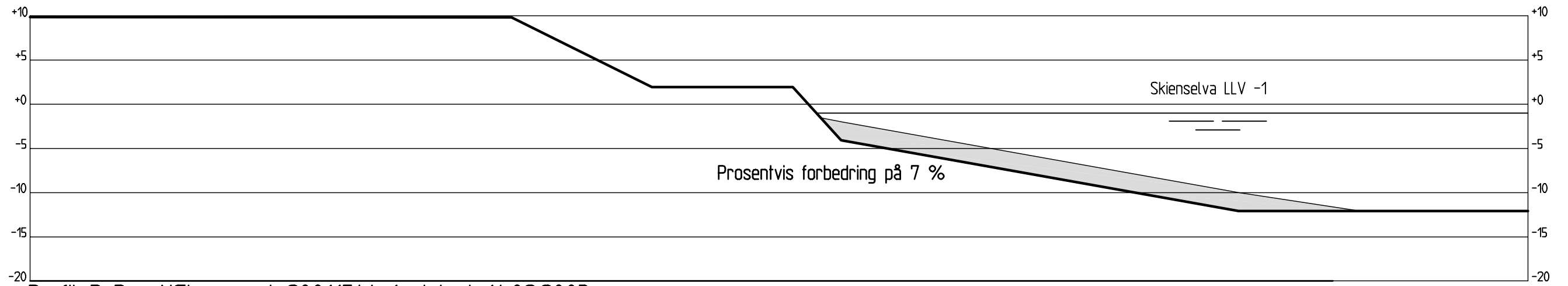
Godkjent

Oppdragsnr.
20011544

Tegningsnr.

102

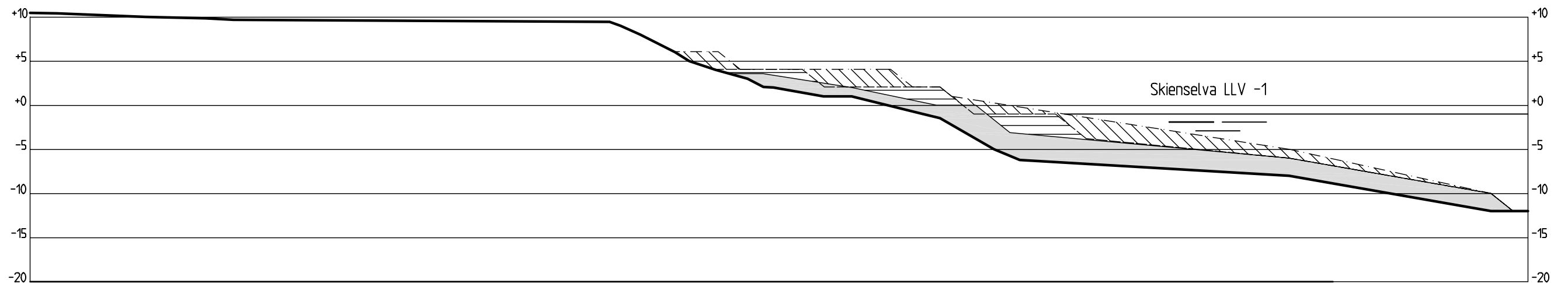
Rev.



Profil D-D - NGI-rapport 20011544-1, datert 14.02.2003

1 : 500

q= 20.0 kPa (bebyggelse og vesentlig forbedring)




Profil D-D

1 : 500

-  Forbedring
-  Vesentlig forbedring
-  Vesentlig forbedring med terrenglast 20 kPa

NVE REGION SØR
SKIENSELVEN RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Bøle, Skien kommune
Sammenligning av motfylling for ulike sikkerhetsnivåer

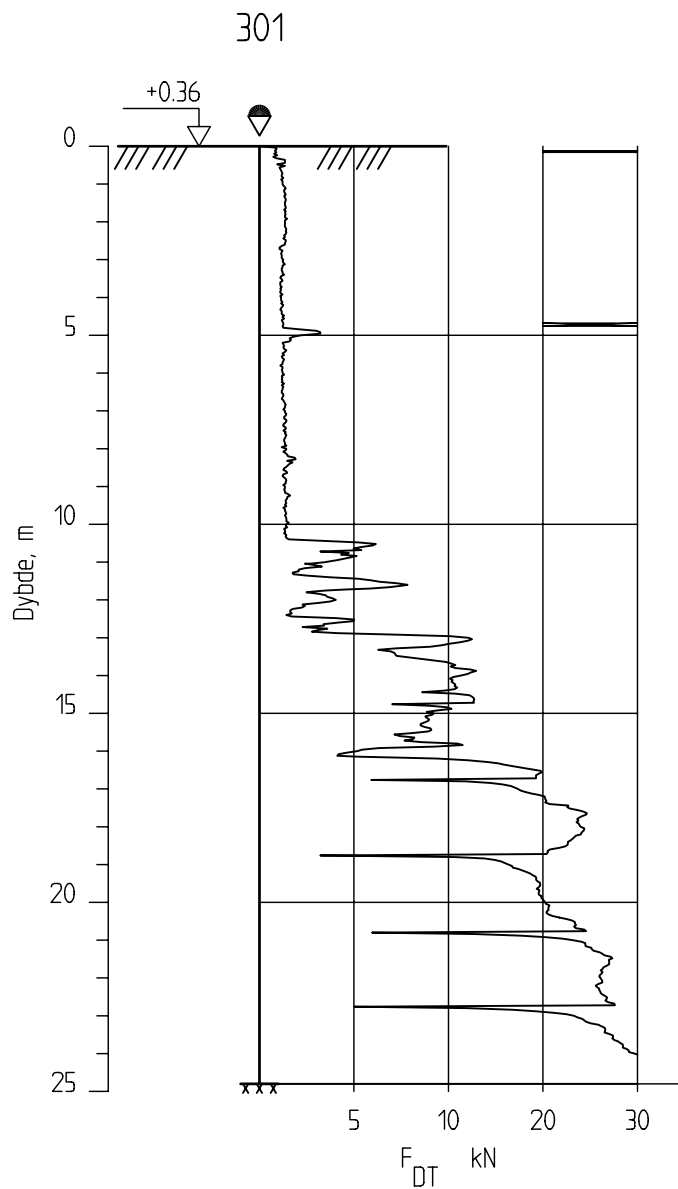
Status	
Original format	A-3
Tegningens filnavn	autograf_rif\rap3\103.dwg
Målestokk	1:500
	
Dato	07.11.2007
Konstr./Tegnet	Kontrollert
Godkjent	
Oppdragsnr.	Tegningsnr.
20011544	103
Rev.	

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
Sognsveien 72
Tlf: 22 02 30 00 Fax: 22 23 04 48
www.ngi.no



Rapport nr.: 20011544-3
Dato: 2007-11-16
Rev. dato: 2008-08-08
Side: A1
Rev.: 1

Vedlegg A - Grunnundersøkelser



Skienelven Risiko for kvikkleireskred

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
A.1

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner

Dato:
16.11.07

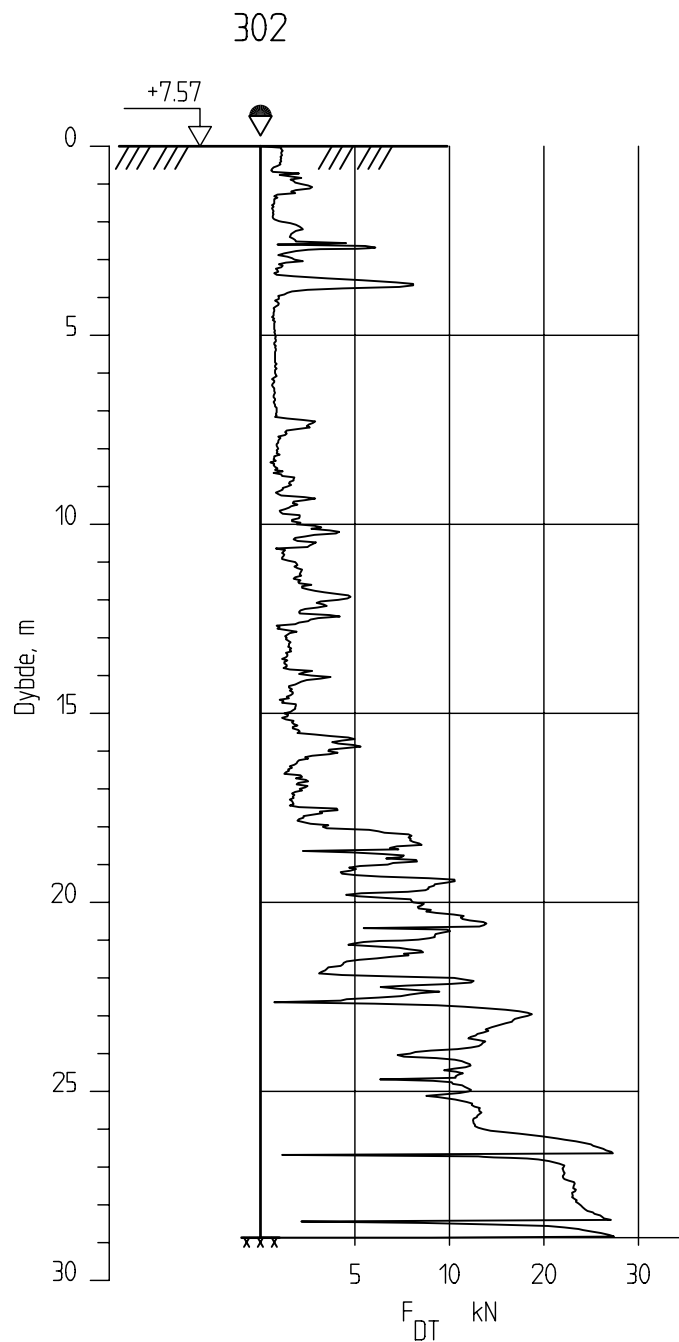
Borhull 301
Posisjon: X 6560127.60 Y 536152.94

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :20.06.2007

Kontrollert

Godkjent





Skienelven Risiko for kvikkleireskred

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
A.2

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner

Dato:
16.11.07

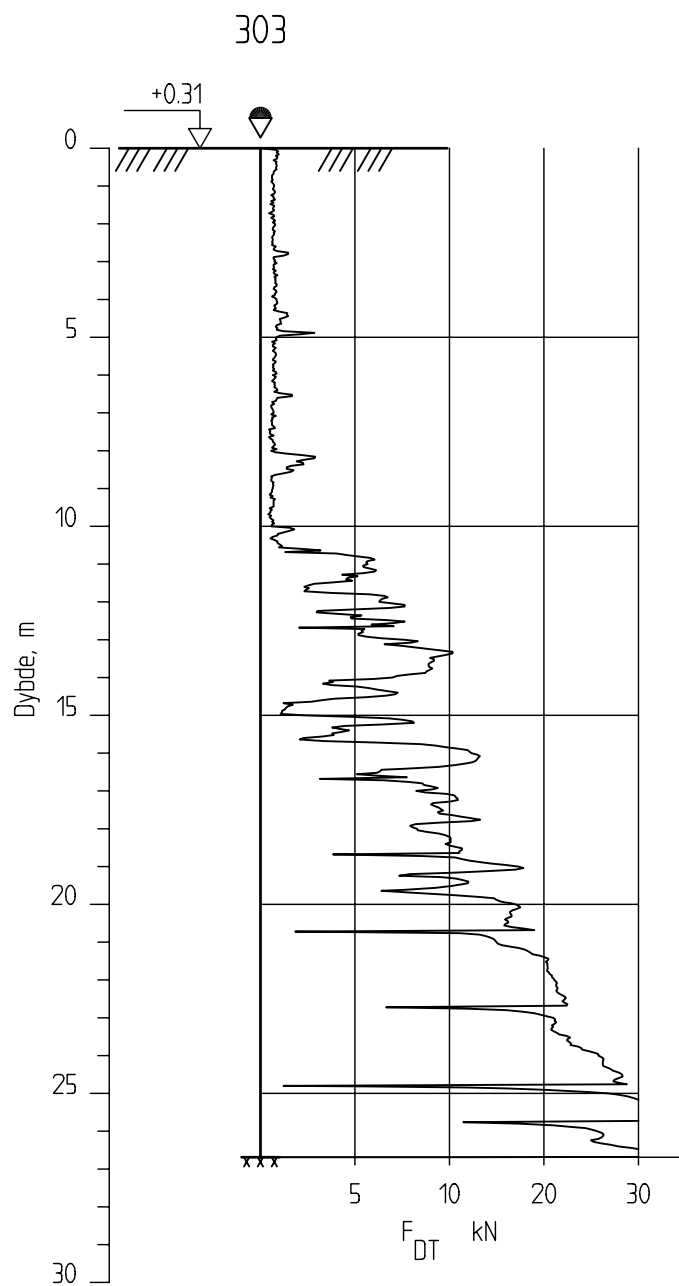
Borhull 302
Posisjon: X 6560212.54 Y 536139.84

