

Rapport

Oppdragsgiver: **NVE**

Oppdrag: **Unnebergbekken, Sandefjord**

Emne: **Stabilitet langs Unnebergbekken**

Dato: **08. november 2011**

Rev. - Dato

Oppdrag- / Rapportnr. **811301 - 3**

Oppdragsleder: **Knut Espedal** Sign.:

Saksbehandler: **Rezhin Rauf** Sign.: 

Kontaktperson hos Oppdragsgiver: **Ellen Haugen**

Sammendrag:

Multiconsult har på oppdrag fra NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat) utført stabilitetsberegninger for boligområdet inntil Unnebergbekken, nord for Hasle i Sandefjord kommune. Multiconsult har tidligere utført grunnundersøkelser presentert i rapport nr. 811301 – 1. I tillegg har GeoStrøm utført supplerende grunnundersøkelser i september som er presentert i foreliggende rapport.

Grunnen i området består generelt av silt og finsand over bløt og middels fast kvikkleire. Dybder til antatt fjell varierer fra 14,7 m til mer enn 40 m i borpunktene.

Grunnforholdene er mer detaljert beskrevet i datarapport nr. 811301 – 1 datert 8. januar 2008.

NVE ønsker å kontrollere stabilitet ved flytting av bekkeløpet og etablering av motfylling.

Ut i fra NVEs retningslinje tiltakskategori K2, middels/høy faregradsklasse, legger vi oss på kravet til prosentvis forbedring iht. til tabell 3.1 og figur 3.1 fra 10 % for profil A-A til 2,5 % for profil C-C.

Vi anser at stabiliteten er ivaretatt med beskrevet motfylling i alle tre snittene.

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning.....	3
2.	Grunnforhold.....	3
3.	Stabilitetsvurdering.....	3
4.	Beregning.....	4
4.1	Profil A - A.....	4
4.2	Profil B - B.....	4
4.3	Profil B - B (Nordre skråning).....	4
4.4	Profil C - C.....	4
5.	Vurdering/Konklusjon.....	4

Tegninger

811301	- 1	Borplan 1:1000
	- 0	Oversiktskart
	- 6,10 og 11	Prøveserie
	- 2D0, 3D0 og 12D0	CPTu og Skjærstyrkeprofil, s_u

Vedlegg

I. Beregningsutskrift fra Geosuite Stability	7 side
--	--------

1. Innledning

Multiconsult AS er engasjert av NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat) for å utføre nye stabilitetsvurderinger for et eksisterende boligområde inntil Unnebergbekken, nord for Hasle i Sandefjord kommune.

NVE ønsker å kontrollere tidligere utførte stabilitetsvurderinger utarbeidet av siv.ing. Sivert Johansen Multiconsult AS med nye geotekniske parametre fremskaffet fra supplerende grunnundersøkelser.

Utførte grunnundersøkelser er presentert i datarapport nr. 811301 – 1 datert 8.januar 2008, samt i foreliggende rapport.

Foreliggende rapport oppsummerer resultater fra utførte stabilitetsberegninger og gir anbefalinger om stabiliserende tiltak.

2. Grunnforhold

Plassering av borpunktene er vist på borplan, tegning nr. 811301 – 1.

Det aktuelle området er et eksisterende boligområde som ligger inntil Unnebergbekken, nord for Hasle i Sandefjord. Terrenget har generelt fall fra nord mot syd og syddøst. Terrenget langs Tulipanveien varierer fra ca kote +21 til +25 og faller ned til kote +16,5 til +18 i bunnen av bekken. Boligområdet er begrenset av Råstadveien i øst, en åsrygg i vest og Unnebergbekken i nord.

Observasjoner ved boring, samt resultat av prøveserier og CPTu tyder på lagdelt grunn av silt og finsand over bløt til middels fast kvikkleire. Totalsonderingene viser at dybde til antatt fjell varierer fra 14,7 m til mer enn 40 m.

For mer detaljert beskrivelse av grunnforholdene refererer vi til tidligere utførte grunnundersøkelser, datarapport 811301 – 1 datert 8. januar 2011 fra Multiconsult, samt supplerende grunnundersøkelse foretatt av sivilingeniør Bjørn Strøm AS.

3. Stabilitetsvurdering

Våre korrigerte beregninger baserer seg på tidligere beregningsprofiler A– A, B – B og C – C. Vi har utarbeidet nye skjærstyrkeprofiler på grunnlag av nye boringsdata, samt justert fyllingshøyde ihht. Krav om prosentvis forbedring.

I stabilitetsberegningene er det forutsatt 2 – 3 m med finsand/silt i toppen over middels fast leirig silt ned til 5-6 m dybde. Fra ca 5 – 6 m dybde er det bløt, siltig kvikkleire.

Nærmest bekken antas grunnvannstanden i terrenget å stå tilnærmet i nivå med vannstanden i bekken. Generelt vil grunnvannstanden variere med årstid og nedbørsforhold.

Følgende styrkeparametere er benyttet ved totalspenningsanalyse (s_u):

1. Topplag av finsand/silt, (2 – 3 m tykkelse): Effektive styrkeparametere er bestemt med bakgrunn i erfaringsparametere for finsand/silt: $c = 5 \text{ kPa}$, $\phi = 31^\circ$ og $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$.
2. Leirig silt (ca 3 m tykkelse): Totalspenningsparametere er bestemt med bakgrunn i tolking av prøveserier: $s_{uD} = 30 \text{ kPa}$ og $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$.

3. Kvikkleire (Under ca 6 m dybde): Totalspenningsparametere er bestemt med bakgrunn i tolking av prøveserier og CPTu: $s_{uD} = C$ -profil ($0,21 * p_0'$) og $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$.

4. Beregning

Det er utført stabilitetsberegninger i profil A – A, B – B og C – C som gjenspeiler de bratteste partiene ut mot bekken, kfr. vedlegg 1. Beregningene er utført med programmet GeoSuite Stability på totalspenningsbasis med APD – analyse:

- $S_{uA} = 3/2 * S_{uD}$
- $S_{uP} = 2/3 * S_{uD}$

4.1 Profil A - A

- Beregning på totalspenningsbasis (s_u) av dagens situasjon viser lav sikkerhet med $F_s = 0,94$.
- Beregning på totalspenningsbasis (s_u) med omlegging av bekk og en motfylling på ca 5 m bred og ca 4 m høyde som starter ved bunn av skråningen viser at sikkerheten bedres til $F_s = 1,03$ for mest kritisk glidesirkel. (Vedlegg 1-1 og 1-2)

4.2 Profil B – B

- Beregning på totalspenningsbasis (s_u) av dagens situasjon viser sikkerhet mot brudd med $F_s = 1,01$.
- Beregning på totalspenningsbasis (s_u) med omlegging av bekk og en motfylling på ca 5,5 m bred og ca 3,5 m høyde som starter ved bunn av skråningen viser at sikkerheten bedres til $F_s = 1,12$ for mest kritisk glidesirkel. (Vedlegg 1-3 og 1-4)

4.3 Profil B – B (Nordre skråning)

- Beregning på totalspenningsbasis (s_u) av dagens situasjon viser sikkerhet mot brudd med $F_s = 1,40$. (Vedlegg 1-5)

4.4 Profil C – C

- Beregning på totalspenningsbasis (s_u) av dagens situasjon viser sikkerhet mot brudd med $F_s = 1,29$.
- Beregning på totalspenningsbasis (s_u) og en motfylling som starter ved bunn av skråningen ca kote 17 til kote 19,5 viser at sikkerheten bedres til $F_s = 1,32$ for mest kritisk glidesirkel. (Vedlegg 1-6 og 1-7)

5. Vurdering/Konklusjon

Ut i fra NVEs retningslinje tiltakskategori K2, middels/høy faregradsklasse, legger vi oss på minimumskrav til prosentvis forbedring ihht. tabell 3.1 og figur 3.1 fra 10 % for profil A-A til 2,5 % for profil C-C. Det er slik vi forstår ikke aktuelt med tilflytning av mennesker i denne

omgang og derfor holdt oss til tiltakskategori K2. Vi anser at stabiliteten er ivaretatt med beskrevne fyllinger i alle tre snittene.


Arkivreferanser:

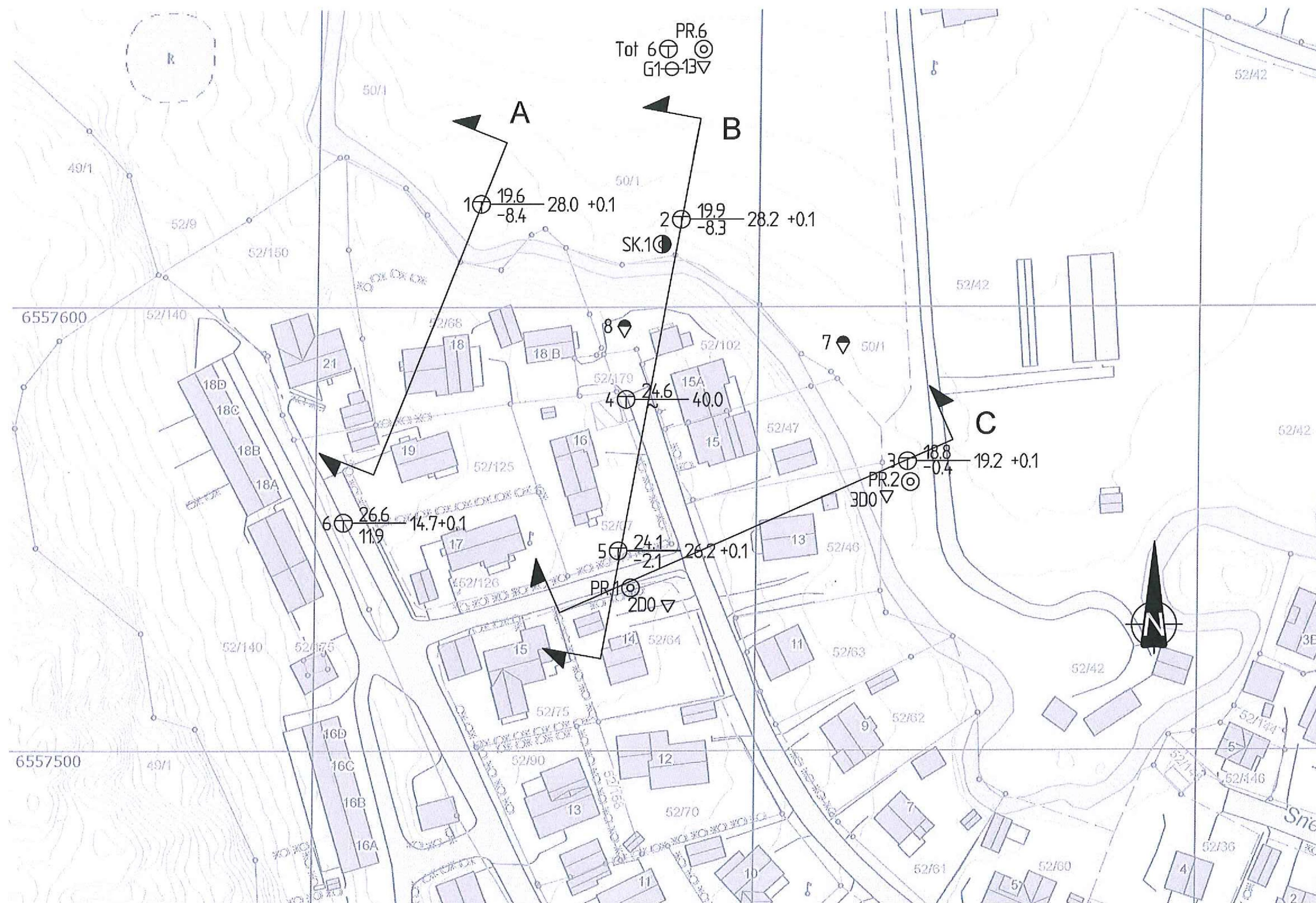
Fagområde:	Geoteknikk		
Stikkord:	kvikkleire, stabilitet		
Land/Fylke:	Norge/Vestfold	Kartblad:	
Kommune:	Sandefjord	UTM koordinater, Sone:	32
Sted:	Unneberg	Øst: 5715	Nord: 65577

Distribusjon:

- Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)
 Intern
 Fri

Dokumentkontroll:

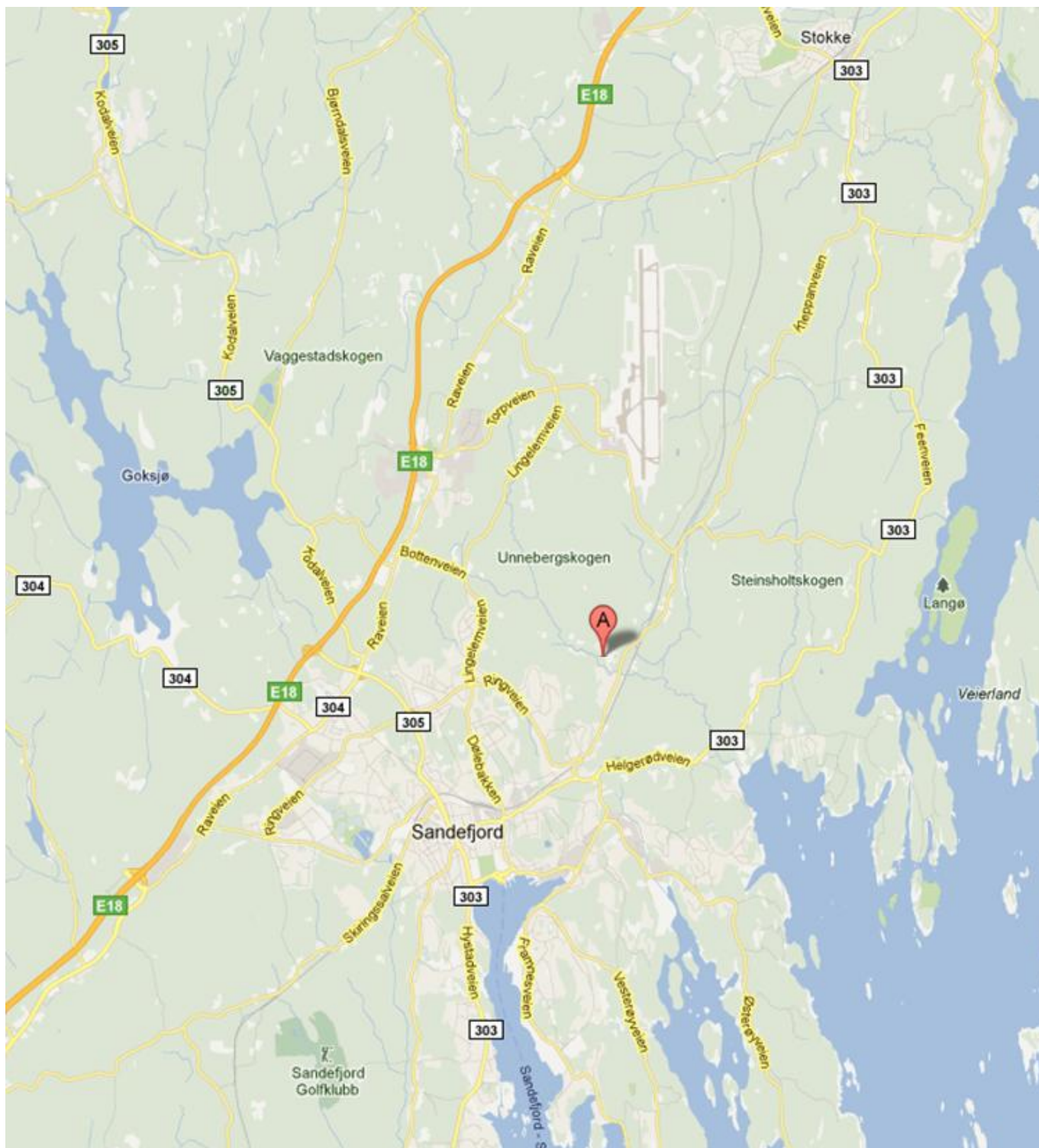
		Dokument 18.10.2011		Revisjon 1		Revisjon 2		Revisjon 3	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutsetninger	Utarbeidet	08.11.2011	rr						
	Kontrollert	08.11.2011	janr						
Grunnlagsdata	Utarbeidet	08.11.2011	rr						
	Kontrollert	08.11.2011	janr						
Teknisk innhold	Utarbeidet	08.11.2011	rr						
	Kontrollert	08.11.2011	janr						
Format	Utarbeidet	08.11.2011	rr						
	Kontrollert	08.11.2011	janr						
Anmerkninger									
Godkjent for utsendelse (Seksjonsleder/Avdelingsleder)					Dato: 9/11-2011		Sign.: 		



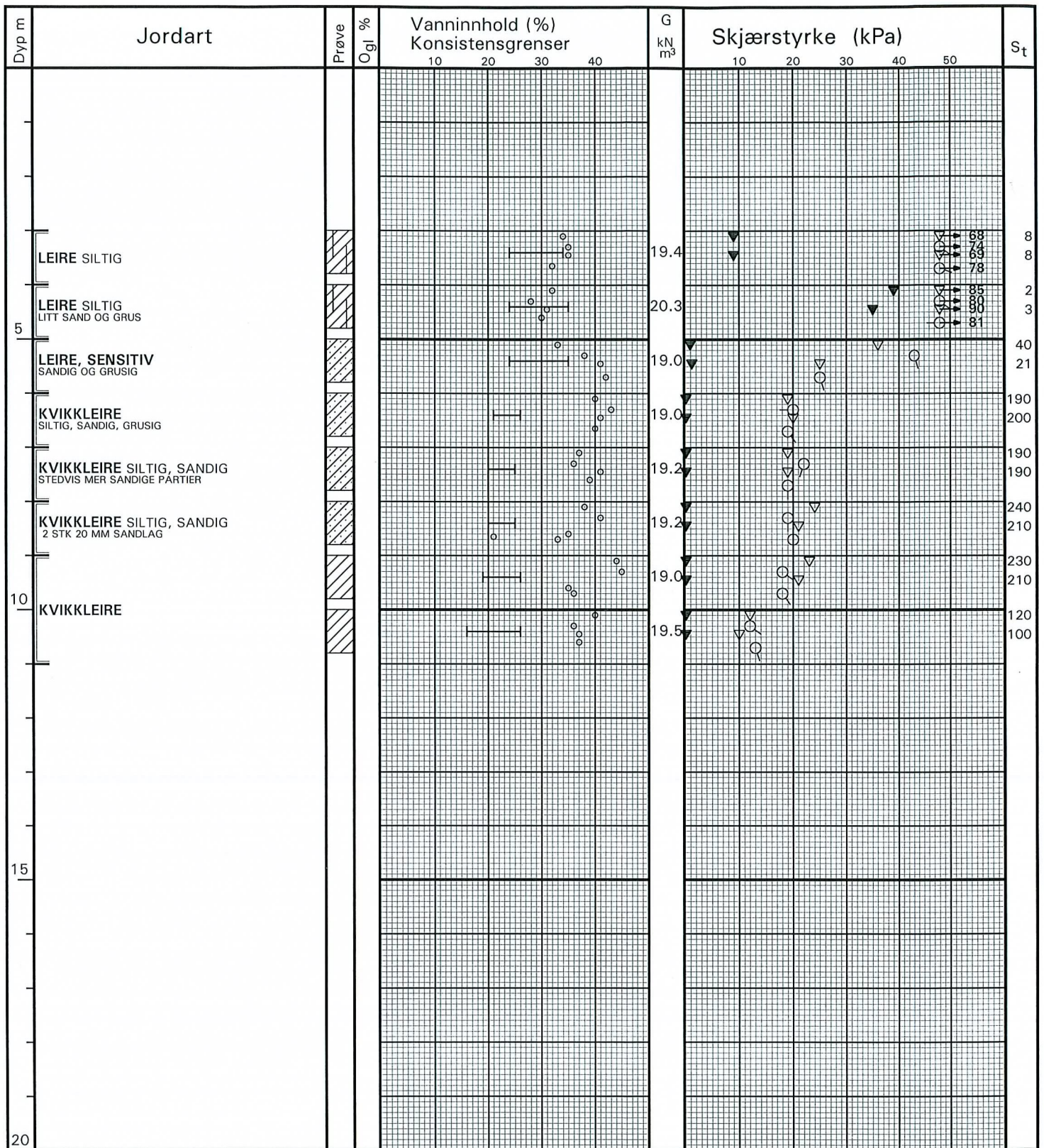
- | | | | |
|-------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|
| ● DREIESONDERING | ☆ FJELLKONTROLLBORING | ⊙ PRØVESERIE | + VINGEBORING |
| ○ ENKEL SONDERING | ⊕ KJERNEBORING | □ PRØVEGROP | ⊖ PORETRYKKMÅLING |
| ▼ RAMSONDERING | ⚠ DREIETRYKKSONDERING | ▽ TRYKKSONDERING | ⚡ FJELL I DAGEN |
| ① TOTALSONDERING | ⊠ SKRUPLATEFORSØK | ① TERRENGKOTE (BUNN)KOTE | BORET DYBDE + BORET I FJELL |
| | | ① ANTATT FJELLKOTE | |

BORBOK NR:
 LAB.BOK NR:
 KARTGRUNNLAG:
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	NVE		Original format	Fag	
	Unnebergbekken, Sandefjord		A3	Geoteknikk	
	Borplan		Tegningens filnavn		
	Stabilitet langs Unnebergbekken		Underlagets filnavn borplan.dwg		
			Målestokk		
			1:1000		
	MULTICONSULT AS	Dato 08.11.2011	Konstr./Tegnet RR	Kontrollert janr	Godkjent janr
	Strømsø Torg 9, 3044 Drammen Tlf: 31 30 24 00 - Fax: 31 30 24 01	Oppdrag nr. 811301-3	Tegning nr. 1	Rev.	



