

9

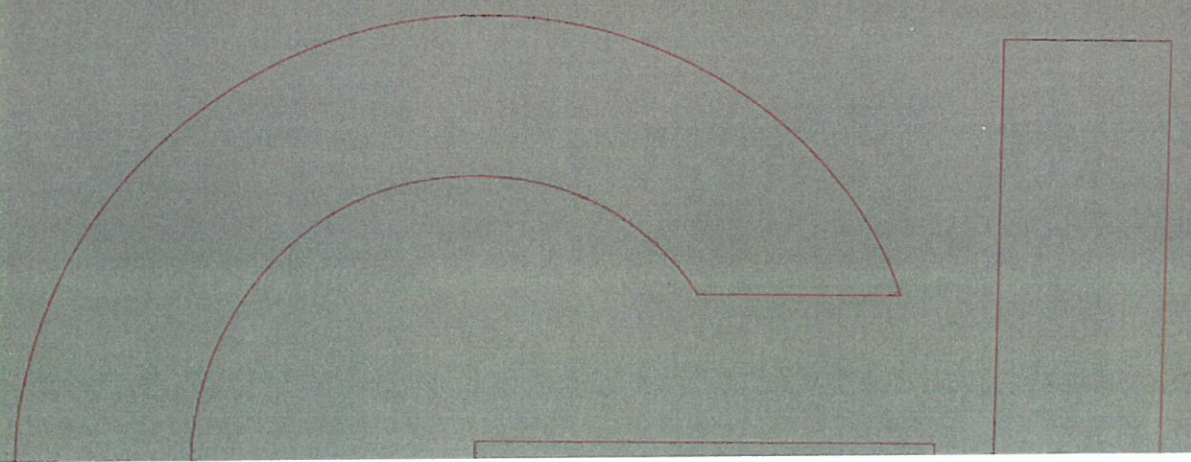
C

# Rapport / Report

Refneveien 33, Halden.

Beskrivelse av hendelsesforløp,  
grunnundersøkelser og  
sikringsarbeider.

20111033-00-1-R  
10. mai 2012







## Prosjekt

Prosjekt: Skred i Refneveien 33, Halden.  
Dokumentnr.: 20111033-00-1-R  
Dokumenttittel: Beskrivelse av hendelsesforløp, grunnundersøkelser og sikringsarbeider.  
Dato: 10. mai 2012

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](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Halden kommune  
Oppdragsgivers  
kontaktperson: Egil Hult  
Kontraktreferanse: Telefonhenvendelse fra Egil Hult, 09:30,  
14/12, 2011.

## For NGI

Prosjektleder: Anders Solheim  
Utarbeidet av: Thomas Sandene  
Kontrollert av: Odd Gregersen

## Sammendrag

Skredmassenes bløte konsistens og relativt lange utløpsdistanse indikerte silt/leire med høy sensitivitet, og derved fare for videre skredutvikling. Etter befaring 14.12.2012, ble det bestemt at nærmeste enebolig, Bøkeveien 10, skulle forbli evakuert inntil videre. Likeledes ble det bestemt at nødvendige grunnundersøkelser skulle igangsettes straks, stabilitetsanalyser utføres og behov for eventuelle sikringstiltak utredes.

Grunnundersøkelsene viste bløte silt-/leirmasser med middels sensitivitet (mulig sprøbruddmateriale) til 12-15 m dybde.

Stabilitetsanalysene viste lav beregningsmessig sikkerhet, med fare for videre skredutvikling. Sikringstiltak ble utredet og bestemt igangsatt straks. Foten av

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

## Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20111033-00-1-R  
Dato: 2012-05-10  
Side: 4

skredområdet ble sikret ved installering av kalk-/sementpeler og bakre skredkant ved utlegging av stabiliserende fylling.

Sikringsarbeidene ble igangsatt og gjennomført i løpet av januar 2012.



|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Innledning</b>                       | <b>6</b> |
| <b>2</b> | <b>Hendelsesforløp og årsaksforhold</b> | <b>6</b> |
| <b>3</b> | <b>Grunnundersøkelser</b>               | <b>6</b> |
| <b>4</b> | <b>Beskrivelse av grunnforholdene</b>   | <b>7</b> |
| 4.1      | Topografi                               | 7        |
| 4.2      | Løsmasser                               | 7        |
| 4.3      | Grunnvann                               | 7        |
| <b>5</b> | <b>Sikringsarbeider</b>                 | <b>8</b> |
| <b>6</b> | <b>Stabilitetsanalyser</b>              | <b>9</b> |
| <b>7</b> | <b>Referanser</b>                       | <b>9</b> |

#### Bilag

Bilag 1 Tegnforklaring plan- og profiltegninger

#### Tegninger

|             |                                   |              |
|-------------|-----------------------------------|--------------|
| Tegning 001 | Oversiktskart                     | M = 1:50 000 |
| Tegning 010 | Situasjonsplan                    | M = 1:500    |
| Tegning 100 | Profil A – A                      | M = 1:200    |
| Tegning 101 | Stabilitetsberegning profil A – A | M = 1:200    |

#### Vedlegg

|           |   |
|-----------|---|
| Vedlegg A | Dreietrykksonderinger                             |
| Vedlegg B | Trykksonderinger                                  |
| Vedlegg C | Poretrykkmålinger                                 |
| Vedlegg D | Laboratorieundersøkelser                          |
| Vedlegg E | Tolkning av skjærstyrke fra trykksonderingsforsøk |
| Vedlegg F | LIDAR-scanning                                    |
| Vedlegg G | Peleplan  |

#### Kontroll- og referanseside





## 1 Innledning

Natt til 14.12.2011 gikk det et leirskred i Remmendalen, ned mot renseanlegget i Refneveien 33 i Halden.

NGI er engasjert av Halden kommune for å vurdere årsaksforhold, sikkerheten etter skredet, samt å foreslå nødvendige tiltak for sikring av området, kfr trelefon fra Egil Hult 14.12.2011. Beliggenheten fremgår av oversiktskartet, tegning 001.

## 2 Hendelsesforløp og årsaksforhold

Befaring ble foretatt 14.12.2011. Tilstede var Egil Hult fra Halden kommune, politiet, eier av Bøkeveien 10 Vidar Thoresen og Odd Gregersen fra NGI.

Skredgropens omtrentlige utbredelse fremgår av situasjonsplanen, tegning 010. Bredden er ca 30 m og dybden inntil 3-4 m.

Skredmassene utgjør 1000-2000 m<sup>3</sup>. Massene, som var relativt bløte, hadde beveget seg helt ned mot renseanlegget, ca 80 m fra bakre skredkant.

Skredområdet utgjør en leirfylt dyprenne. Mot nord er det fjell i dagen langs hele skredområdet. Mot syd er det fjell i dagen ved foten av skredområdet. Bredden er her bare 10-15 m.

Skredet ble utløst etter en lengre periode med uvanlig mye nedbør. Dette kan være utløsende årsak. I bakkant av skredgropen går det en kommunal vannledning. Mulig lekkasje i denne ledningen har vært nevnt, og kan i så fall ha vært en medvirkende årsak. Det er imidlertid ikke bekreftet om det har vært lekkasje i ledningen.

For å sikre nødvendig adkomst med lastebiler til renseanlegget, ble det under befaringen gitt anledning til å fjerne noe skredmasser nærmest bebyggelsen.

Tre av boligene beliggende i bakkant av skredområdet, henholdsvis Bøkeveien 6, 8 og 10, ble evakuert umiddelbart etter skredet. Etter befaringen ble det gitt tillatelse til å flytte tilbake til Bøkeveien 6 og 8.

## 3 Grunnundersøkelser

Feltarbeidet ble utført av borelag fra NGI i perioden 18. – 20.12.2011. Det ble utarbeidet en borplan som vist på tegning 010.

Undersøkelsene har omfattet 8 dreietrykkssonderinger (vedlegg A), 3 CPTU-sonderinger (vedlegg B), installering av 2 poretrykkålere (vedlegg C) samt opptak av 1 prøveserie for analyse i laboratoriet (vedlegg D). Likeledes er det



foretatt LIDAR-scanning av skredområdet, for kartlegging av terrengoverflaten etter skredet. Resultatet fremgår i vedlegg F.

Jordprøvene er undersøkt i NGIs laboratorium etter et standard undersøkelsesprogram. Programmet omfatter materialbeskrivelse, bestemmelse av vanninnhold, konsistensgrenser, uforstyrret og omrørt skjærstyrke, sensitivitet og romvekt. I tillegg er de utført kornfordelingsanalyser.

#### **4 Beskrivelse av grunnforholdene**

##### **4.1 Topografi**

Terrenget på området faller fra kote 29 i bakkant av skredgropa til kote 2,5 på plassen ved renseanlegget. Det er fjell i dagen på begge sider av skredområdet. Ved foten av skredområdet er bredden mellom oppstikkende fjell bare 10-15 m.

Tegning 100 viser profil A – A med opprinnelig terreng før skred samt terreng innmålt ved LIDAR-scanning. Ved innmålingen var imidlertid sikringsarbeidene delvis utført, slik at det opptegnede terrenget avviker noe fra situasjonen etter skred og fra endelig terreng etter fullførte sikringsarbeider.

##### **4.2 Løsmasser**

Undersøkelsene viser at løsmassene i bakkant av skredgropa består av ca. 8 m silt og 4-6 m leire over grus og derunder fjell. Silt-/leirlagene har sensitivitet på mellom 7 og 14 og er således definert som middels sensitive masser. Grunnforholdene fremgår av profil A-A gjennom skredområdet, se tegning 100.

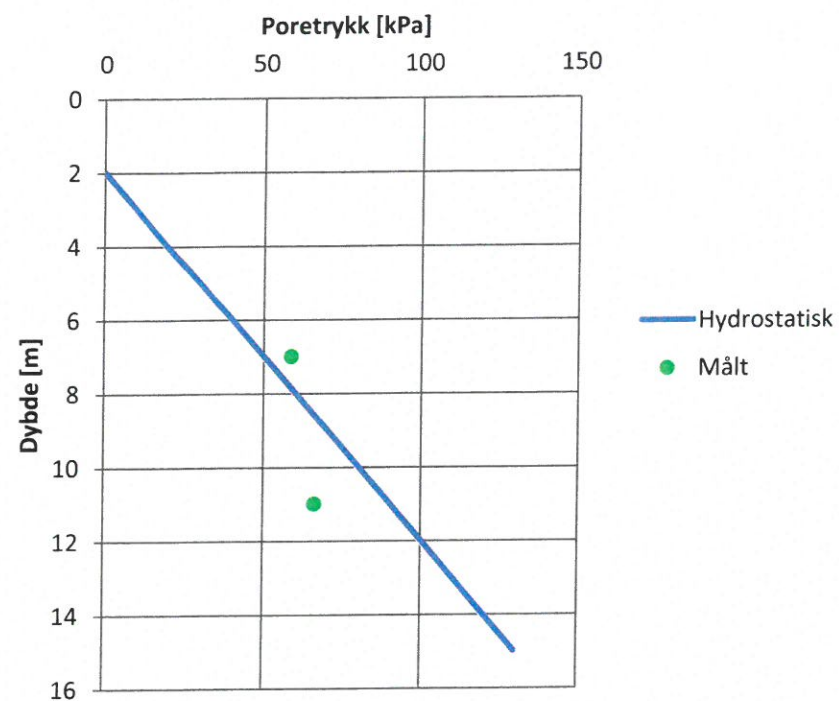
Direkte skjærstyrke bestemt ved konusforsøk og enaksiale trykkforsøk i laboratoriet ligger på mellom 36 og 50 kPa, noe økende med dybden.

CPTU-sonderingene er tolket mht. skjærstyrke, se vedlegg E.