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :20.06.2007

Kontrollert

Godkjent





Skienelven Risiko for kvikkleireskred

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
A.3

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Tegner

Dato:
16.11.07

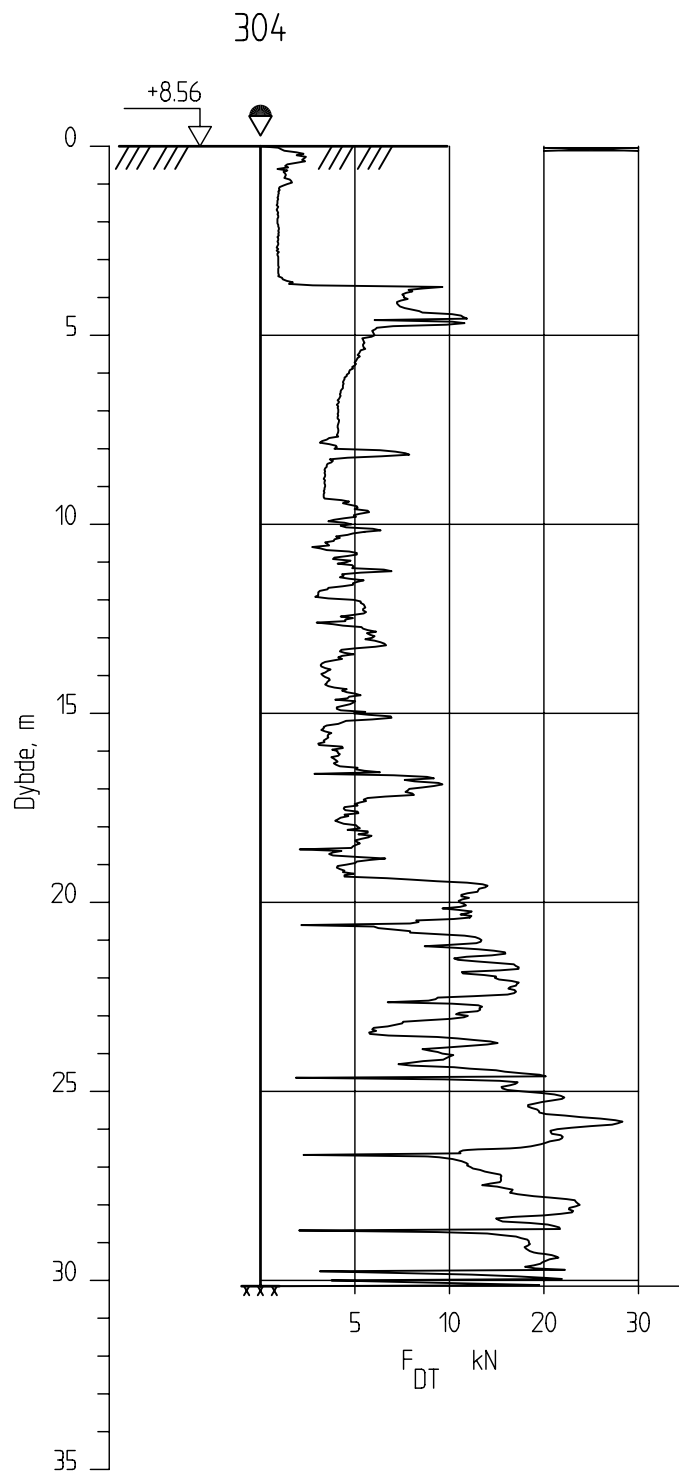
Borhull 303
Posisjon: X 6560214.77 Y 536108.70

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :20.06.2007

Kontrollert

Godkjent





Skienaselven Risiko for kvikkleireskred

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
A.4

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Tegner

Dato:
16.11.07

Borhull 304
Posisjon: X 6560270.72 Y 536107.49

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :20.06.2007

Kontrollert

Godkjent



Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Program for økt sikkerhet mot leirskred			Dokument nr/Document No. 20011544-3		
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date	
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report <input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None		16. november 2007 Rev.nr./Rev.No. 1 8. august 2008	
Oppdragsgiver/Client NVE Region Sør					
Emneord/Keywords quick clay, slope stability, risk assessment					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Telemark			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Skien			Feltnavn/Field name		
Sted/Location Bøle			Sted/Location		
Kartblad/Map 1713 II			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL360605					
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	Originaldokument	TEH	OG		
1		TEH	OG		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date		Sign. Prosjektleder/Project Manager	
				Odd Gregersen	

NGI er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

NGI arbeider i følgende markeder: olje og gass, bygg og anlegg, samferdsel, naturskade og miljøteknologi.

NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002, og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

www.ngi.no

NGI is a leading international centre for research and consulting in the geosciences.

NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the environment, installations and structures.

NGI works within the oil and gas, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA. NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002, and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Åyd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr. 5096 05 01281 / IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989



Rapport / Report

Stabilitet Skienselven

Supplerende grunnundersøkelser og vurdering av stabilitet i skråning over elvenivå

20011544-00-37-R
16. september 2009



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

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

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

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



Prosjekt

Prosjekt: Stabilitet Skienselven
Dokumentnr.: 20011544-00-37-R
Dokumenttittel: Supplerende grunnundersøkelser og vurdering av stabilitet i skråning over elvenivå
Dato: 16. september 2009

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Region Sør
Oppdragsgivers kontaktperson: Erik Traae
Kontraktreferanse:

For NGI

Prosjektleder: Odd Gregersen
Rapport utarbeidet av: Øyvind Armand Høydal

Sammendrag

Det er utført supplerende undersøkelser i nordre del og nord for tidligere kvikkleirefaresone Bøle i Skien kommune. Sonens utstrekning er revidert i teknisk notat datert 21.01.2009. Grunnundersøkelsene viser at materialet over elvenivå i stor grad består av silt og at massene for en stor del er umettede, dvs at grunnvannstanden er lav. Stabiliteten for øvre del av skråningen i Profil D (og del av skråning med samme geometri) og for dyperegående glidesirkel i profil D2 er funnet å være noe lav. Profil D2 ligger innenfor sikringssonen for kulturminner og utenfor areal sikret med steinfylling i elva. Det anbefales at sikkerheten for glidning i øvre del av skråningen forbedres med ei støttefylling på land. Videre muligheter for sikring i sikringssonen for kulturminner bør drøftes videre.

BS EN ISO 9001
Sertifisert av BSI
Reg. No. FS 32989

Innhold

1	Innledning	5
2	Supplerende undersøkelser	5
2.1	Sonderinger	5
2.2	Feltnmålinger	6
2.3	Prøvetaking	6
2.4	Tolkning	6
3	Materialparametre	6
3.1	Skjærstyrke	6
4	STABILITETSANALYSER	7
4.1	Generelt	7
4.2	Beregninger for øvre del av skåningen etter utlegging av sikring i elv.	8
5	Konklusjon	8

Vedlegg

Figur nr. 1	Borplan og beregningsprofiler
Figur nr. 2	Dreietrykksondering nr 305
Figur nr. 3	Dreietrykksondering nr 306
Figur nr. 4	Dreietrykksondering nr 307
Figur nr. 5	Dreietrykksondering nr 308
Figur nr. 6	Dreietrykksondering nr 300
Figur nr. 7	Dreietrykksondering nr 310
Figur nr. 8	CPTU-sondering nr 306
Figur nr. 9	CPTU-sondering nr 309
Figur nr. 10	Stabilitetsberegning profil E2
Figur nr. 11	Stabilitetsberegning profil D
Figur nr. 12	Stabilitetsberegning profil D2
Figur nr. 13	Laboratorieundersøkelser, Kornfordelingsanalyser
Figur nr. 14	Laboratorieundersøkelser, Borprofil

1 Innledning

Tidligere teknisk notat av 21.1.2009 viste at stabiliteten av øvre del av skåningen var lav. I notatet ble det foreslått å utføre supplerende undersøkelser i denne delen av området fordi beregningene bygget på antatt konservative antagelser. Det er foretatt supplerende undersøkelser som inkluderer 6 dreietrykksonderinger, 1 CPTU, 1 prøveserie og 2 poretrykksmålere. Videre ble notatet overfor basert på at hele strekningen skulle sikres. I øvre del av området er det kulturminner og dette arealet er tatt ut av sikringsplanen.

2 Supplerende undersøkelser

Feltundersøkelsen ble utført 20. april 2009. Boreleder var Bjørn Thune og boringene ble utført med en beltegående borerigg, type Geomachine GM100.

Borepunktene er koordinatbestemt ved innmåling av Martin Jespersen, NVE Region Sør. Koordinatene er gitt i koordinatsystemet EUREF89 Sone 32.

Det er foretatt dreietrykksonderinger i hull 305, 306, 307, 308, 309, og 310. Videre er det utført CPTU 306 og 309. Resultatet av boringene er gitt i Vedlegg. Det er montert piezometre i hull 305 og 306. Beliggenheten av boringene fremgår av borplan, tegning 1. Koordinater for boringene er gitt i Tabell 1.

Tabell 1

Borpunkt nr	Ø- koord	N-koord	Høyde
305	536191.48	6560194.84	8.70
306	536042.86	6560383.52	9.55
307	535968.89	6560519.42	8.18
308	535938.28	6560507.94	1.64
309	535991.76	6560470.03	6.40
310	535958.15	6560465.95	2.18

Ved borhull 305 og 306 er det satt ned poretrykksmålere med filtre på 8 m dyp.

2.1 Sonderinger

2.1.1 Dreietrykksondering

Det er utført 6 dreietrykksonderinger, for kartlegging av grunnens relative fasthet, laggrenser og evt. dybder til antatt fjell eller fast grunn. Dreietrykksondering gir ikke sikker påvisning av fjell. Dybden på sonderingene varierer fra ca. 27 - 34 meter under terrengoverflate.

Resultatene fra dreietrykksonderingene er vist som enkeltboringer i vedlegg A.

2.2 Feltmålinger

2.2.1 CPTU-sonderinger

Det er utført CPTU-sonderinger i borepunktene 306 og 309. Formålet med CPTU-sonderingene er nøyaktig kartlegging av laggrensene og å gi grunnlag for bestemmelse av geotekniske jordparametere, spesielt udrenert skjærstyrke av leire.

Resultatene fra CPTU-sonderingene er vist som enkeltboringer i figur 8 og 9.

2.3 Prøvetaking

Det ble tatt en prøveserie, dvs. poseprøver fra 2 til 8 m i borhull 6. Stein gjorde det vanskelig å presse ned prøvesylindere. Prøvene er analysert med hensyn på kornfordeling, flyte-utrullingsgrenser og omrørt skjærstyrke. Denne prøvemethoden gir forstyrrede prøver og ikke særlige gode prøver for laboratorietester. Resultater fra laboratorieundersøkelsene vist i vedlegg D.

2.4 Tolkning

Dreietrykksonderingene indikerer generelt masser med lav bormotstand og homogene masser de øvre 10 m, noe som indikerer sensitive masser. Under dette nivået er bormotstanden fortsatt lav, men med større vekslinger mellom tynne leire og sand/siltlag. Fra kote -15 viser boringene noe høyere bormotstand, med vekslende lag mellom større enheter (lag) av sand, silt og mulig sensitiv leire.

Poretrykksmålerne i henholdsvis hull 305 og 306 viser utslag på henholdsvis kote 2,89 m og 2,96 m. Det vil si at massene i øvre del av den aktuelle skråningen i stor grad er umettede. Nivået svarer til øvre grense for et homogent mulig sensitivt finkortnet lag ved kote +3 med 4 – 4,5 m tykkelse.

Fra prøvetakingen karakteriseres prøvene ned til ~6 m dyp som sandig silt, ved 7,5 m karakteriseres prøven som siltig leire. Målt omrørt skjærstyrke er større enn for leire karakterisert som kvikkeleire.

3 Materialparametre

3.1 Skjærstyrke

Stabilitetsforholdene er bestemt på basis av den udrenerte skjærstyrke, s_u . Den aktive skjærstyrken er utledet på grunnlag av overkonsolideringsgrad, OCR, i henhold til følgende empiriske formel:

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

hvor: $\alpha = 0,3$
 $OCR = p_c' / p_0'$
 $p_0' = \text{effektivt overlagringstrykk}$
 $p_c' = \text{forkonsolideringstrykk ut fra antatt tidligere terrengnivå}$

Grunnen i området er antatt normalkonsolidert eller overkonsolidert ut fra topografi og det kvartærgeologiske kart over området. Overkonsolideringsforholdet (OCR) i skrånningen beregnes for nivåer under antatt gammel sjøbunn.