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
OVERSIKTSKART		Original format A-4	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn Oversiktskart.docx			
NVE UNNEBERGBEKKEN, SANDEFJORD		Målestokk			
MULTICONSULT Strømsø Torg 9, Postboks 2345, 3003 Drammen Tlf. 31 30 24 00 - Fax: 31 30 24 01		Dato 19. oktober 2011	Konstr./Tegnet RR	Kontrollert Kne	Godkjent Kne
		Oppdrag nr. 811301-3	Tegning nr. 0	Rev.	



- | | | | | | |
|--|-------------------------------|--|--------------------|----------------|----------------|
| | VANNINNHold/KONSISTENSGRENSER | | KONUS, UFORSTYRRET | Ogl | GLØDETAP |
| | ROMVEKT | | KONUS, OMRØRT | S _t | SENSITIVITET |
| | TRYKKFORSØK/BRUDEFORMASJON | | TREAKS, AKTIV | /Ø | ØDOMETERFORSØK |
| | | | TREAKS, PASSIV | /K | KORNFORDDELING |

BORPROFIL

NVE
Unnebergbekken

Hull	X-koord	Y-koord
6		
Terreng	Grv.st	Opptak
Borplan	Lab	Prøveserie
		Kontr.
Prosjekt	FIGUR:	
584 Unneberg		
Tegn.Dato		
5.09.2011		

GeoStrøm

TERRENGKOTE BUNNKOTE	24.1 DYBDE m PRØVE	VANNINNHOLD OG KONSISTENSGRENSER				n %	O _{Na} %	γ kN/m ³	UDRENERT SKJÆRSTYRKE S _u (kN/m ²)					S _t
		20	30	40	50				10	20	30	40	50	
FINSAND/SILT Humusholdig						46	18.7							23
						47	18.4							
SILT, LEIRIG Planterester						58	16.7							23
						54	17.3							
SILT Kvikkleire lommer	5					42	19.4							38
						41	19.6							
KVIKKLEIRE, SILTIG Enk. siltlommer						54	17.3							73
						59	16.5							
	10					56	17.1							145
						57	17.0							
						51	18.0							150
						52	17.7							
	15													
	20													

PR= Ø 54 mm

SK=SKOVLBORING

PG=PRØVEGROP

LAB.BOK 1890

BORBOK 21254

○ VANNINNHOLD

— W_L FLYTEGRENSE

— W_P PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET

O_{Na} = HUMUSINNHOLD

O_{gl} = GLØDETAP

γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSØK

○ TRYKKFORSØK

15-○-5 % DEFORMASJON VED BRUDD

○ OMRØRT SKJÆRSTYRKE

S_t SENSITIVITET

Ø-ØDOMETERFORSØK P=PERMEABILITET K=KORNGRADERING T=TREKSIALFORSØK

PRØVESERIE

Borpunkt nr.

PR.1

Tegnet

SK

Side

1 av 1

**UNNEBERGBEKKEN
SANDEFJORD**

Borplan nr.

-1

Kontr.

Boret dato

19.11.2007

Dato

19.12.07



MULTICONSULT AS

Hoffsveien 1 - Pb. 265 Skøyen - 0213 OSLO

Tlf. 22 51 50 00 - Fax: 22 51 50 01

Oppdrag nr.

811301 - 3

Tegning nr.

10

Rev.

TERRENGKOTE BUNNKOTE	DYBDE m 18.8 PRØVE	VANNINNHOLD OG KONSISTENSGRENSER				n %	O _{Na} %	γ kN m ³	UDRENERT SKJÆRSTYRKE S _u (kN/m ²)					S _t
		20	30	40	50				10	20	30	40	50	
Silt, sandig, organisk														
Silt/Sand, grusig														
LEIRE, SILTIG Enk. gruskorn						56	17.1							38
KVIKKLEIRE						52	17.9							63
KVIKKLEIRE, SANDIG						53	17.7							58
Enk. gruskorn	5					50	18.0							12
Grusig						51	17.9							83
Grusig	T					52	17.7							80
Grusig						51	17.9							17
Grusig						53	17.6							
Grusig						51	18.0							
Grusig	10					51	18.0							63
	15													
	20													

PR= ∅ 54 mm

SK=SKOVLBORING

PG=PRØVEGROP

LAB.BOK 1890

BORBOK 21254

○ VANNINNHOLD

— W_L FLYTEGRENSE

— W_P PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET

O_{Na} = HUMUSINNHOLD

O_{gl} = GLØDETAP

γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSØK

○ TRYKKFORSØK

15-○-5 % DEFORMASJON VED BRUDD

○ OMRØRT SKJÆRSTYRKE

S_t SENSITIVITET

Ø-ØDOMETERFORSØK P=PERMEABILITET K=KORNGRADERING T=TREAKSIALFORSØK

PRØVESERIE

Borpunkt nr.

PR.2

Tegnet

SK

Side

1 av 1

**UNNEBERGBEKKEN
SANDEFJORD**

Borplan nr.

-1

Kontr.

Boret dato

20.11.2007

Dato

19.12.07



MULTICONSULT AS

Hoffsveien 1 - Pb. 265 Skøyen - 0213 OSLO

Tlf. 22 51 50 00 - Fax: 22 51 50 01

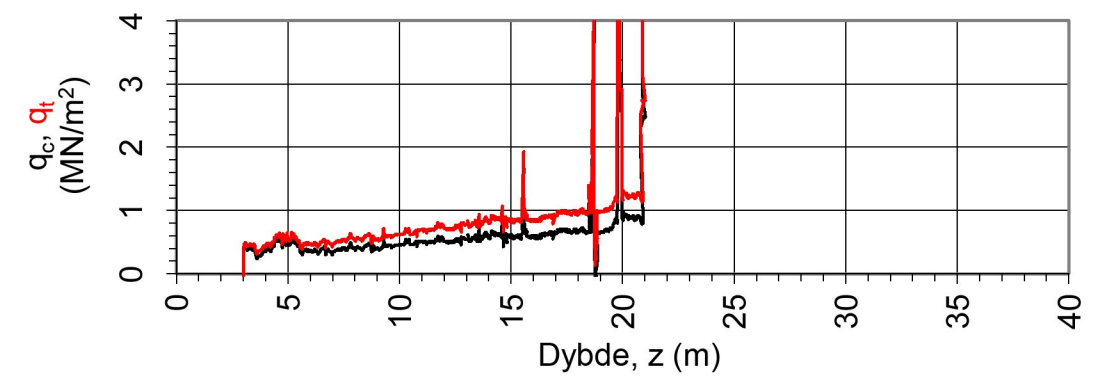
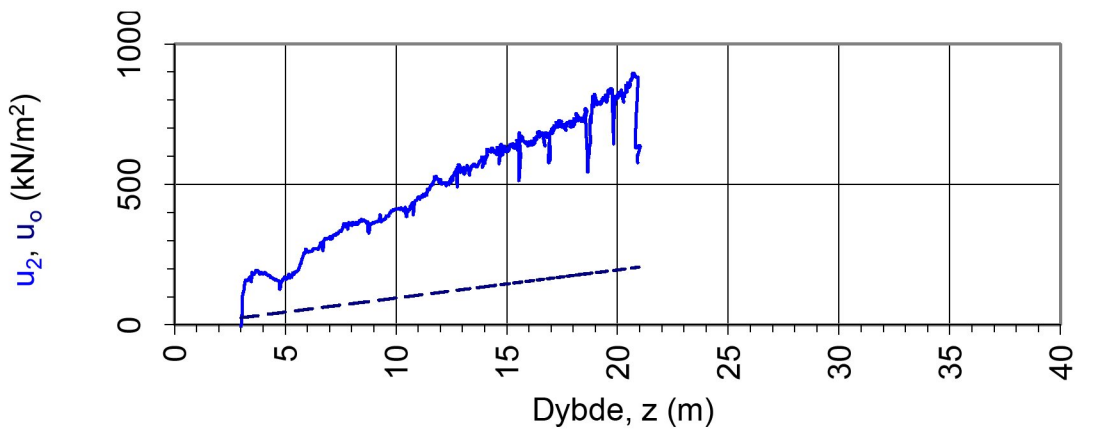
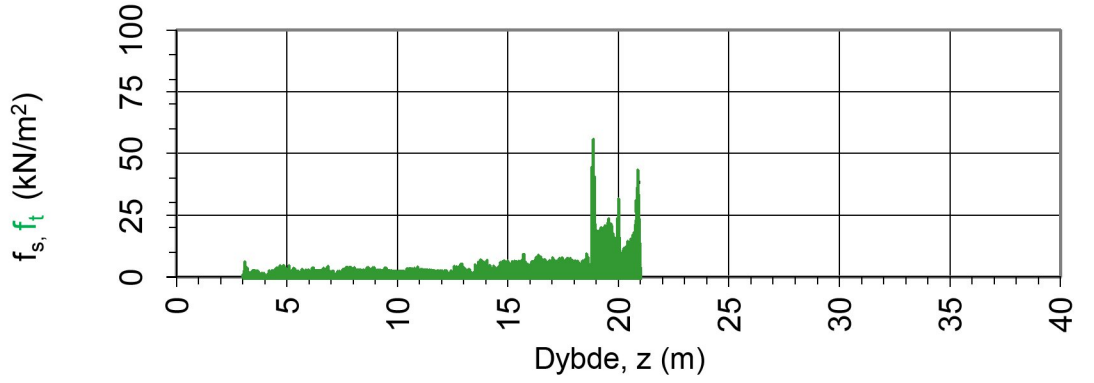
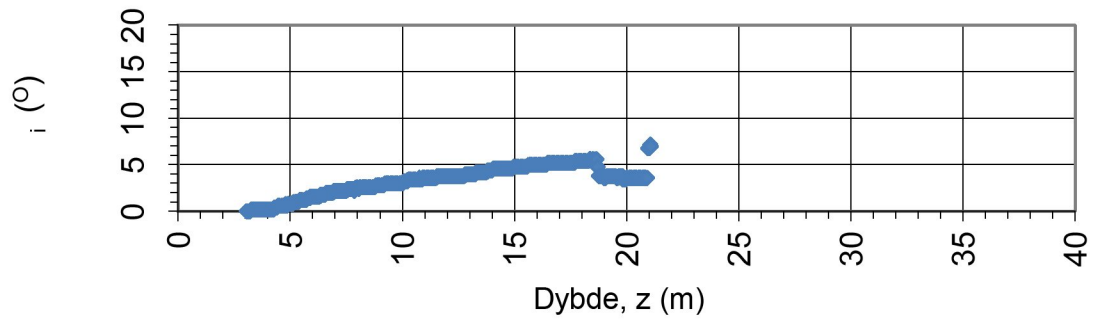
Oppdrag nr.


811301 - 3

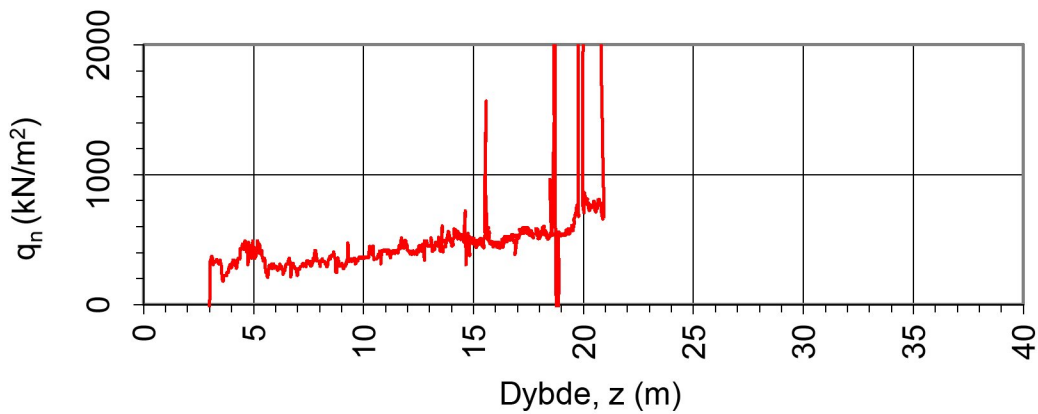
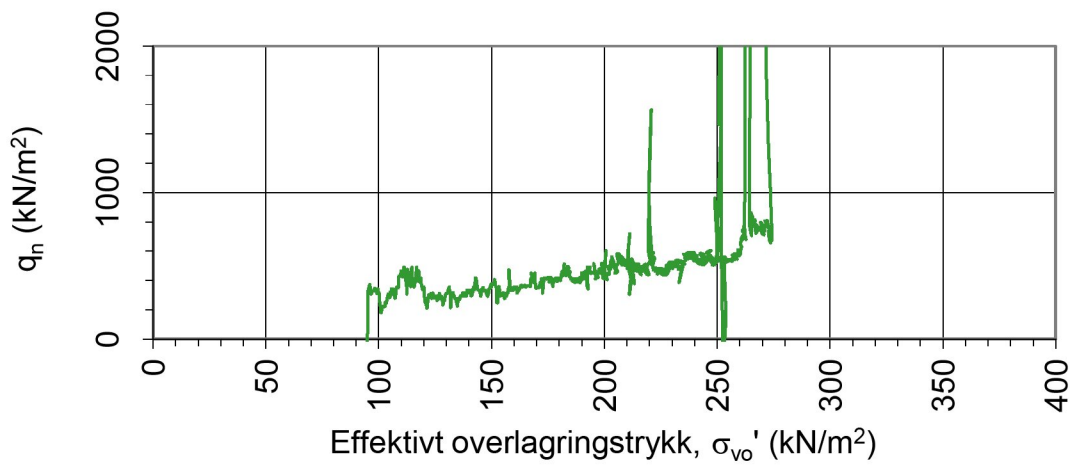
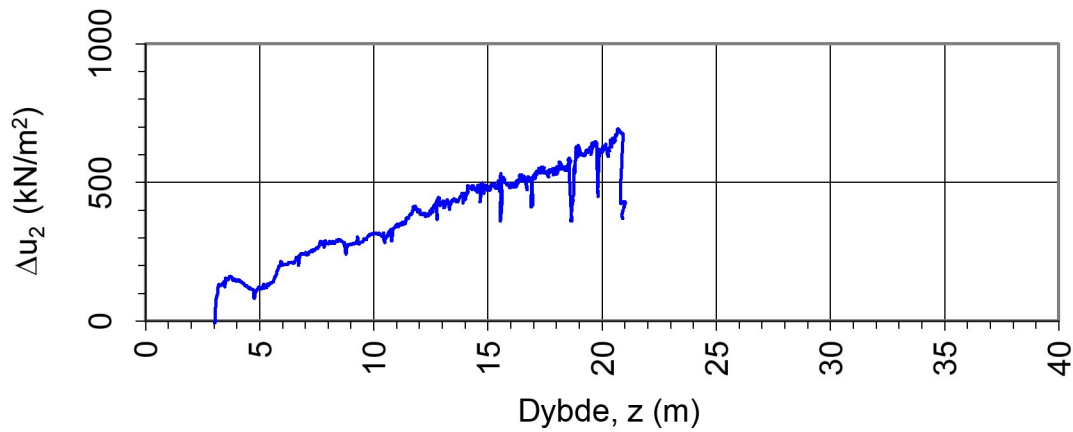
Tegning nr.

11

Rev.



Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Unnebergbekken		Tegningens filnavn: 00.01.1900
Spissmotstand $q_{c,t}$, poretrykk u_2 og sidefriksjon f_s .				
CPTU id.:	CPTU /2D0	Sonde:	3259	
MULTICONSULT AS	Dato: 04.10.2011	Tegnet: rr	Kontrollert: janr	Godkjent: janr
	Oppdrag nr.: 811301-3	Tegning nr.: 2D0-1	Versjon: 25.02.2011	Revisjon: 0



Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

Unnebergbekken

Tegningens filnavn:

00.01.1900

Netto spissmotstand q_n og poreovertrykk Δu_2

CPTU id.:

CPTU /2D0

Sonde:

3259



MULTICONSULT AS

Dato:

04.10.2011

Tegnet:

rr

Kontrollert:

janr

Godkjent:

janr

Oppdrag nr.:

811301 _3

Tegning nr.:

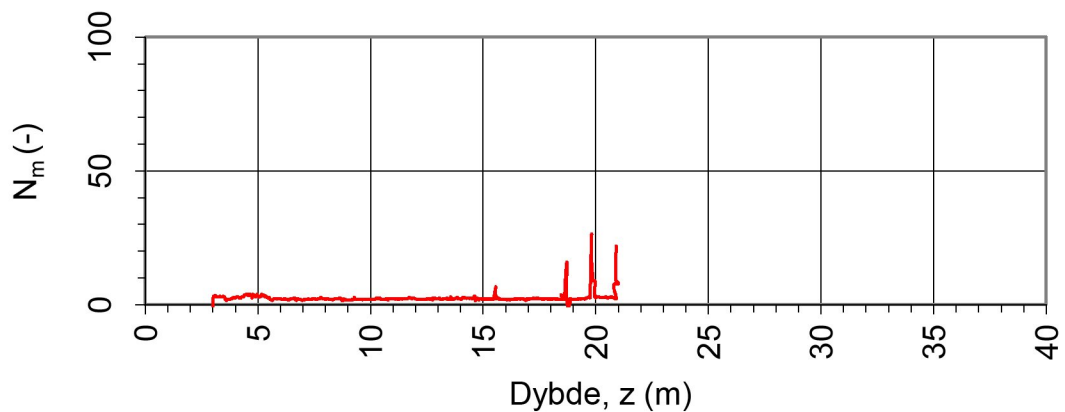
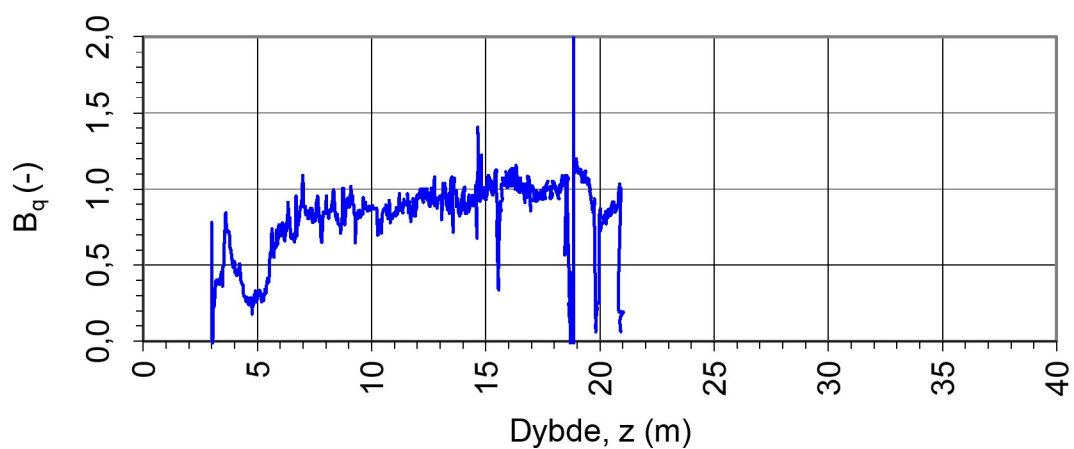
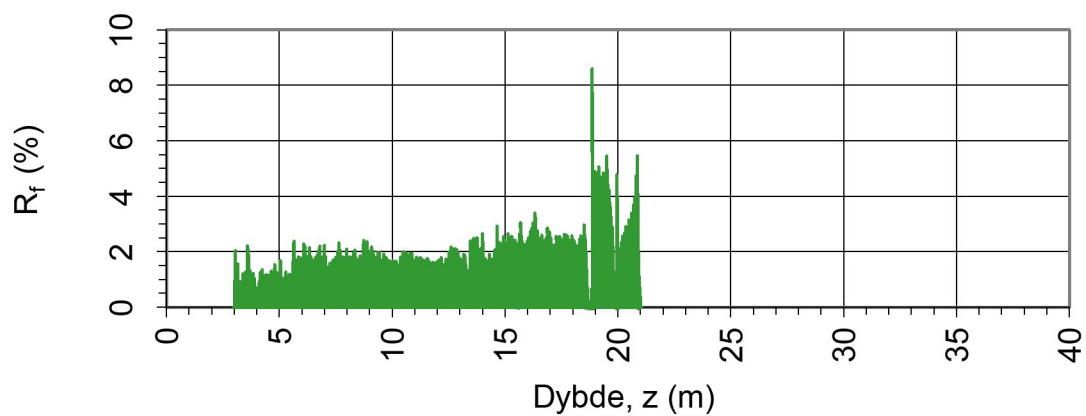
2D0-2