##### **4.3 Grunnvann**

Figur 4.1 viser målt poretrykk relativt til hydrostatisk vanntrykk fra 2 m under terreng. Måler i 7 m dybde viser trykk noe over hydrostatisk fordeling, mens måler i 11 m dybde viser vesentlig lavere trykk enn hydrostatisk fordeling.





Figur 4.1: Målt poretrykk og antatt hydrostatisk fordeling

## 5 Sikringsarbeider

For å sikre skråningen mot videre skred er det utført en kombinasjon av grunnforsterkning og tilbakefylling av stabiliserende masser opp mot skredkanten.

Grunnforsterkningen er utført ved installering av kalksementpeler i foten av skråningen. Dette er gjort for å sikre et stabilt fundament for fyllmassene, samt å bedre fremkommelighet i skredgropa. Kalksementpelene ble installert i januar 2012 av det svenske firmaet LCM. Pelene har diameter 800 mm og er satt i et tett mønster med overlapping som illustrert i vedlegg F. Det vises for øvrig til LCMs utførelsesdokumentasjon /1/.

Etter utført kalksementstabilisering er det tilbakefylt med grovere sprengsteinmasser i skredgropa med en slak helning opp mot bakre skredkant. Disse steinmassene fungerer som en motvekt og vil dermed utgjøre en betydelig forbedring i sikkerheten mot nye skred. Samtidig vil steinmassene være motstandsdyktige mot erosjon og forhindre at skråningen på sikt kan bli mer ustabil.

Tilbakefylte steinmasser er oppgitt av kommunen å ha et volum på 1500 – 2000 m<sup>3</sup>.



## 6 Stabilitetsanalyser

Det er utført stabilitetsberegninger av forholdene før og etter skredet, samt av behovet for tiltak for å oppnå en tilfredsstillende sikkerhet for området. Beregningene med forutsetninger er dokumentert i /2/.

Kort oppsummert er det i beregningene tatt utgangspunkt i skråningsgeometrien før skredet og lagdelingen fra grunnundersøkelsene. Materialparametre er justert til sikkerheten for brudd lå rundt 1,0, og ny skråningsgeometri estimert ut fra beregnet bruddform og observasjoner i felt. Stabiliteten etter skredet ble også funnet å være svært lav, og nye skred ville vært svært sannsynlige. Sikringstiltakene ved oppfylling av stein mot skråningen ga en beregningsmessig sikkerhetsøkning opp mot ca. 2,0 for hele skråningen, som vist i tegning 101.

## 7 Referanser

- /1/ LCM (2012)  
*Remmendalen Halden 31.12.01*  
*Kvalitetspärm*
- /2/ NGI (2012)  
*20111033: Skred i Refneveien 33, Halden*  
*Geoteknisk beregningshefte: Stabilitetsvurdering av sikringstiltak*  
Intern beregningsdokumentasjon datert 2012-01-20



# Grunnundersøkelser

## Tegnforklaring plan- og profiltegninger

Bilag 1



### Plantegninger

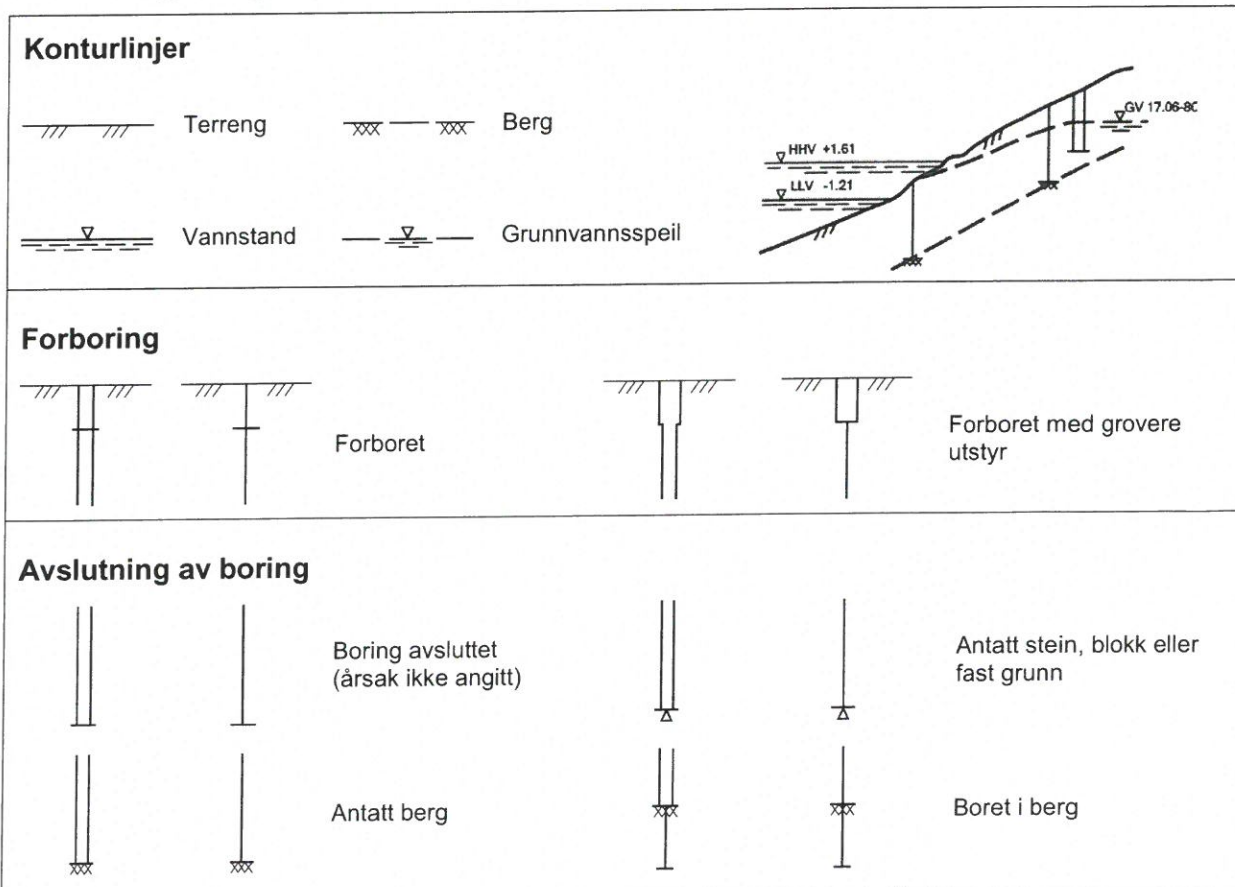
| Symbol | Metode              | Symbol | Metode                       |
|--------|---------------------|--------|------------------------------|
| ○      | Enkel sondering     | ▽      | Trykksondering (CPTU)        |
| ●      | Dreiesondering      | ⊖      | Poretrykksmåling             |
| ◊      | Dreietrykksondering | ■      | Setningsmåling               |
| ▼      | Ramsondering        | □      | Helningsmåling               |
| ☆      | Fjellkontrollboring | ⊗      | In situ permeabilitetsmåling |
| ⊕      | Totalsondering      | ⊙      | Prøveserie                   |
| +      | Vingeboring         | □      | Prøvegrop                    |

#### Nivåer og dybder (m)

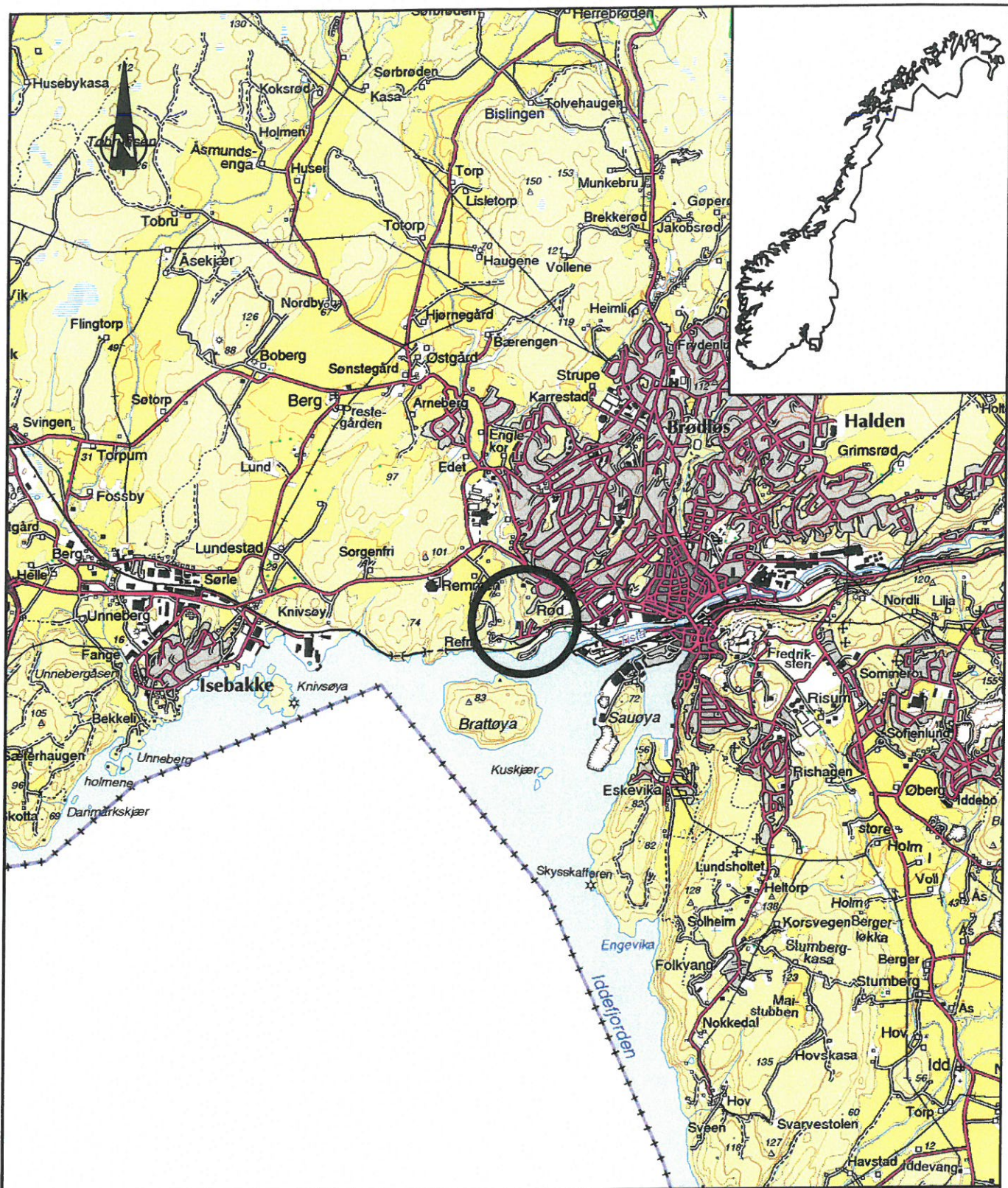
118 ☆  $\frac{12,8}{-5,7}$  18,5 + 3,0

Foran symbol: Punkt nr. (118)  
 Over linjen: Kote terreng (12,8) eller elvebunn, sjøbunn ved boring i vann  
 Ut for linjen: Boret dybde i løsmasser (18,5) + boret dybde i fjell (+3,0).  
 Under linjen: Kote antatt fjell (-5, 7). Antas at fjell ikke er påtruffet angis ~.