Ved kote 10 er grunnvannstanden lagt til kote +3, ved kote 5 er grunnvannstanden lagt til kote +2, mens den ved kote +1 er lagt til +0,5. Styrkeprofilene er endret som følge av dokumentert lav grunnvannstand og dermed høyere effektivspenninger. Ut i elva er det konservativt antatt en overkonsolidering svarene til 12 m med løsmasser fra dagens bunn. Det er brukt de samme styrkeprofilene avhengig av høydenivå i alle de 3 bergningsprofilene.

4 STABILITETSANALYSER

NGI har tidligere utført stabilitetsanalyser for faresone Bøle, jfr. rapport 20011544-3 rev. 1, datert 08.08.08, og teknisk notat datert 21.01.2009. Disse beregningene viste lav stabilitet i øvre del av elvebrinken.

De foreliggende vurderingene er basert på ovennevnte rapporter og på revidert styrkeprofiler. Styrkeprofilene er endret som følge av høyere effektivspenninger. For samme bergningssirkel kan absolutt sikkerhetsfaktor være endret fra tidligere bergninger, mens prosentvise endringer ved sikring vil være omtrentlig like.

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.

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:

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

Tilfredsstillende beregningsmessig sikkerhet, materialfaktor γ_M , settes til 1,4 for leirområder med tilflytting av mennesker. Ved lavere sikkerhet må det sikkerheten positivt forbedres, størrelsesmessig avhengig av bruken av området.

4.2 Beregninger for øvre del av skåningen etter utlegging av sikring i elv.

Figur 10, 11 og 12 viser beregnet stabilitet i profilene D2, D og E2. Beliggenhet av beregningsprofiler er gitt i Figur 1 "Borplan og beregningsprofiler". Resultatet viser at stabilitetsberegningene for øvre del av skråningen er tilfredsstillende for profil D2 og E2, mens profil D har noe lavere sikkerhetsfaktor enn det som anbefales for sikker grunn. Stabiliteten for stor sirkel ut i elva for profil D2 anses heller ikke å ha tilfredsstillende sikkerhet. For Profil D ser en at sikkerheten avtar for mindre sirkler, mens en for det usikrede profil D2 ser en at sikkerheten avtar for større sirkler. Øvre del av Profil D er brattere og høyere enn de to andre profilene. Geometrien i profil D er representativ for strekningen noe oppstrøms profil E og opp mot grense for sikringszone kulturvern.

Bedret styrkeprofiler i øvre del av skråningen skyldes lavt grunnvann slik at en har høyere effektivspenninger i grunnen enn det som opprinnelig ble antatt. Det anbefales derfor at en ved tiltak i området sørger for at en ikke infiltrerer grunnen men leder oppsamlet overvann ned til elva. En vil da gjøre et tiltak som gjør at antagelsen om lavt grunnvann blir mindre påvirket i lange fuktige perioder.

Den foreslåtte fyllingen i elva utfor profil E2 og D forutsettes utført for at beregningene i skal være rett.

5 Konklusjon

Den utlagte steinfyllingen i elva gir tilfredsstillende sikkerhet for dypere glidninger. For mindre glidninger på land er sikkerheten noe for lav oppstrøms profil E og opp mot sikringssonen for kulturvern. For å få til tilfredsstillende sikkerhet kan det her legges ut fylling i en ~10 m bredde, og med topp fylling på ca kote +3 (se "Alternativ tilleggsikring" Figur 11).

I usikret område, i oppstrøms del av faresonen anses sikkerheten som ikke tilfredsstillende. Alternative sikringstiltak bør vurderes. Teknisk sett vil det mest aktuelle være å foreta en kontrollert mindre utfylling fra land og ut i elva fra eksisterende fylling. Alternativt kan det utføres grunnforsterkning på land med kalk-sement peler (KC-peler) eller ved saltbrønner. KC-peler innebærer en sikkerhetsmessig risiko. Saltbrønner kan ha begrenset effekt i de lagdelte massene på dette stedet. Det bør foretas en videre drøfting av mulige løsninger.

Ved tiltak i boligområde må det dokumenteres at stabiliteten ikke forverres.

Vi forutsetter at takvann og annet drensvann føres i lukket system ut av området. Massene er ikke egnet til infiltrering fordi infiltrasjon påvirker overflatestabiliteten og grunnvannet i området.

Vedlegg

1) Borplan og beregningsprofiler

Dreietrykkssonderinger

- 2) Borhull 305
- 3) Borhull 306
- 4) Borhull 307
- 5) Borhull 308
- 6) Borhull 309
- 7) Borhull 310

CPTU sonderinger

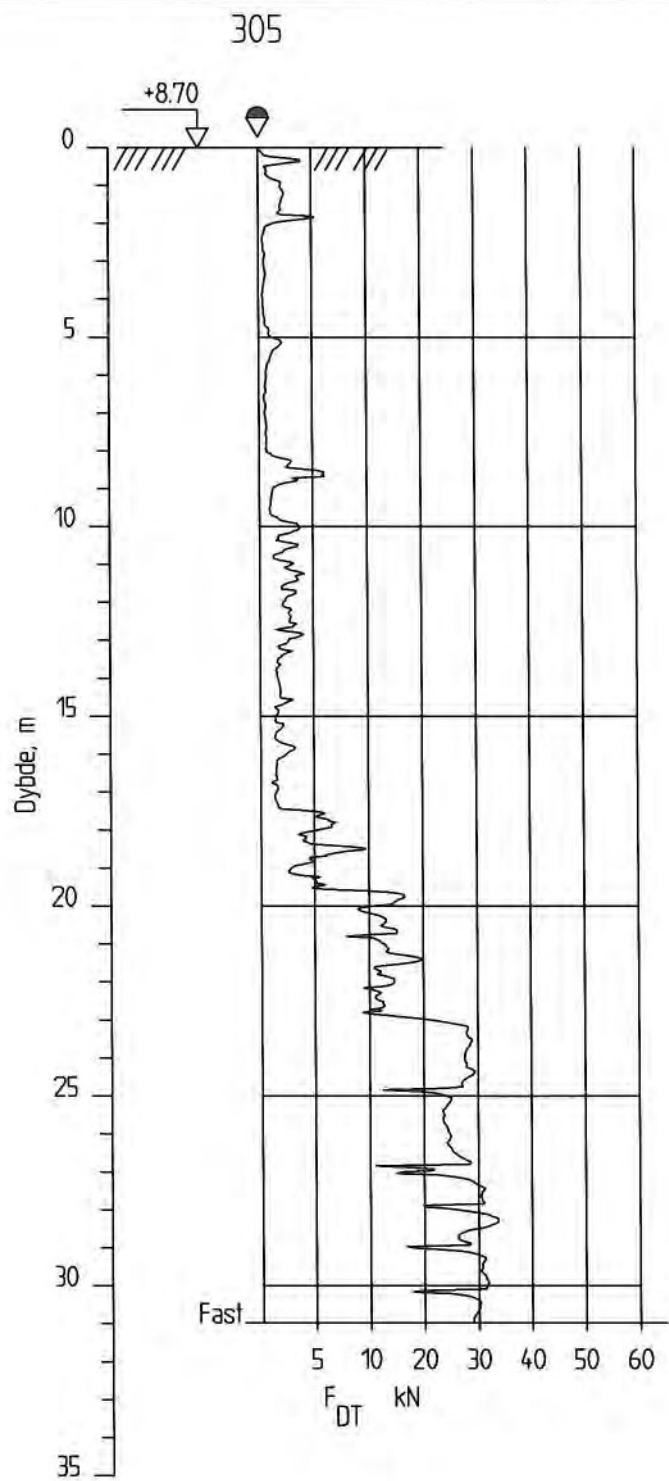
- 8) Borhull 306
- 9) Borhull 309

Stabilitetsberegninger

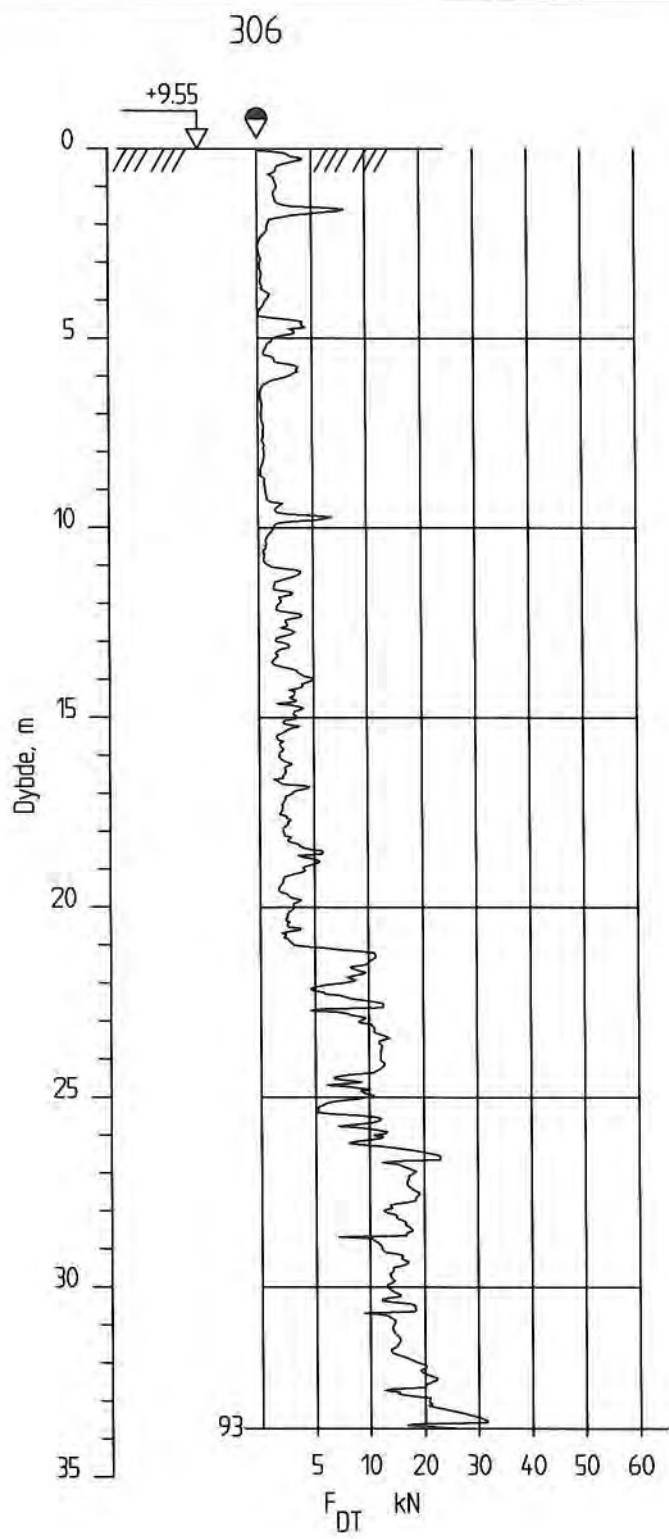
- 10) Stabilitetsberegning profil E2
- 11) Stabilitetsberegning profil D
- 12) Stabilitetsberegning profil D2