Versjon:

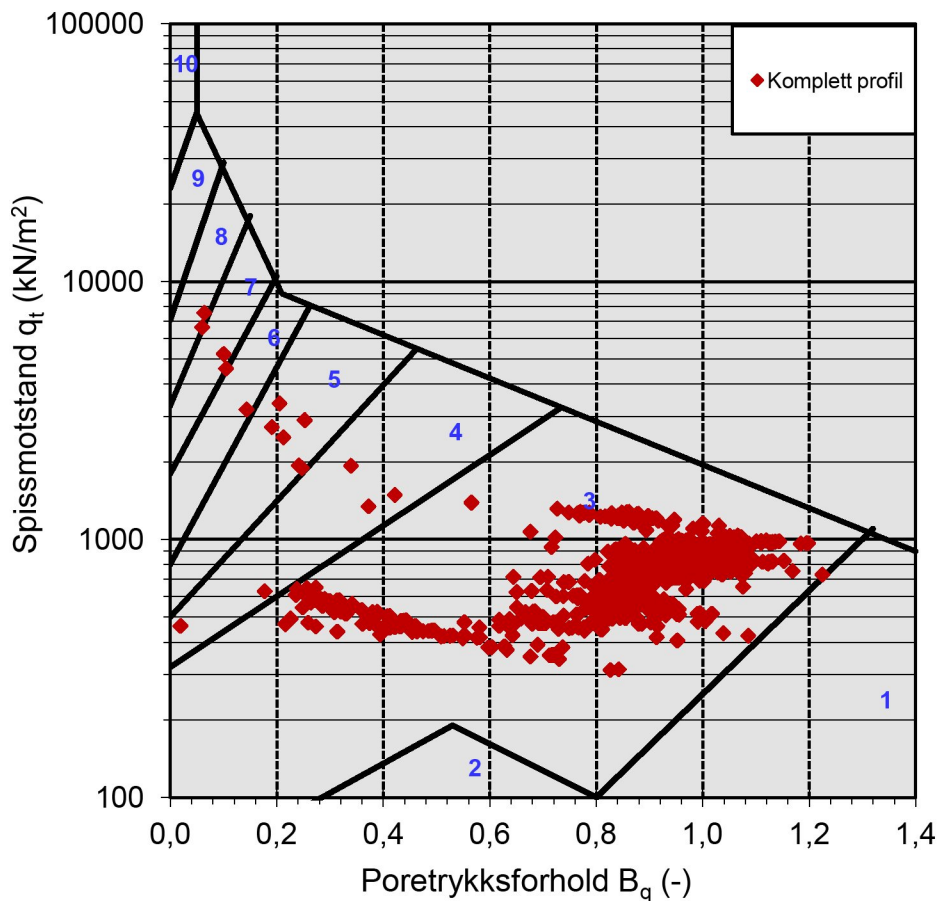
25.02.2011

Revisjon:


0

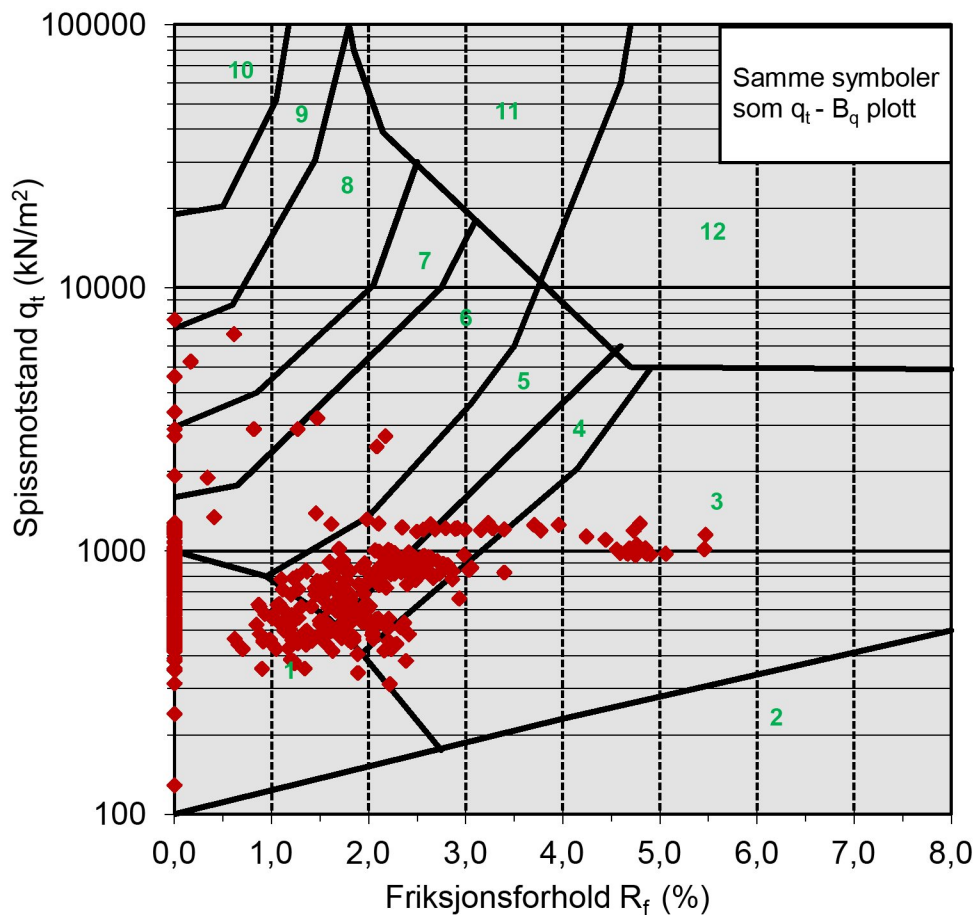


Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Unnebergbekken		Tegningens filnavn: 00.01.1900	
Spissmotstandstill N_m , poretrykks- B_q og friksjonsforhold R_f					
CPTU id.:	CPTU /2D0	Sonde:	3259		
MULTICONSULT AS	Dato: 04.10.2011	Tegnet: rr	Kontrollert: janr	Godkjent: janr	
	Oppdrag nr.: 811301 -3	Tegning nr.: 2D0-3	Versjon: 25.02.2011	Revisjon: 0	



Jordartsid.	Beskrivelse	Identifikasjon
1	Sensitivt, finkornig materiale	
2	Organisk materiale	
3	Leire	Ved variasjon i jordartgruppe brukes begge Id-boksene for å beskrive materialet (eks. 5-7)
4	Leire - siltig leire	
5	Leirig silt - siltig leire	
6	Sandig silt - leirig silt	
7	Siltig sand - sandig silt	
8	Sand - siltig sand	
9	Sand	
10	Grusig sand - sand	
11	Meget fast, finkornig materiale	
12	Sand - leirig sand	

Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Unnebergbekken		Tegningens filnavn: 00.01.1900	
Jordartsidentifikasjon fra CPTU data - q_t og B_q .					
CPTU id.:	CPTU /2D0	Sonde:	3259		
MULTICONSULT AS	Dato: 04.10.2011	Tegnet: rr	Kontrollert: janr		
	Oppdrag nr.: 811301_3	Tegning nr.: 2D0-4	Versjon: 25.02.2011	Revisjon: 0	



Jordartsid.	Beskrivelse	Identifikasjon
1	Sensitivt, finkornig materiale	
2	Organisk materiale	
3	Leire	Ved variasjon i jordartgruppe brukes begge Id-boksene for å beskrive materialet (eks. 5-7)
4	Leire - siltig leire	
5	Leirig silt - siltig leire	
6	Sandig silt - leirig silt	
7	Siltig sand - sandig silt	
8	Sand - siltig sand	
9	Sand	
10	Grusig sand - sand	
11	Meget fast, finkornig materiale	
12	Sand - leirig sand	

Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

Unnebergbekken

Tegningens filnavn:

00.01.1900

Jordartsidentifikasjon fra CPTU data - q_t og R_f .

CPTU id.:

CPTU /2D0

Sonde:

3259



MULTICONSULT AS

Dato:
04.10.2011

Tegnet:
rr

Kontrollert:
janr

Godkjent:
janr


Oppdrag nr.:
811301 _3

Tegning nr.:
2D0-5

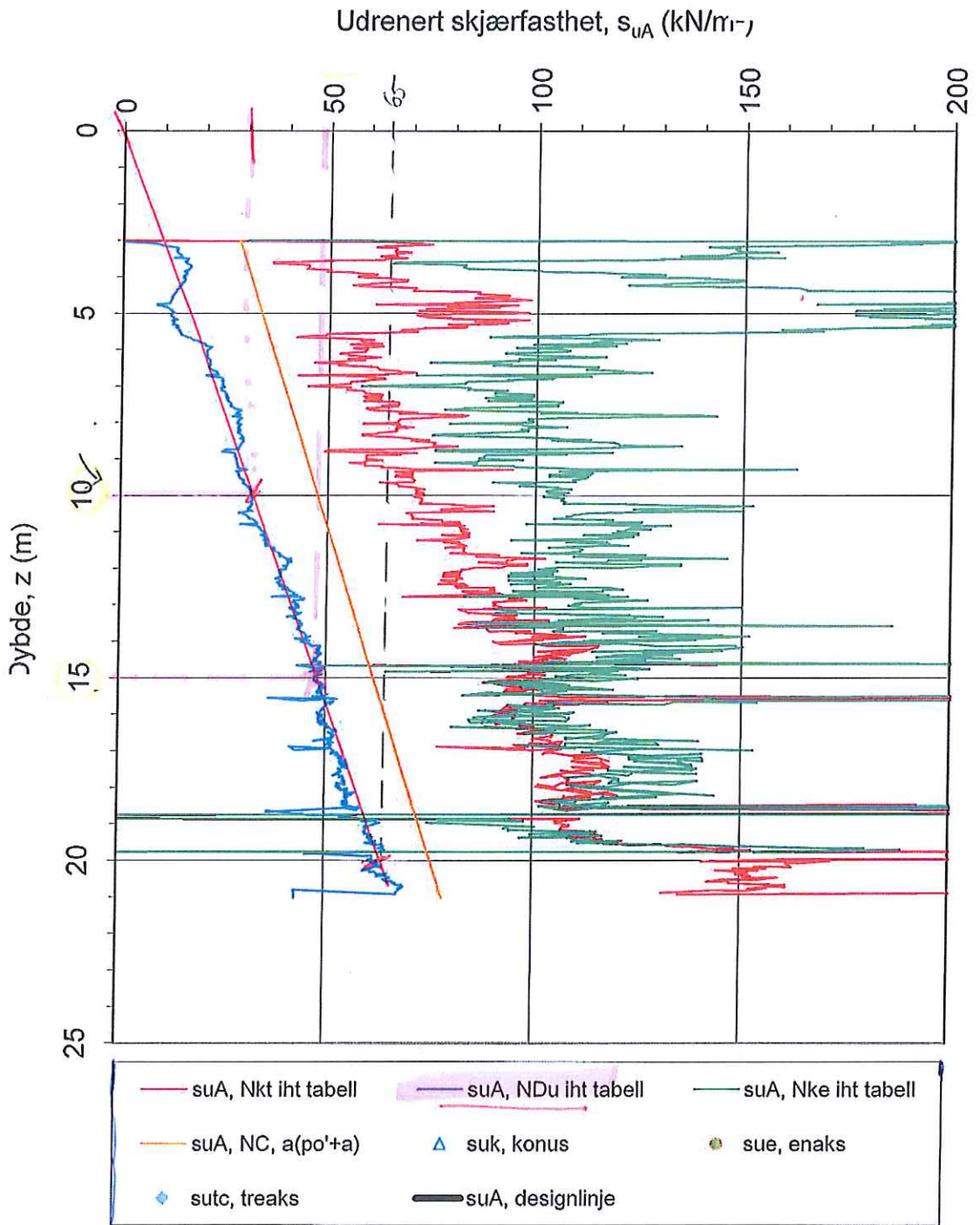
Versjon:
25.02.2011

Revisjon:
0

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	3259	Sondetype:	Classic
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0,598	Arealforhold, b:	0,013
Kalibreringsdato:	07.07.2010	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning (MPa):	20,0	0,5	2,5
Måleområde (MPa):	20,0	0,5	2,5
Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa):	5,91	0,2	0,96
Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa):	0,18	0,01	0,03
Max. temp. effekt, ubelastet (kPa):	15,33	1,30	2,09
Temperaturområde (°C):	0-40	0-40	0-40
Merknad 1:			
Merknad 2:			
UTFØRELSE			
Borleder:		Assistent:	
Filtertype:	spaltefilter	Mettemedium:	fett
Mettemetode:		Lufttemperatur (°C):	15,0
Forankring:		Max. helning (°):	7,0
Merknad 1:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt (kPa):	3,45	0,29	0,47
NULLPUNKTKONTROLL			
Faktor	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering (DOS):	7290,00	112,00	395,00
Etter sondering (DOS):	7230,00	113,00	405,00
Avvik (DOS) (kPa):	-60000,0	1,0	10,0
Før sondering (Windows):			
Etter sondering (Windows):			
Avvik (Windows) (kPa):	0,0	0,0	0,0
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
Målestørrelse	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa)	60009,54	1,50	11,46
Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k (kPa)	35,0	5,0	10,0
Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k (kPa)	100,0	15,0	25,0
Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k (kPa)	200,0	25,0	50,0
Vurdering profil	4		
ANVENDELSESKLASSE	4	1	2
Oppdragsgiver: NVE Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet.	Oppdrag: Unnebergbekken		
CPTU id.:	CPTU /2D0	Sonde:	3259
MULTICONSULT AS	Dato: 04.10.2011	Tegnet: rr	Kontrollert: janr
	Oppdrag nr.: 811301 -3	Tegning nr.: 2D0-6	Versjon: 25.02.2011

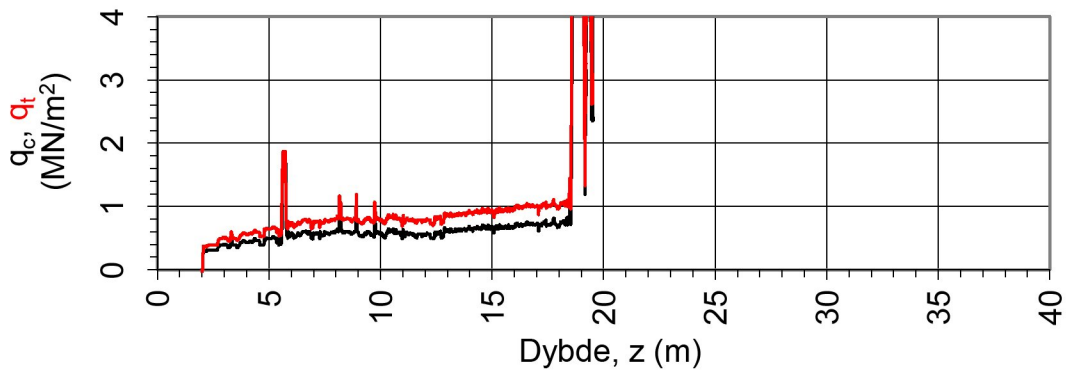
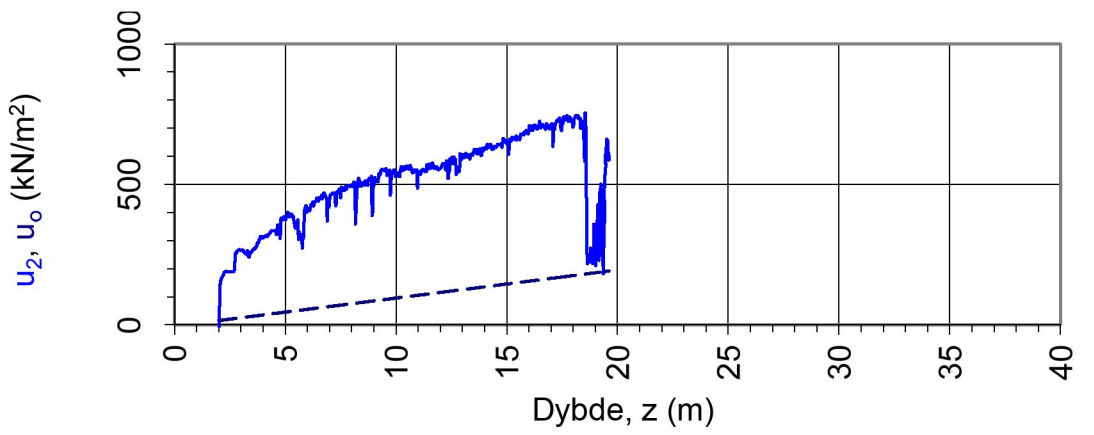
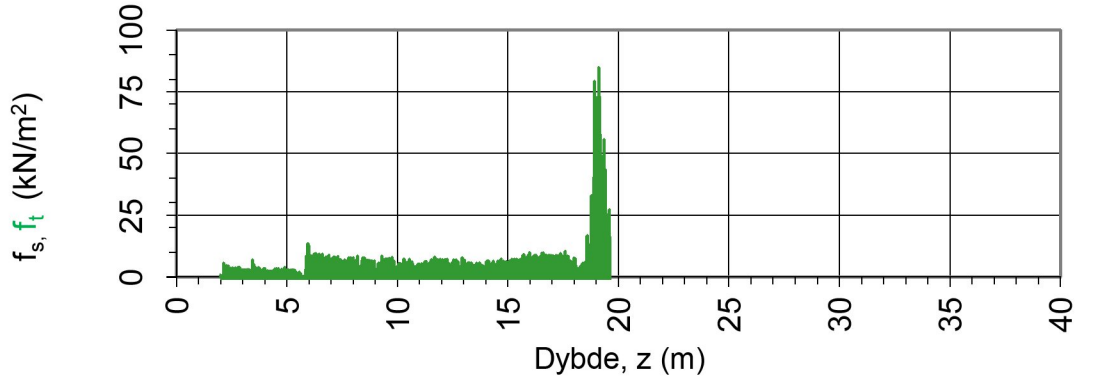
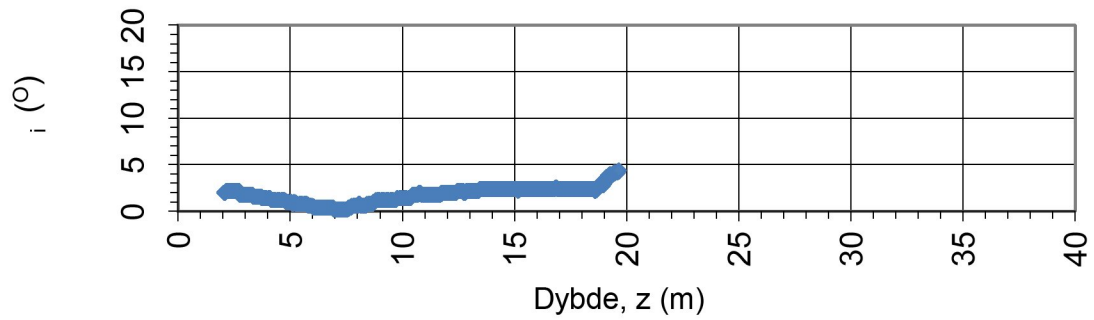
$s_{uA} = U_{id1} \cdot \rho_0$




