

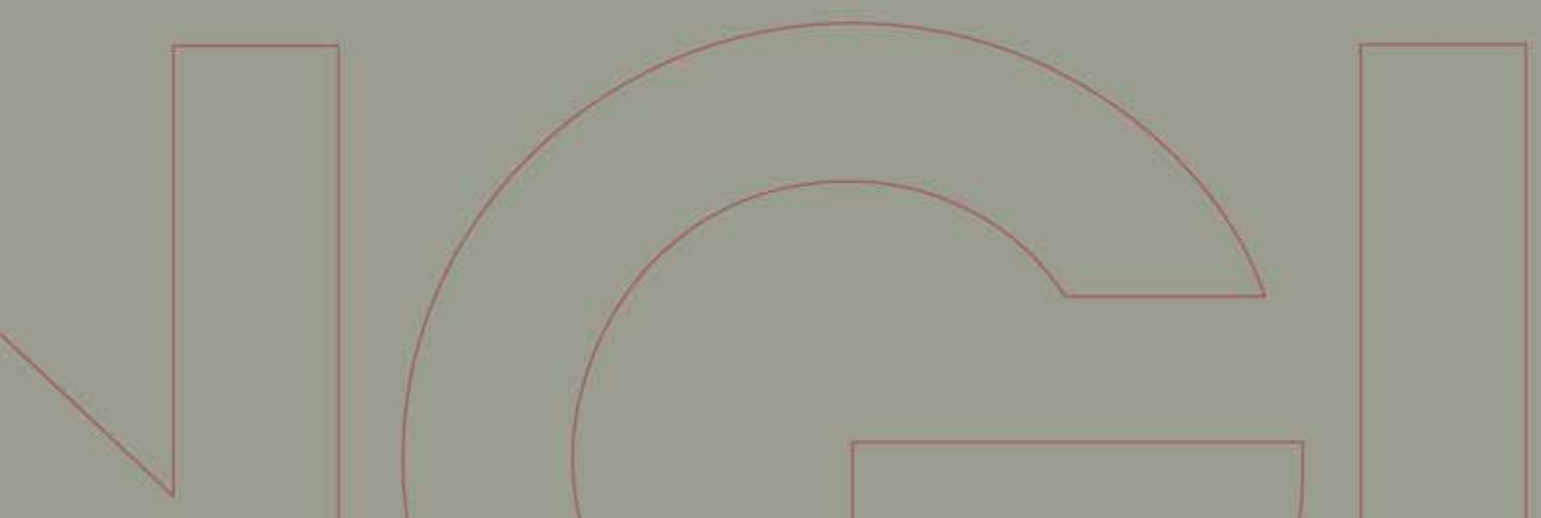


Rapport / Report

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 dreietrykkssonderinger, 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 dreietrykkssonderinger 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 Dreietrykkssondering

Det er utført 6 dreietrykkssonderinger, for kartlegging av grunnens relative fasthet, laggrenser og evt. dybder til antatt fjell eller fast grunn. Dreietrykkssondering 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 laggrenser 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 prøvesylinder. 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 vekslning 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 bergnings sirkel 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