### Profiltegninger







Halden kommune  
Skred i Refneveien 33, Halden

Oversiktskart

Status  
Original format  
A4  
Tegningens filnavn  
q:\geotarkiv\20111033\autograf.rit\001.dwg

Målestokk  
150 000



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 |
| 2012-05-10  | ThS            | OG          | AS       |
| Oppdragsnr. | Tegningsnr.    | Rev.        |          |
| 20111033    | 001            |             |          |







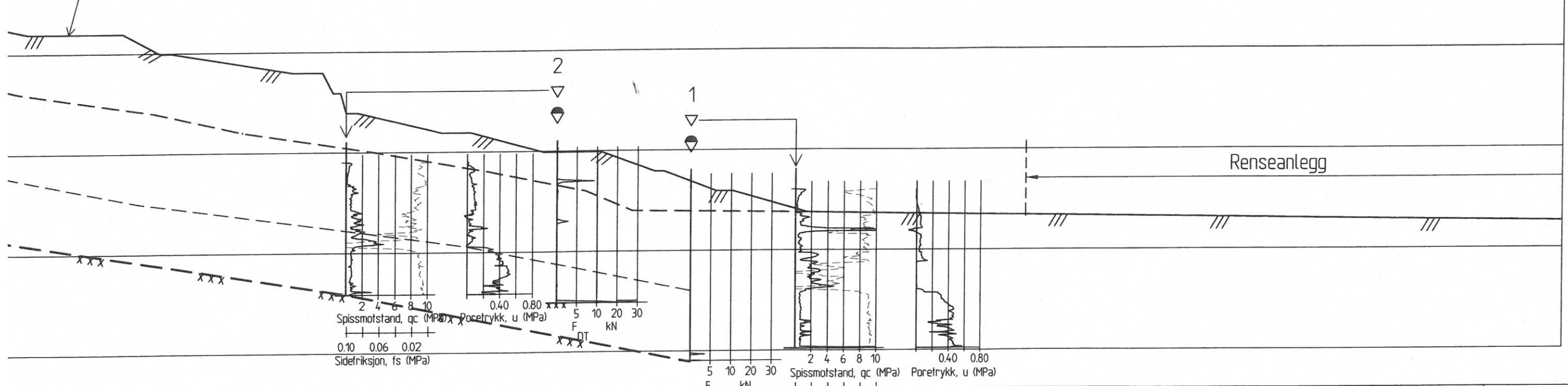






+30  
+25  
+20  
+15  
+10  
+5  
+0

Terreng ved LIDAR-scanning 2012-01-24. Sikringsarbeider under utførelse.




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

F DT kN 5 10 20 30

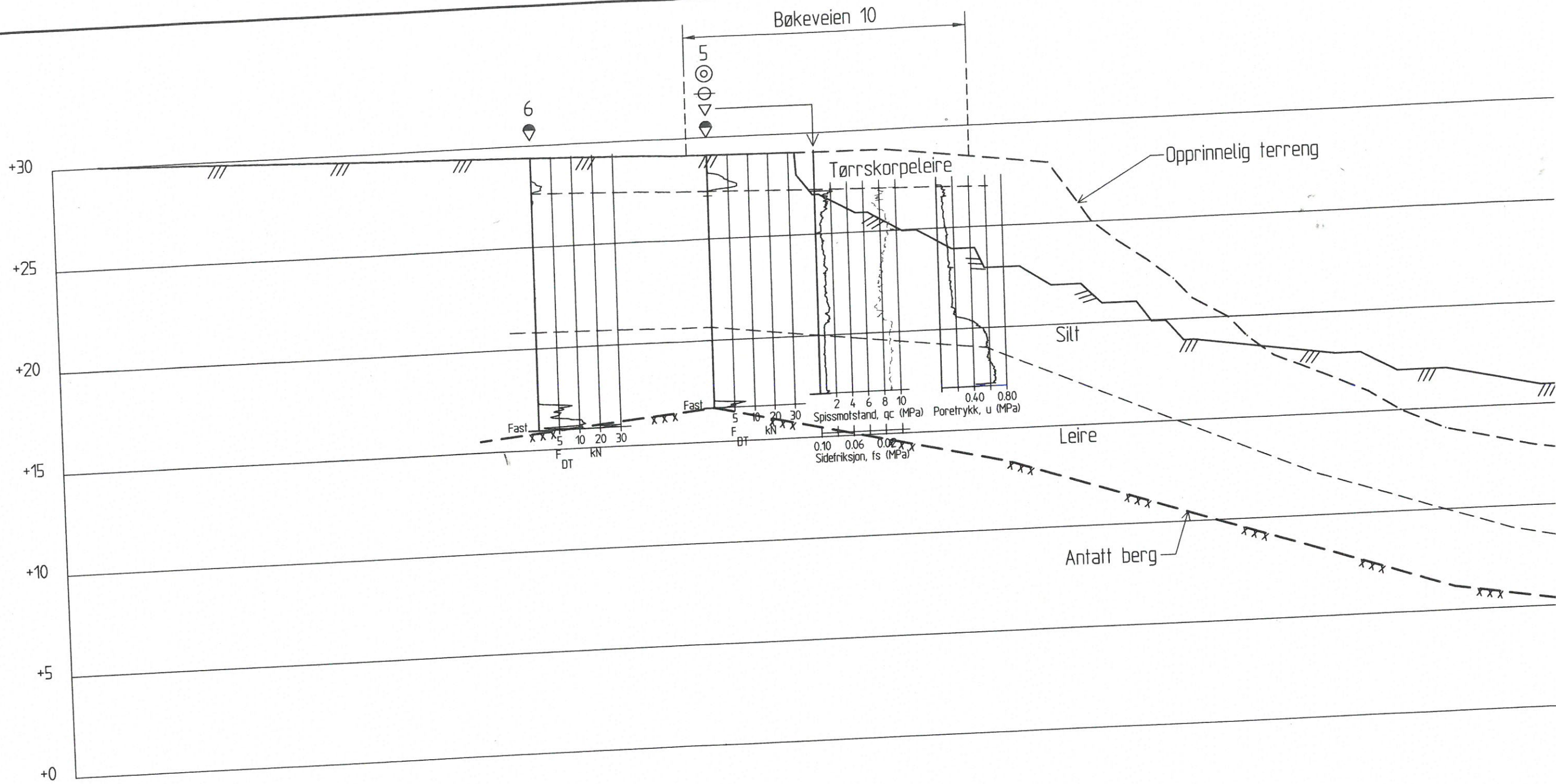
Spissmotstand, qc (MPa) Poretrykk, u (MPa)  
0.10 0.06 0.02  
Sidefriksjon, fs (MPa)

F DT kN 5 10 20 30

- TEGNFORKLARING :**
- ⊙ Prøveserie
  - ◊ Dreietrykksondering
  - ▽ CPTU sondering
  - ⊖ Poretrykksmåler

|   |             |                        |   |             |          |
|---|-------------|------------------------|---|-------------|----------|
| Rev.  | Beskrivelse | Dato                   | Tegn.   | Kontr.      | Gr       |
|   |             | Status                 |   |             |          |
|   |             | Original format<br>A3L |   |             |          |
|   |             | Tegningens filnavn     |   |             |          |
|   |             | Målestokk              |  |             |          |
|   |             | 1 : 200                |   |             |          |
| Halden kommune<br>Skred i Refneveien 33, Halden   |             | Dato                   | Konstr./Tegnet  | Kontrollert | Godkjent |
| Profil A - A  |             | 2012-05-10             | TS  | OG          | AS       |
| NGI<br>Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion<br>NO-0806 Oslo, Norway<br>T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48<br>www.ngi.no |             | Oppdragsnr.            | Tegningsnr.   | Rev.        |          |
|   |             | 20111033               | 100   |             |          |





Profil A-A  
1:200



Dokumentnr.: 20111033-00-1-R  
Dato: 2012-05-10  
Side: 1  
Vedlegg: A

## Vedlegg A - Dreietrykkssonderinger

### Innhold

|                      |          |
|----------------------|----------|
| <b>A1 Metode</b>     | <b>2</b> |
| <b>A2 Resultater</b> | <b>2</b> |
| <b>A3 Referanser</b> | <b>2</b> |

### Figurer

Figur A1 – A9





## **A1 Metode**

Metoden benyttes for å bestemme lagdeling i løsmasser og dybder til fast grunn eller antatt fjell. Metoden gir ikke sikker påvisning av fjell.

Resultatene gir grunnlag for å identifisere jordarter og vurdere relativ fasthet i grunnen.

Metoden er velegnet for å bestemme sensitivitet i bløt leire.

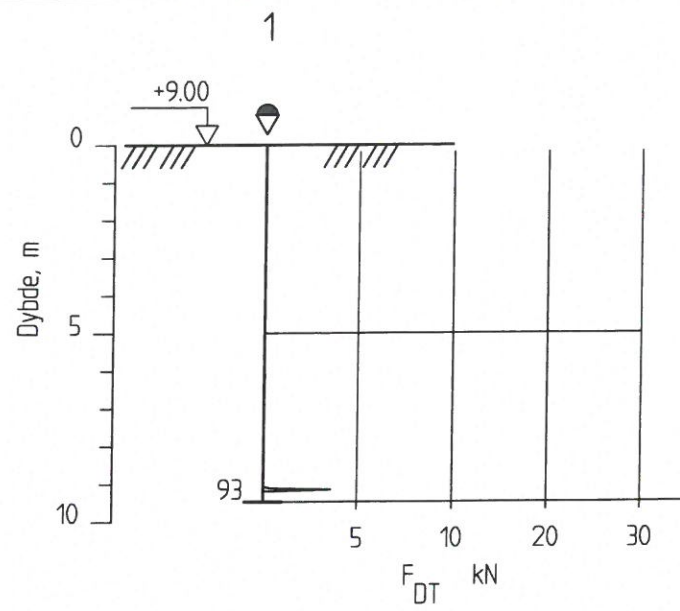
## **A2 Resultater**

Resultatene er vist som enkeltboringer på figur A1 – A9.

## **A3 Referanser**

/A1/ Norsk Geoteknisk Forening (1982)  
*Veiledning for utførelse av dreietrykksondering*  
Melding nr. 7, rev. nr. 1 (1989)

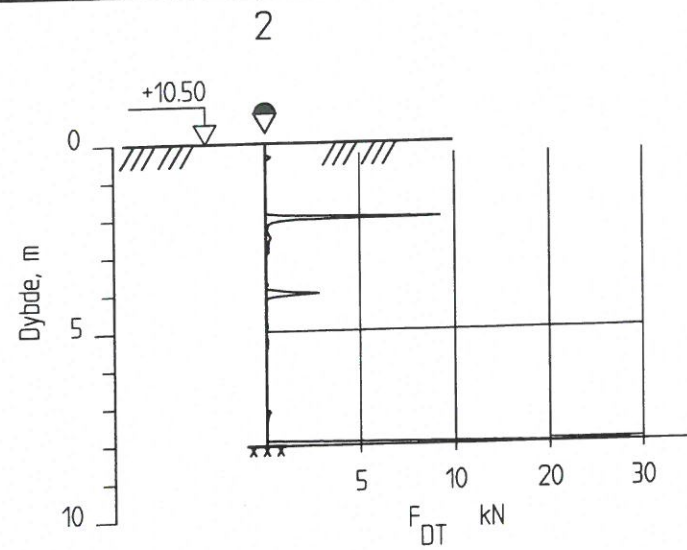
/A2/ Statens vegvesen (1997)  
*Håndbok 015. Feltundersøkelser*



NB: En feil på kraftmåler har gjort at lav motstand ikke har blitt registrert korrekt.