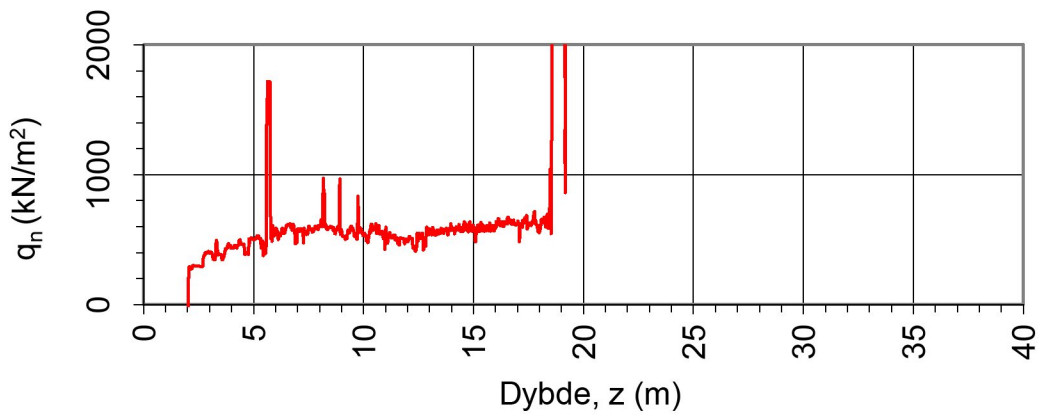
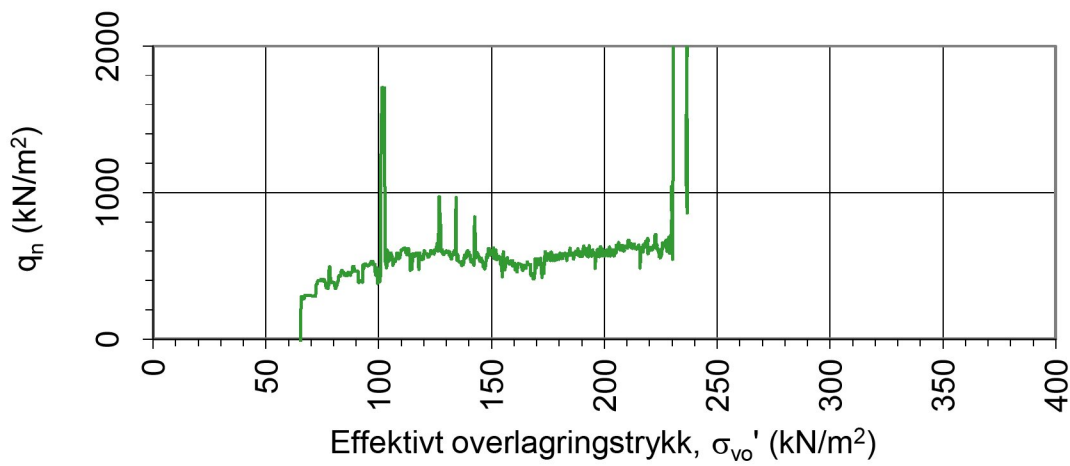
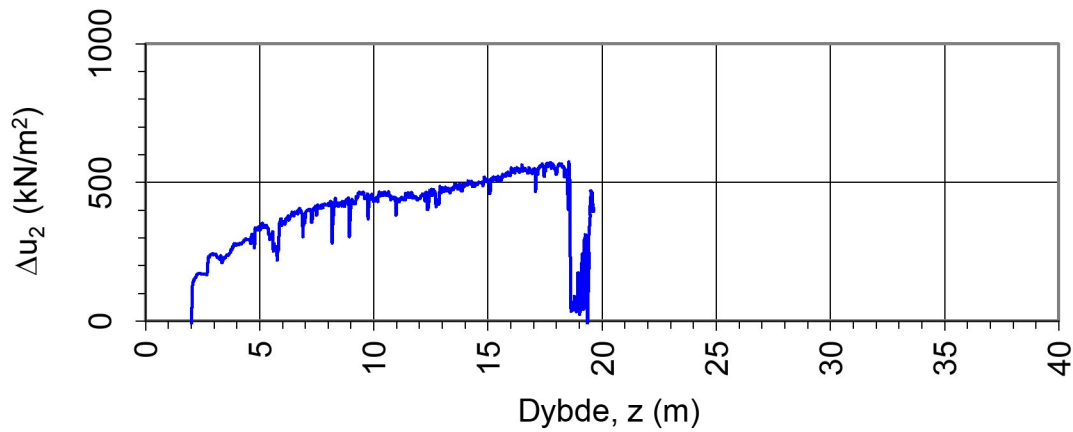
α_c valgt: 0,28

Lag	Dybde uk laggrense, z (m)	N_{kt}	$N_{\Delta u}$	N_{ke}	Merknad
1	21,10	5,00	10,00	2,00	
2	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	0,00	0,00	0,00	0,00	

Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Unnebergbekken		Tegningens filnavn: 00.01.1900
Aktiv udrenert skjærfasthet s_{uA} , valgte tolkningsfaktorer.				
CPTU id.:	CPTU /2D0	Sonde:	3259	
MULTICONSULT AS	Dato: 04.10.2011	Tegnet: rr	Kontrollert: janr	Godkjent: janr
	Oppdrag nr.: 811301 -3	Tegning nr.: 2D0-7	Versjon: 25.02.2011	Revisjon: 0



Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Unnebergbekken		Tegningens filnavn: 00.01.1900	
Spissmotstand $q_{c,t}$, poretrykk u_2 og sidefriksjon f_s .					
CPTU id.:	CPTU /3D0	Sonde:	3259		
MULTICONSULT AS	Dato: 04.10.2011	Tegnet: rr	Kontrollert: janr	Godkjent: janr	
	Oppdrag nr.: 811301 -3	Tegning nr.: 3D0-1	Versjon: 25.02.2011	Revisjon: 0	



Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

Unnebergbekken

Tegningens filnavn:

00.01.1900

Netto spissmotstand q_n og poreovertrykk Δu_2

CPTU id.:

CPTU /3D0

Sonde:

3259



MULTICONSULT AS

Dato:

04.10.2011

Tegnet:

rr

Kontrollert:

janr

Godkjent:

janr

Oppdrag nr.:

811301 -3

Tegning nr.:

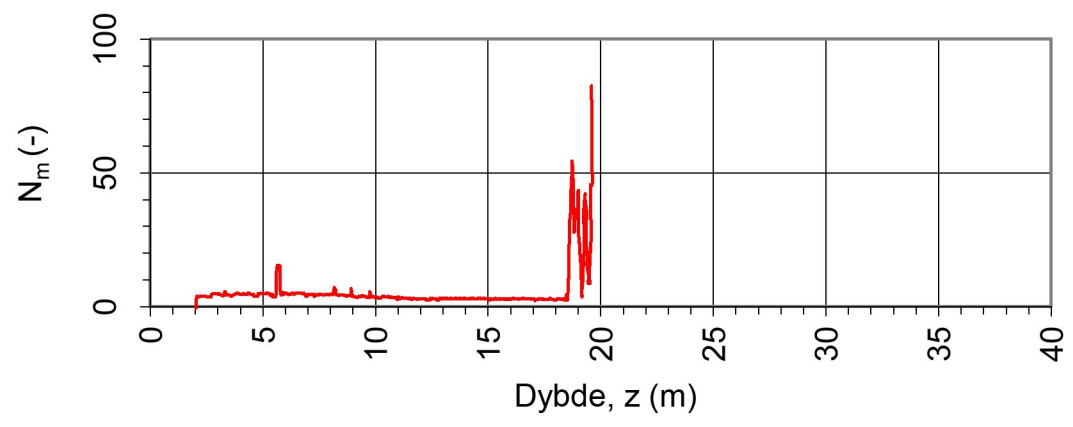
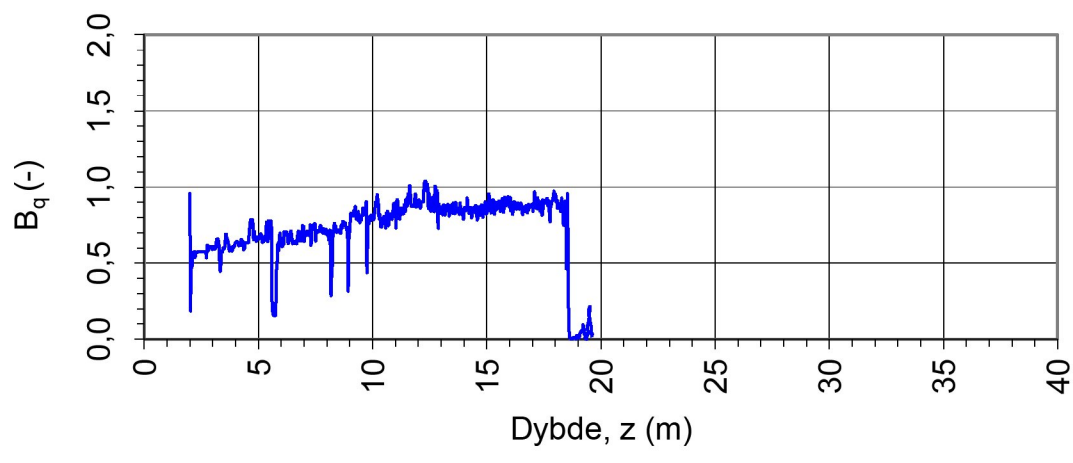
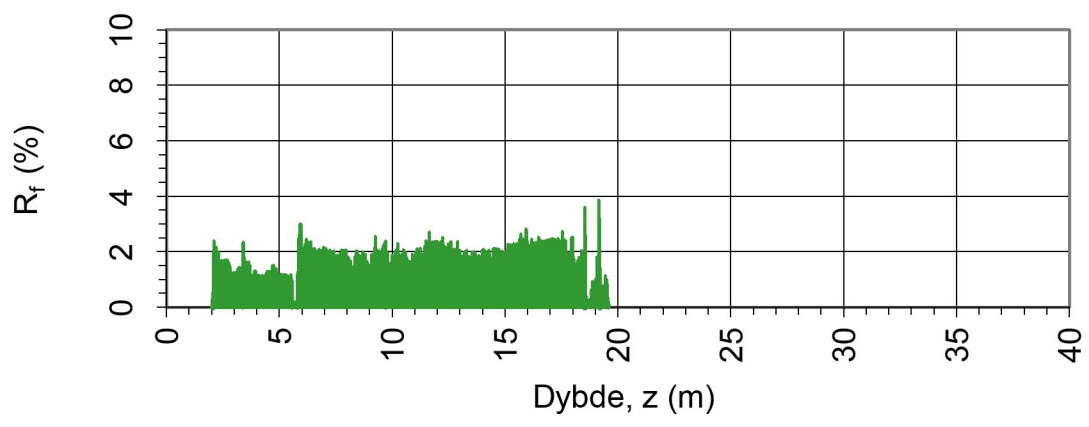
3D0-2


Versjon:

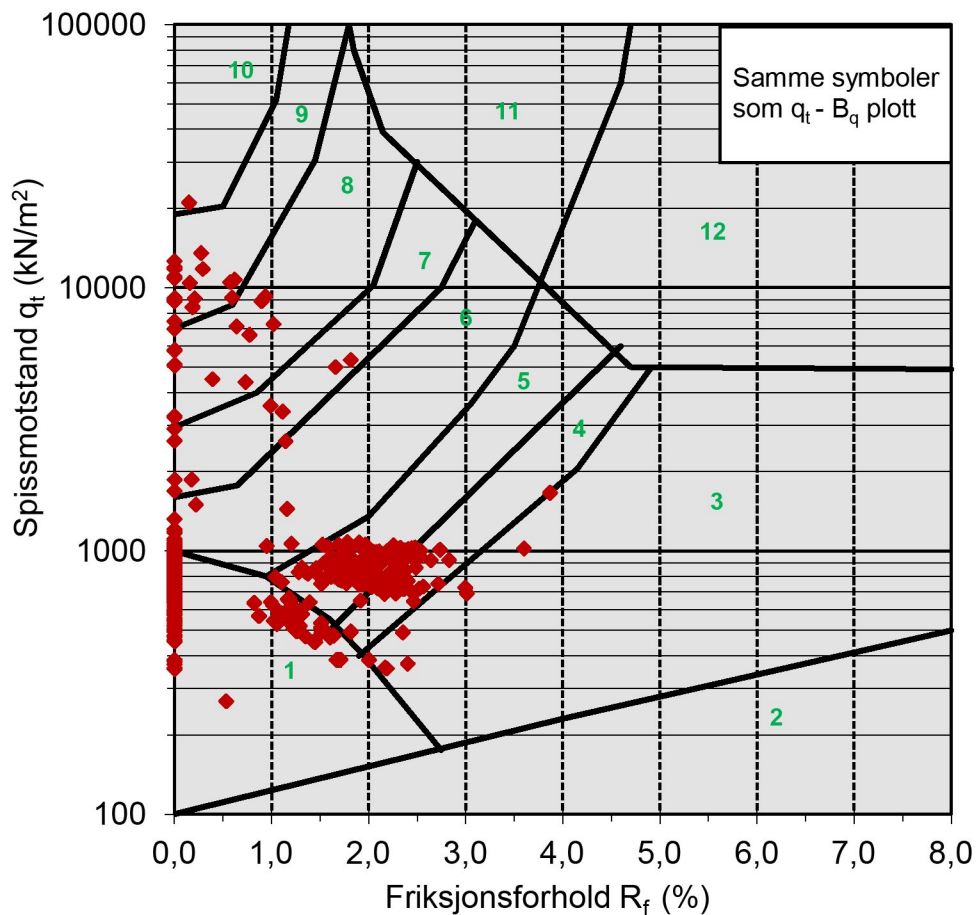
25.02.2011

Revisjon:

0



Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Unnebergbekken		Tegningens filnavn: 00.01.1900	
Spissmotstandstall N_m , poretrykks- B_q og friksjonsforhold R_f					
CPTU id.:	CPTU /3D0	Sonde:	3259		
MULTICONSULT AS	Dato: 04.10.2011	Tegnet: rr	Kontrollert: janr	Godkjent: janr	
	Oppdrag nr.: 811301 -3	Tegning nr.: 3D0-3	Versjon: 25.02.2011	Revisjon: 0	



Jordartsid.	Beskrivelse	Identifikasjon
1	Sensitivt, finkornig materiale	
2	Organisk materiale	
3	Leire	Ved variasjon i jordartgruppe brukes begge Id-boksene for å beskrive materialet (eks. 5-7)
4	Leire - siltig leire	
5	Leirig silt - siltig leire	
6	Sandig silt - leirig silt	
7	Siltig sand - sandig silt	
8	Sand - siltig sand	
9	Sand	
10	Grusig sand - sand	
11	Meget fast, finkornig materiale	
12	Sand - leirig sand	

Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

Unnebergbekken

Tegningens filnavn:

00.01.1900

Jordartsidentifikasjon fra CPTU data - q_t og R_f .

CPTU id.:

CPTU /3D0

Sonde:

3259



MULTICONSULT AS

Dato:
04.10.2011

Tegnet:
rr

Kontrollert:
janr

Godkjent:
janr


Oppdrag nr.:
811301 -3

Tegning nr.:
3D0-4

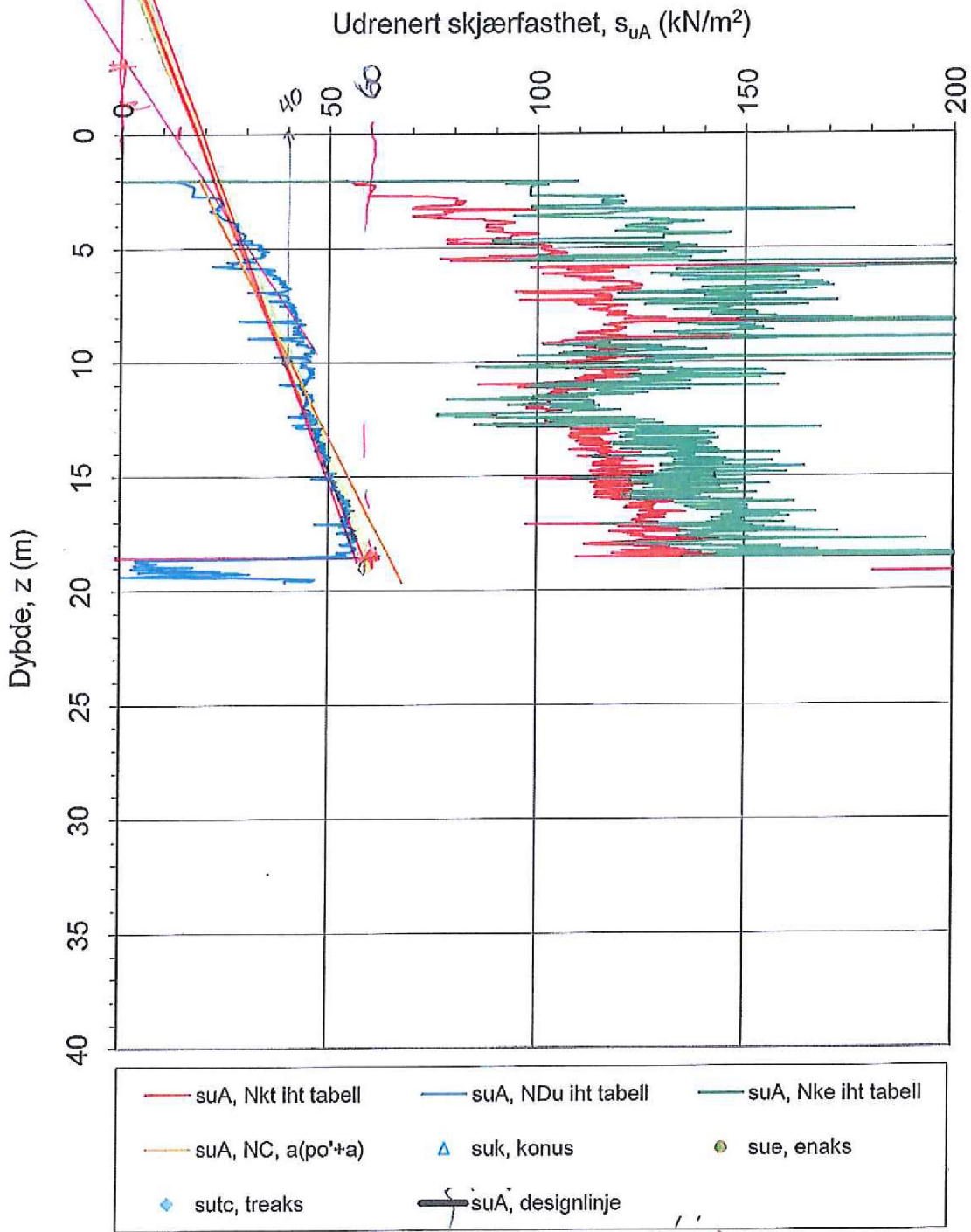
Versjon:
25.02.2011

Revisjon:
0

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

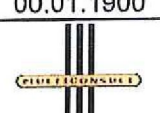
Sonde nr.:	3259	Sondetype:	Classic
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0,598	Arealforhold, b:	0,013
Kalibreringsdato:	07.07.2010	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning (MPa):	20,0	0,5	2,5
Måleområde (MPa):	20,0	0,5	2,5
Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa):	5,91	0,2	0,96
Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa):	0,18	0,01	0,03
Max. temp. effekt, ubelastet (kPa):	15,33	1,30	2,09
Temperaturområde (°C):	0-40	0-40	0-40
Merknad 1:			
Merknad 2:			
UTFØRELSE			
Borleder:		Assistent:	
Filtertype:	spaltefilter	Mettemedium:	fett
Mettemetode:		Lufttemperatur (°C):	15,0
Forankring:		Max. helning (°):	4,2
Merknad 1:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt (kPa):	3,45	0,29	0,47
NULLPUNKTKONTROLL			
Faktor	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering (DOS):	7350,00	112,00	393,00
Etter sondering (DOS):	7310,00	115,00	402,00
Avvik (DOS) (kPa):	-40000,0	3,0	9,0
Før sondering (Windows):			
Etter sondering (Windows):			
Avvik (Windows) (kPa):	0,0	0,0	0,0
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
Målestørrelse	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa)	40009,54	3,50	10,46
Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k (kPa)	35,0	5,0	10,0
Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k (kPa)	100,0	15,0	25,0
Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k (kPa)	200,0	25,0	50,0
Vurdering profil	4		
ANVENDELSESKLASSE	4	1	2
Oppdragsgiver: NVE Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet.	Oppdrag: Unnebergbekken		
CPTU id.:	CPTU /3D0	Sonde:	3259
MULTICONSULT AS	Dato: 04.10.2011	Tegnet: rr	Kontrollert: janr
	Oppdrag nr.: 811301 -3	Tegning nr.: 3D0-5	Versjon: 25.02.2011