Dreietrykksonderinger

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

CPTU sonderinger

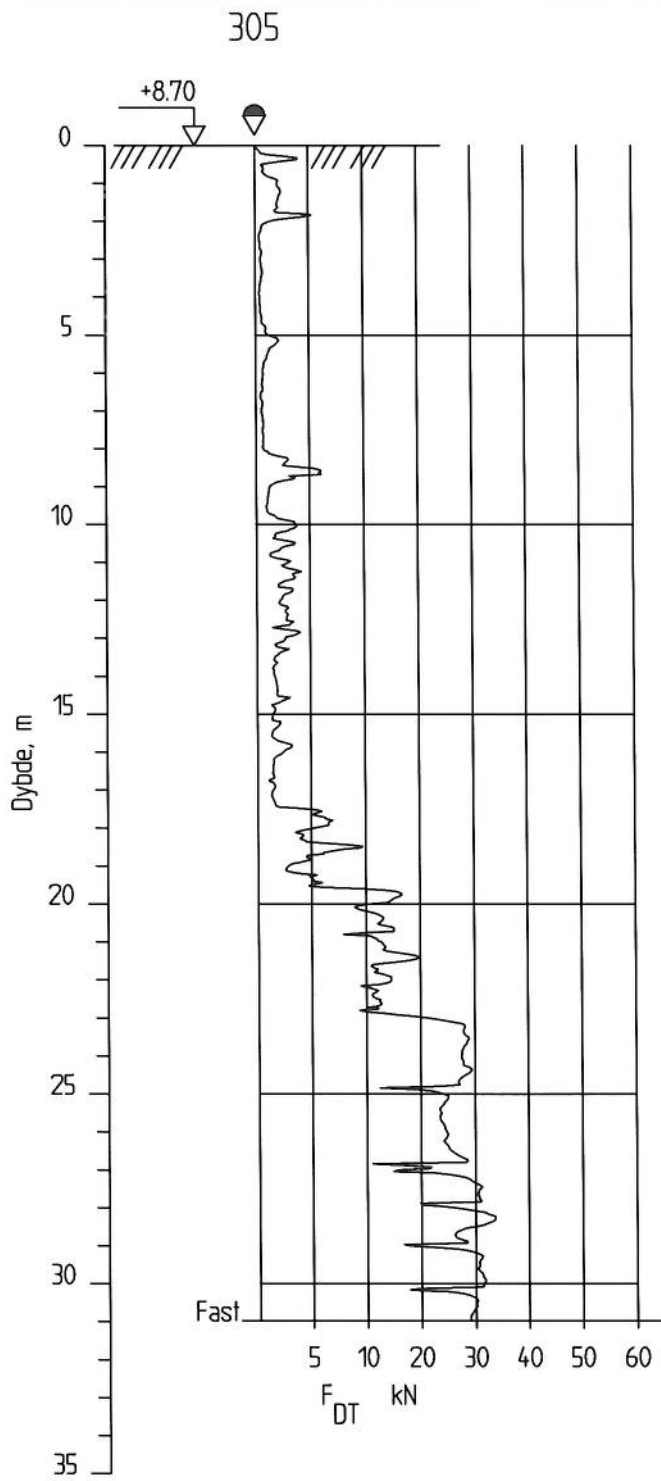
- 8) Borhull 306
- 9) Borhull 309

Stabilitetsberegninger

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