Laboratorieresultater

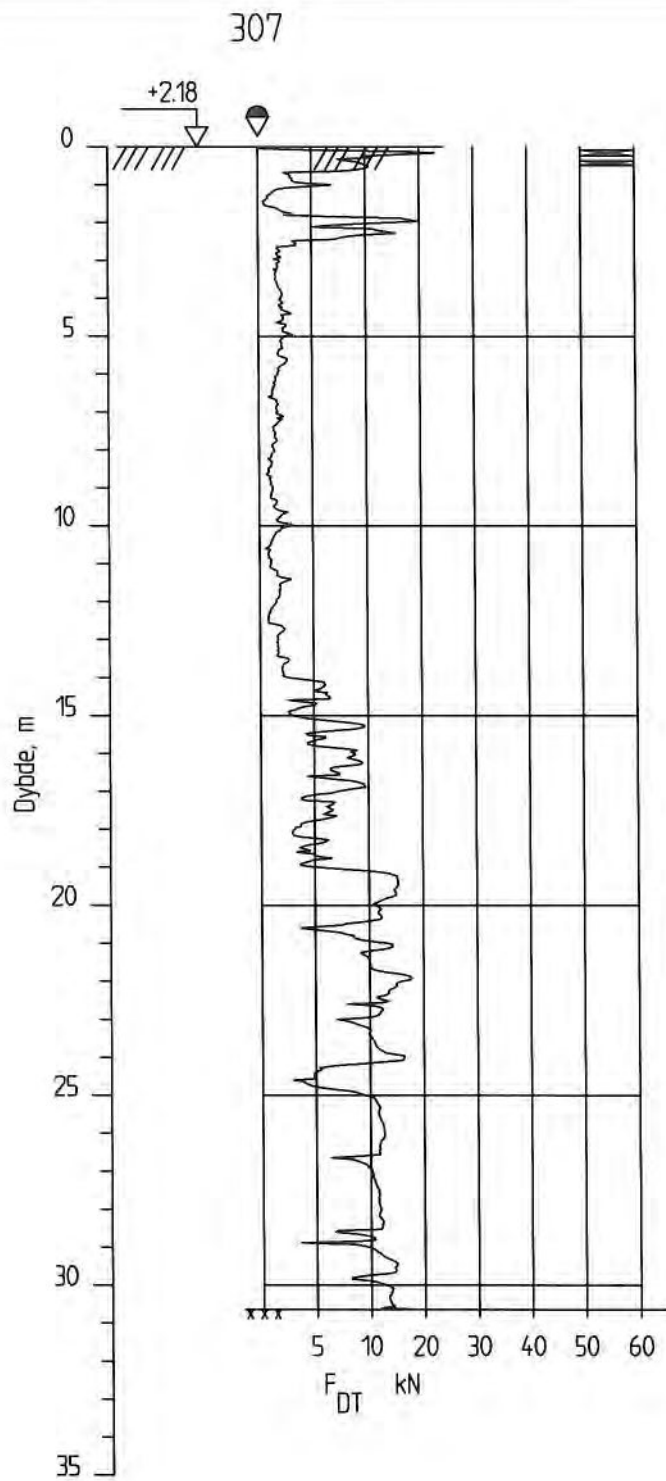
- 13) Laboratorieundersøkelser, Kornfordelingsanalyser
- 14) Laboratorieundersøkelser, Borprofil



<p>BØLE</p>	<p>Rapport nr. 20011544-3</p>	<p>Figur nr. 2</p>
<p>Dreietrykksøndering M = 1 : 200</p>	<p>Tegner oah</p>	<p>Dato: 20.07.2009</p>
<p>Borhull 305 Posisjon: X 536191.48 Y 6560194.84</p>	<p>Forsøk nr. : Sonde nr. : Dato boret :17.04.2009</p>	<p>Kontrollert og</p>
	<p>Godkjent</p>	



<p>BØLE</p> <p>Dreietrykksondering M = 1 : 200</p> <p>Borhull 306 Posisjon: X 536042.86 Y 6560383.52</p>	<p>Rapport nr. 20011544-3</p>	<p>Figur nr. 3</p>
	<p>Tegner oah</p>	<p>Dato: 20.07.2009</p>
<p>Forsøk nr. : Sonde nr. : Dato boret :17.04.2009</p>	<p>Kontrollert og Godkjent</p>	



BØLE

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Borhull 307
Posisjon: X 535958.15 Y 6560465.95

Forsøk nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :16.04.2009

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
4

Tegner
oah

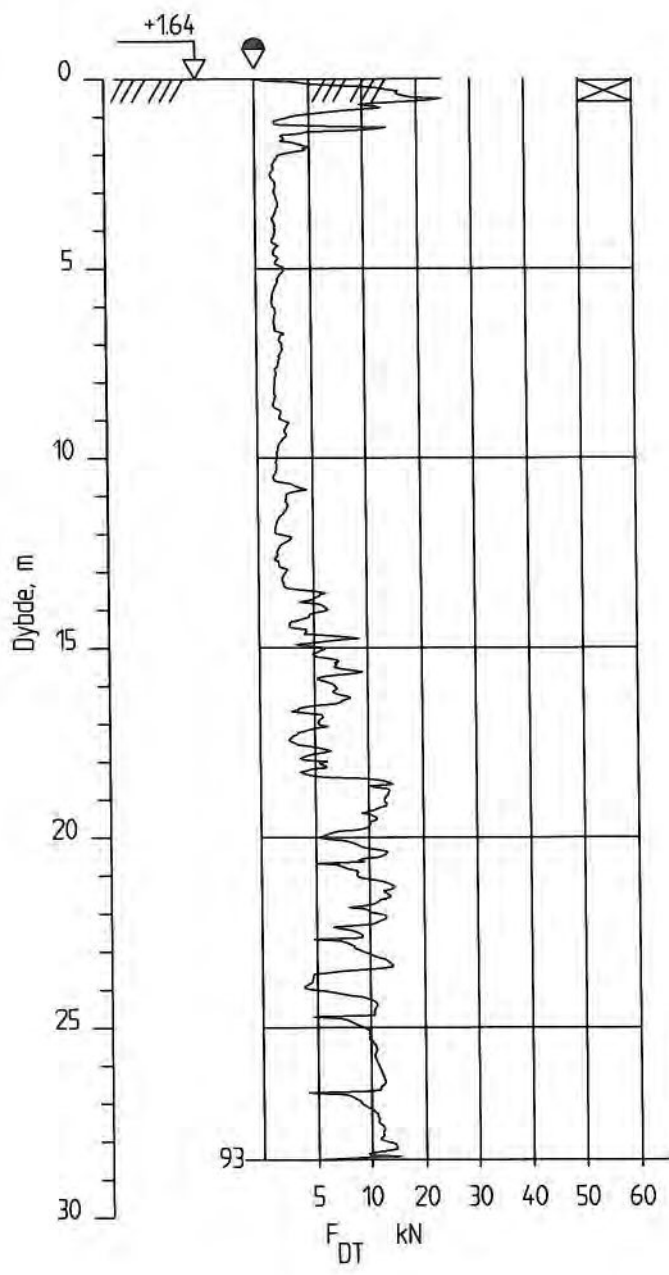
Dato:
20.07.2009

Kontrollert
og

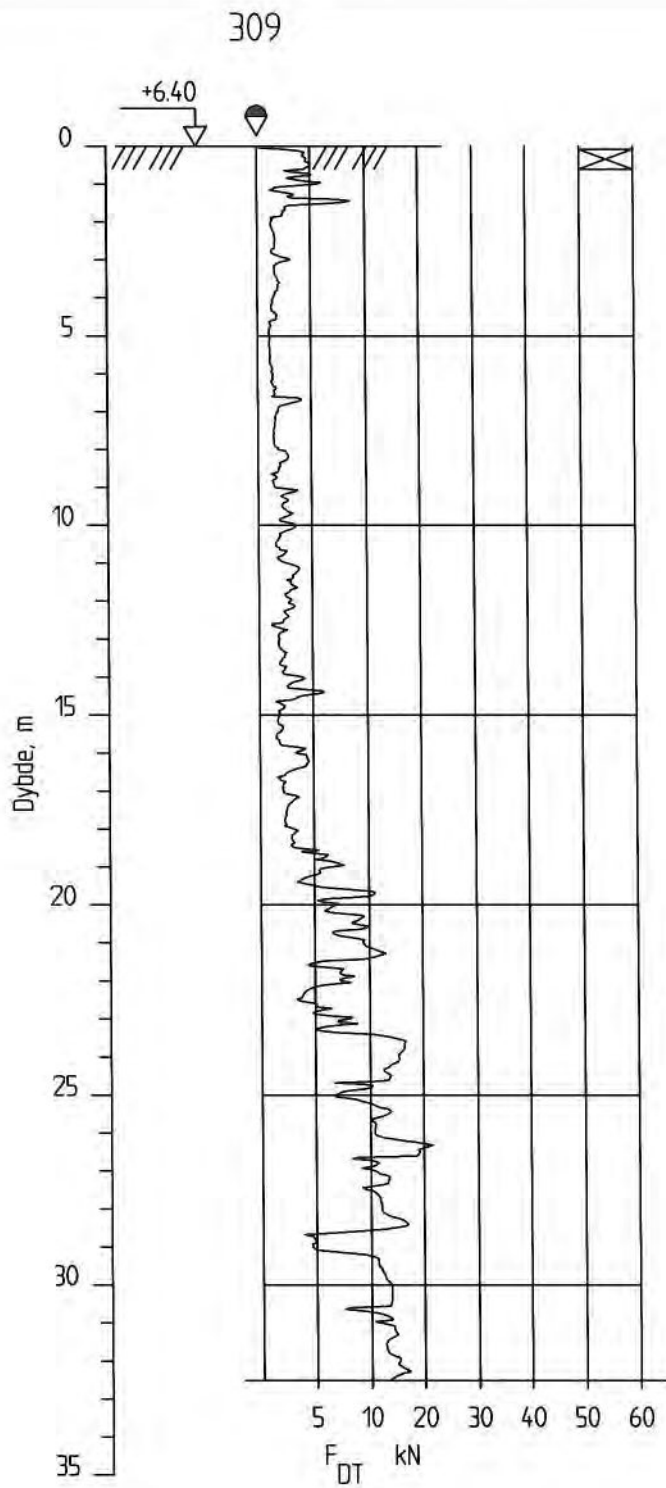
Godkjent



308



BØLE	Rapport nr. 20011544-3	Figur nr. 5
	Tegner oah	Dato: 20.07.2009
Dreietrykkssondering M = 1 : 200	Kontrollert og	
Borhull 308 Posisjon: X 535938.28 Y 6560507.94	Godkjent	
Forsøk nr. : Sonde nr. : Dato boret :16.04.2009		