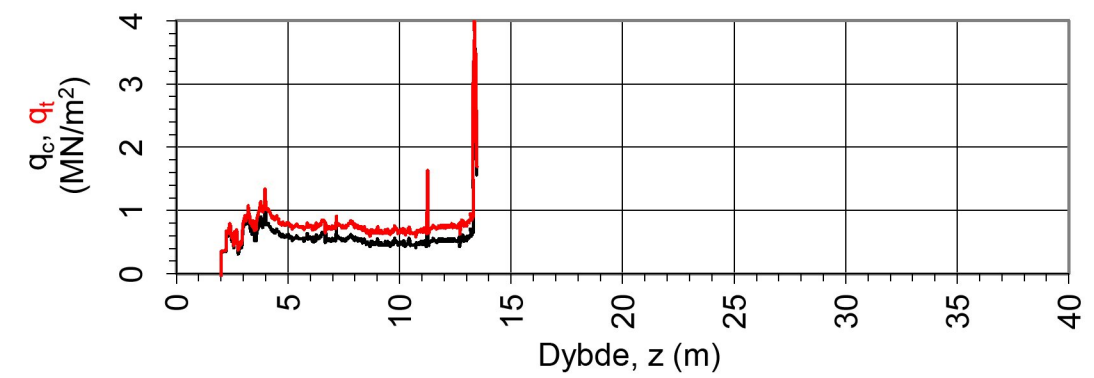
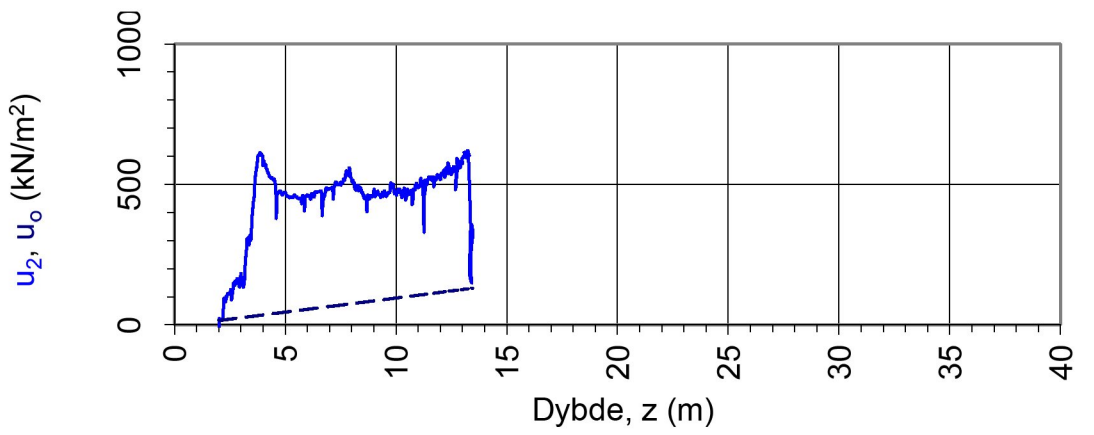
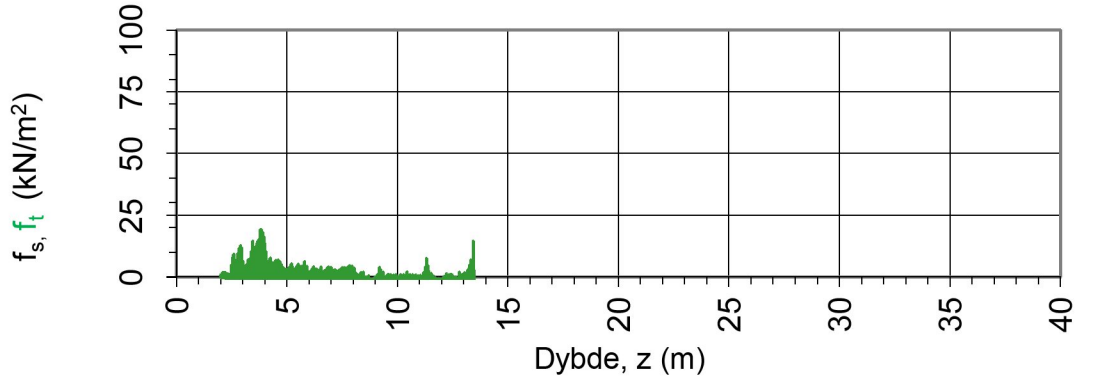
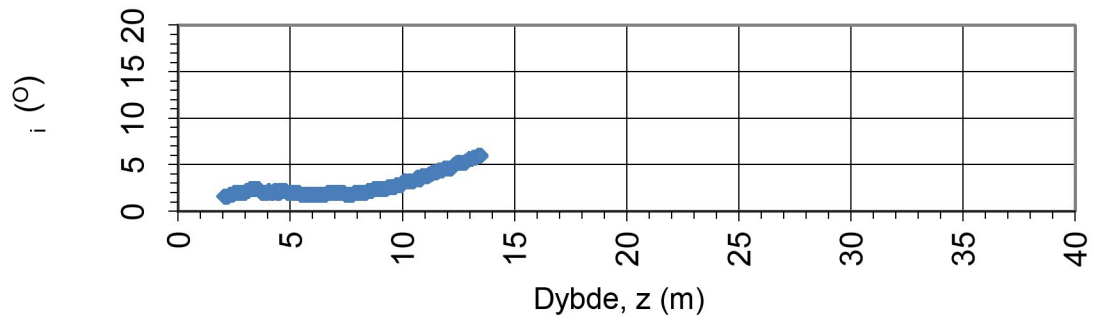
$s_{u0} = 0,118 \cdot p_{00}$




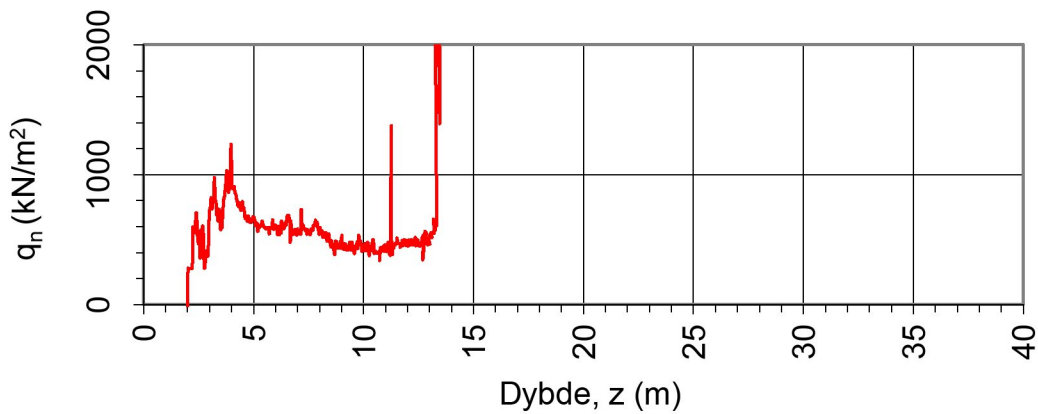
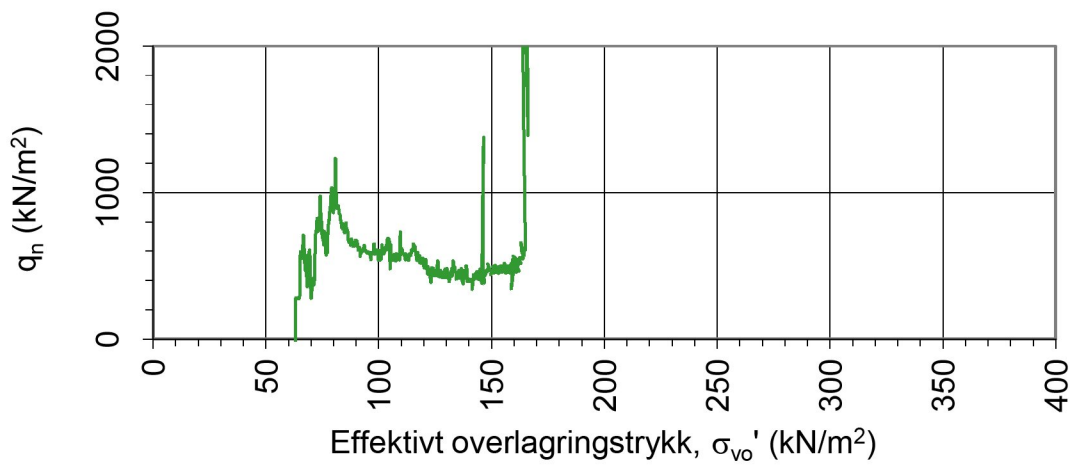
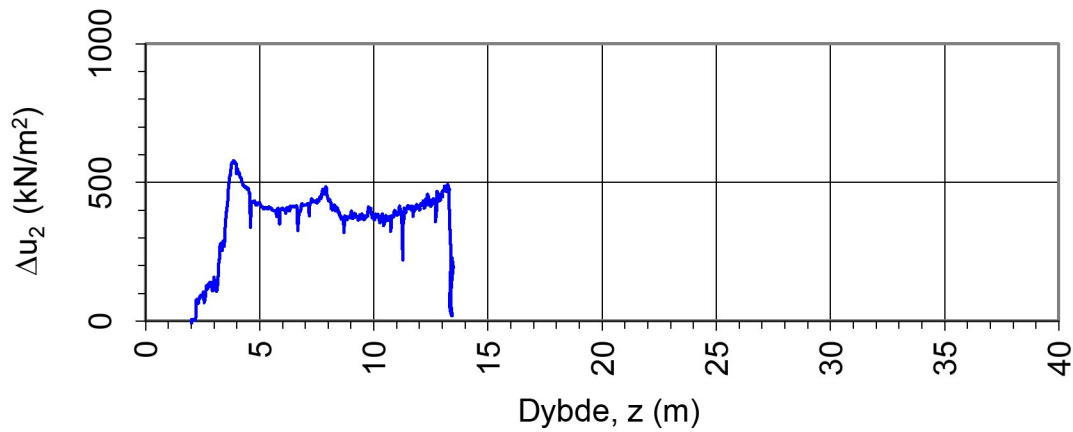
α_c valgt: 0,28

Lag	Dybde uk laggrense, z (m)	N_{kt}	N_{Au}	N_{ke}	Merknad
1	19,65	5,00	10,00	2,00	
2	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	0,00	0,00	0,00	0,00	

Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Unnebergbekken		Tegningens filnavn: 00.01.1900	
Aktiv udrenert skjærfasthet s_{uA} , valgte tolkningsfaktorer.					
CPTU Id.:	CPTU /3D0	Sonde:	3259		
MULTICONSULT AS	Dato: 04.10.2011	Tegnet: rr	Kontrollert: janr		
	Oppdrag nr.: 811301 -3	Tegning nr.: 3D0- 6	Versjon: 25.02.2011	Revisjon: 0	



Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Unnebergbekken		Tegningens filnavn: 00.01.1900
Spissmotstand $q_{c,t}$, poretrykk u_2 og sidefriksjon f_s .				
CPTU id.:	CPTU /12D0	Sonde:	3259	
MULTICONSULT AS	Dato: 04.10.2011	Tegnet: rr	Kontrollert: janr	Godkjent: janr
	Oppdrag nr.: 811301 -3	Tegning nr.: 12D0-1	Versjon: 25.02.2011	Revisjon: 0



Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

Unnebergbekken

Tegningens filnavn:

00.01.1900

Netto spissmotstand q_n og poreovertrykk Δu_2

CPTU id.:

CPTU /12D0

Sonde:

3259



MULTICONSULT AS

Dato:

04.10.2011

Tegnet:

rr

Kontrollert:

janr

Godkjent:

janr

Oppdrag nr.:

811301 -3

Tegning nr.:

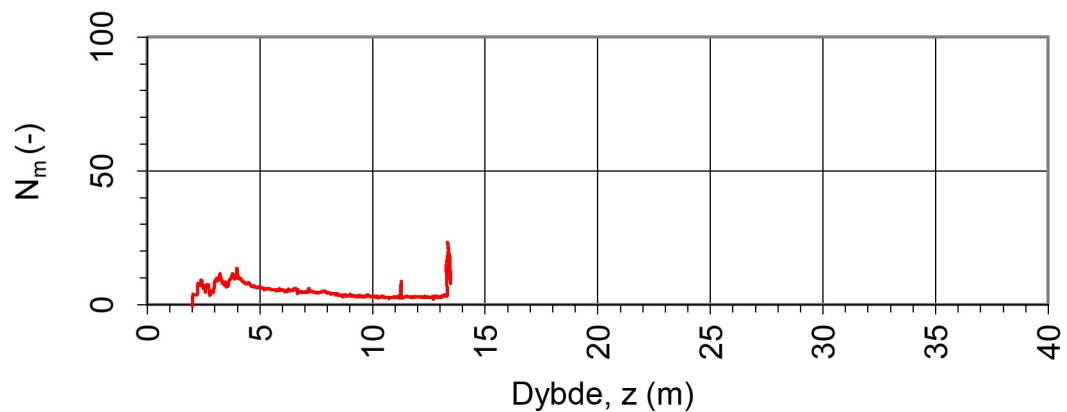
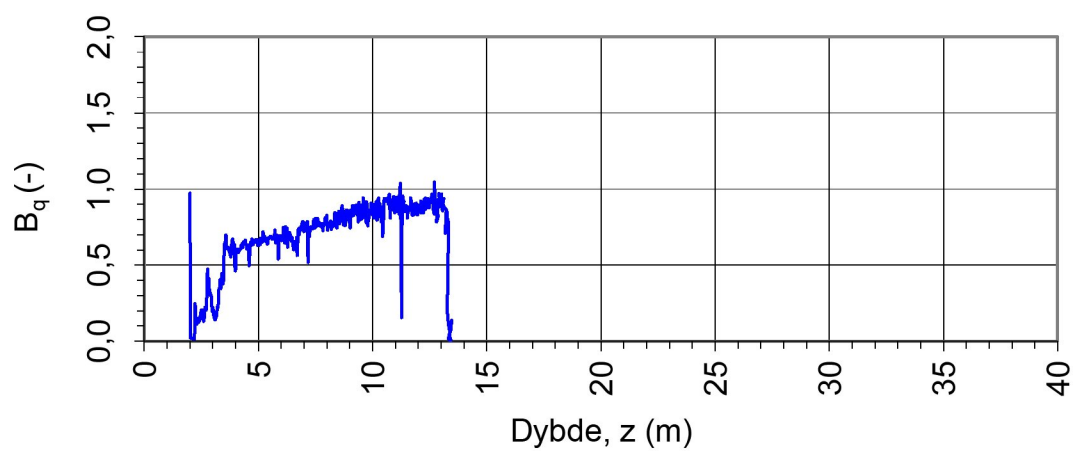
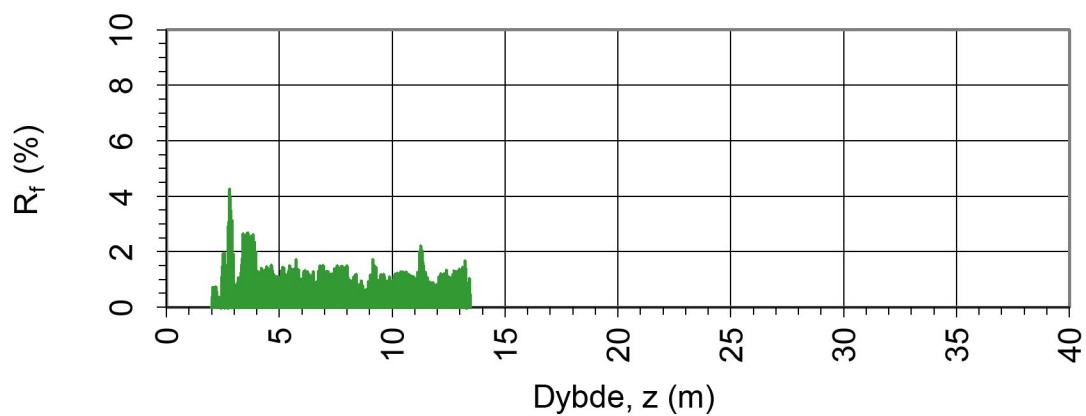
12D0-2


Versjon:

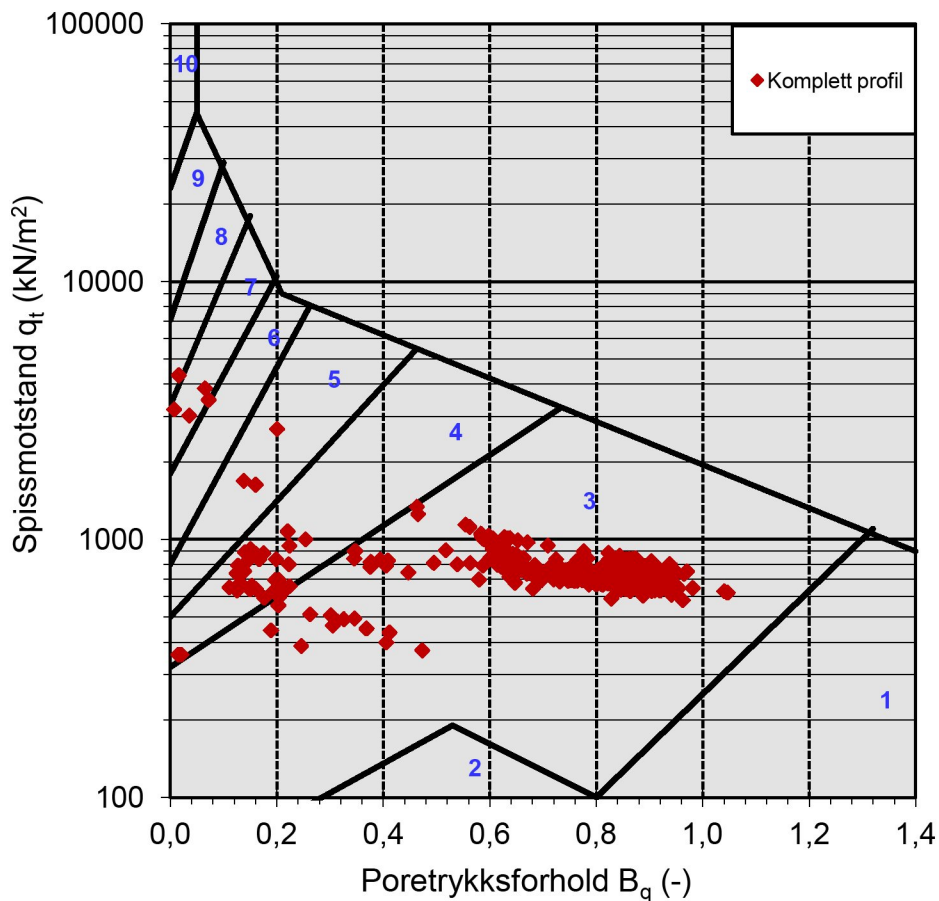
25.02.2011

Revisjon:


0

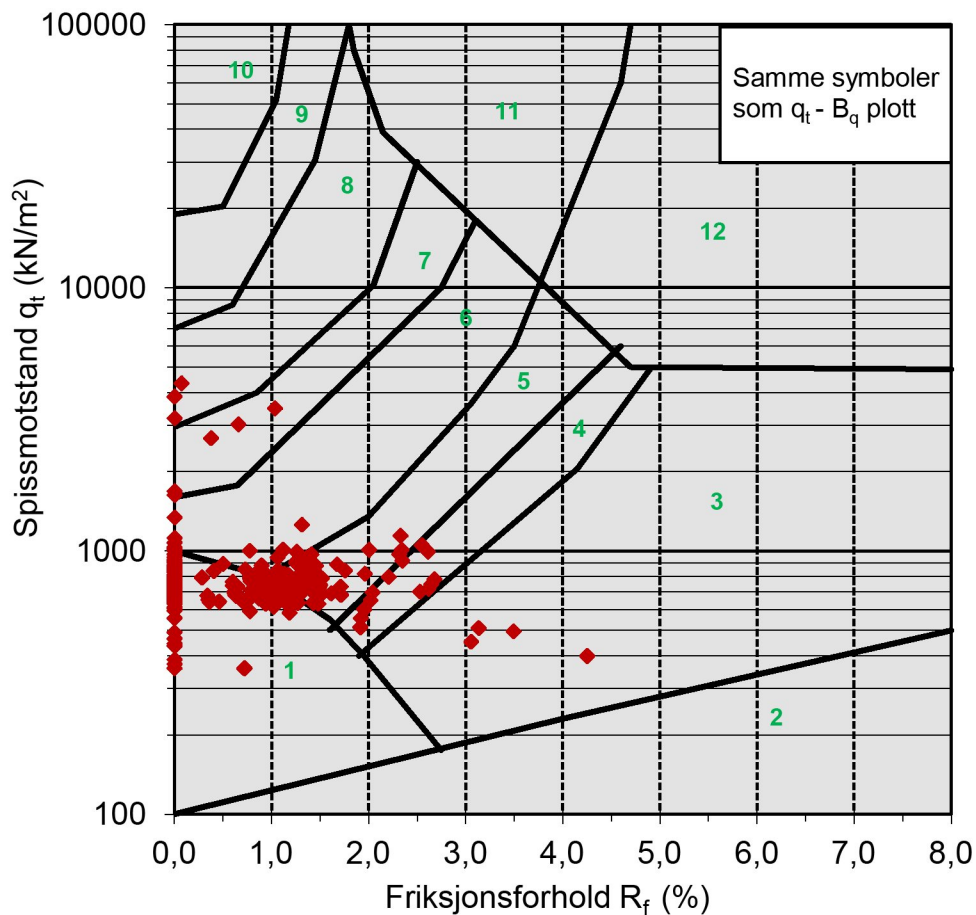


Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Unnebergbekken		Tegningens filnavn: 00.01.1900
Spissmotstandstall N_m , poretrykks- B_q og friksjonsforhold R_f				
CPTU id.:	CPTU /12D0	Sonde:	3259	
MULTICONSULT AS	Dato: 04.10.2011	Tegnet: rr	Kontrollert: janr	Godkjent: janr
	Oppdrag nr.: 811301 -3	Tegning nr.: 12D0-3	Versjon: 25.02.2011	Revisjon: 0



Jordartsid.	Beskrivelse	Identifikasjon
1	Sensitivt, finkornig materiale	
2	Organisk materiale	
3	Leire	Ved variasjon i jordartgruppe brukes begge Id-boksene for å beskrive materialet (eks. 5-7)
4	Leire - siltig leire	
5	Leirig silt - siltig leire	
6	Sandig silt - leirig silt	
7	Siltig sand - sandig silt	
8	Sand - siltig sand	
9	Sand	
10	Grusig sand - sand	
11	Meget fast, finkornig materiale	
12	Sand - leirig sand	

Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Unnebergbekken		Tegningens filnavn: 00.01.1900	
Jordartsidentifikasjon fra CPTU data - q_t og B_q .					
CPTU id.:	CPTU /12D0	Sonde:	3259		
MULTICONSULT AS	Dato: 04.10.2011	Tegnet: rr	Kontrollert: janr		
	Oppdrag nr.: 811301_3	Tegning nr.: 12D0-4	Versjon: 25.02.2011	Revisjon: 0	



Jordartsid.	Beskrivelse	Identifikasjon
1	Sensitivt, finkornig materiale	
2	Organisk materiale	
3	Leire	Ved variasjon i jordartgruppe brukes begge Id-boksene for å beskrive materialet (eks. 5-7)
4	Leire - siltig leire	
5	Leirig silt - siltig leire	
6	Sandig silt - leirig silt	
7	Siltig sand - sandig silt	
8	Sand - siltig sand	
9	Sand	
10	Grusig sand - sand	
11	Meget fast, finkornig materiale	
12	Sand - leirig sand	

Oppdragsgiver:

NVE

Oppdrag:

Unnebergbekken

Tegningens filnavn:

00.01.1900

Jordartsidentifikasjon fra CPTU data - q_t og R_f .