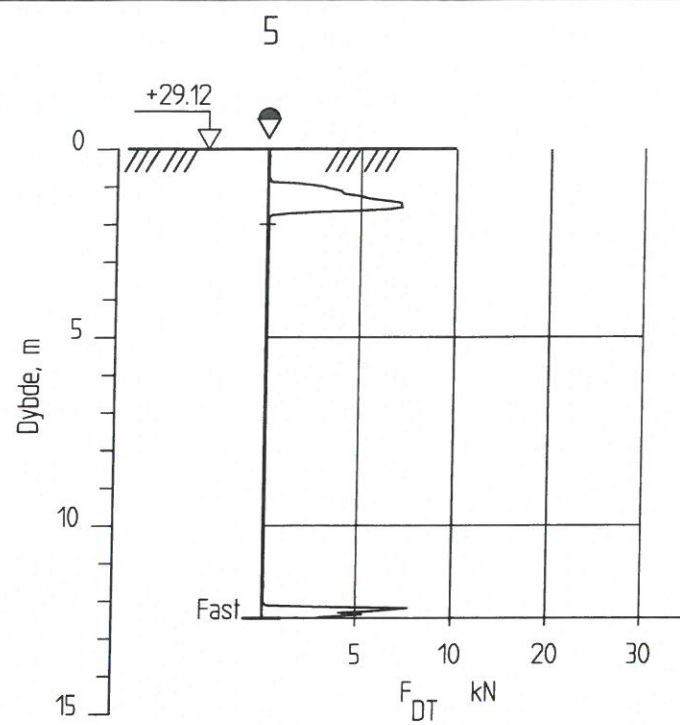
|   |   |   |
|---|---|---|
| Refneveien 33, Halden                           | Rapport nr.<br>20111033                               | Figur nr.<br>A1   |
|   | Tegner<br>ThS   | Dato:<br>10.05.12   |
| Dreietrykkssondering<br>M = 1 : 200             | Kontrollert<br>OG                                     |  |
|   | Godkjent<br>AS  |   |
| Borhull 1<br>Posisjon: X 6555882.00 Y 635183.00 | Forsøk nr. :<br>Sonde nr. :<br>Dato boret :20.12.2011 |   |





NB: En feil på kraftmåler har gjort at lav motstand ikke har blitt registrert korrekt.

|   |   |   |
|---|---|---|
| Refneveien 33, Halden                           | Rapport nr.<br>20111033                               | Figur nr.<br>A2   |
|   | Tegner<br>ThS   | Dato:<br>10.05.12   |
| Dreietrykkssondering<br>M = 1 : 200             | Kontrollert<br>OG                                     |  |
|   | Godkjent<br>AS  |   |
| Borhull 2<br>Posisjon: X 6555883.00 Y 635190.00 | Forstk nr. :<br>Sonde nr. :<br>Dato boref :20.12.2011 |   |



NB: En feil på kraftmåler har gjort at lav motstand ikke har blitt registrert korrekt.

Refneveien 33, Halden

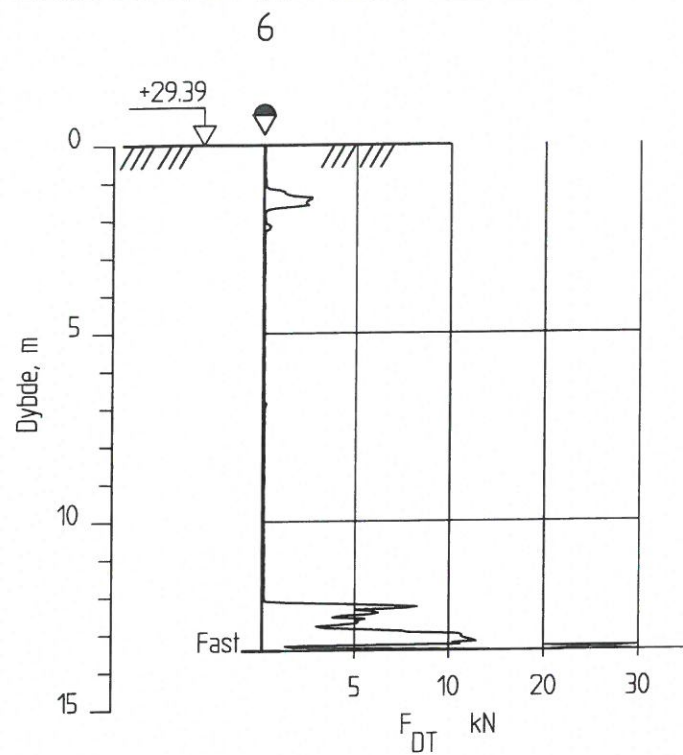
Dreietrykkssondering  
M = 1 : 200

Borhull 5  
Posisjon: X 6555919.08 Y 635246.31

Forsøk nr. :  
Sonde nr. :  
Dato boret :19.12.2011

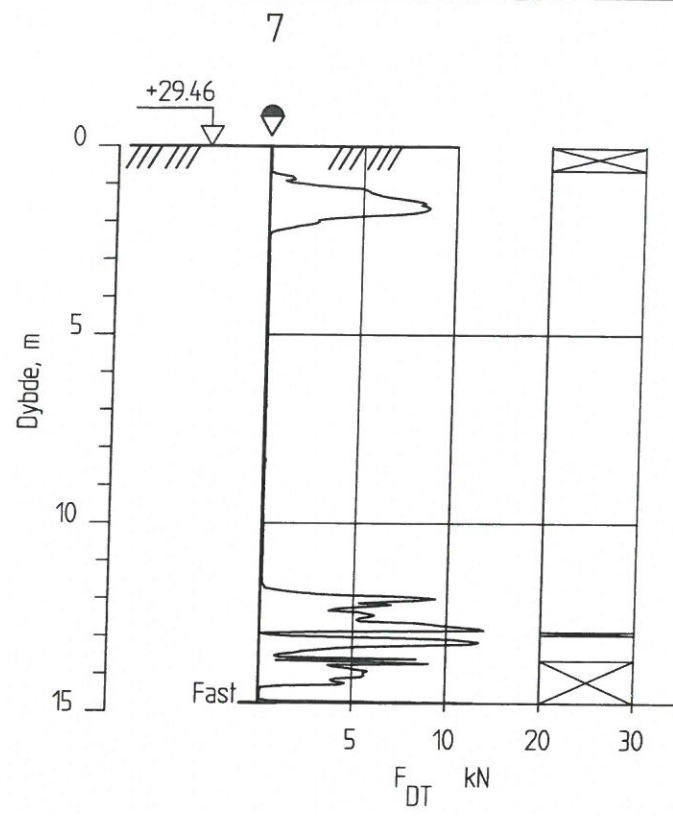
|                         |   |
|-------------------------|---|
| Rapport nr.<br>20111033 | Figur nr.<br>A3   |
| Tegner<br>ThS           | Dato:<br>10.05.12   |
| Kontrollert<br>OG       |  |
| Godkjent<br>AS          |   |





NB: En feil på kraftmåler har gjort at lav motstand ikke har blitt registrert korrekt.

|   |  |                         |   |
|---|--|-------------------------|---|
| Refneveien 33, Halden                                 |  | Rapport nr.<br>20111033 | Figur nr.<br>A4   |
| Dreietrykkssondering<br>M = 1 : 200                   |  | Tegner<br>ThS           | Dato:<br>10.05.12   |
| Borhull 6<br>Posisjon: X 6555923.66 Y 635253.64       |  | Kontrollert<br>OG       |  |
| Forsøk nr. :<br>Sonde nr. :<br>Dato boret :19.12.2011 |  | Godkjent<br>AS          |   |



NB: En feil på kraftmåler har gjort at lav motstand ikke har blitt registrert korrekt.

Refneveien 33, Halden

Dreietrykksondring  
M = 1 : 200

Borhull 7  
Posisjon: X 6555925.24 Y 635241.93

Forsøk nr. :  
Sonde nr. :  
Dato boret :19.12.2011

Rapport nr.  
20111033

Tegner  
ThS

Kontrollert  
OG

Godkjent  
AS

Figur nr.  
A5

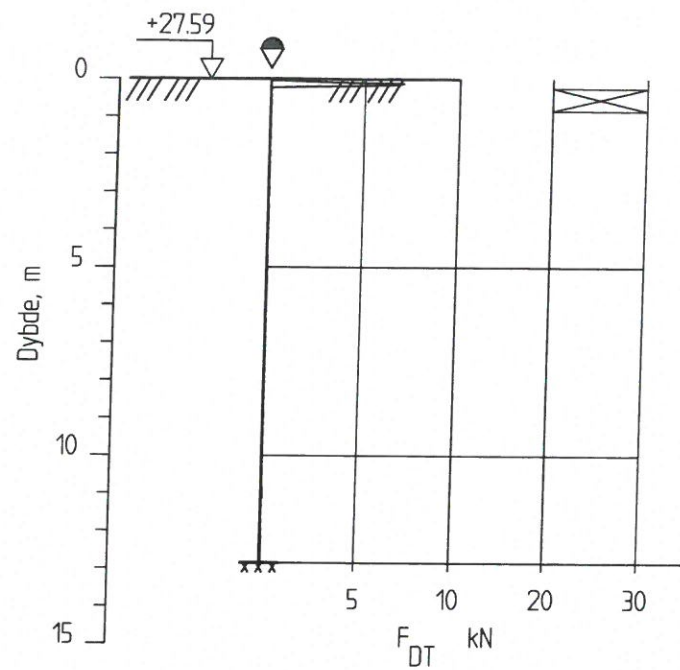
Dato:  
10.05.12







9



NB: En feil på kraftmåler har gjort at lav motstand ikke har blitt registrert korrekt.

Refneveien 33, Halden

Dreietrykksondering  
M = 1 : 200

Borhull 9  
Posisjon: X 6555888.89 Y 635251.71

Forsøk nr. :  
Sonde nr. :  
Dato boret :19.12.2011

Rapport nr.  
20111033

Tegner  
ThS

Kontrollert  
OG

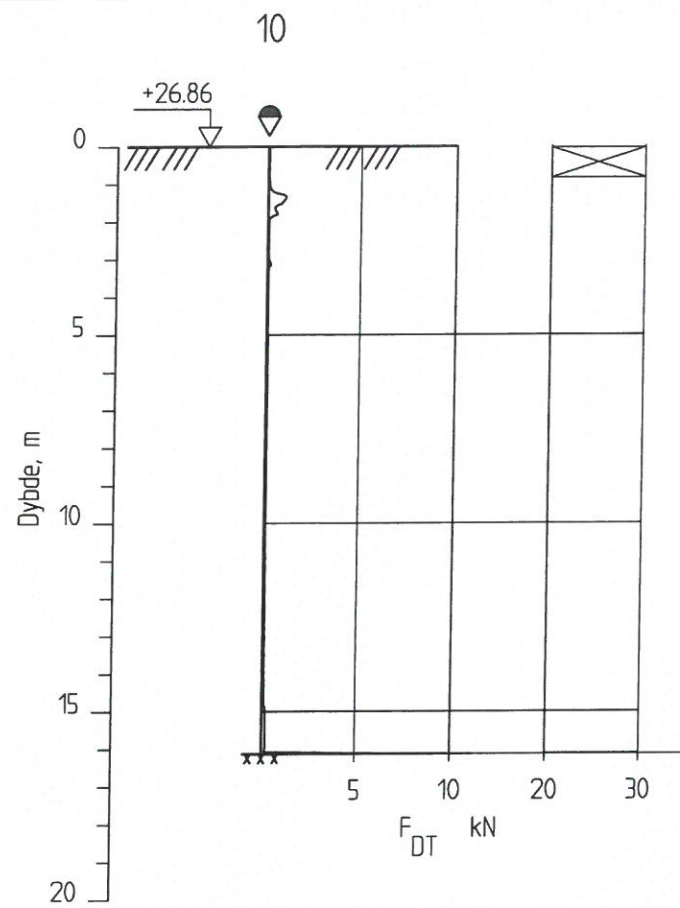
Godkjent  
AS

Figur nr.  
A7

Dato:  
10.05.12







NB: En feil på kraftmåler har gjort at lav motstand ikke har blitt registrert korrekt.