Laboratorieresultater

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



BØLE

Dreietrykkssondering
M = 1 : 200

Borhull 305
Posisjon: X 536191.48 Y 6560194.84

Forsøk nr. :
Sonde nr. :
Dato boret :17.04.2009

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
2

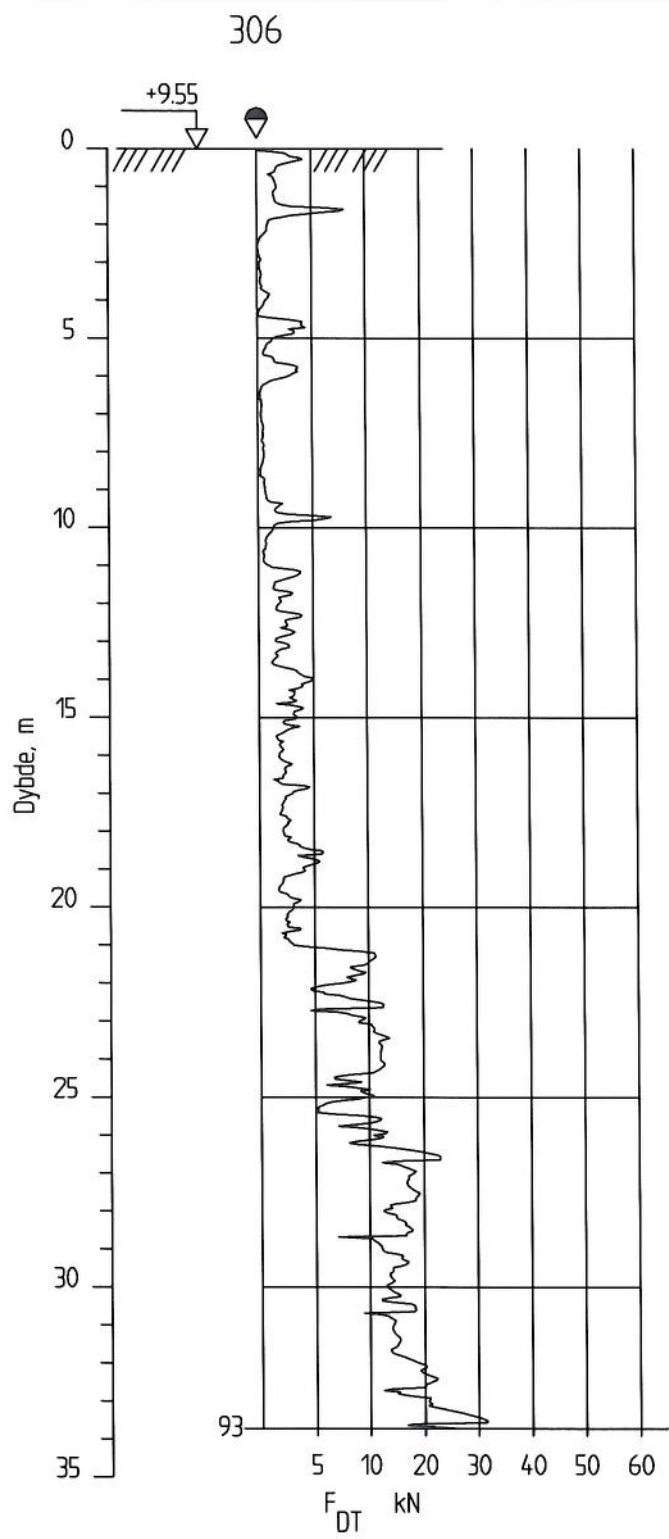
Tegner
oah

Dato:
20.07.2009

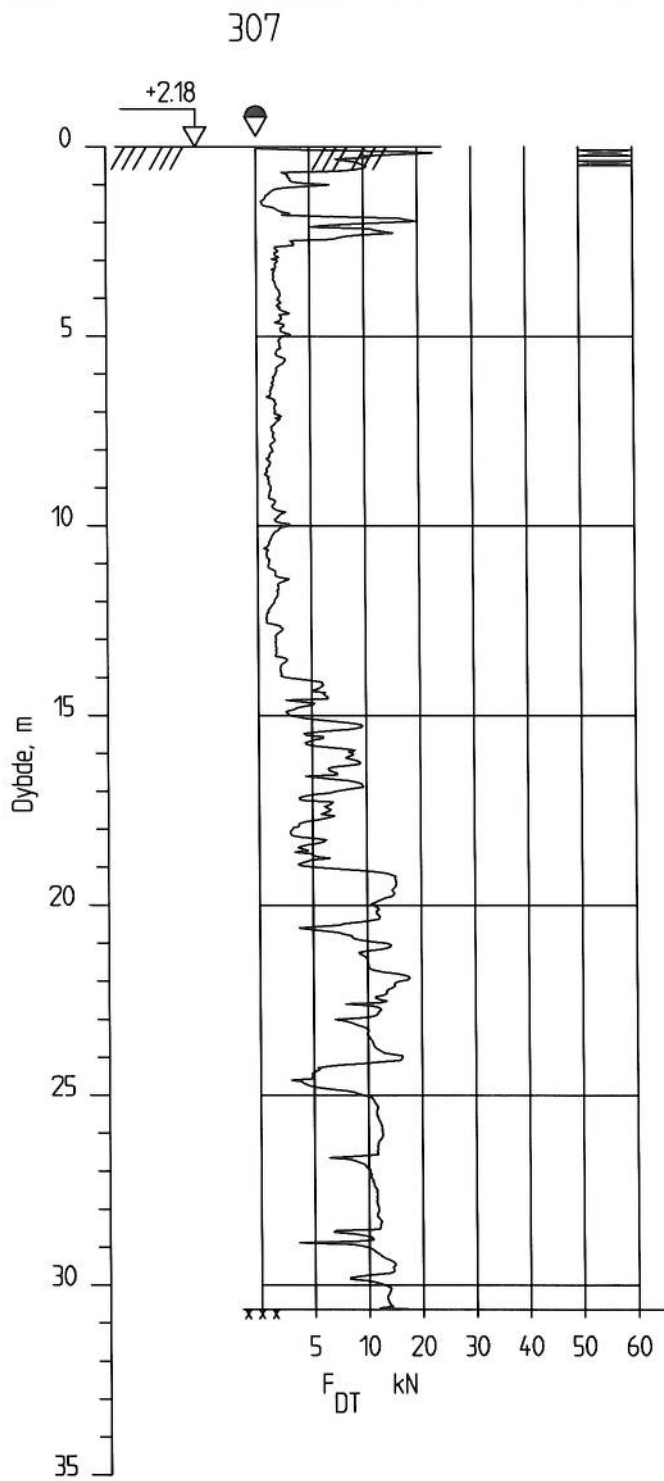
Kontrollert
og

Godkjent

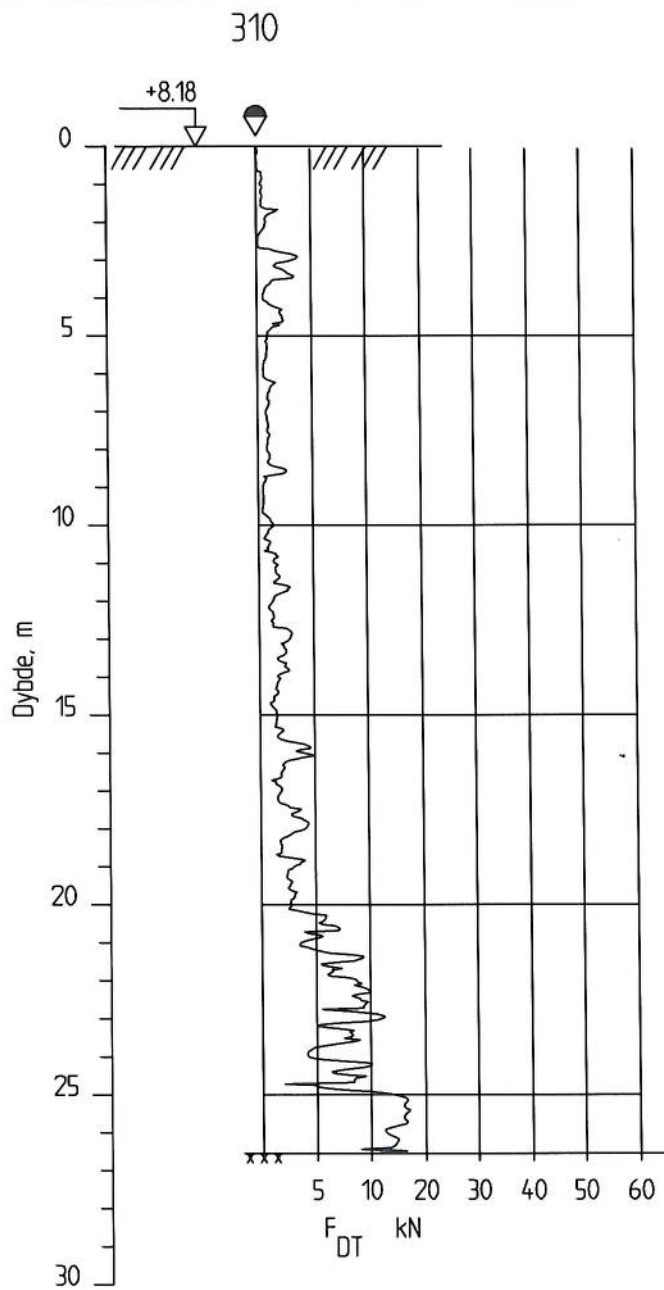




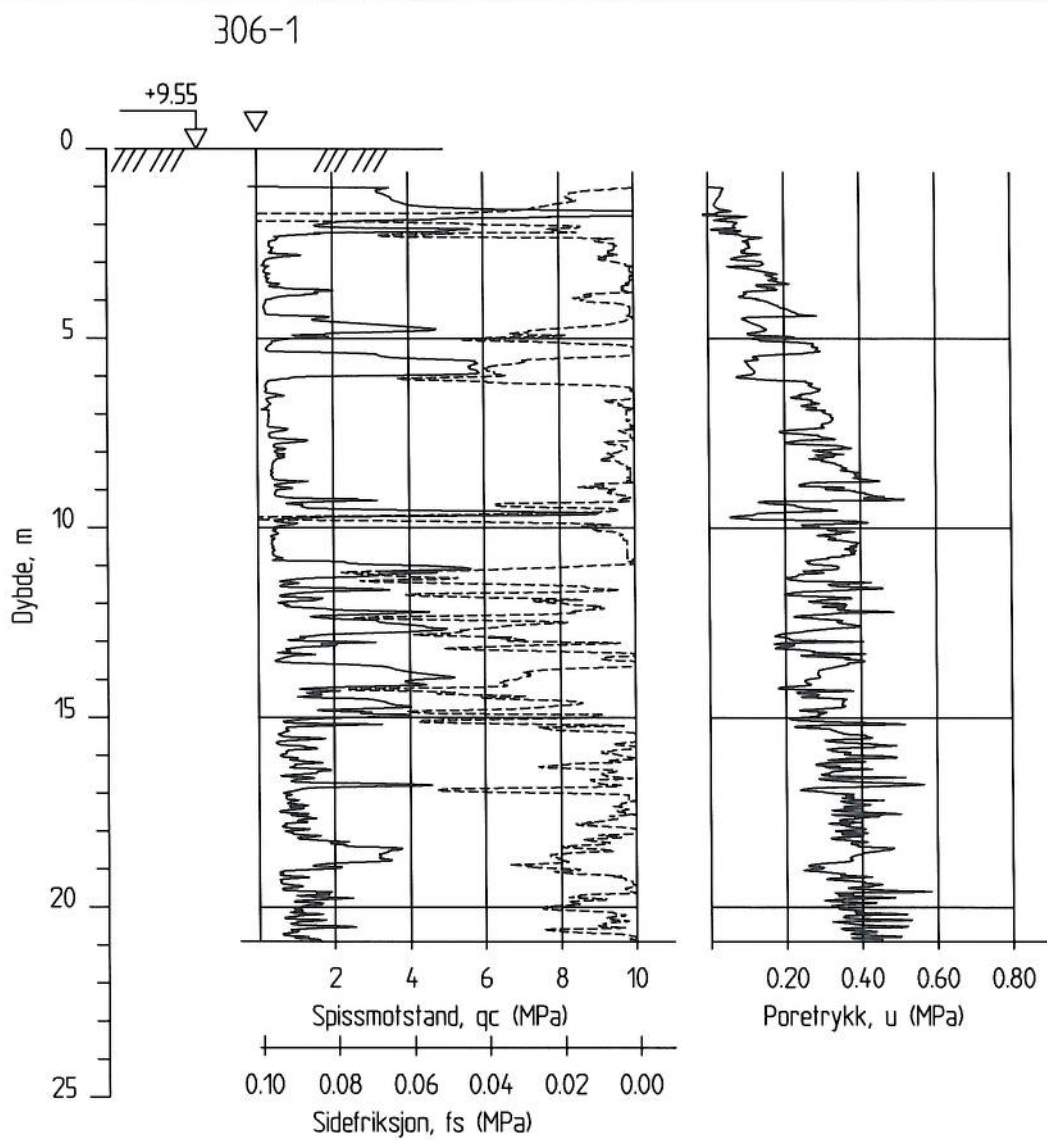
BØLE	Rapport nr. 20011544-3	Figur nr. 3
Dreietrykkssondering M = 1 : 200	Tegner oah	Dato: 20.07.2009
Borhull 306 Posisjon: X 536042.86 Y 6560383.52	Kontrollert og Godkjent	Forsøk nr. : Sonde nr. : Dato boret :17.04.2009 