CPTU id.:

CPTU /12D0

Sonde:

3259



MULTICONSULT AS

Dato:
04.10.2011

Tegnet:
rr

Kontrollert:
janr

Godkjent:
janr


Oppdrag nr.:
811301 -3

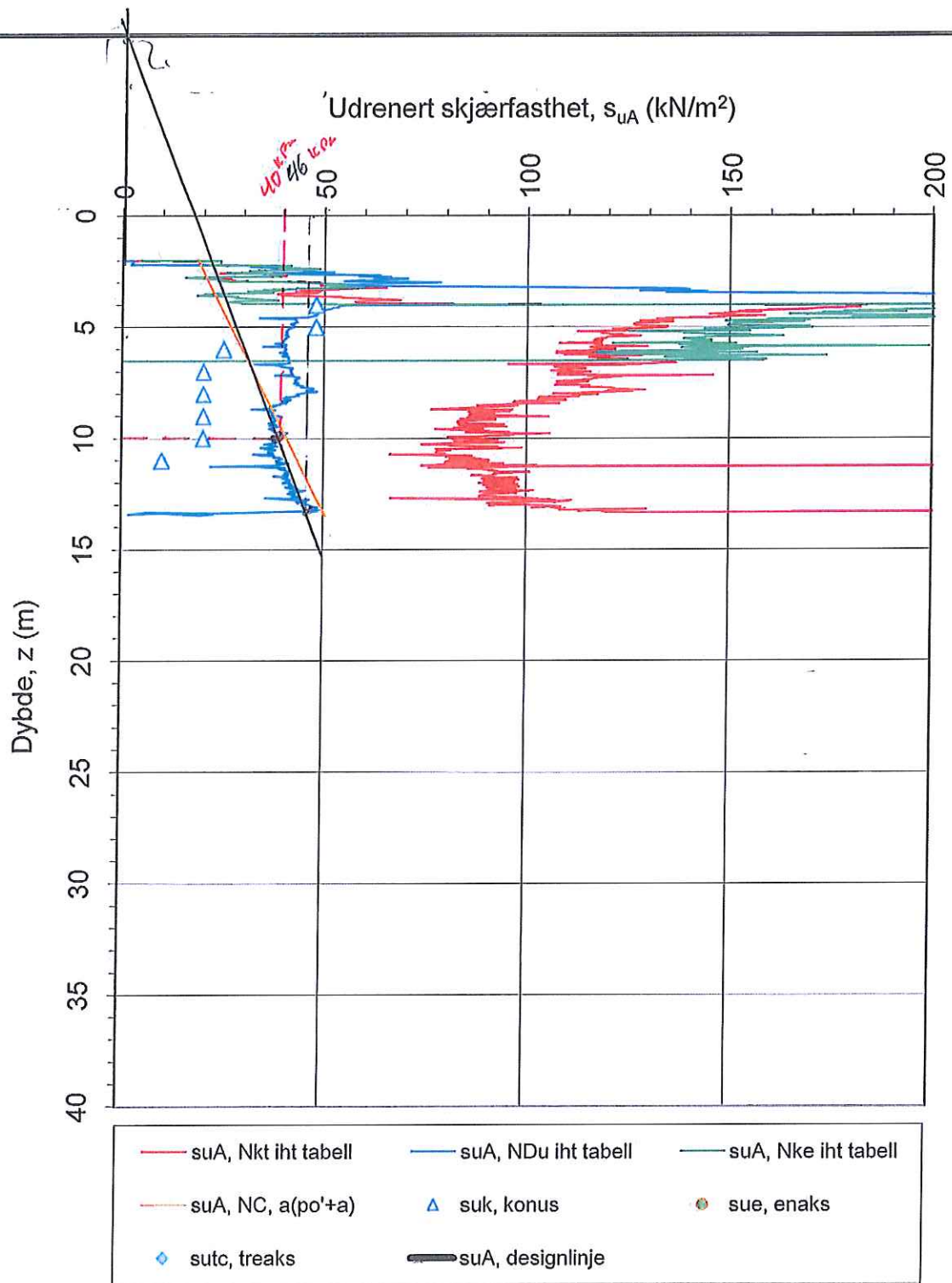
Tegning nr.:
12D0-5

Versjon:
25.02.2011

Revisjon:
0

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

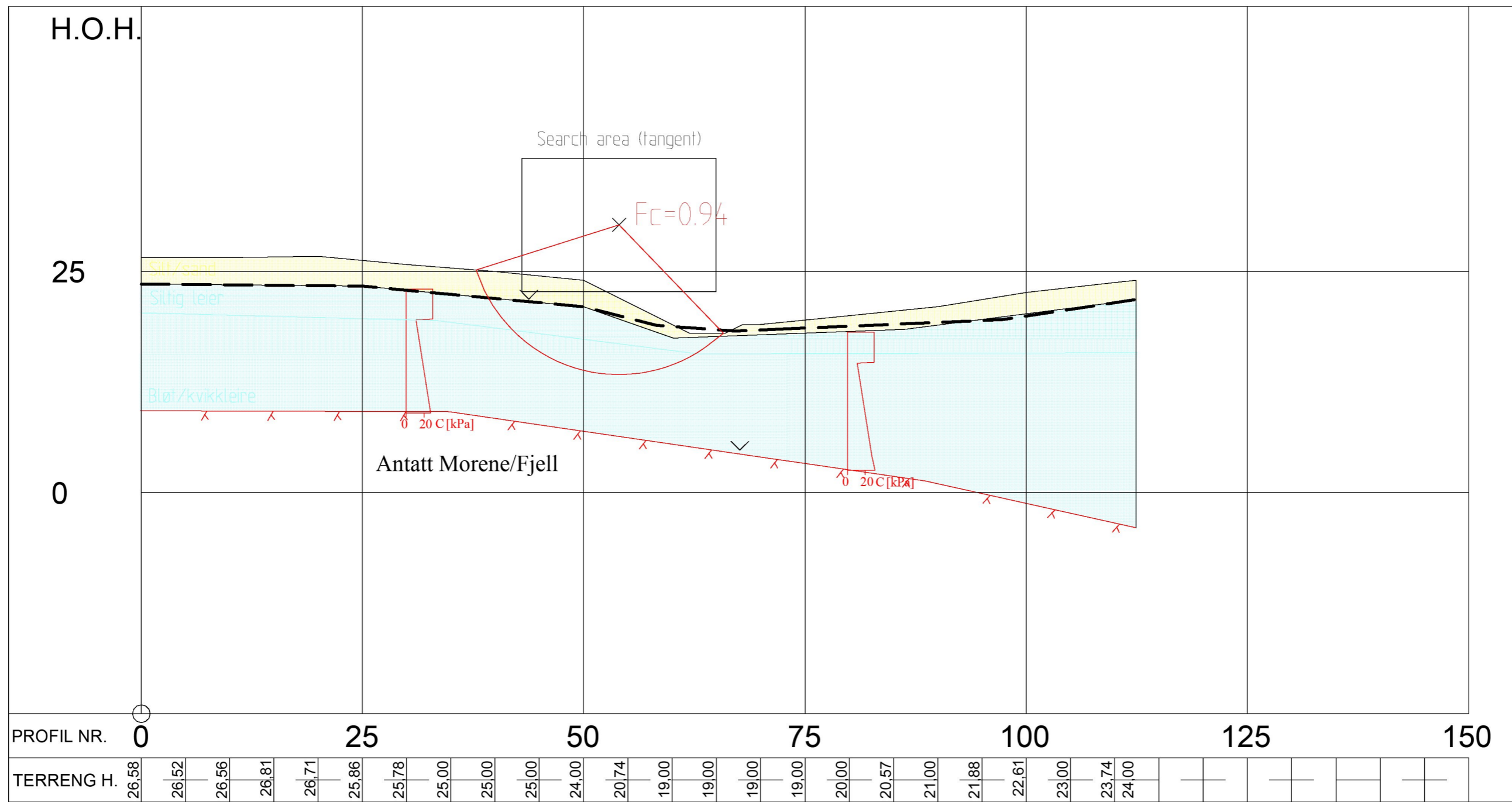
Sonde nr.:	3259	Sondetype:	Classic
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0,598	Arealforhold, b:	0,013
Kalibreringsdato:	07.07.2010	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning (MPa):	20,0	0,5	2,5
Måleområde (MPa):	20,0	0,5	2,5
Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa):	5,91	0,2	0,96
Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa):	0,18	0,01	0,03
Max. temp. effekt, ubelastet (kPa):	15,33	1,30	2,09
Temperaturområde (°C):	0-40	0-40	0-40
Merknad 1:			
Merknad 2:			
UTFØRELSE			
Borleder:		Assistent:	
Filtertype:	spaltefilter	Mettemedium:	fett
Mettemetode:		Lufttemperatur (°C):	15,0
Forankring:		Max. helning (°):	6,0
Merknad 1:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt (kPa):	3,45	0,29	0,47
NULLPUNKTKONTROLL			
Faktor	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering (DOS):	7290,00	91,00	405,00
Etter sondering (DOS):	7290,00	90,00	408,00
Avvik (DOS) (kPa):	0,0	-1,0	3,0
Før sondering (Windows):			
Etter sondering (Windows):			
Avvik (Windows) (kPa):	0,0	0,0	0,0
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
Målestørrelse	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa)	9,54	1,50	4,46
Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k (kPa)	35,0	5,0	10,0
Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k (kPa)	100,0	15,0	25,0
Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k (kPa)	200,0	25,0	50,0
Vurdering profil	1		
ANVENDELSESKLASSE	1	1	1
Oppdragsgiver: NVE Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet.	Oppdrag: Unnebergbekken		
CPTU id.:	CPTU /12D0	Sonde:	3259
MULTICONSULT AS	Dato: 04.10.2011	Tegnet: rr	Kontrollert: janr
	Oppdrag nr.: 811301 -3	Tegning nr.: 12D0-6	Versjon: 25.02.2011



α_c valgt: **0,28**

Lag	Dybde uk laggrense, z (m)	N_{kt}	$N_{\Delta u}$	N_{ke}	Merknad
1	4,00	15,00	2,00	14,00	
2	13,75	5,00	10,00	2,00	
3	0,00	0,00	0,00	0,00	

Oppdragsgiver: NVE		Oppdrag: Unnebergbekken		Tegningens filnavn: 00.01.1900
Aktiv udrenert skjærfasthet s_{uA} , valgte tolkningsfaktorer.				
CPTU id.:	CPTU /12D0	Sonde:	3259	
MULTICONSULT AS	Dato: 04.10.2011	Tegnet: rr	Kontrollert: janr	Godkjent: janr
	Oppdrag nr.: 811301 -3	Tegning nr.: 12D0-7	Versjon: 25.02.2011	Revisjon: 0



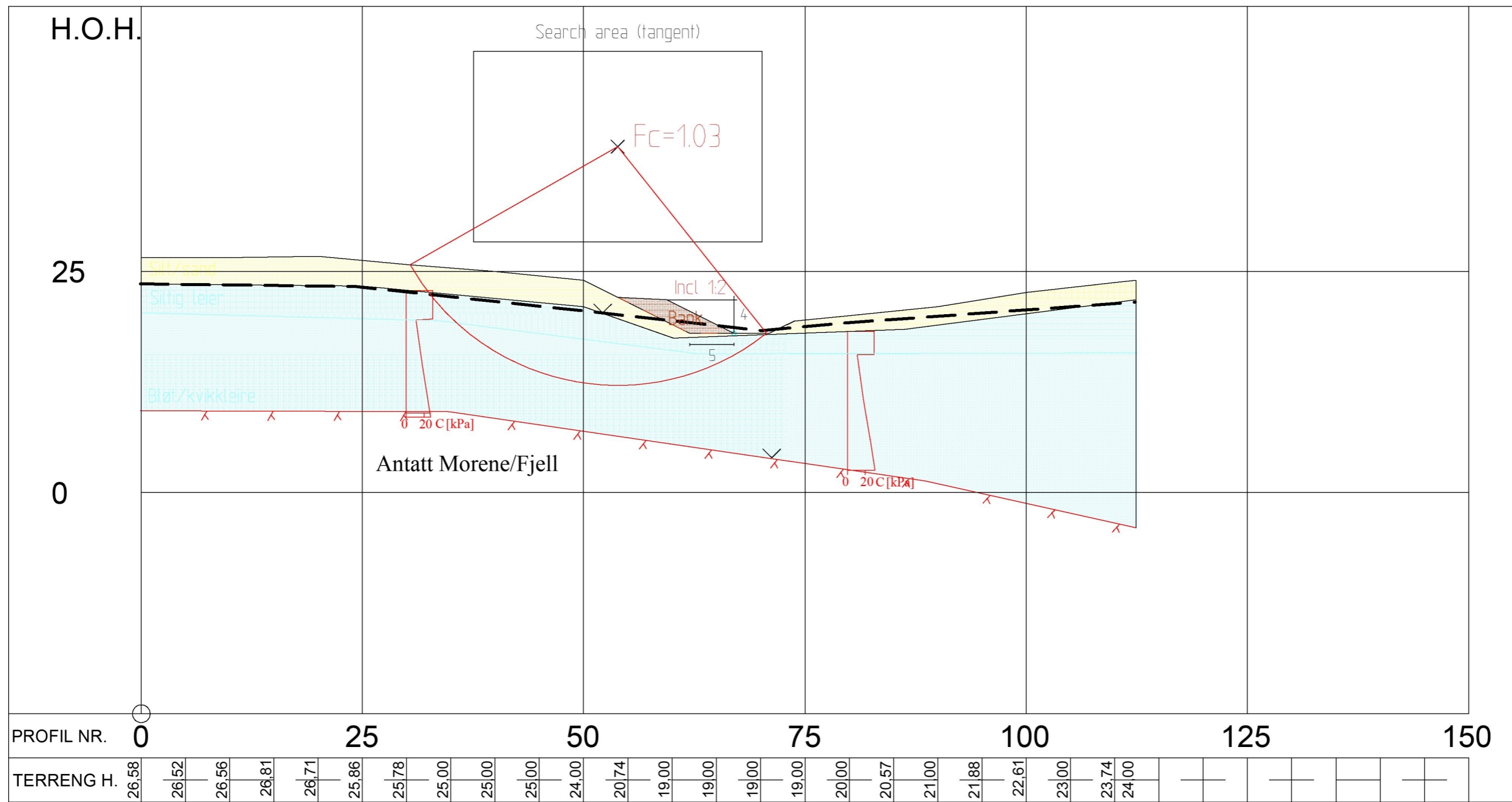
Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Silt/sand	18.00	31.0	5.0				
Siltig leier	18.00			C-prof	1.30	1.00	0.67
Bløt/kvikkleire	18.00			C-prof	1.30	1.00	0.67

NVE
Unnebergbekken, Profil A-A

Stab.beregning
 1 : 500 (A3)

2011-11-08 \geoarkiv 2011\811301\stabgraf.rit\profil a-a.dwg

RR



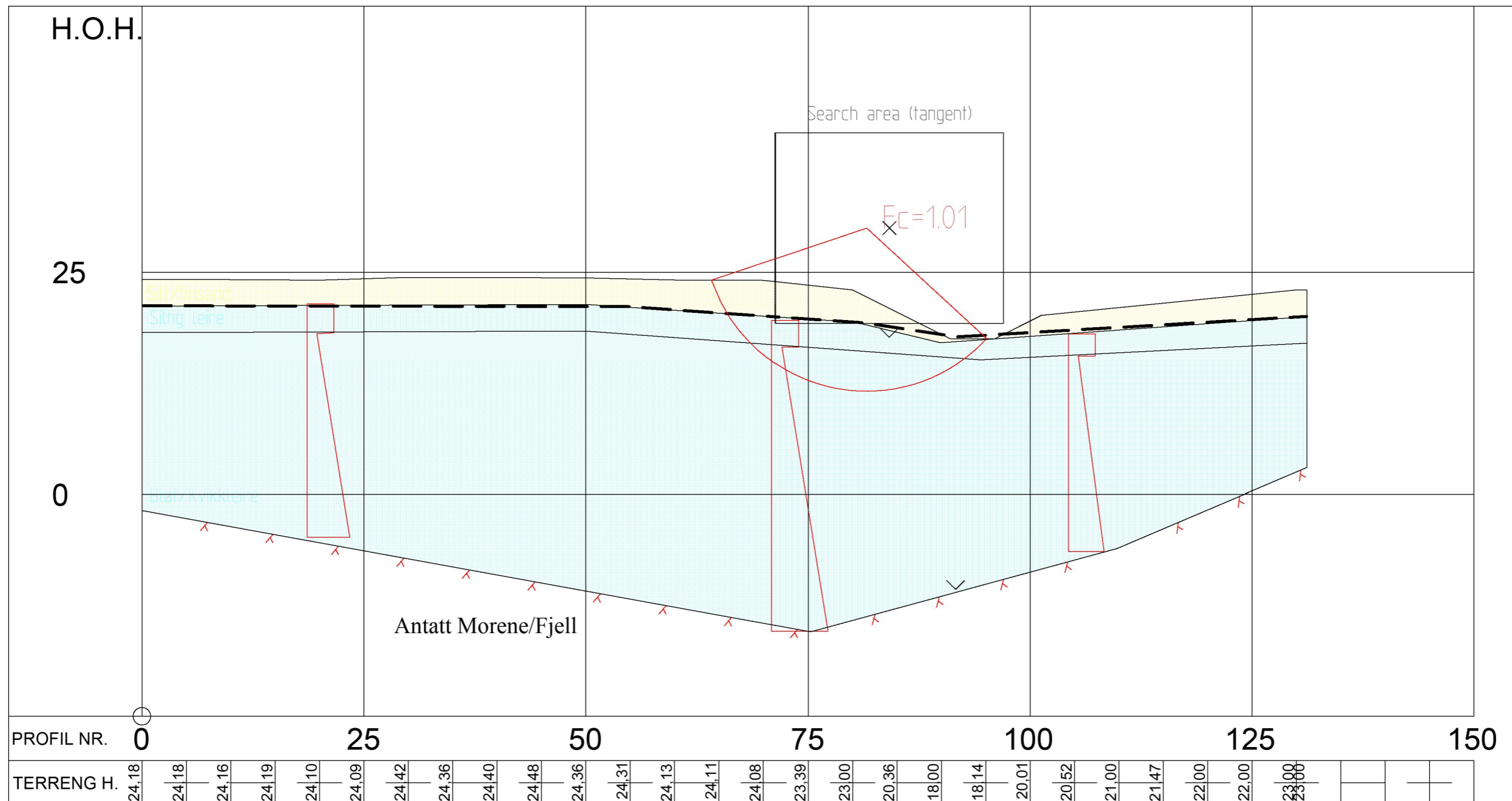
Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Bank	20.00	42.0	0.0				
Silt/sand	18.00	31.0	5.0				
Siltig leier	18.00			C-prof	1.30	1.00	0.67
Bløt/kvikkleire	18.00			C-prof	1.30	1.00	0.67