Refneveien 33, Halden

Dreietrykkssondering  
M = 1 : 200

Borhull 10  
Posisjon: X 6555873.88 Y 635245.40

Forsøk nr. :  
Sonde nr. :  
Dato boret :19.12.2011

Rapport nr.  
20111033

Tegner  
ThS

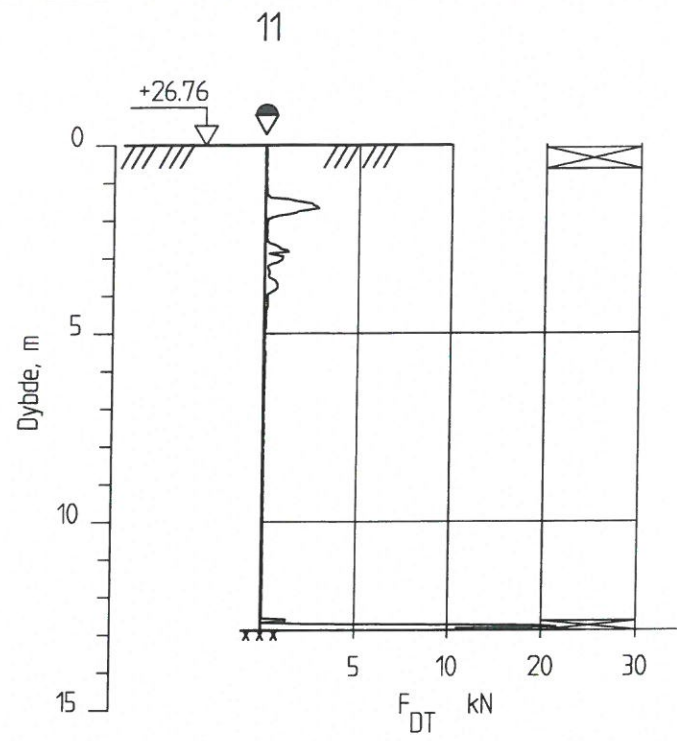
Kontrollert  
OG

Godkjent  
AS

Figur nr.  
A8

Dato:  
10.05.12





NB: En feil på kraftmåler har gjort at lav motstand ikke har blitt registrert korrekt.

Refneveien 33, Halden

Dreietrykkssondering  
M = 1 : 200

Borhull 11  
Posisjon: X 6555876.25 Y 635233.94

Forsøk nr. :  
Sonde nr. :  
Dato boret :20.12.2011

Rapport nr.  
20111033

Tegner  
ThS

Kontrollert  
OG

Godkjent  
AS

Figur nr.  
A9

Dato:  
10.05.12







Dokumentnr.: 20111033-00-1-R  
Dato: 2012-05-10  
Side: 1  
Vedlegg: B

## Vedlegg B - Trykksonderinger (CPTU)

### Innhold

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>B1 Metode</b>     | 2 |
| <b>B2 Resultater</b> | 2 |
| <b>B3 Referanser</b> | 2 |

### Figurer

Figur B1 – B4



## **B1 Metode**

Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) benyttes for å tolke lagdelinger, jordart, lagringsbetingelser og jordartens styrkeegenskaper.

Under nedpressingen måles trykket ( $q_c$ ) mot den koniske spissen og sidefriksjonen ( $f_s$ ) mot friksjonshylsen. I tillegg måles poretrykket ( $u$ ) på ett eller flere steder langs sondens overflate (CPTU).

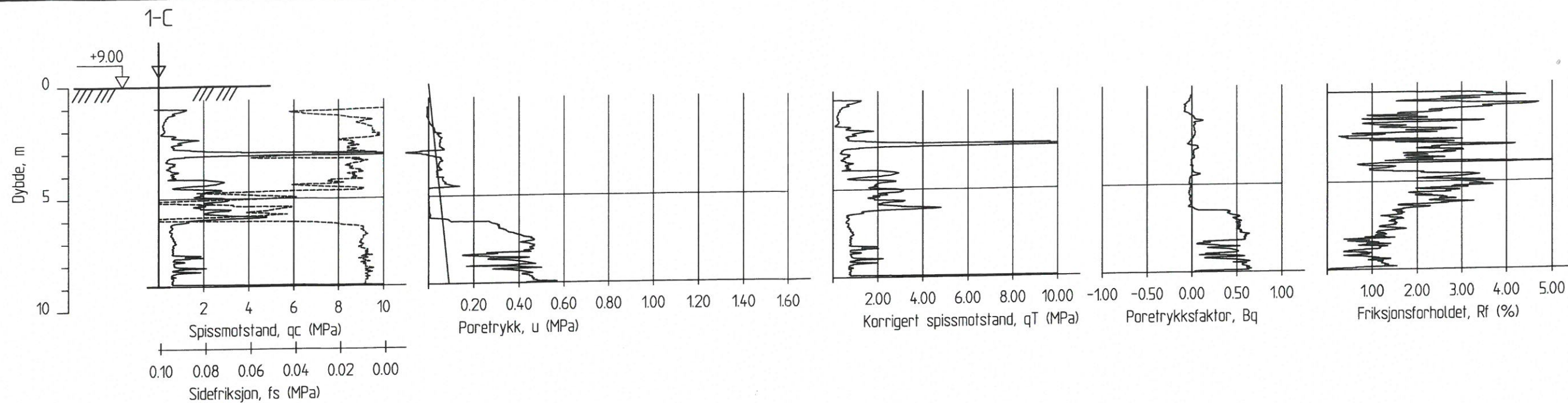
## **B2 Resultater**

Resultatene er vist som enkeltboringer på figur B1 – B4.

## **B3 Referanser**

- /B1/ Veiledning for utførelse av trykksondering  
Melding nr. 5, Norsk Geoteknisk Forening, 1982  
Rev. nr. 3, 2010
- /B2/ Håndbok 015. Feltundersøkelser  
Statens vegvesen, august 1997





## Refneveien 33, Halden

CPT-sondering  
M = 1 : 200

Borhull 1-C  
Posisjon: X 6555882.00 Y 635183.00

Forsøk nr. :  
Sonde nr. :  
Dato boret :20.12.2011

Rapport nr.  
20111033

Tegner  
ThS

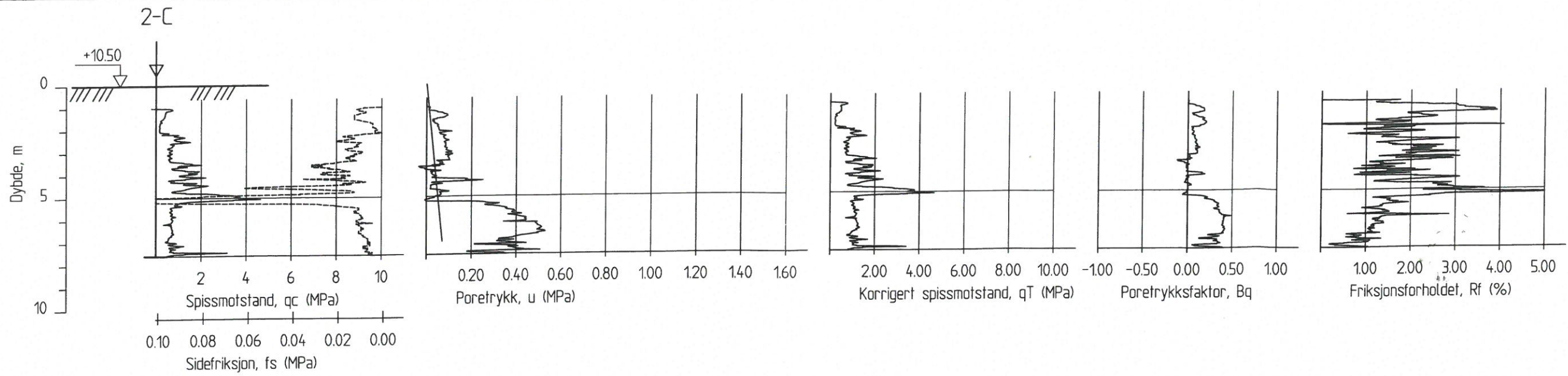
Kontrollert  
OG

Godkjent  
AS

Fig

Da  
10.