<p>BØLE</p>	Rapport nr. 20011544-3	Figur nr. 4
	Tegner oah	Dato: 20.07.2009
Dreietrykkssondering M = 1 : 200 Borhull 307 Posisjon: X 535958.15 Y 6560465.95	Forsøk nr. : Sonde nr. : Dato boret :16.04.2009	Kontrollert og Godkjent 

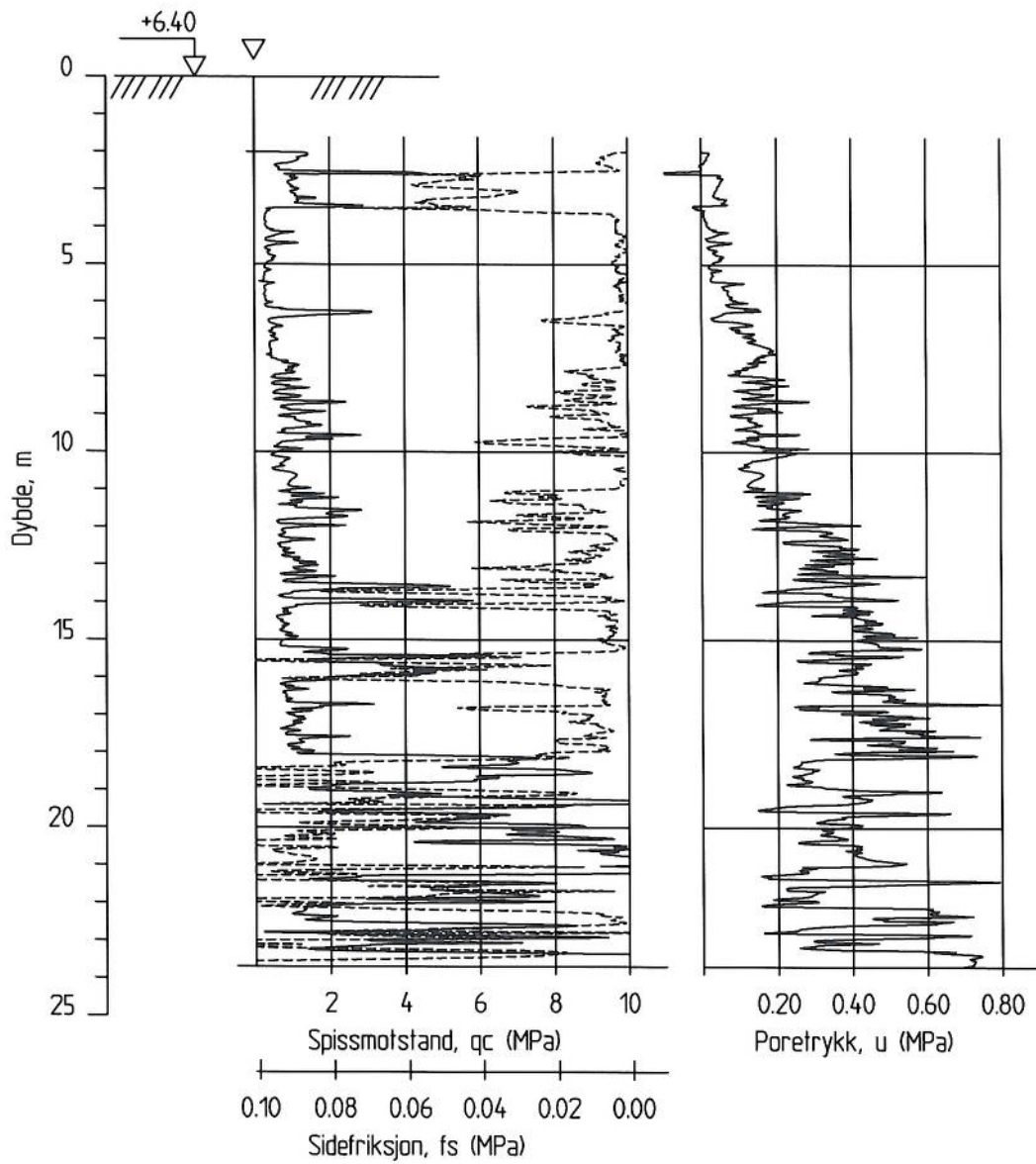


<p>BØLE</p> <p>Dreietrykksondering M = 1 : 200</p> <p>Borhull 310 Posisjon: X 535968.89 Y 6560519.42</p>	<p>Rapport nr. 20011544-3</p>	<p>Figur nr. 7</p>
	<p>Tegner oah</p> <p>Kontrollert og</p> <p>Godkjent</p>	<p>Dato: 20.07.2009</p>
<p>Forsøk nr. : Sonde nr. : Dato boret :16.04.2009</p>		