NVE
Unnebergbekken, Profil A-A (Motfylling)

Stab.beregning
 1 : 500 (A3)

2011-11-08 \geoarkiv 2011\811301\stabgraf.rit\profil a-a.dwg

RR



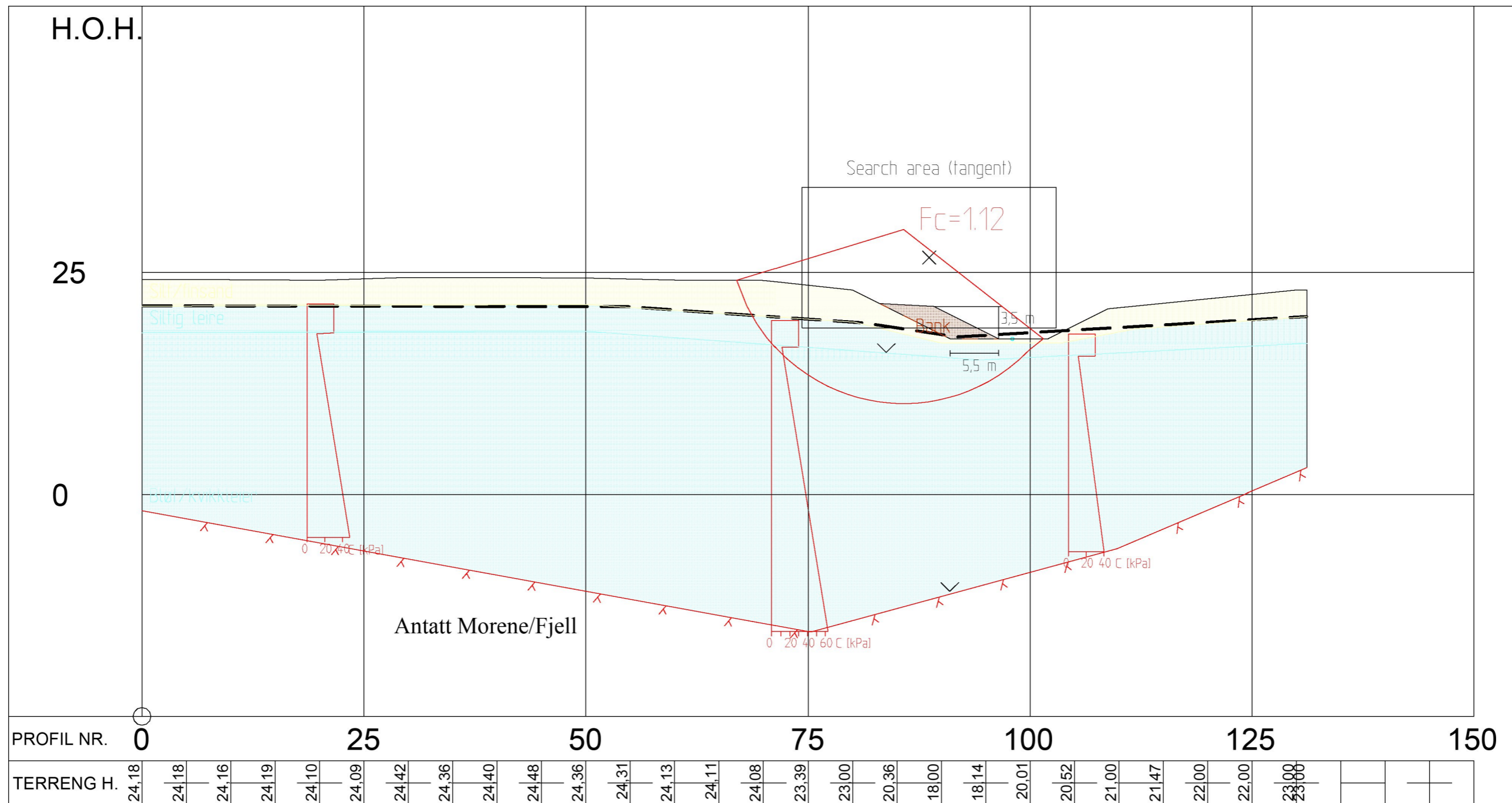
Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Silt/finsand	18.00	31.0	5.0				
Siltig leire	18.00			30.0	1.30	1.00	0.67
Bløt/Kvikkleire	18.00			C-prof	1.30	1.00	0.67

NVE
Unnebergbekken, Profil B-B

Stab.beregning
1 : 500 (A3)

2011-11-08 \geoarkiv 2011\811301\stabgraf.rif\profil b-b.dwg

RR



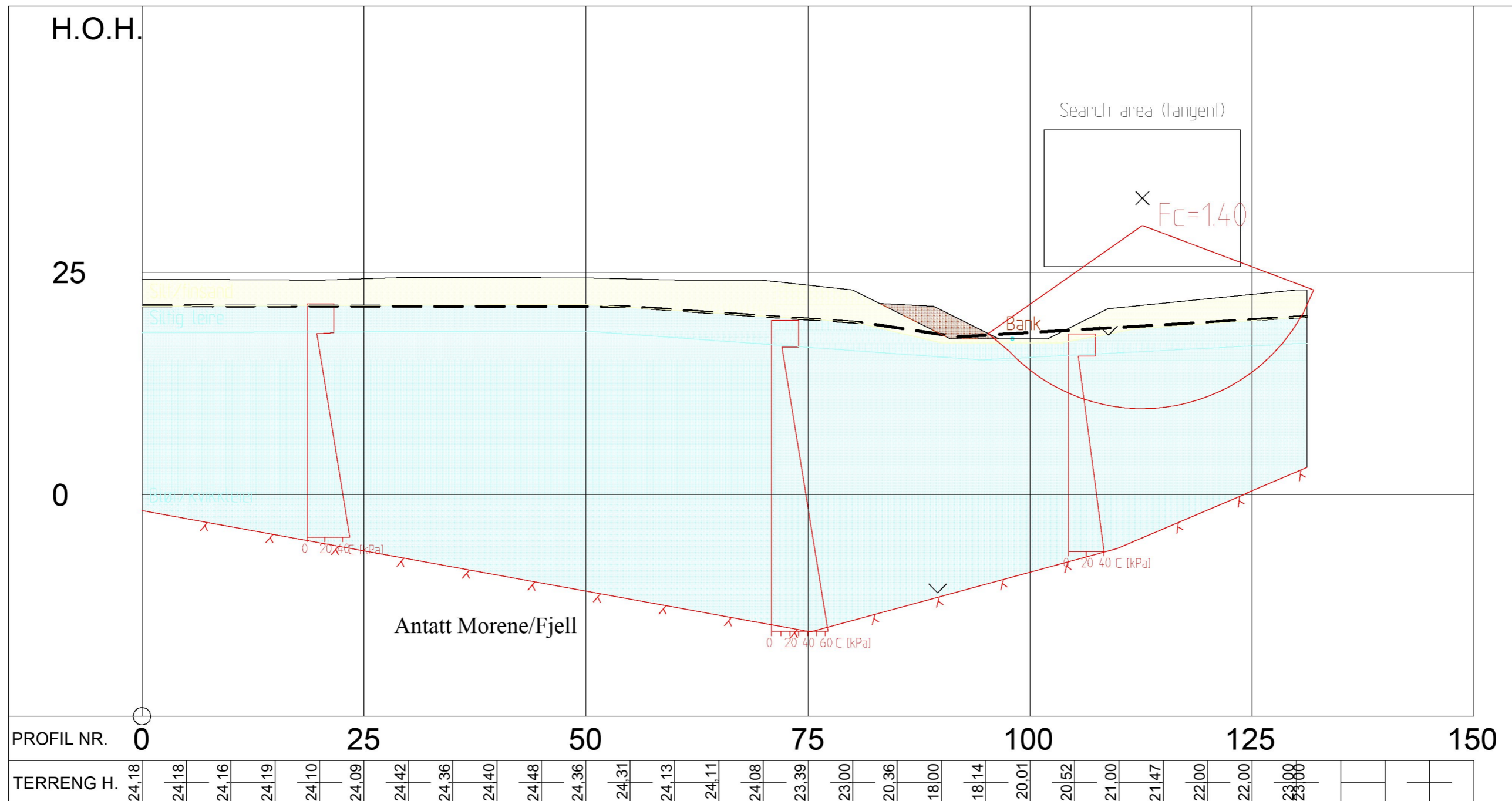
Material	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Bank	20.00	42.0	0.0				
Silt/finsand	18.00	31.0	5.0				
Siltig leire	18.00			C-prof	1.30	1.00	0.67
Bløt/kvikkleier	18.00			C-prof	1.30	1.00	0.67

NVE
Unnebergbekken, Profil B-B (Motfylling)

Stab.beregning
1 : 500 (A3)

2011-11-08 \geoarkiv 2011\811301\stabgraf.rif\profil b-b.dwg

RR



Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Bank	20.00	42.0	0.0				
Silt/finsand	18.00	31.0	5.0				
Siltig leire	18.00			C-prof	130	100	0.67
Bløt/kvikkleier	18.00			C-prof	130	100	0.67

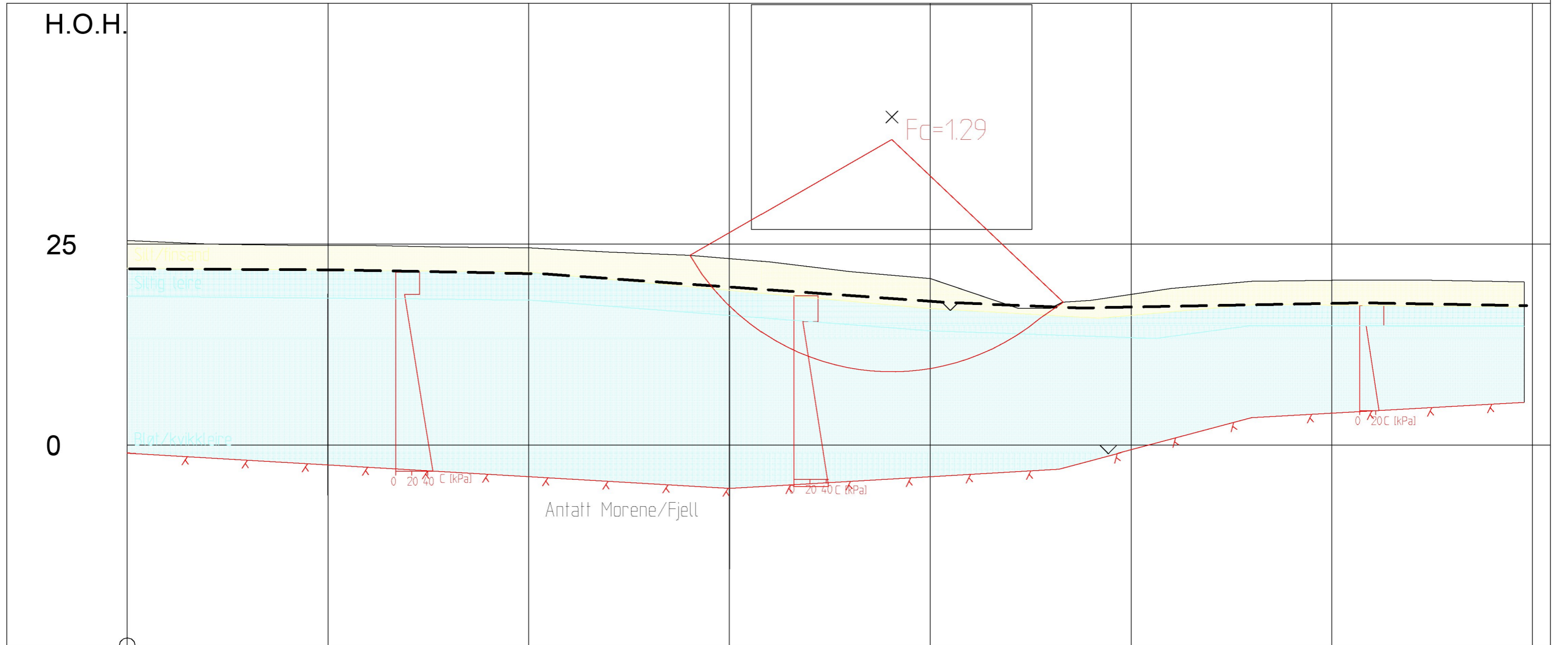
NVE
Unnebergbekken, Profil B-B (Motfylling)

Stabberegning Høyre skråning
1 : 500 (A3)

2011-11-08 \geoarkiv 2011\811301\stabgraf.rif\profil b-b.dwg

RR

Search area (tangent)



PROFIL NR.	0	25	50	75	100	125	150	175																												
TERRENG H.	25,44	25,40	25,01	24,93	24,86	24,87	24,83	24,67	24,61	24,52	24,54	24,38	24,00	23,81	23,61	23,33	22,79	21,99	21,56	21,00	20,71	20,44	17,32	18,00	18,00	19,00	19,48	20,00	20,37	20,42	20,49	20,54	20,53	20,45	20,37	20,28

Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Silt/finsand	18.00	31.0	5.0				
Siltig leire	18.00			C-prof	1.30	1.00	0.67
Bløt/kvikkleire	18.00			C-prof	1.30	1.00	0.67

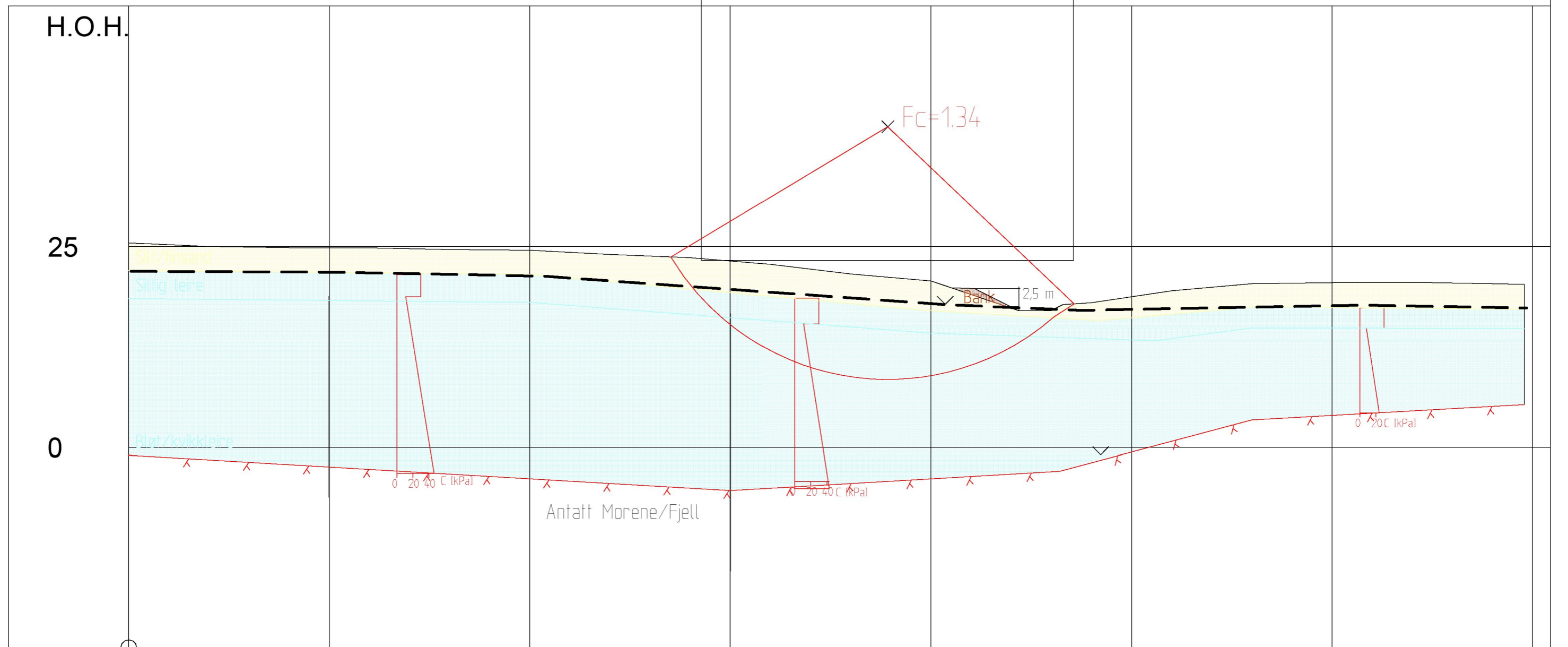
NVE
Unnebergbekken, Profil C-C

Stab.beregning
1 : 500 (A3)

2011-11-08 geoarkiv 2011\811301\stabgraf.rvt\profil c-c.dwg

RR

Search area (tangent)



PROFIL NR.	0	25	50	75	100	125	150	175																												
TERRENG H.	25,44	25,40	25,01	24,93	24,86	24,87	24,83	24,67	24,61	24,52	24,54	24,38	24,00	23,81	23,61	23,33	22,79	21,99	21,56	21,00	20,71	20,44	17,32	18,00	18,00	19,00	19,48	20,00	20,37	20,42	20,49	20,54	20,53	20,45	20,37	20,28

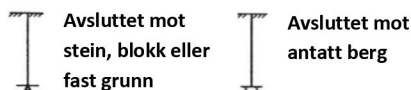
Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Bank	20.00	42.0	0.0				
Silt/finsand	18.00	31.0	5.0				
Siltig leire	18.00			C-prof	1.30	1.00	0.67
Bløt/kvikkleire	18.00			C-prof	1.30	1.00	0.67

NVE
Unnebergbekken, Profil C-C (Motfylling)

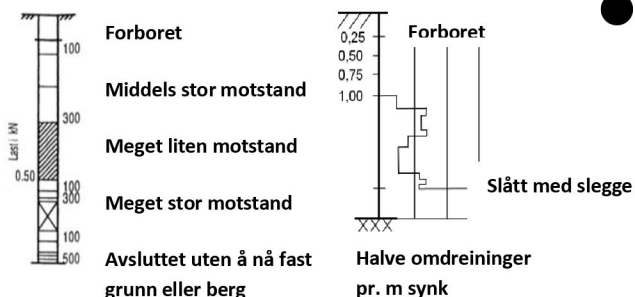
Stab.beregning
1 : 500 (A3)

2011-11-08 geoarkiv 2011\811301\stabgraf.rvt\profil c-c.dwg

RR



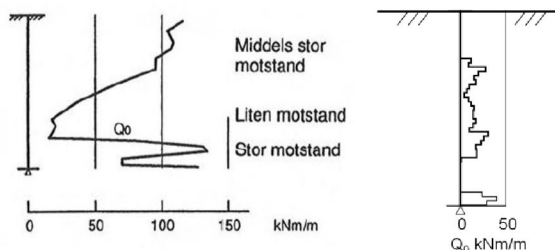
Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



DREIESONDERING (NGF MELDING 3)

Utføres med skjøtbare $\phi 22$ mm borstenger med 200 mm vridd spiss. Boret dreies manuelt eller maskinelt ned i grunnen med inntil 1 kN (100 kg) vertikalbelastning på stengene. Hvis det ikke synker for denne lasten, dreies boret maskinelt eller manuelt. Antall $\frac{1}{2}$ -omdreininger pr. 0,2 m synk registreres.

Boremotstanden presenteres i diagram med vertikal dybdeskala og tverrstrek for hver 100 $\frac{1}{2}$ -omdreininger. Skravur angir synk uten dreining, med påført vertikallast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.