BØLE

Dreietrykksondering
M = 1 : 200

Borhull 309
Posisjon: X 535991.76 Y 6560470.03

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :16.04.2009

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
6

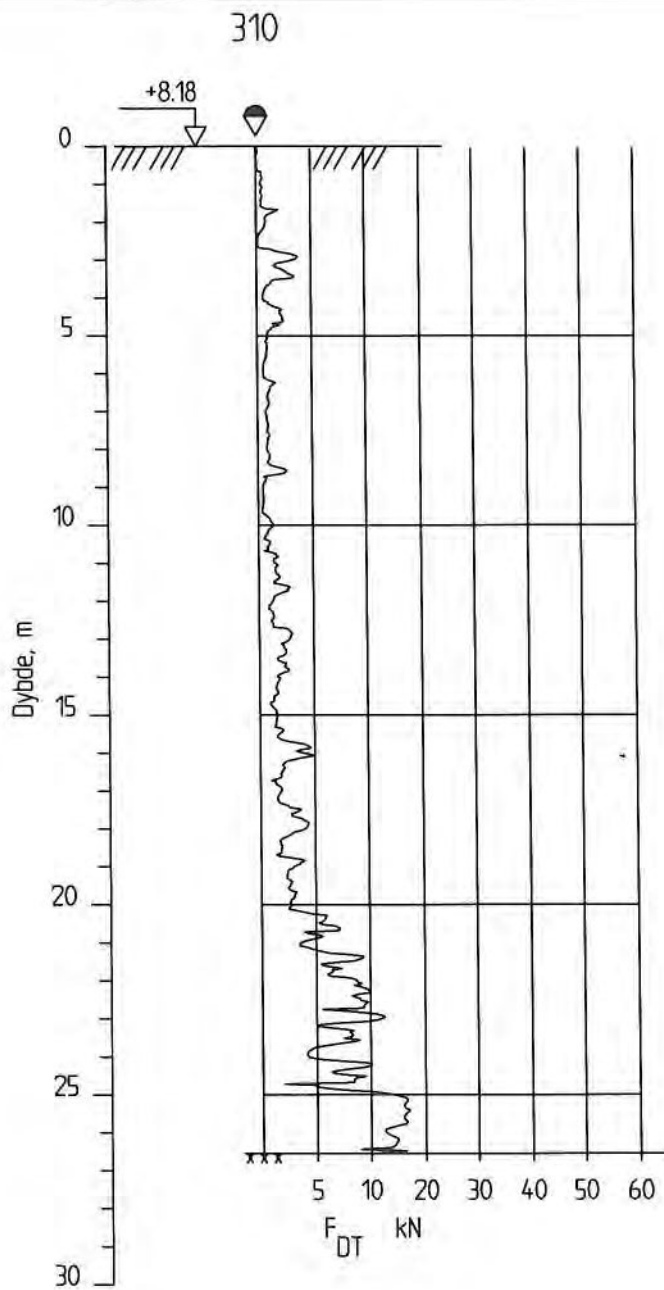
Tegner
oah

Dato:
20.07.2009

Kontrollert
og

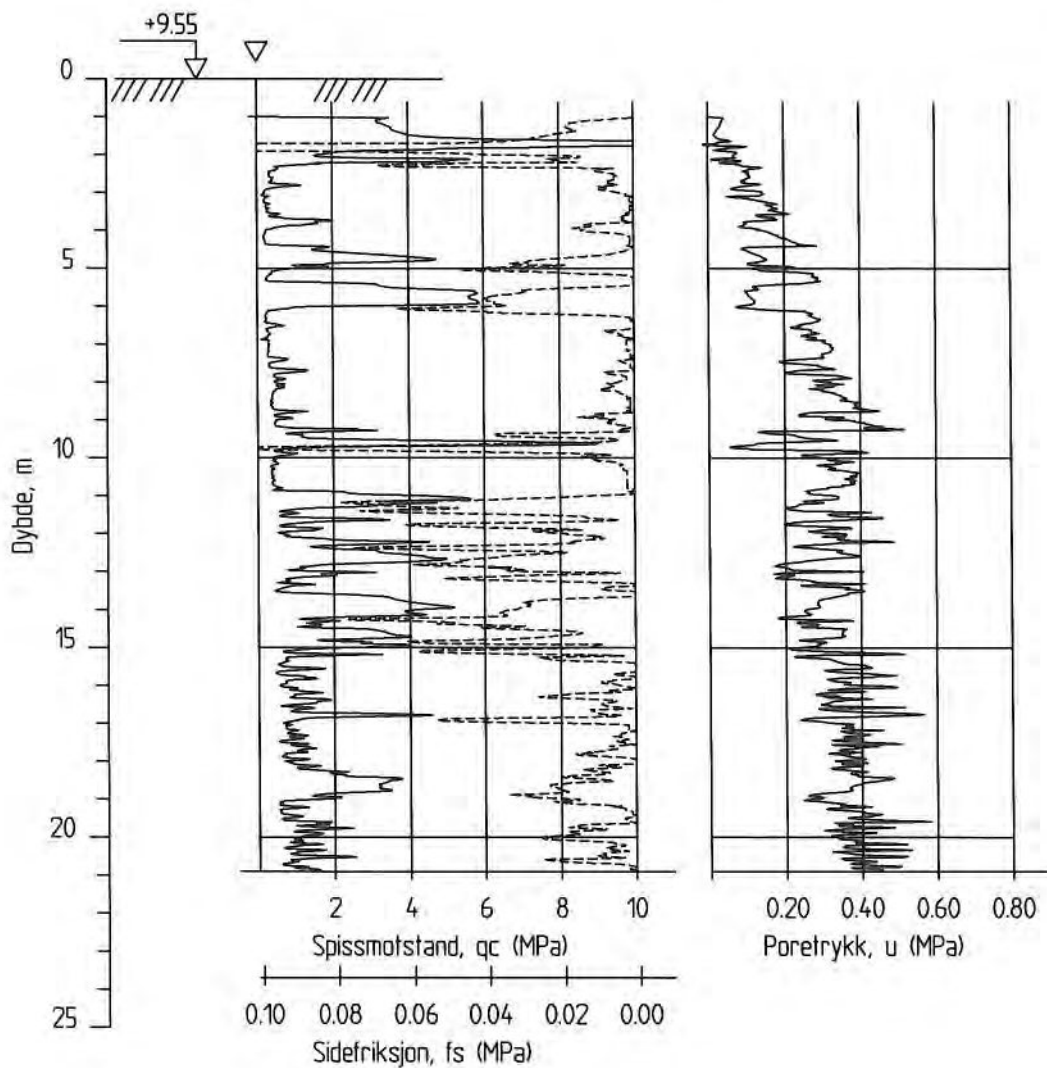
Godkjent






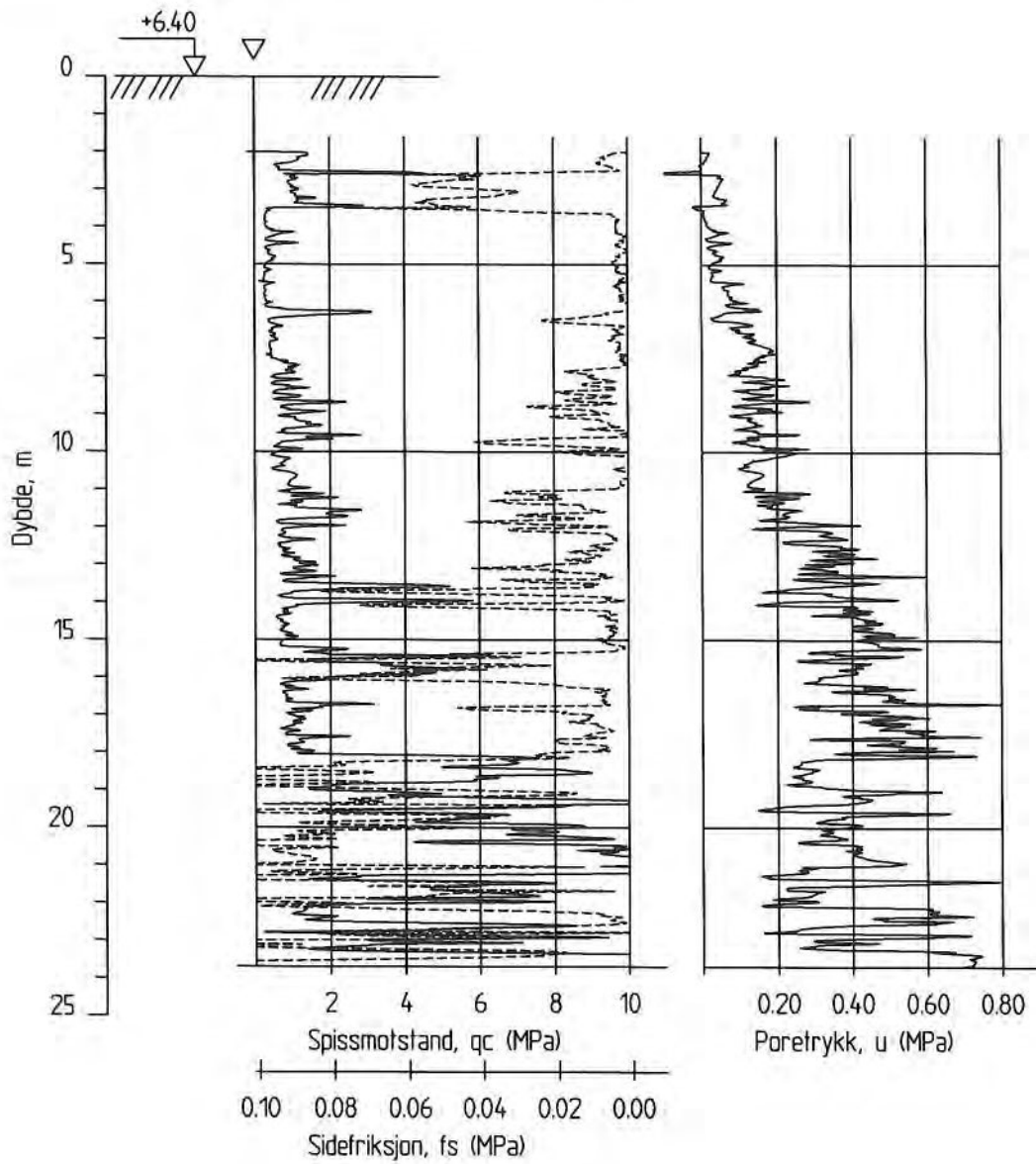
<p>BØLE</p> <p>Dreietrykksondering M = 1 : 200</p> <p>Borhull 310 Posisjon: X 535968.89 Y 6560519.42</p>	<p>Rapport nr. 20011544-3</p>	<p>Figur nr. 7</p>
	<p>Forsøk nr. : Sonde nr. : Dato boret :16.04.2009</p>	<p>Tegner oah</p> <p>Kontrollert og</p> <p>Godkjent</p>

306-1



<p>BØLE</p>	<p>Rapport nr. 20011544-3</p>	<p>Figur nr. 8</p>
<p>CPT-sondering M = 1 : 200</p>	<p>Tegner oah</p>	<p>Dato: 20.07.2009</p>
<p>Borhull 306-1 Posisjon: X 536042.86 Y 6560383.52</p>	<p>Kontrollert og Godkjent</p>	<p>Forsøk nr. : Sonde nr. : Dato boret :20.04.2009</p> 