## Refneveien 33, Halden

CPT-sondering  
M = 1 : 200

Borhull 2-C  
Posisjon: X 6555883.00 Y 635190.00

Forsök nr. :  
Sonde nr. :  
Dato boret :20.12.2011

Rapport nr.  
20111033

Figur nr.  
B2

Tegner  
ThS

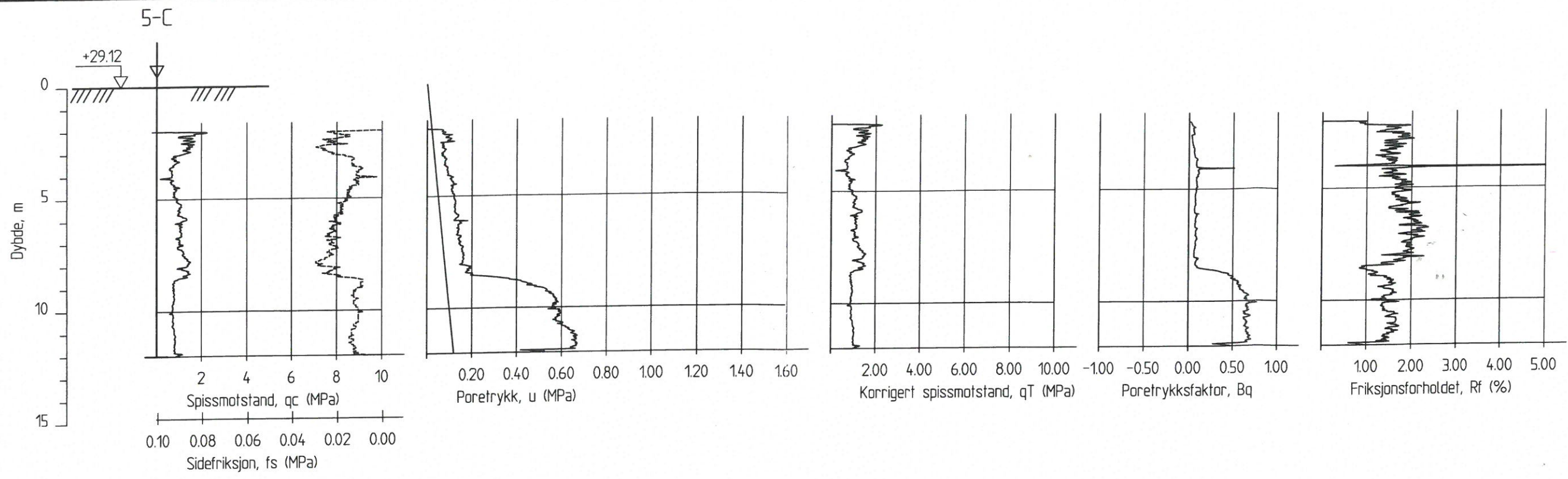
Dato:  
10.05.12

Kontrollert  
OG

Godkjent  
AS







Refneveien 33, Halden

CPT-sondering  
M = 1 : 200

Borhull 5-C  
Posisjon: X 6555919.08 Y 635246.31

Forsøk nr. :  
Sonde nr. :  
Dato boret :19.12.2011

Rapport nr.  
20111033

Figur nr.  
B3

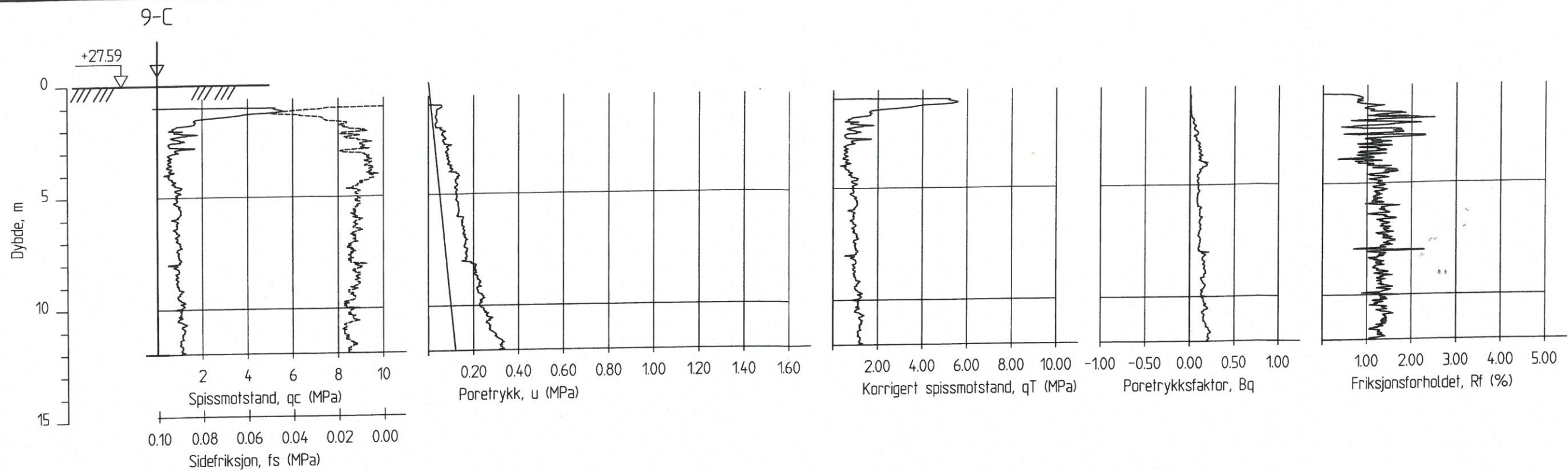
Tegner  
ThS

Dato:  
10.05.12

Kontrollert  
OG

Godkjent  
AS





## Refneveien 33, Halden

CPT-sondering  
M = 1 : 200

Borhull 9-C  
Posisjon: X 6555888.89 Y 635251.71

Forsøk nr. :  
Sonde nr. :  
Dato boret :20.12.2011

Rapport nr.  
20111033

Figur nr.  
B4

Tegner  
ThS

Dato:  
10.05.12

Kontrollert  
OG

Godkjent  
AS







## Vedlegg C - Poretrykksmålinger

### Innhold

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>C1 Metode</b>     | 2 |
| <b>C2 Resultater</b> | 2 |
| <b>C3 Måling</b>     | 2 |
| <b>C4 Resultater</b> | 2 |
| <b>C5 Referanser</b> | 2 |

### Figurer

|          |                        |
|----------|------------------------|
| Figur C1 | Borpunkt 5, dybde 7 m  |
| Figur C2 | Borpunkt 5, dybde 10 m |



## **C1 Metode**

Metoden brukes for å måle poretrykk i finkornige jordarter.

Poretrykksmåleren består av en sylinder med tett spiss og med hull i sidene hvor tre rørformede bronsefiltre er montert utenpå. Poretrykksmåleren er festet til nedpressingsrøret og koblet til en plastslange som går opp til topp rør over terrengnivå. Slangen fungerer som et vannstandsør som det kan peiles i med en egen peileledning i henhold til /C1/ og /C2/.

## **C2 Resultater**

Før poretrykksmåleren monteres blir det forboret gjennom toppmasser og tørrskorpeleire. Bronsefilteret vannmettes før nedsetting og slangen fylles opp med vann.

## **C3 Måling**

Det benyttes en egen ledning med parallelle kabler som er åpen i enden. I andre enden er denne tilknyttet en strømkrets som gir signal når spissen kommer i kontakt med væske.

## **C4 Resultater**

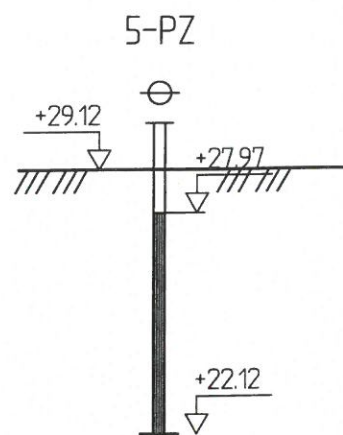
Resultater fra målingene er vist som figur C1 og C2.


## **C5 Referanser**

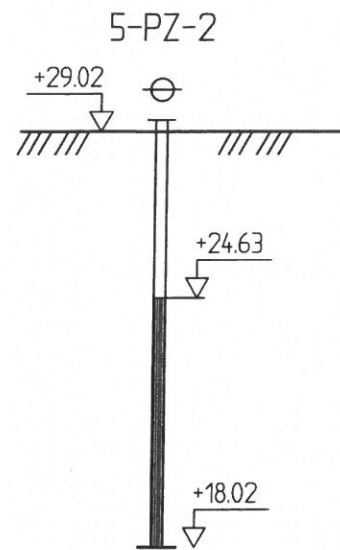
/C1/ Norsk Geoteknisk Forening (1982)  
*Veiledning for måling av grunnvannstrykk og poretrykk*  
Melding nr. 6, rev. nr. 1 (1989)

/C2/ Statens vegvesen (1997)  
*Håndbok 015: Feltundersøkelser*





|   |                         |   |
|---|-------------------------|---|
| Refneveien 33, Halden   | Rapport nr.<br>20111033 | Figur nr.<br>C1   |
|   | Tegner<br>ThS           | Dato:<br>10.05.12   |
| Vannstandsmåling<br>M = 1 : 200<br><br>Borhull 5-PZ<br>Posisjon: X 6555919.08 Y 635246.31 | Kontrollert<br>OG       |  |
|   | Godkjent<br>AS          |   |
| Målertype :<br>Dato målt : 01.01.2012   |                         |   |



Refneveien 33, Halden

Vannstandsmåling  
M = 1 : 200

Borhull 5-PZ-2  
Posisjon: X 6555919.08 Y 635246.31

Målertype :  
Dato målt :01.01.12

Rapport nr.  
20111033

Tegner  
ThS

Kontrollert  
OG

Godkjent  
AS

Figur nr.  
C2

Dato:  
10.05.12







Dokumentnr.: 20111033-00-1-R  
Dato: 2012-05-10  
Side: 1  
Vedlegg: D

## Vedlegg D - Laboratorieundersøkelser

### Innhold

|   |          |
|---|----------|
| <b>D1 Prøveåpning og materialbeskrivelse</b>              | <b>2</b> |
| <b>D2 Vanninnhold</b>                                     | <b>2</b> |
| <b>D3 Romvekt</b>   | <b>2</b> |
| <b>D4 Udrenert og omrørt skjærstyrke ved konusprøving</b> | <b>2</b> |
| <b>D5 Udrenert skjærstyrke ved enakset trykkforsøk</b>    | <b>2</b> |
| <b>D6 Flyte- og plastisitetstegrens</b>                   | <b>2</b> |

### Figurer

|          |                       |
|----------|-----------------------|
| Figur D1 | Borprofil hull 5      |
| Figur D2 | Kornfordelingsanalyse |



#### **D1 Prøveåpning og materialbeskrivelse**

Alle prøver registreres, åpnes og det foretas en visuell klassifisering og beskrivelse av materialtype.

#### **D2 Vanninnhold**

Fra hver prøvesylinder tas det ut to prøver for bestemmelse av naturlig vanninnhold ( $w$ ).

Naturlig vanninnhold bestemmes i henhold til NS 8013.

#### **D3 Romvekt**

Romvekt ( $\gamma$ ) bestemmes som gjennomsnitt for hele sylindren.

Romvekt bestemmes i henhold til NS 8011.

#### **D4 Udrenert og omrørt skjærstyrke ved konusprøving**

Fra hver prøvesylinder er det tatt ut to prøver for bestemmelse av udrenert ( $s_u$ ) og omrørt ( $s_r$ ) skjærstyrke ved konusprøving. Sensitivitet ( $S_t$ ) er forholdet mellom disse.

Konusprøving utføres i henhold til NS 8015.

#### **D5 Udrenert skjærstyrke ved enakset trykkforsøk**

Fra hver prøvesylinder er det tatt ut en prøve for bestemmelse av udrenert skjærstyrke ( $s_u$ ) ved enakset trykkforsøk. Etter utført trykkforsøk bestemmes også vanninnholdet til den samme prøven.

Enakset trykkforsøk utføres i henhold til NS 8016.

#### **D6 Flyte- og plastisitetensgrenser**

For to sylindre er det utført forsøk for bestemmelse av flyte- ( $w_l$ ) og plastisitetensgrenser ( $w_p$ ). Plastisitetsindeks bestemmes ved  $I_p = w_l - w_p$ .

Bestemmelsen er utført i henhold til NS 8002 og NS 8003.