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

309-1



BØLE

Rapport nr.
20011544-3

Figur nr.
9

CPT-sondering
M = 1 : 200

Tegner
oah

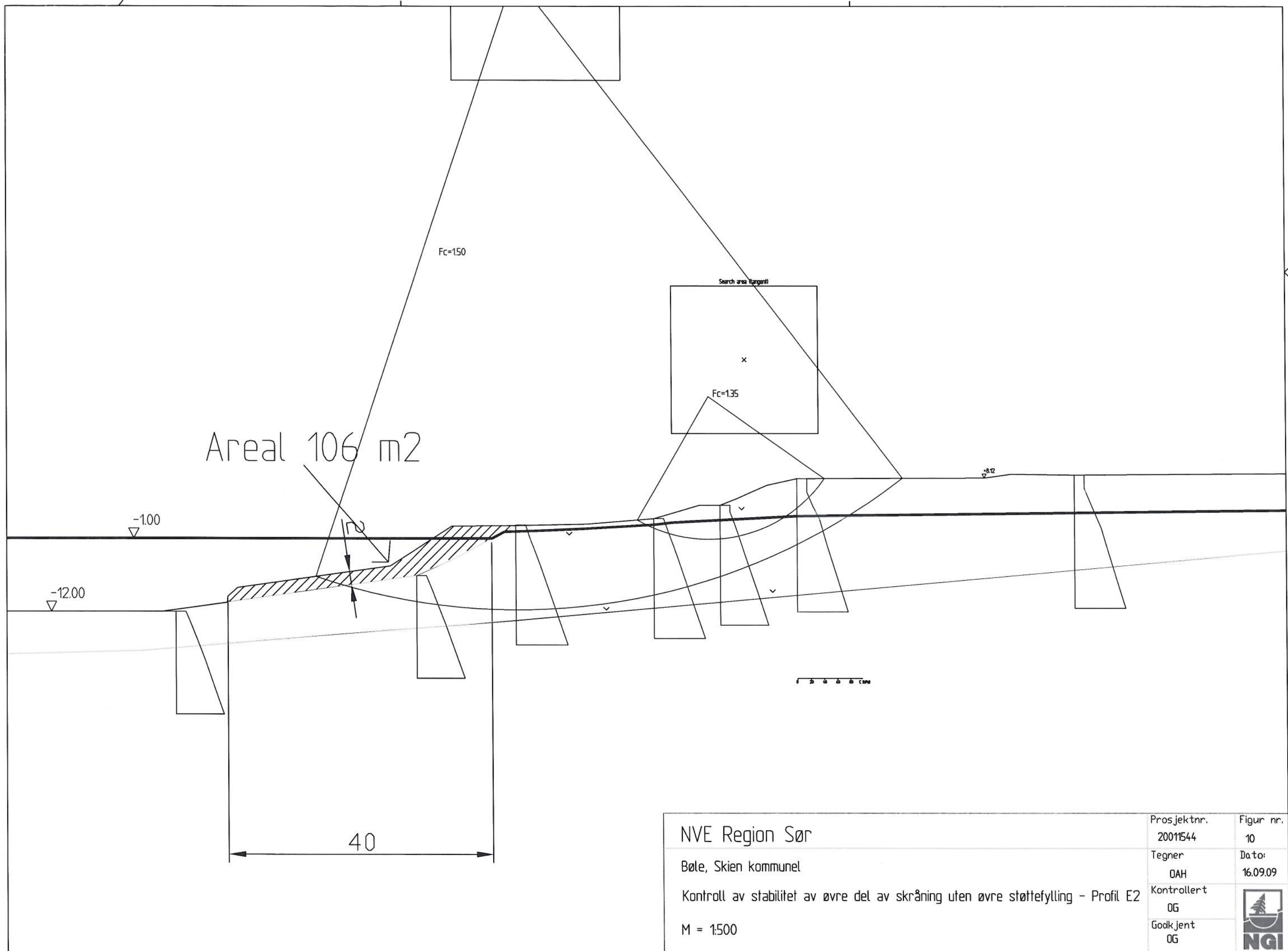
Dato:
20.07.2009

Borhull 309-1
Posisjon: X 535991.76 Y 6560470.03


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

Kontrollert
og
Godkjent





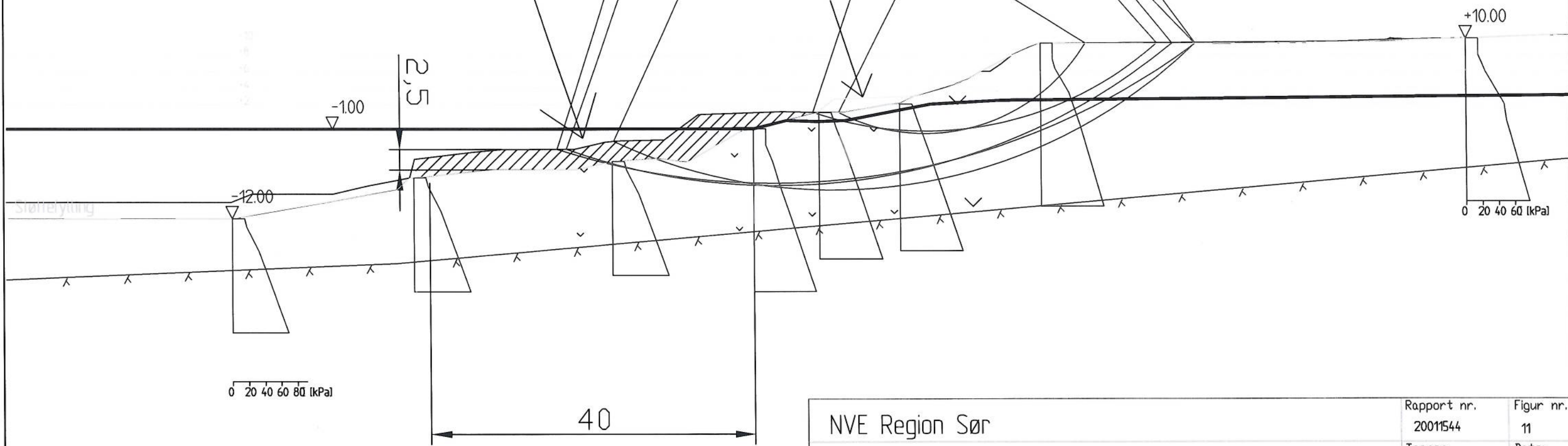
Areal 106 m²


<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 = 1:500</p>	Prosjektnr.	Figur nr.
	20011544	10
	Tegner	Dato:
	DAH	16.09.09
	Kontrollert	
OG		
Godkjent		
OG		
		