309-1



BØLE

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
9

CPT-sondering
M = 1 : 200

Tegner
oah

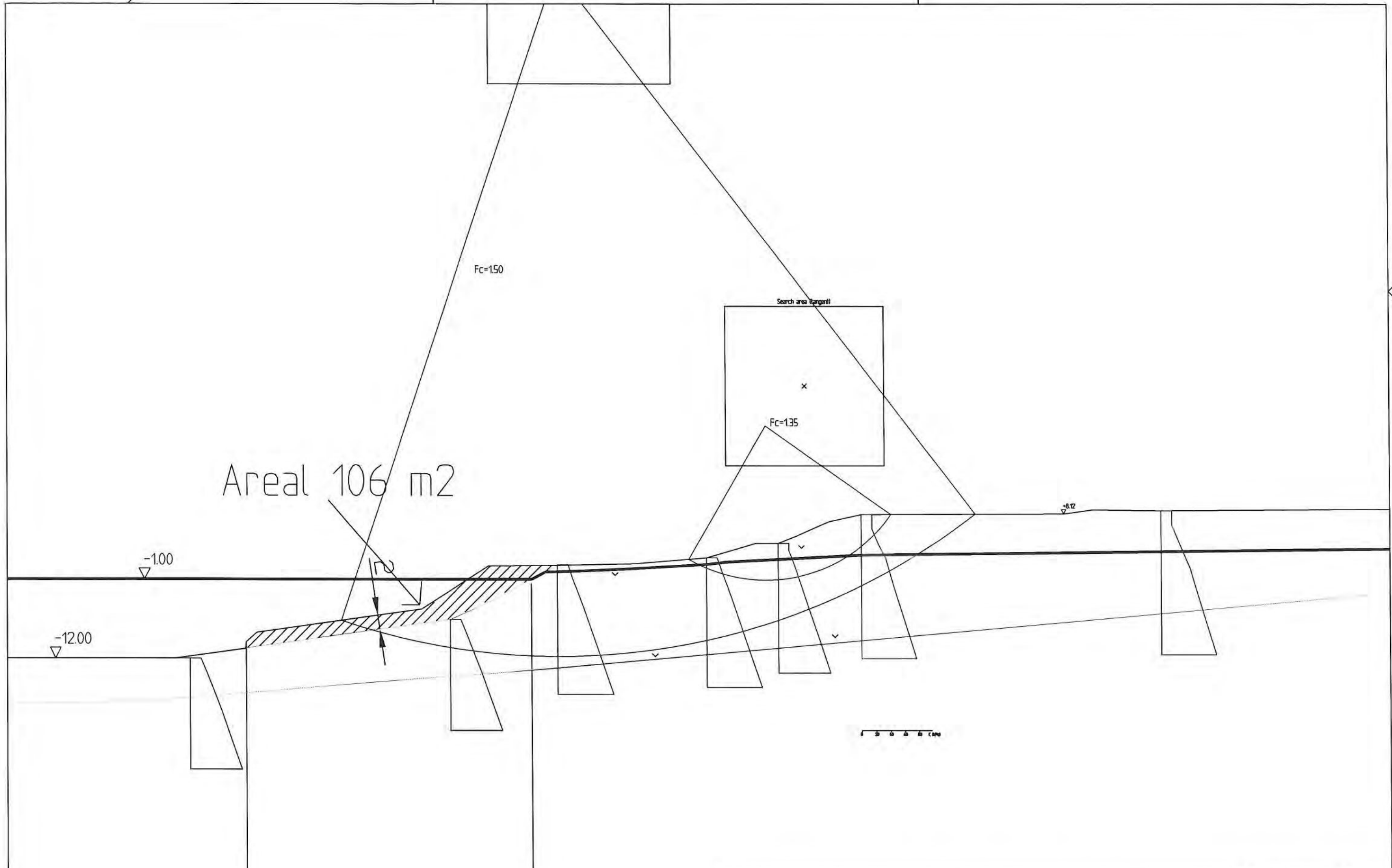
Dato:
20.07.2009

Borhull 309-1
Posisjon: X 535991.76 Y 6560470.03

Forsök nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :16.04.2009

Kontrollert
og
Godkjent

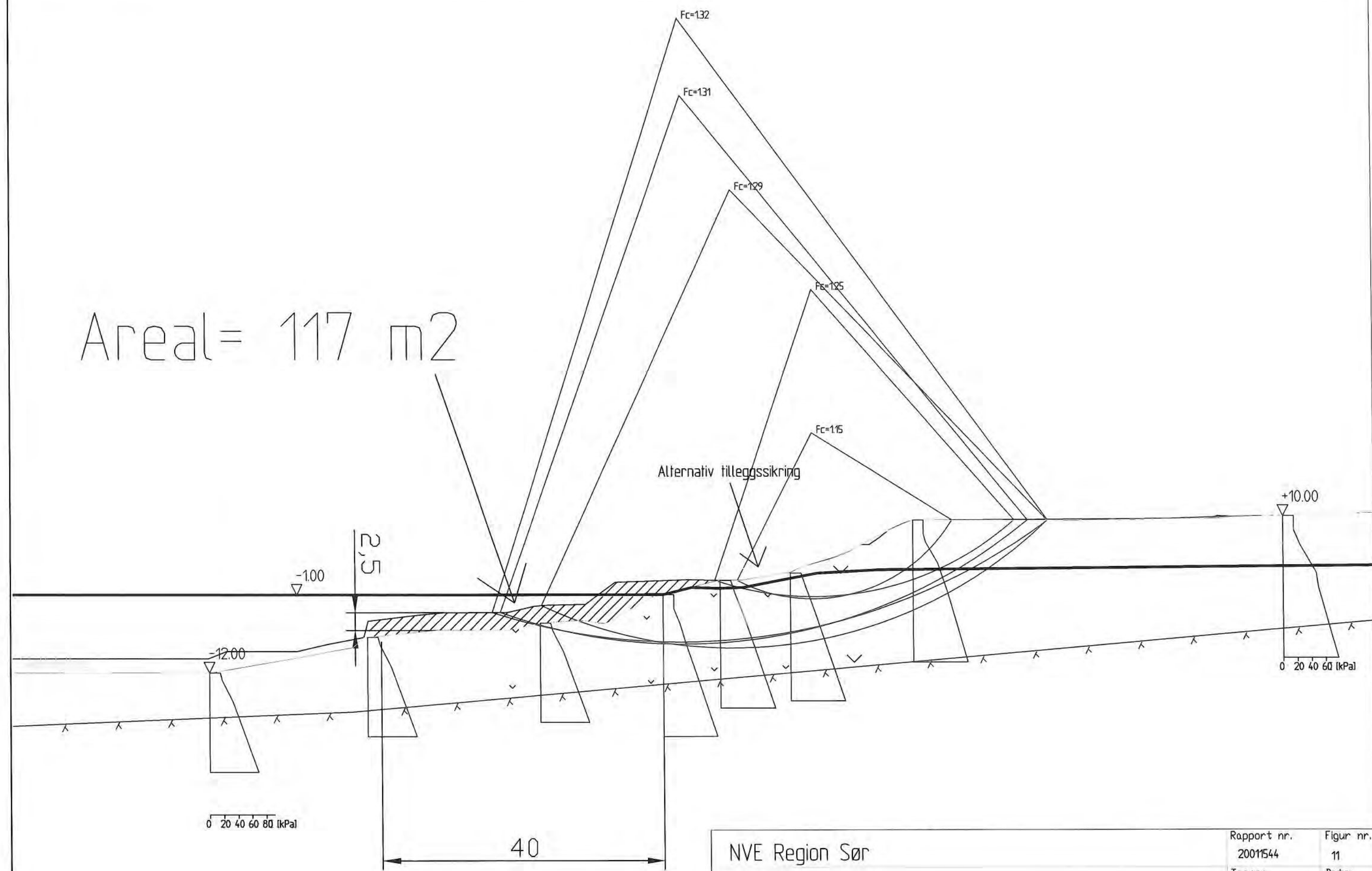




<p>NVE Region Sør</p> <p>Bøle, Skien kommunel</p> <p>Kontroll av stabilitet av øvre del av skrånning uten øvre støttefylling - Profil E2</p> <p>M = 1500</p>	Prosjektnr.	Figur nr.
	20011544	10
	Tegner	Dato:
	DAH	16.09.09
	Kontrollert	
OG		
Godkjent		
OG		

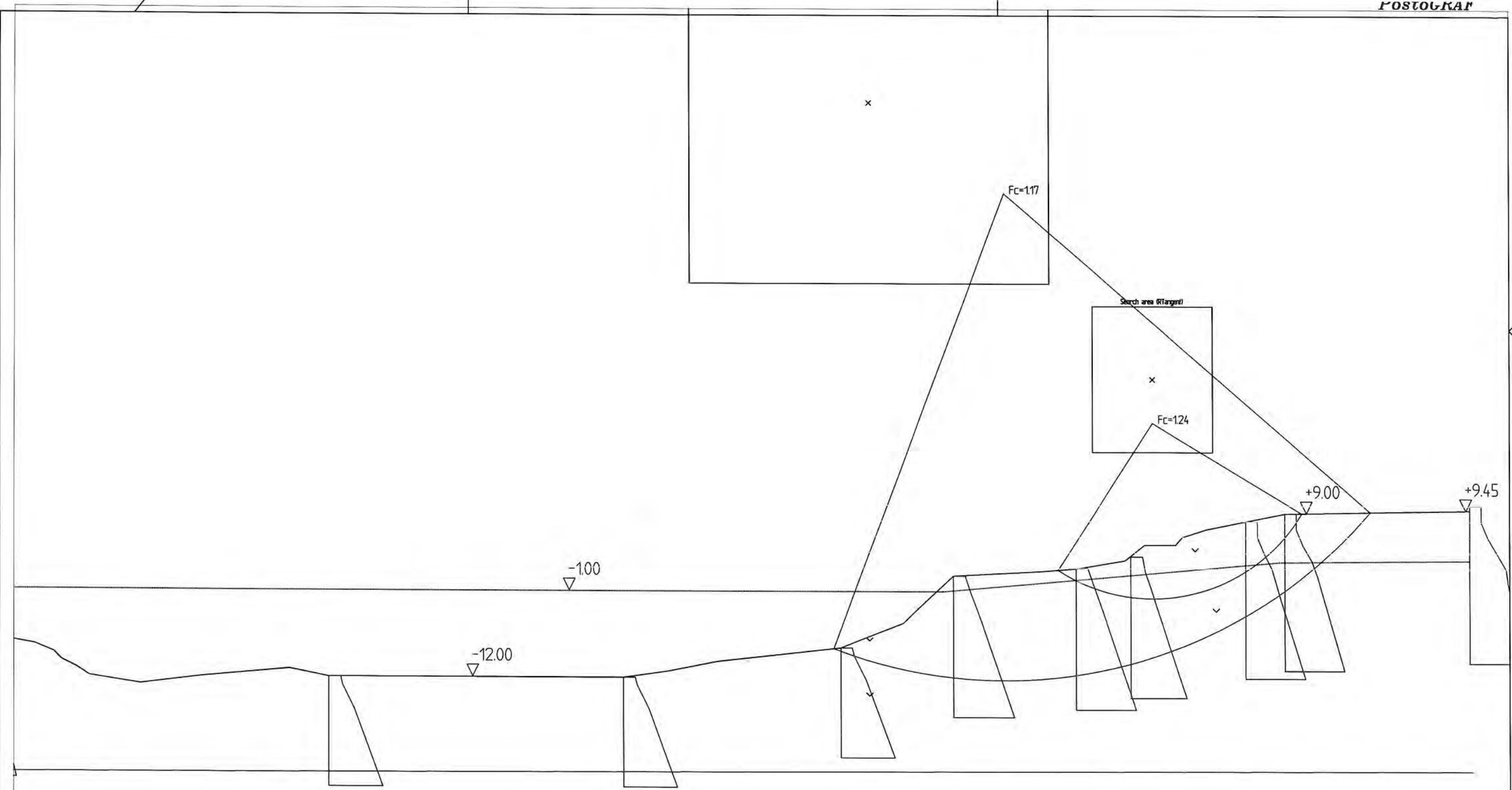



Areal = 117 m²



<p>NVE Region Sør</p> <p>Bøle, Skien kommune</p> <p>Kontroll av stabilitet av øvre del av skråning uten øvre støttefylling - Profil D</p> <p>M = 1500</p>	Rapport nr.	Figur nr.
	20011544	11
	Tegner	Dato:
	DAH	16.09.09
	Kontrollert	
OG		
Godkjent		
OG		





NVE Region Sør Bøle, Skien kommune Kontroll av stabilitet uten steinfylling - Profil D2 M = 1:500	Prosjektnr. 2001544	Figur nr. 12
	Tegner OAH	Dato: 16.09.09
	Kontrollert OG	
	Godkjent OG	



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Supplerende grunnundersøkelser og vurdering av stabilitet i skråningen over elvenivå			Dokument nr/Document No. 20011544-00-37-R		
Dokumenttype/Type of document <input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report <input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note			Dato/Date 16. sept 2009 Rev.nr./Rev.No.		
Oppdragsgiver/Client NVE Region Sør					
Emneord/Keywords field test, stability					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Norge, Telemark			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Skien			Feltnavn/Field name		
Sted/Location Bøle			Sted/Location		
Kartblad/Map 1713 II Porsgrunn			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL370620					
Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold till/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	Originaldokument	OAH	OG		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date		Sign. Prosjektleder/Project Manager Odd Gregersen	



Headquarter/Main office:
PO Box 3230 Østvevågsdalen
NO-0805 Oslo
Norway

Branch address/Postal address:
Sognvæien 72, NO-0865 Oslo

Ave Trondheim/Trondheim office:
PO Box 7230 Plenteløst
NO-7462 Trondheim
Norway

Branch address/Postal address:
Prestveit, Høyegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
E: (+47) 22 02 04 08

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Company 5096 05 01281 (BAN 1026 5096 0801 28)
Org.no/Company No: 958 254 310 MVA

BS EN ISO 9001
Certified by DNV GL Reg. No. FS 22989



Til: NVE Region sør
v/: Eirik Traae
Fra: NGI
Dato: 2009-01-21
Prosjekt: 20011544 Bøle, Skienselven. Risiko for kvikkleireskred
Utarbeidet av: Øyvind Høydal/Odd Gregersen

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Stabilitetsanalyser og forslag til sikringstiltak

Generelt

Vi viser til møte 01.12.2008 der NGI fikk i oppdrag å foreta ny gjennomgang av stabilitetsforholdene for faresone Bøle og utarbeide revidert forslag til sikringstiltak, jfr. møtereferat datert 03.12.2008. Tilstede på møtet var Eirik Traae og Martin Jespersen fra NVE og Odd Gregersen fra NGI.

Beliggenheten av sonen fremgår av oversiktskart, figur 1.

NGI har tidligere utført stabilitetsanalyser for faresone Bøle, jfr. rapport 20011544-3 rev. 1, datert 08.08.08.

De foreliggende vurderingene er basert på følgende nye forutsetninger:

- Soneavgrensningen mot nord vurderes på nytt.
- Analysene baseres på eksisterende dybdedata (Blom Maritime, 2002).
- Det antas redusert romvekt i dybdeintervallet 0 - 1 m under elvebunnen. Neddykket romvekt settes til 4,7 kN/m³.
- Sikkerhetsnivå "Forbedring" legges til grunn.

Beregningsforutsetninger for øvrig er som angitt i rapport 20011544-3, datert 08.08.08.

Soneavgrensning

19.12.08 foretok Eirik Traae fra NVE og Odd Gregersen fra NGI ny befarings av området. På grunnlag av observasjoner av fjell i dagen og nye topografiske kart (ekvidistanse 1 m) ble et bestemt å forlenge sonen med ca 120 m mot nord. Ny soneavgrensning fremgår av figur 2, Sikringsområder med lekterutlegg.

Soneavgrensningen mot syd beholdes. I forbindelse med behandlingen av kommunedelplan Borgestad-Menstad, har NGI på oppdrag fra Norsk Hydro Produksjon, utført orienterende grunnundersøkelser og foretatt stabilitetsanalyser på strekningen syd for faresone Bøle. Undersøkelsene har i liten grad påvist sensitive masser ut mot elven i dette området. Analysene viser lav sikkerhet for lokale glidninger mot elven. Ved ny utbygging i området må tilstrekkelig sikkerhet dokumenteres.

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Stabilitetsanalyser/sikringstiltak

Det er utført stabilitetsanalyser for representative profiler D2, D og E2. Beliggenhet er vist på figur 2. Analysene er basert på forutsetninger som angitt ovenfor.

Figur 3, 4 og 5 viser resultater av analysene og forslag til sikringstiltak. Som det fremgår er den beregningsmessige sikkerheten lav for dagens situasjon. For glideflater som går ut i elven ligger laveste beregnede sikkerhet på henholdsvis 0,96, 0,99 og 1,15 for de tre profilene.