Dokumentnr.: 20111033-00-1-R  
Dato: 2012-05-10  
Side: 3  
Vedlegg: D

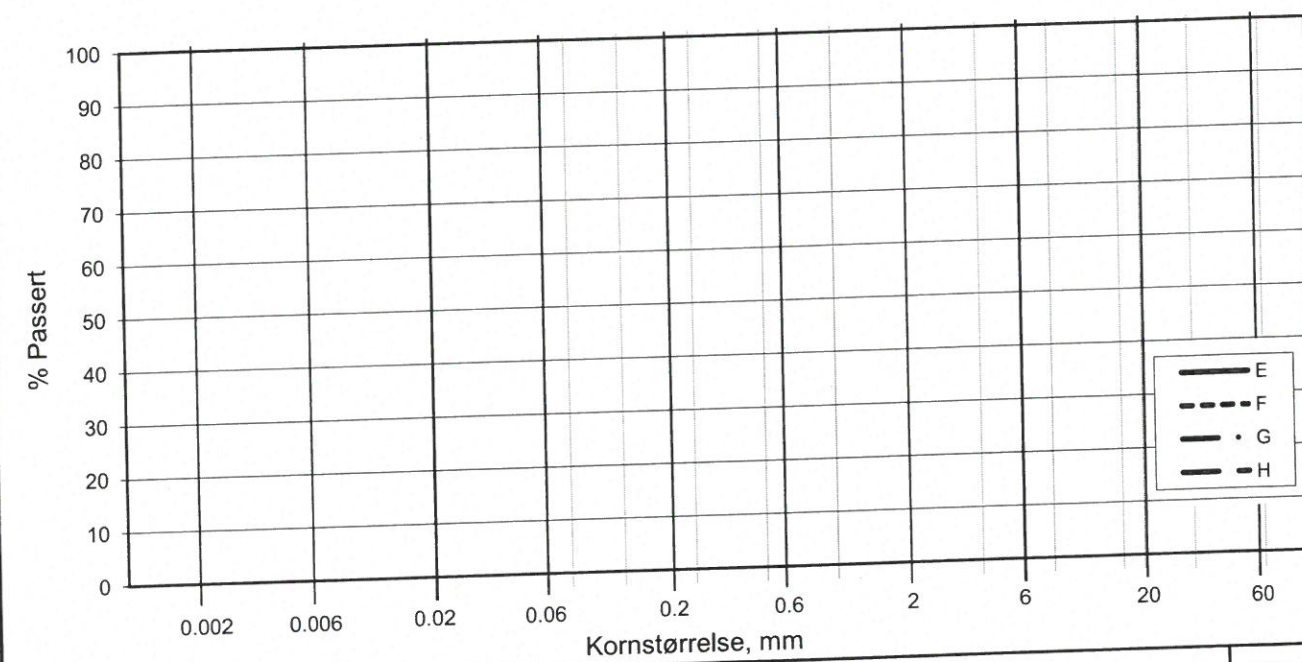
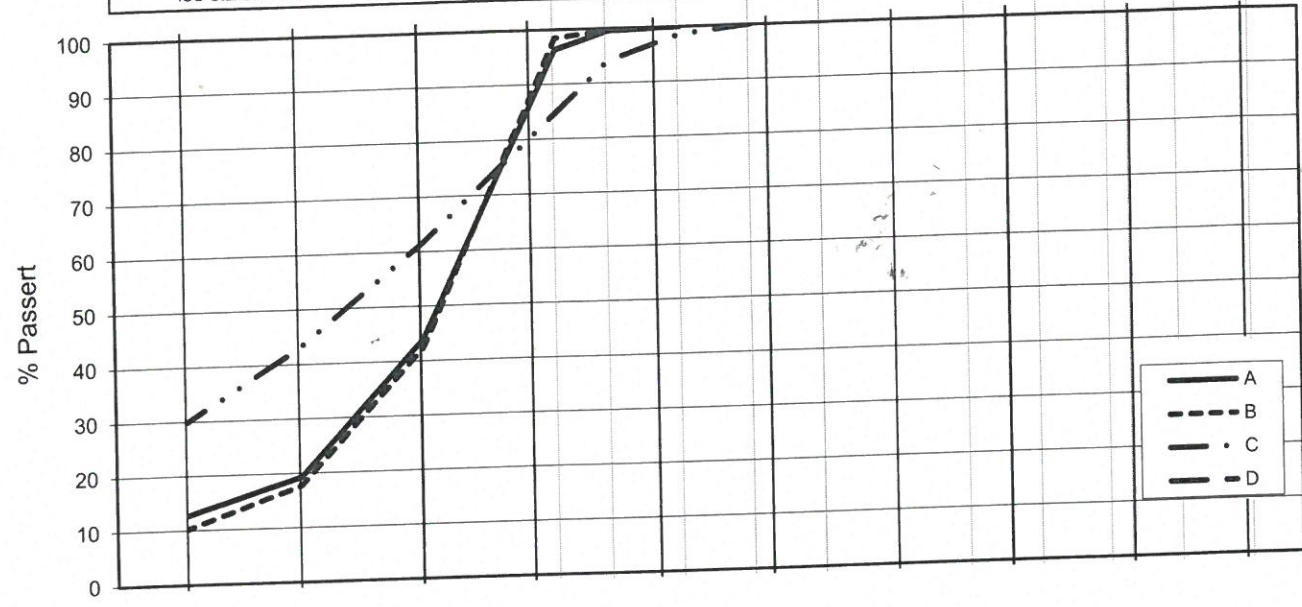
## D7 Kornfordelingsanalyse

Det er utført kornfordelingsanalyse ved falling drop forsøk på en prøve fra hver sylinder.





|                   |                  |         |                        |                      |         |                 |                   |         |      |
|-------------------|------------------|---------|------------------------|----------------------|---------|-----------------|-------------------|---------|------|
| L<br>E<br>I<br>R  | SILT             |         |                        | SAND                 |         |                 | GRUS              |         |      |
|                   | Fin              | Middels | Grov                   | Fin                  | Middels | Grov            | Fin               | Middels | Grov |
|                   | US Standard Sikt |         |                        | 200 100 50 30 16 8 4 |         |                 | 3/8" 3/4" 1.5" 3" |         |      |
| ISO Standard Sikt |                  |         | .075 .125 .25 .5 1 2 4 |                      |         | 8 16 19 31.5 63 |                   |         |      |



| Kurve | Hull nr. | Prøve nr. | Dybde m | $C_u$<br>( $d_{60} / d_{10}$ ) | Tele gr. | Leir innh. % | Jordartsbetegnelse | Metode tørr/våt sikt |
|-------|----------|-----------|---------|--------------------------------|----------|--------------|--------------------|----------------------|
| A     | 5        | 1         | 5,35    |                                | T4       | 12,7         | SILT, leirig       | Fall                 |
| B     | 5        | 2         | 7,35    |                                | T4       | 10,2         | SILT, leirig       | Fall                 |
| C     | 5        | 3         | 9,35    |                                | T4       | 29,9         | LEIRE, siltig      |                      |
| D     |          |           |         |                                |          |              |                    |                      |
| E     |          |           |         |                                |          |              |                    |                      |
| F     |          |           |         |                                |          |              |                    |                      |
| G     |          |           |         |                                |          |              |                    |                      |
| H     |          |           |         |                                |          |              |                    |                      |

Rev. NT-12 / Dato: 2010-11-22 / Sign. SK/EB

P:\2011\10\20111033\Lab\Kulne\fall BHS.xls\Plot

|   |                         |
|---|-------------------------|
| <b>Halden</b><br><br>Kornfordelingskurver | Dokumentnr.<br>20111033 |
|   | Dato<br>2012-01-14      |
|   | Figurnr.<br>D2          |
|   | Tegnet av<br>FP/        |





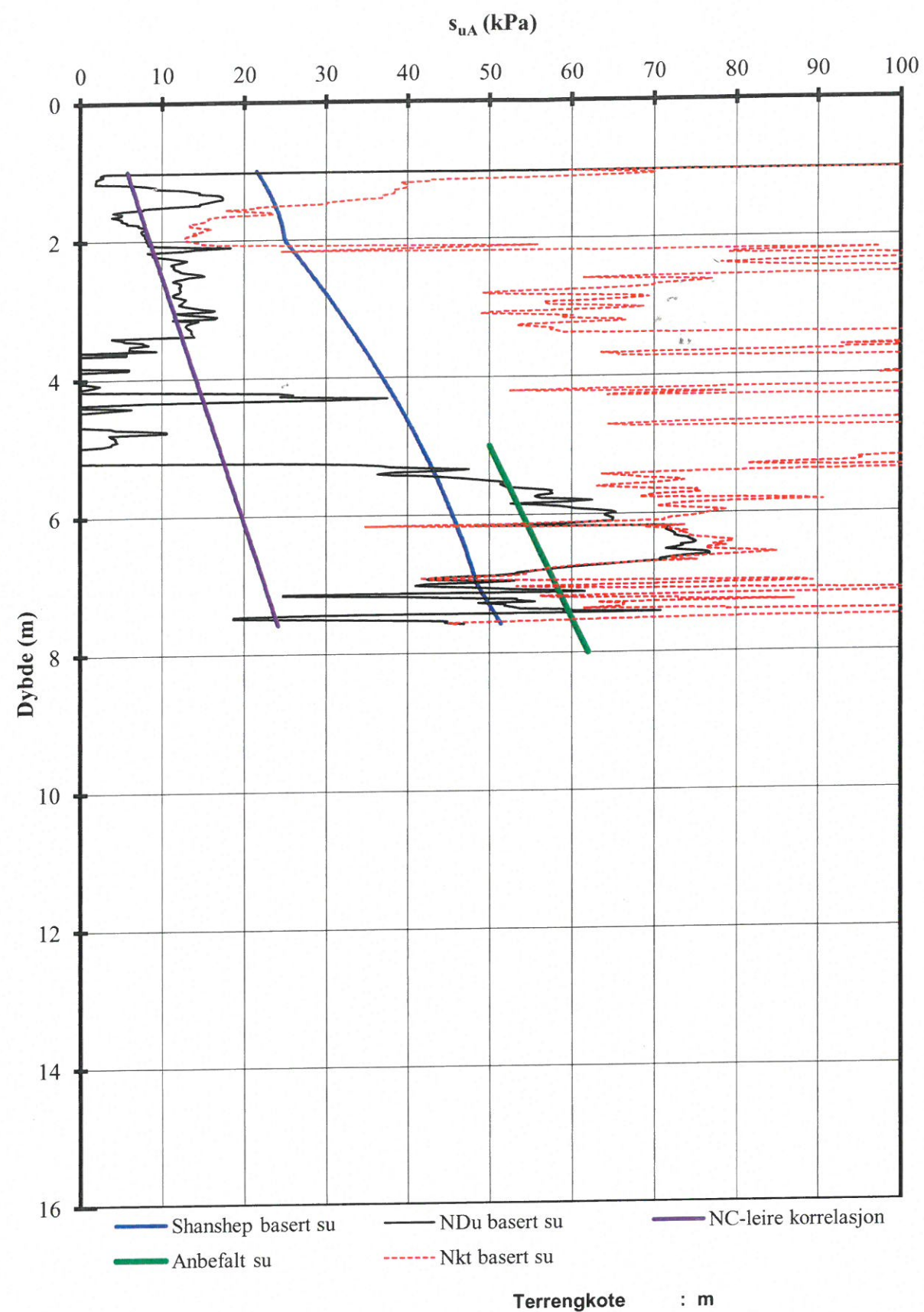
Dokumentnr.: 20111033-00-1-R  
Dato: 2012-05-10  
Side: 1  
Vedlegg: E

## Vedlegg E - Tolkning av trykksonderingsforsøk


**Figurer**  
Figur E1  
Figur E2

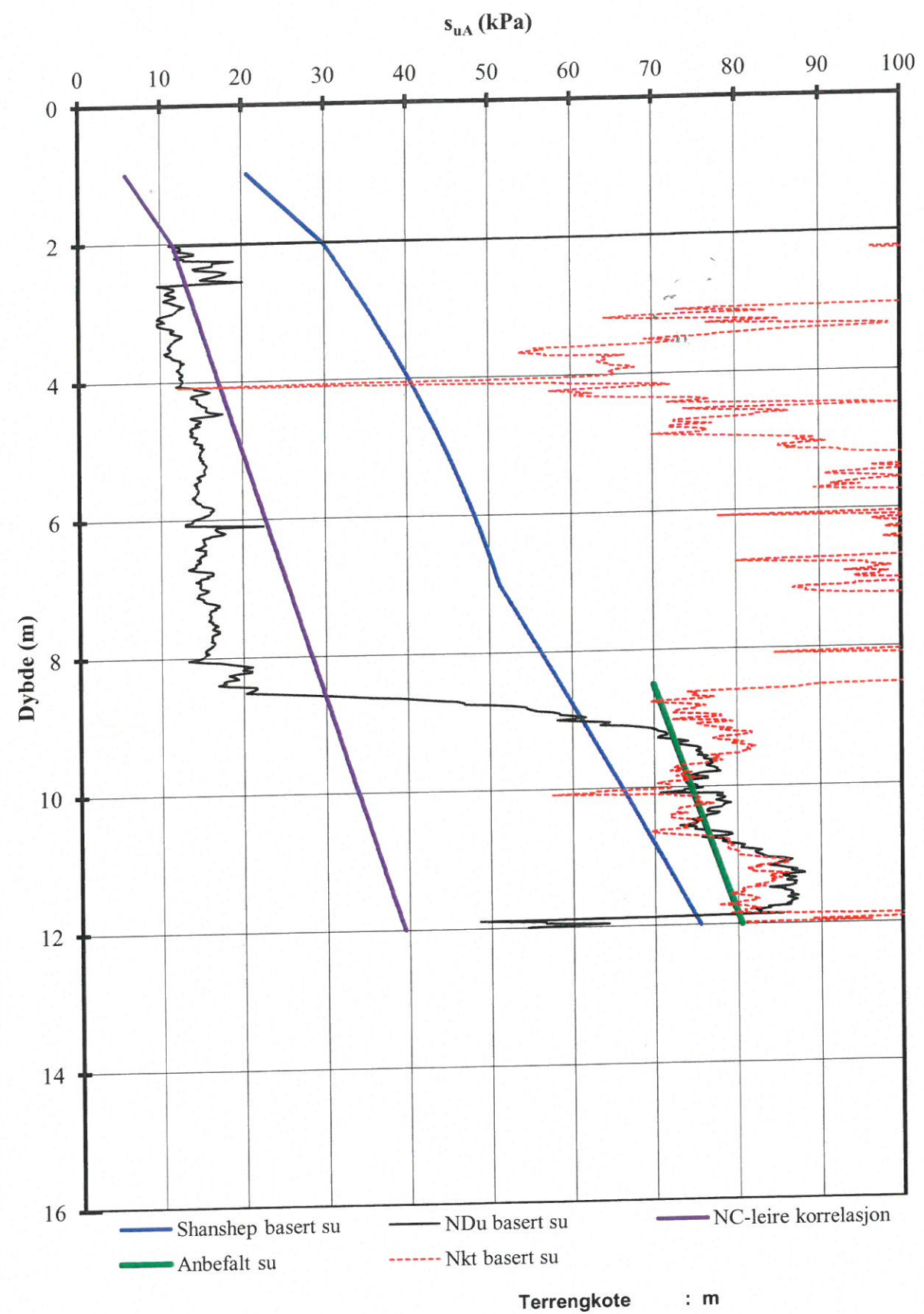
Tolkning av skjærstyrke ved borpunkt 2  
Tolkning av skjærstyrke ved borpunkt 5