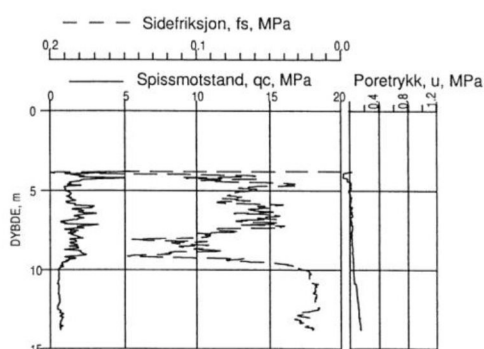


RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)

Boringen utføres med skjøtbare $\phi 32$ mm borstenger og spiss med normert geometri. Boret rammes med en rammeenergi på 0,38 kNm. Antall slag pr. 0,2 m synk registreres.

Boremotstanden illustreres ved angivelse av rammemotstanden Q_0 pr. m nedramming.

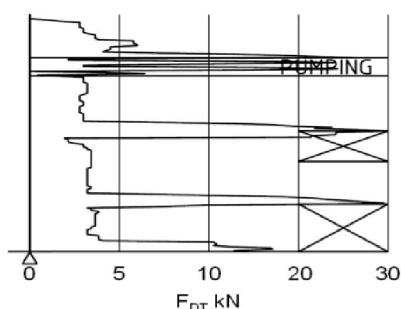
$Q_0 = \text{loddets tyngde} \cdot \text{fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)}$



TRYKKSONDERING (CPT - CPTU) (NGF MELDING 5)

Utføres ved at en sylindrisk, instrumentert sonde med konisk spiss presses ned i grunnen med konstant penetrasjonshastighet 20 mm/s. Under nedpressingen måles kraften mot konisk spiss og friksjonshylse, slik at spissmotstand q_c og sidefriksjon f_s kan bestemmes (CPT). I tillegg kan poretrykket u måles like bak den koniske spissen (CPTU). Målingene utføres kontinuerlig for hver 0,02 m, og metoden gir derfor detaljert informasjon om grunnforholdene.

Resultatene kan benyttes til å bestemme lagdeling, jordart, lagringsbetingelser og mekaniske egenskaper (skjærfasthet, deformasjons- og konsolideringsparametre).

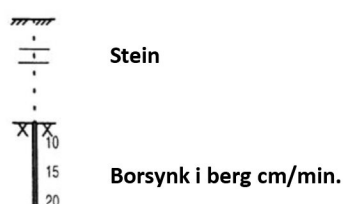


DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)

Utføres med glatte skjøtbare $\phi 36$ mm borstenger med en normert spiss med hardmetallsveis. Borstengene presses ned i grunnen med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min.

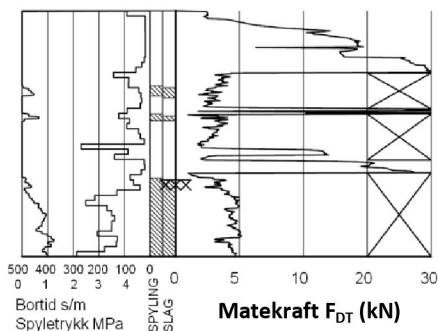
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.

Metoden er spesielt hensiktsmessig ved påvisning av kvikkleire i grunnen, men den gir ikke sikker dybde til bergoverflaten.



BERGKONTROLLBORING

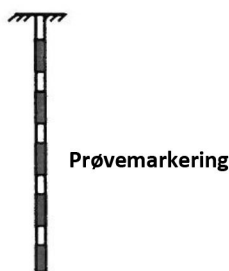
Utføres med skjøtbare $\phi 45$ mm stenger og hardmetall borkrone med tilbakeslagsventil. Det benyttes tung slagborhammer og vannspyling med høyt trykk. Boring gjennom lag med ulike egenskaper, for eksempel grus og leire, kan registreres, likedan penetrasjon av blokker og større steiner. For verifisering av berginntrengning bores 3 m ned i berget, eventuelt med registrering av borsynk for sikker påvisning.



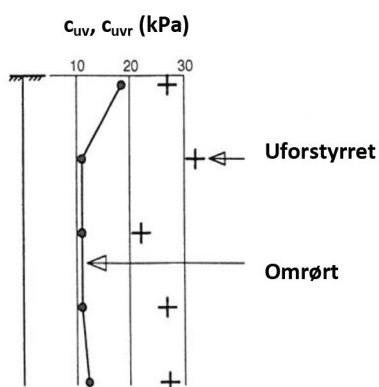
T TOTALSONDERING (NGF MELDING 9)
 Kombinerer metodene dreietrykkssondering og bergkontrollboring. Det benyttes $\phi 45$ mm skjøtbare borstenger og $\phi 57$ mm stiftborkrone med tilbakeslagsventil. Under nedboring i bløte lag benyttes dreietrykkmodus, og boret presses ned i bakken med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min. Når faste lag påtreffes økes først rotasjonshastigheten. Gir ikke dette slag av boret benyttes spyling og slag på borkronen. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres kontinuerlig og vises på diagrammets høyre side, mens markering av spyletrykk, slag og bortid vises til venstre.



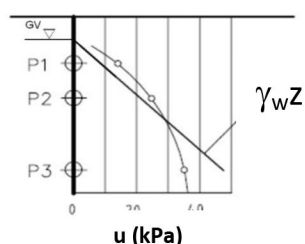
⊙ MASKINELL NAVERBORING
 Utføres med hul borstang påsveisert en metallspiral med fast stige høyde (auger). Med borrhigg kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet mellom spiralskivene. Det er også mulig å benytte enklere håndholdt utstyr som for eksempel skovlprøvetaking.



⊙ PRØVETAKING (NGF MELDING 11)
 Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet. Vanligvis benyttes stempelprøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylindere kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På ønsket dybde blir prøvesylindere presset ned mens innerstangen med stempelet holdes i ro. Det skjæres derved ut en jordprøve som trekkes opp til overflaten, der den blir forseglet for transport til laboratoriet. Prøvediameteren kan variere mellom $\phi 54$ mm (vanligst) og $\phi 95$ mm. Det er også mulig å benytte andre typer prøvetakere, som for eksempel ramprøvetakere og blokkprøvetakere. Prøvekvaliteten inndeles i Kvalitetsklasse 1-3, der 1 er høyeste kvalitet. Stempelprøvetaking gir vanligvis prøver i Kvalitetsklasse 1-2 for leire.



+ VINGEBORING (NGF MELDING 4)
 Utføres ved at et vingekorset med dimensjoner $b \times h = 55 \times 110$ mm eller 65×130 mm presses ned i grunnen til ønsket målenivå. Her blir vingekorset påført et økende dreiemoment til jorden rundt vingen når brudd. Det tilhørende dreiemomentet blir registrert. Dette utføres med jorden i uforstyrret ved første gangs brudd og omrørt tilstand etter 25 gjentatte omdreininger av vingekorset. Udrenert skjærfasthet c_{uv} og c_{ur} beregnes ut fra henholdsvis dreiemomentet ved brudd og etter omrøring. Fra dette kan også sensitiviteten $S_t = c_{uv}/c_{ur}$ bestemmes. Tolkede verdier må vanligvis korrigeres empirisk for opptredende effektivt overlagingstrykk i måledybden, samt for jordartens plastisitet.



⊖ PORETRYKSMÅLING (NGF MELDING 6)
 Målingene utføres med et standrør med filterspiss eller med hydraulisk (åpent)/elektrisk piezometer (poretrykksmåler). Filteret eller piezometerspissen påmontert piezometerrør presses ned i grunnen til ønsket dybde. Stabilt poretrykk registreres fra vannets stige høyde i røret, eller ved avlesning av en elektrisk trykkmåler i spissen. Valg av utstyr vurderes på bakgrunn av grunnforhold og hensikten med målingene. Grunnvannstand observeres eller peiles direkte i borhullet.

MINERALSKE JORDARTER (NS-EN ISO 14688-1 & 2)

Ved prøveåpning klassifiseres og identifiseres jordarten. Mineralske jordarter klassifiseres vanligvis på grunnlag av korngraderingen. Betegnelse og kornstørrelser for de enkelte fraksjoner er:

Fraksjon	Leire	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse (mm)	<0,002	0,002-0,063	0,063-2	2-63	63-630	>630

En jordart kan inneholde en eller flere av fraksjonene over. Jordarten benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den fraksjon som har dominerende betydning for jordartens egenskaper og adjektiv for medvirkende fraksjoner (for eksempel siltig sand). Leirinnholdet har størst betydning for benevnelse av jordarten. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle fraksjoner fra leire til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen etter egne benevningsregler, for eksempel grusig morene.

ORGANISKE JORDARTER (NS-EN ISO 14688-1 & 2)

Organiske jordarter klassifiseres på grunnlag av jordartens opprinnelse og omdanningsgrad. De viktigste typer er:

Benevnelse	Beskrivelse
Torv	Myrplanter, mer eller mindre omdannet.
• <i>Fibrig torv</i>	Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke.
• <i>Delvis fibrig torv, mellomtorv</i>	Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene.
• <i>Amorf torv, svarttorv</i>	Ingen synlig plantestruktur, svampig konsistens.
Gytje og dy	Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske bestanddeler.
Humus	Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold.
Mold og matjord	Sterkt omvandlet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det øvre jordlaget.

SKJÆRFASTHET

Skjærfastheten uttrykkes ved jordens skjærfasthetsparametre a , c , ϕ ($\tan\phi$) (effektivspenningsanalyse) eller c_u (c_{uA} , c_{uD} , c_{uP}) (totalspenningsanalyse).

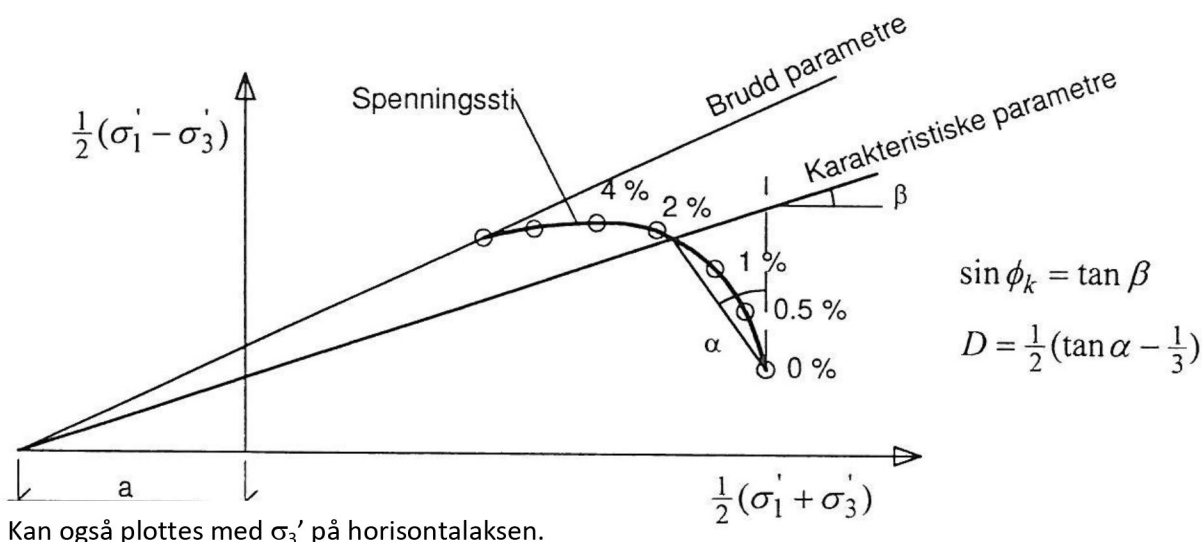
Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre a , c , ϕ ($\tan\phi$) (kPa, kPa, °, (-))

Effektive skjærfasthetsparametre a (attraksjon), $\tan\phi$ (friksjon) og eventuelt $c = a \tan\phi$ (kohesjon) bestemmes ved treaksiale belastningsforsøk på uforstyrrede (leire) eller innbyggede prøver (sand). Skjærfastheten er avhengig av effektiv normalspenning (totalspenning – poretrykk) på kritisk plan. Forsøksresultatene fremstilles som spenningsstier som viser spenningsutvikling og tilhørende tøyingsutvikling i prøven frem mot brudd. Fra disse, samt fra annen informasjon, bestemmes karakteristiske verdier for skjærfasthetsparametre for det aktuelle problemet.

For korttids effektivspenningsanalyse kan også poretrykksparementene A, B og D bestemmes fra forsøksresultatene.

Totalspenningsanalyse: Udrenert skjærfasthet, c_u (kPa)

Udrenert skjærfasthet bestemmes som den maksimale skjærspenning et materiale kan påføres før det bryter sammen. Denne skjærfastheten representerer en situasjon med raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk. I laboratoriet bestemmes denne egenskapen ved enaksiale trykkforsøk (c_{ut}) (NS8016), konusforsøk (c_{uk} , c_{ukr}) (NS8015), udrenerte treaksialforsøk (c_{uA} , c_{uP}) og direkte skjærforsøk (c_{uD}). Udrenert skjærfasthet kan også bestemmes i felt ved for eksempel trykksondering med poretrykkmåling (CPTU) (c_{ucptu}) eller vingebor (c_{uv} , c_{ur}).



SENSITIVITET S_t (-)

Sensitiviteten $S_t = c_u/c_r$ uttrykker forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og omrørt tilstand. Denne størrelsen kan bestemmes fra konusforsøk i laboratoriet (NS 8015) eller ved vingeborforsøk i felt. Kvikkleire har for eksempel meget lav omrørt skjærfasthet c_r ($s_r < 0,5$ kPa), og viser derfor som regel meget høye sensitivitetsverdier.

VANNINNHOLD (w %) (NS 8013)

Vanninnholdet angir masse av vann i % av masse tørt (fast) stoff i massen og bestemmes fra tørking av en jordprøve ved 110°C i 24 timer.

KONSISTENSGRENSER – FLYTEGRENSE (w_l %) OG PLASTISITETSGRENSE (w_p %) (NS 8002 & 8003)

Konsistensgrensene (Atterbergs grenser) for en jordart angir vanninnholdsområdet der materialet er plastisk (formbart). Flytegrensen angir vanninnholdet der materialet går fra plastisk til flytende tilstand. Plastisitetsgrensen (utrullingsgrensen) angir vanninnholdet der materialet ikke lenger kan formes uten at det sprekker opp. Plastisiteten $I_p = w_l - w_p$ (%) angir det plastiske området for jordarten og benyttes til klassifisering av plastisiteten. Er det naturlige vanninnholdet høyere enn flytegrensen blir materialet flytende ved omrøring (vanlig for kvikkleire).

DENSITETER (NS 8011 & 8012)

Densitet (ρ , g/cm ³)	Masse av prøve pr. volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del.
Korndensitet (ρ_s , g/cm ³)	Masse av fast stoff pr. volumenhet fast stoff
Tørr densitet (ρ_d , g/cm ³)	Masse av tørt stoff pr. volumenhet

TYNGDETETHETER

Tyngdetetthet (γ , kN/m ³)	Tyngde av prøve pr. volumenhet ($\gamma = \rho g = \gamma_s(1+w/100)(1-n/100)$, der $g = 10 \text{ m/s}^2$)
Spesifikk tyngdetetthet (γ_s , kN/m ³)	Tyngde av fast stoff pr. volumenhet fast stoff ($\gamma_s = \rho_s g$)
Tørr tyngdetetthet (γ_d , kN/m ³)	Tyngde av tørt stoff pr. volumenhet ($\gamma_d = \rho_d g = \gamma_s(1-n/100)$)

PORETALL OG PORØSITET (NS 8014)

Poretall e (-)	Volum av porer dividert med volum fast stoff ($e = n/(100-n)$) der n er porøsitet (%)
Porøsitet n (%)	Volum av porer i % av totalt volum av prøven

KORNFORDELINGSANALYSER (NS 8005)

En kornfordelingsanalyse utføres ved våt eller tørr sikting av fraksjonene med diameter $d > 0,063 \text{ mm}$. For mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameteren ved slemmeanalyse og bruk av hydrometer. I slemmeanalysen slemmes materialet opp i vann og densiteten av suspensjonen måles ved bestemte tidsintervaller. Kornfordelingen kan da bestemmes fra Stokes lov om sedimentering av kuleformede partikler i vann. Det vil ofte være nødvendig med en kombinasjon av metodene.

DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER (NS 8017 & 8018)

Jordartens deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved setningsberegning og bestemmes ved hjelp av belastningsforsøk i ødometer. Jordprøven bygges inn i en stiv ring som forhindrer sideveis deformasjon og belastes vertikalt med trinnvis eller kontinuerlig økende last. Sammenhengende verdier for last og deformasjon (tøyning ϵ) registreres, og materialets deformasjonsmodul (stivhet) kan beregnes som $M = \Delta\sigma'/\Delta\epsilon$. Denne presenteres som funksjon av vertikalspenningen σ' . Deformasjonsmodulen viser en systematisk oppførsel for ulike jordarter og spenningstilstander, og oppførselen kan hensiktsmessig beskrives med modulfunksjoner og inndeles i tre modeller:

Modell	Moduluttrykk	Jordart - spenningsområde
Konstant modul	$M = m_{oc}\sigma_a$	OC leire, $\sigma' < \sigma'_c$ (σ'_c = prekonsolideringsspenningen)
Lineært økende modul	$M = m(\sigma'(\pm \sigma_r))$	Leire, fin silt, $\sigma' > \sigma'_c$
Parabolisk økende modul	$M = mV(\sigma'\sigma_a)$	Sand, grov silt, $\sigma' > \sigma'_c$

PERMEABILITET (k cm/sek eller m/år)

Permeabiliteten defineres som den vannmengden q som under gitte betingelser vil strømme gjennom et jordvolum pr. tidsenhet. Generelt bestemmes permeabiliteten fra følgende sammenheng: $q = kiA$, der A er bruttoareal av tverrsnittet normalt på vannets strømningsretning og $i =$ hydraulisk gradient i strømningsretningen (= potensialforskjell pr. lengdeenhet). Permeabiliteten kan bestemmes ved strømningsforsøk i laboratoriet ved konstant eller fallende potensial, eventuelt ved pumpe- eller strømningsforsøk i felt.

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineralkornene. Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Standard eller Modifisert Proctor). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet ρ_r som funksjon av innbyggingsvanninnhold w_i . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås (ρ_{dmax}) benyttes ved spesifikasjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider. Det tilhørende vanninnhold benevnes optimalt vanninnhold (w_{opt}).

TELEFARLIGHET

En jordarts telefarlighet bestemmes ut i fra kornfordelingskurven eller ved å måle den kapillære stighøyde for materialet. Telefarligheten klassifiseres i gruppene T1 (Ikke telefarlig), T2 (Litt telefarlig), T3 (Middels telefarlig) og T4 (Meget telefarlig).

HUMUSINNHOLD

Humusinnholdet bestemmes ved kolorimetri og bruk av natronlut (NaOH-forbindelse). Metoden angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala. Andre metoder, som glødning av jordprøve i varmeovn og våt-oksydasjon med hydrogenperoksyd, kan også benyttes.

PUBLIKASJONER OG STANDARDER – FELTUNDERSØKELSER

Feltundersøkelser beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på følgende NGF meldinger, norske standarder (NS) og andre referansedokumenter:

NGF Melding/NS standard	Tema
NGF 1	SI Enheter
NGF 2, rev.1	Symboler og terminologi
NGF 3	Dreiesondering
NGF 4	Poretrykks- og grunnvannsmåling
NGF 5, rev.3	Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU)
NGF 6	Vingeboring
NGF 7	Dreietrykksondering
NGF 8	Kommentarkoder for feltundersøkelser
NGF 9	Totalsondering
NGF 10	Beskrivelsestekster for grunnundersøkelser
NGF 11 rev.1 NS-EN ISO 22475-1	Prøvetaking
Statens vegvesen håndbok 014	Feltundersøkelser

PUBLIKASJONER OG STANDARDER - LABORATORIEUNDERSØKELSER

Laboratorieundersøkelser beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på følgende norske standarder (NS) og referansedokumenter:

NS Standard	Tema
NS8000	Konsistensgrenser – terminologi
NS8001	Støtflytegrense
NS8002	Konusflytegrense
NS8003	Plastisitetsgrense (utrullingsgrense)
NS8004	Svinggrense
NS8005	Kornfordelingsanalyse
NS8010	Jord – bestanddeler og struktur
NS8011	Densitet
NS8012	Korndensitet
NS8013	Vanninnhold
NS8014	Poretall, porøsitet og metningsgrad
NS8015	Skjærfasthet ved konusforsøk
NS8016	Skjærfasthet ved enaksielt trykkforsøk
NS8017	Ødometerforsøk, trinnvis belastning
NS8018	Ødometerforsøk, kontinuerlig belastning
NS14688-1 og -2	Klassifisering og identifisering av jord
NS-EN ISO/TS 17892-8 + -9	Treaksialforsøk (UU, CU)
Statens vegvesen Håndbok 015	Laboratorieundersøkelser