Det foreslås lagt ut en stabiliserende sprengsteinsfylling i elven for sikring av området. Den prosjekterte fyllingen tilfredsstiller kravet til "forbedring" i NVEs Retningslinjer 1- 2008. Fyllingen har en bredde på 40 m, se figur 2. Nødvendig mektighet varierer noe langs den aktuelle strekningen. Fra oppstrøms begrensning til profil D er fyllingens tykkelse 3,0 m. Fra profil D til profil E er mektigheten 2,5 m og videre nedstrøms 2,0 m. I tillegg skal det anlegges en fylling i strandsonen. Denne fyllingen har en bredde på 6 m i hele områdets lengde. Skråningshelningen mot elven skal være 1:2 eller slakere. Motfyllingen er dimensjonert for at elvebunnen utenfor fyllingen skal kunne synke (erodere) 1,0 m uten at stabiliteten svekkes.

Volumet på motfyllingen ute i elven er teoretisk beregnet til 75 000 m³, hvorav anslagsvis 60 000 m³ legges ut med lekter. Foreliggende kartmateriale gir ikke godt grunnlag for å si hvor nært land en kan komme med lekter.

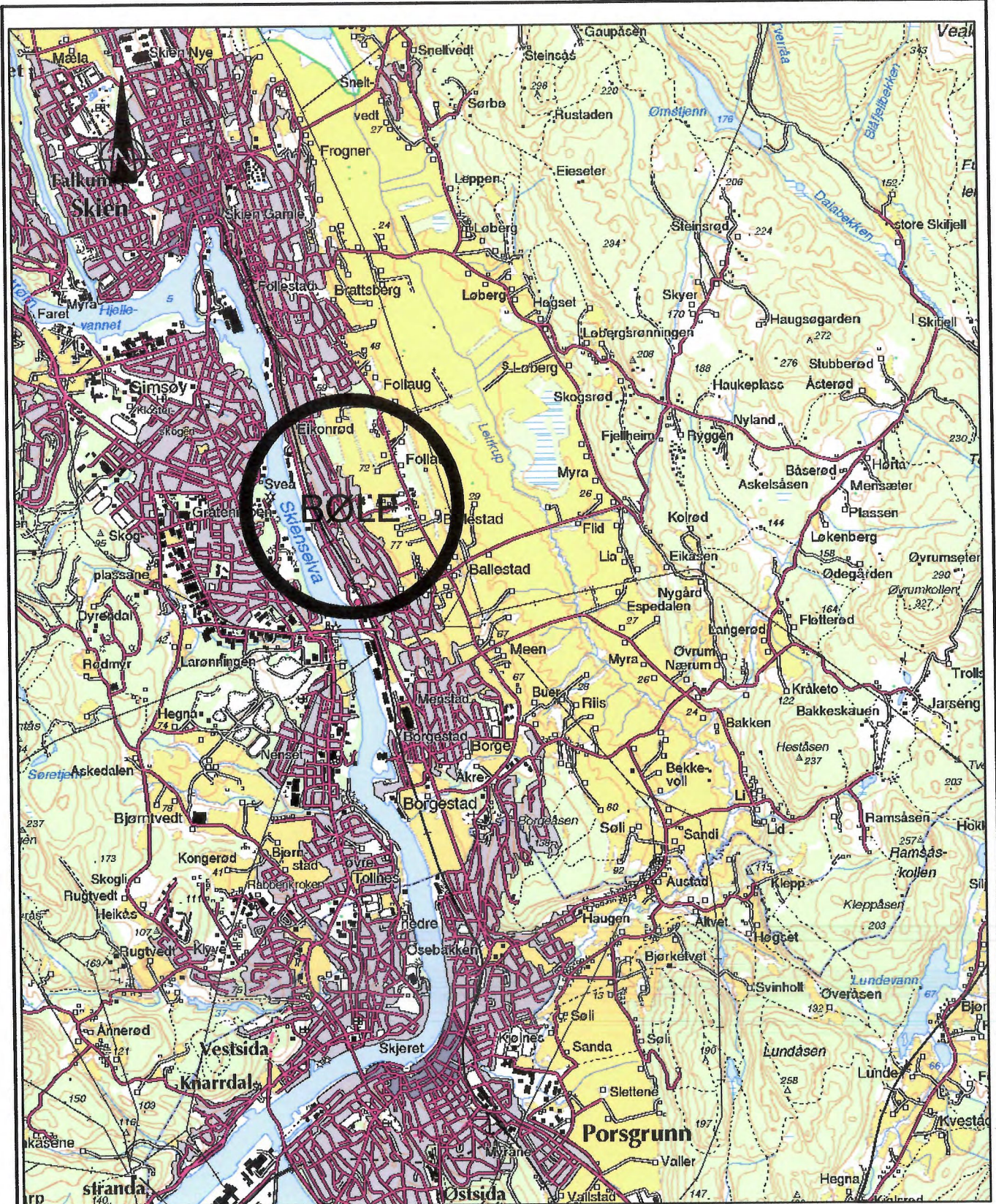
Det må utarbeides en detaljert arbeidsprosedyre for gjennomføring av sikringsarbeidene. Fyllingen ute i elven, som legges ut ved dumping av steinmasser fra lekter, etableres først. Utfyllingsarbeidene starter ytterst (40 m fra elvebredden) og deretter innover mot land. Utfyllingen kan legges ut i ett



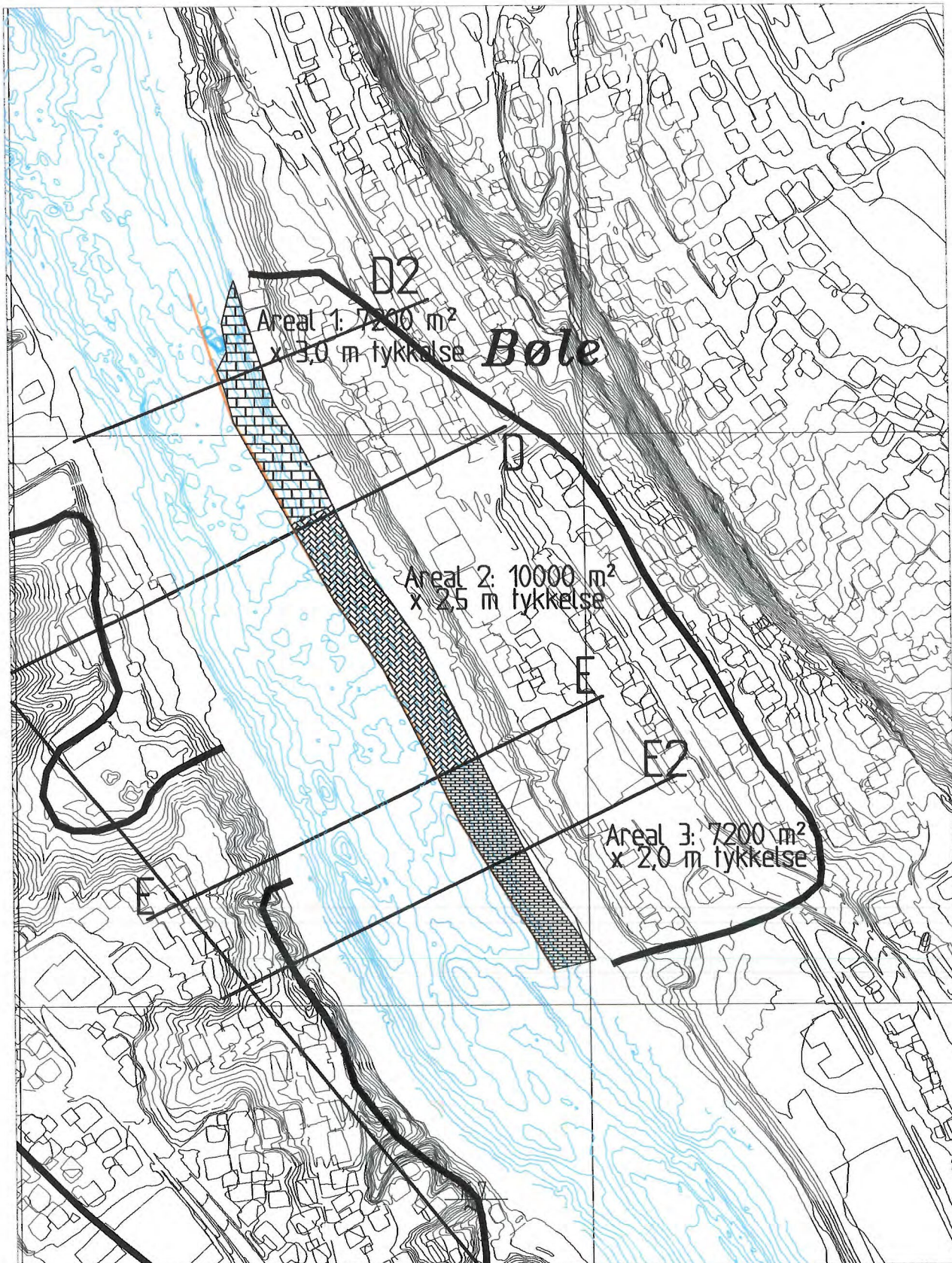
Prosjekt nr.: 20011544
Dato: 2009-01-21
Rev. dato:
Side: 3 / Rev.:

lag. Fyllingen i strandsonen etableres ved dumping av stein fra land. Disse arbeidene påbegynnes etter at fyllingen ute i elven er etablert.

Som det fremgår av figurene 3, 4 og 5 er den beregningsmessige sikkerheten lav også for den øverste delen av skråningen. Det er derfor prosjektert en mindre motfylling i foten av denne skråningen, inne på elvebredden. Totalt teoretisk volum for denne fyllingen er 12 000 m³. Disse beregningene er basert på noe konservative antagelser, grunnet mangelfulle data om grunnens beskaffenhet inne på land. Dette gjelder spesielt grunnvannsforholdene og materialbeskrivelse. Vi vil derfor foreslå at det utføres noe supplerende grunnundersøkelser, d.v.s. installering av to poretrykkmålere og opptak av prøver ned til ca 5 m dybde i to lokaliteter. Resultatene fra disse undersøkelsene vil kunne medføre at den prosjekterte motfyllingen inne på land kan utgå.



SKIENSELVA. FARE FOR KVIKKLEIRESKRED Bøle, Skien kommune Oversiktskart M = 1 : 50 000	Rapport nr. 20011544	Figur nr. 1
	Tegner TEH	Dato 16.01.09
Kontrollert 7		
Godkjent 7		