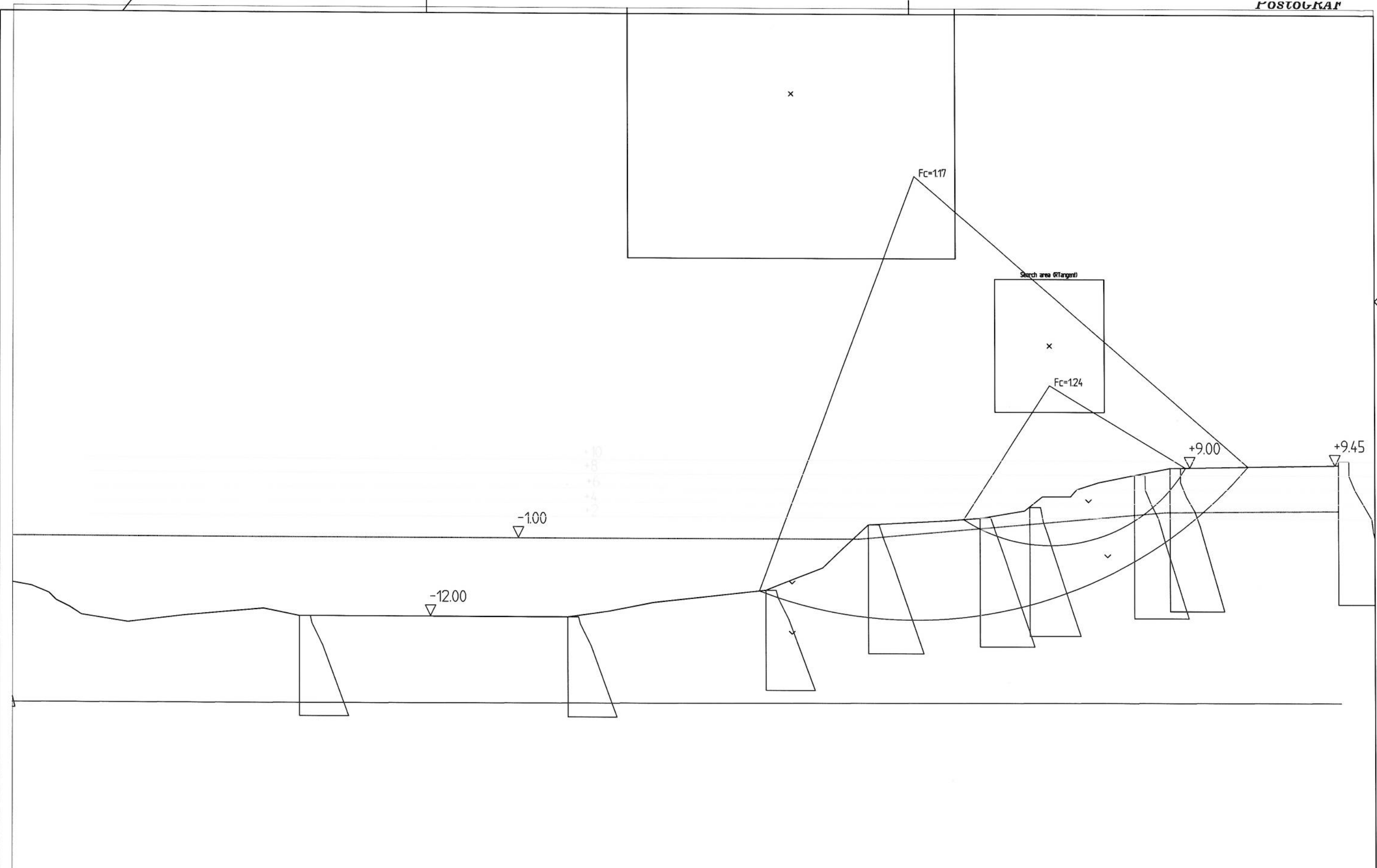
Areal = 117 m²


Fc=132
Fc=131
Fc=129
Fc=125
Fc=115

Alternativ tilleggssikring



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



<p>NVE Region Sør</p> <p>Bøle, Skien kommune</p> <p>Kontroll av stabilitet uten steinfylling - Profil D2</p> <p>M = 1:500</p>	<p>Prosjektnr.</p> <p>20011544</p>	<p>Figur nr.</p> <p>12</p>
	<p>Tegner</p> <p>OAH</p>	<p>Dato:</p> <p>16.09.09</p>
	<p>Kontrollert</p> <p>OG</p>	
	<p>Godkjent</p> <p>OG</p>	



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	Egenkontroll/ 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	



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

Besøksadresse/Street address:
Sogreveien 72, NO-0856 Oslo

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

Besøksadresse/Street address:
Pionertorget 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