SKIENSELVA. RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED

Sirkingsområder med lekterutlegg
M = 1 : 5000

Rapport nr.
20011544

Figur nr.
2

Tegner
DAH

Dato
16.01.09

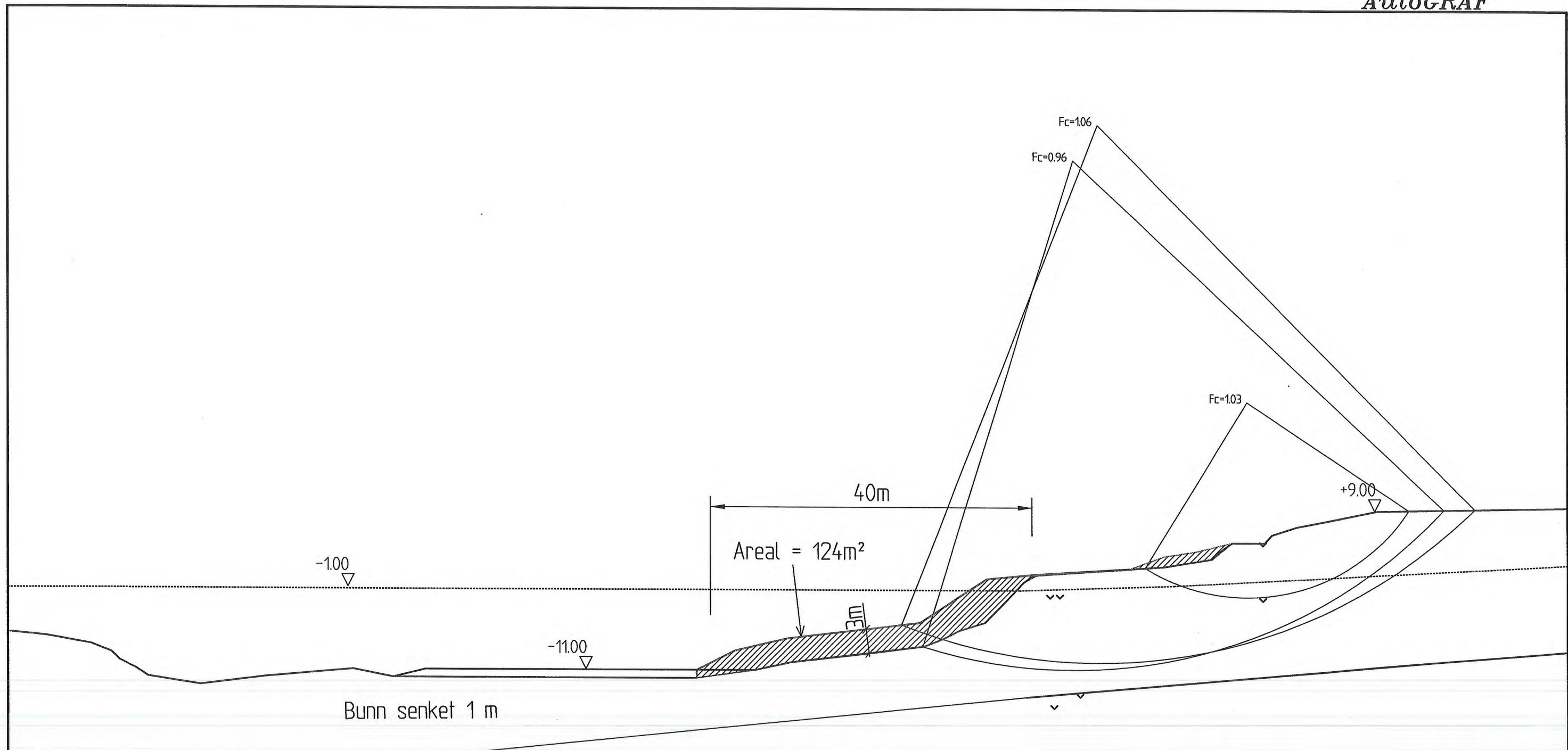
Kontrollert

Godkjent

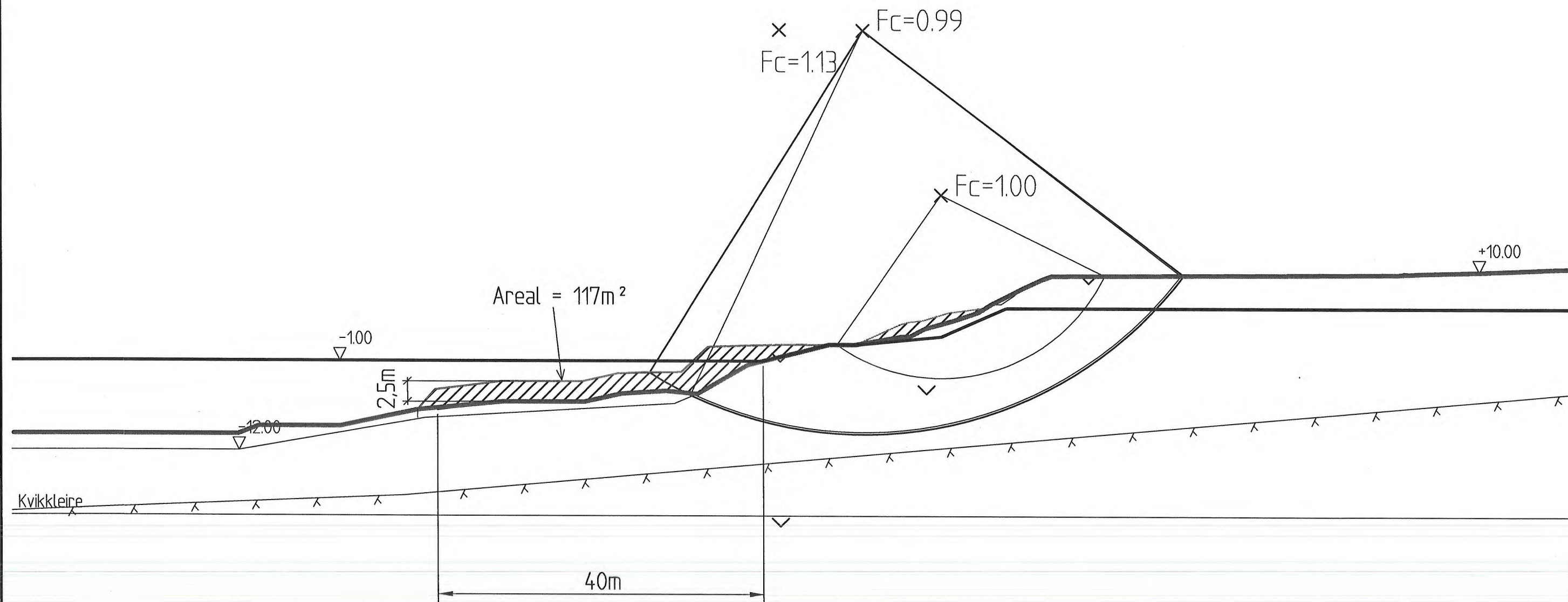
7

7

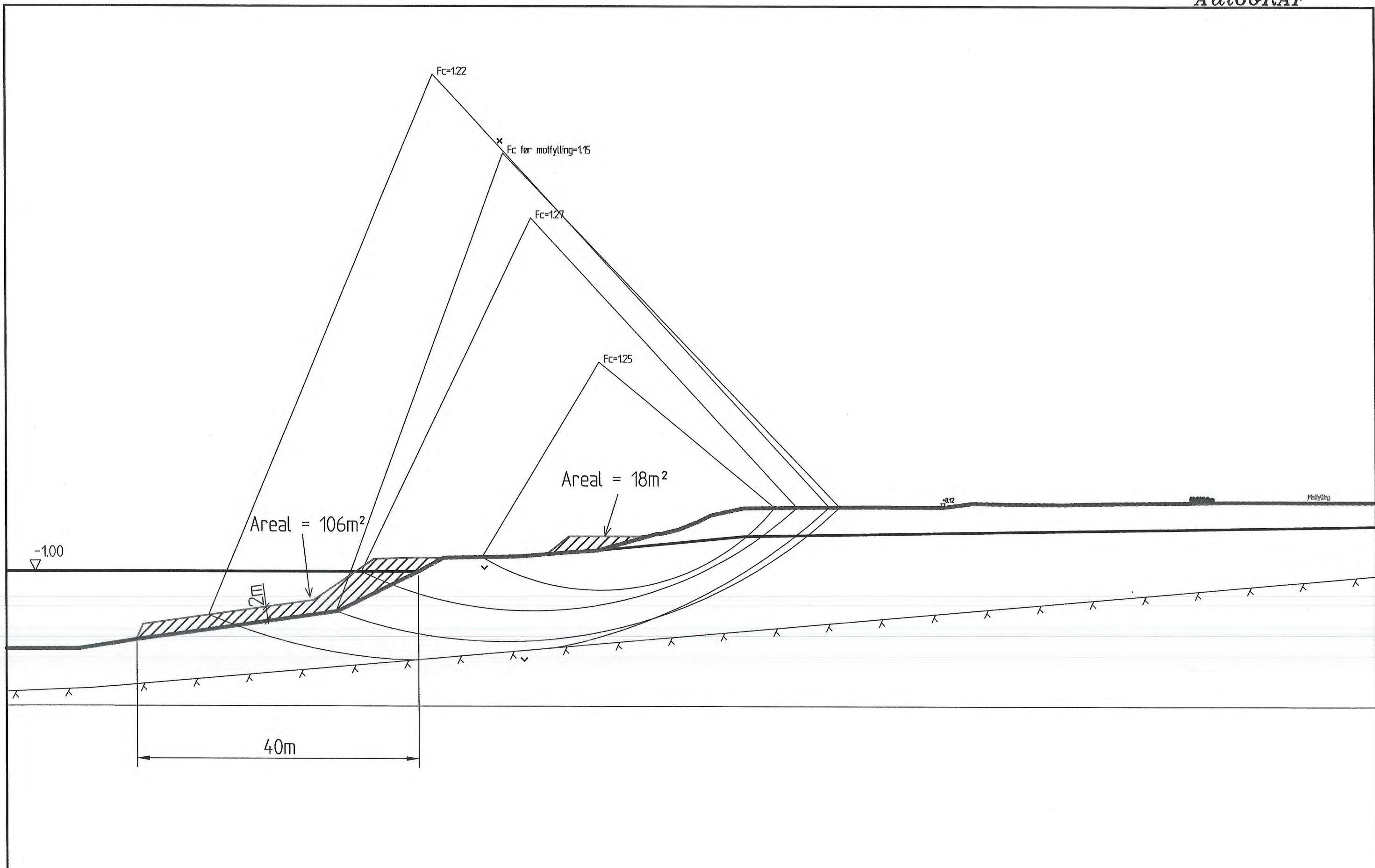




SKIENSELVA. RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED Bøle, Skien kommune Profil D2 Fylling. Kontroll for 1m senking utenfor fylling M = 1 : 500	Rapport nr. 20011544	Figur nr. 3
	Tegner DAH	Dato: 16.01.09
	Kontrollert 97	
	Godkjent 97	



SKIENSELVA. RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED Stabilitetsberegning - Bøle Profil D M = 1 : 500	Rapport nr. 20011544	Figur nr. 4
	Tegner DAH	Dato: 16.01.09
	Kontrollert 7	
	Godkjent 7	



SKIENSELVA. RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED Stabilitetsberegning - Profil E2 M = 1 : 500	Rapport nr. 20011544	Figur nr. 5
	Tegner DAH	Dato: 16.01.09
	Kontrollert <i>rg</i>	
	Godkjent <i>g</i>	

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Stabilitetsanalyser og forslag til sikringstiltak			Dokument nr./Document No. 20011544		
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date	
<input type="checkbox"/> Rapport/Report <input checked="" type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None		2009-01-21 Rev.nr./Rev.No. 0	
Oppdragsgiver/Client NVE Region sør					
Emneord/Keywords Kvikkleire, stabilitet, sikringstiltak					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County Telemark			Havområde/Offshore area		
Kommune/Municipality Skien			Felt navn/Field name		
Sted/Location Bøle			Sted/Location		
Kartblad/Map N50 1713 II			Felt, blokknr./Field, Block No.		
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL360605					
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	Originaldokument	OG 97	OAH		
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 21.01.2009		Sign. Prosjektleder/Project Manager Odd Gregersen	

NGI er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

NGI arbeider i følgende markeder: olje og gass, bygg og anlegg, samferdsel, naturskade og miljøteknologi.

NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002, og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

www.ngi.no

NGI is a leading international centre for research and consulting in the geosciences.

NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the environment, installations and structures.

NGI works within the oil and gas, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA. NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002, and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere dette før bruk av dokumentet.

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

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this before using this document.

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



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsvelen 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

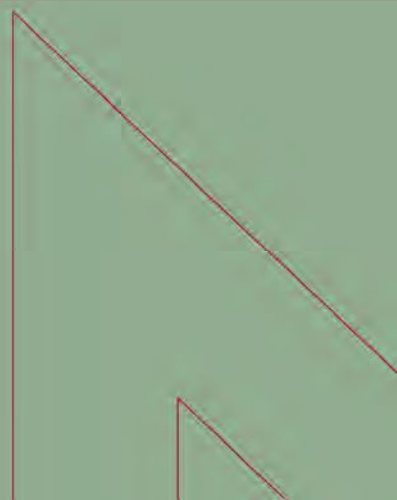
Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr. 5096 05 01281 /IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989



Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information												
Dokumenttittel/Document title Resultater av stabilitetsberegninger med vurdering av eventuelle tiltak					Dokumentnr./Document No. 20130896-02-R							
Dokumenttype/Type of document Rapport/Report			Distribusjon/Distribution Begrenset/Limited			Dato/Date 24. februar 2014		Rev.nr.&dato/Rev.No.&date 1 / 19. september 2014				
Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Region Sør												
Emneord/Keywords Kvikkleire, stabilitet, geoteknisk utredning												
Stedfesting/Geographical information												
Land, fylke/Country, County Telemark					Havområde/Offshore area							
Kommune/Municipality Skien					Felt navn/Field name							
Sted/Location Bøle					Sted/Location							
Kartblad/Map 1713 II Porsgrunn					Felt, blokknr./Field, Block No.							
UTM-koordinater/UTM-coordinates 6 560 540N, 535 960 Ø (Sone 32)												
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	Originaldokument				LaH/ JMC		BGK					
1	Revisjon				LaH		BGK					
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release				Dato/Date 19. september 2014			Sign. Prosjektleder/Project Manager Bjørn Kalsnes					

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002.

www.ngi.no

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

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002.

www.ngi.no



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 5687 Sluppen
NO-7485 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr 5096 05 01281 /IBAN NO26 5096 0501 281
Org.nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg.No. FS 32989