P:\2011\10\20111033\Beregninger\CPT-tolk\Borhull 2.xls\sua profil

|   |   |            |
|---|---|------------|
| <b>Skred i Refneveien 33, Halden</b><br><br>Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanssep.<br><br>Borhull2 | Rapport nr.   | Figur nr.  |
|   | 20111033  | E1         |
|   | Tegner  | Dato       |
|   | ThS   | 2012-01-18 |
| Kontrollert   |  |            |
| Godkjent  |   |            |
| AS  |   |            |



P:\2011\10\20111033\Beregninger\CPT-tolk\Borhull 5.xls\sua profil

|   |             |   |
|---|-------------|---|
| <b>Skred i Refneveien 33, Halden</b><br><br>Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanslep.<br><br>Borhull5 | Rapport nr. | Figur nr.   |
|   | 20111033    | E2  |
|   | Tegner      | Dato  |
|   | ThS         | 2012-01-18  |
|   | Kontrollert |  |
| Godkjent  |             |   |
| AS  |             |   |





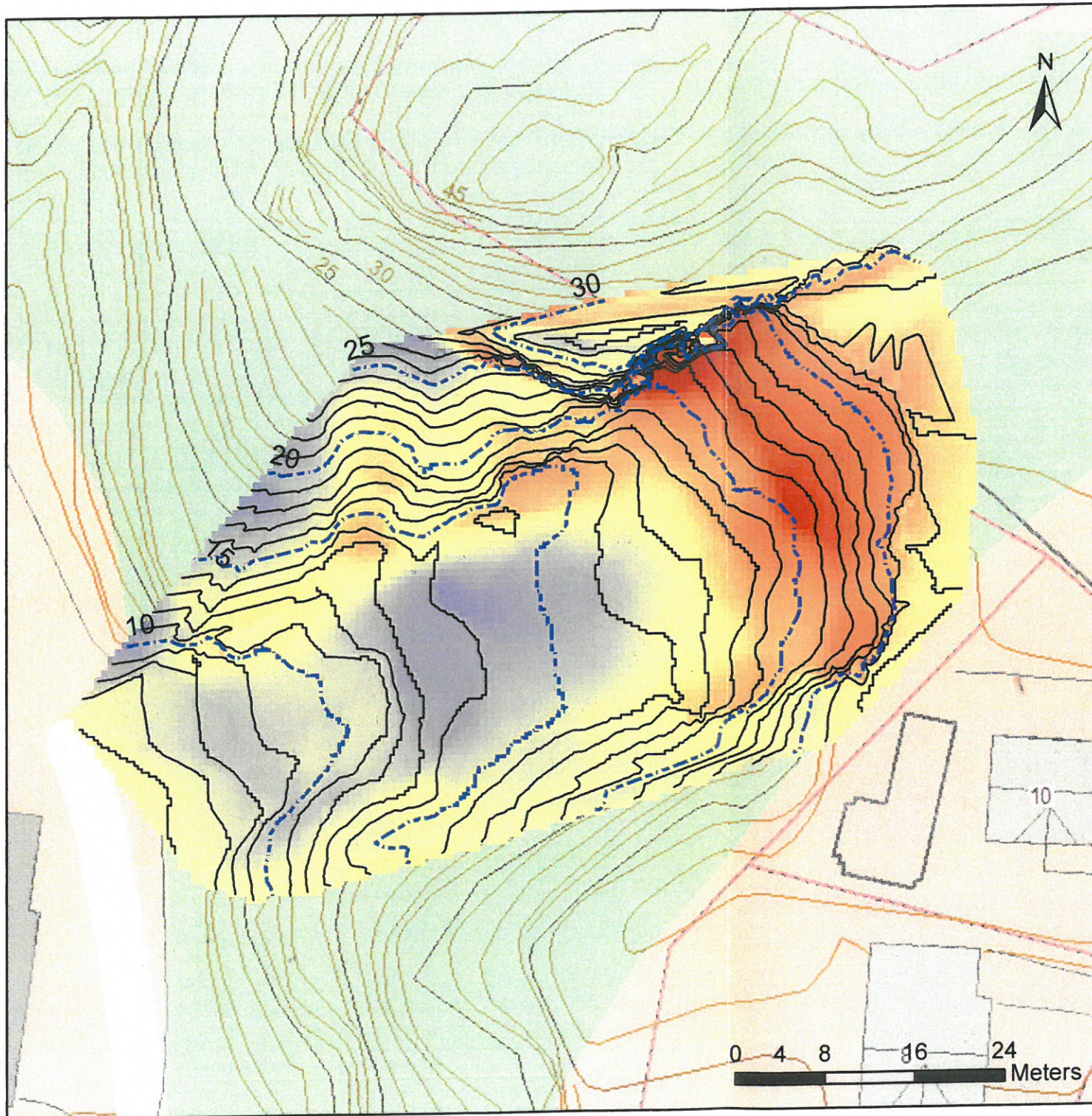
Dokumentnr.: 20111033-00-1-R  
Dato: 2012-05-10  
Side: 1  
Vedlegg: F

## Vedlegg F - LIDAR- scanning

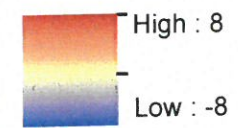
**Figurer**  
Figur F1  
Figur F2

Kart 01 - Terrengkoter etter skred  
Kart 03 - Terrengkoter før skred






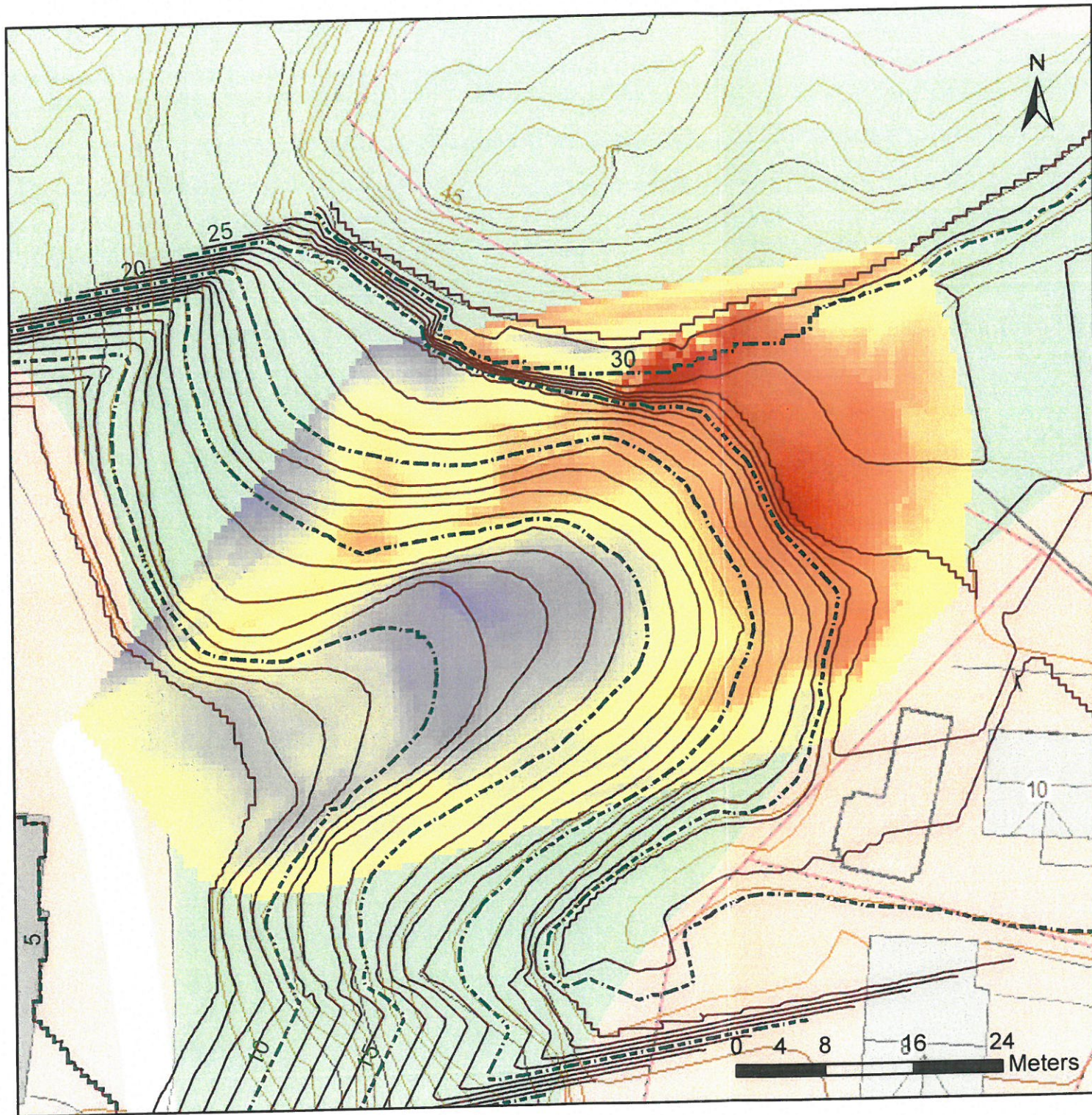
**Elevation Change (m)**



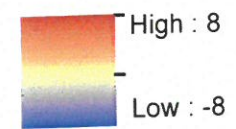
Målestokk (A4): 1:25 160 Datum: ETRS 1989 UTM 33N Kartprojeksjon: TM

| Halden                       |               |   |
|------------------------------|---------------|---|
| <b>Post Failure Contours</b> | Dokumentnr.   | Kart nr.<br>01  |
| <b>Scale 1:500</b>           | Uttært<br>MJL | Dato<br>08-02-2012  |
|                              | Kontrollert   |  |
|                              | Godkjent      |   |






**Elevation Change (m)**



Målestokk (A4): 1:25 160 Datum: ETRS 1989 UTM 33N Kartprojeksjon: TM

| Halden               |               |   |
|----------------------|---------------|---|
| Pre Failure Contours | Dokumentnr.   | Kart nr.<br>03  |
|                      | Utført<br>MJL | Dato<br>08-02-2012  |
| Scale 1:500          | Kontrollert   |  |
|                      | Godkjent      |   |



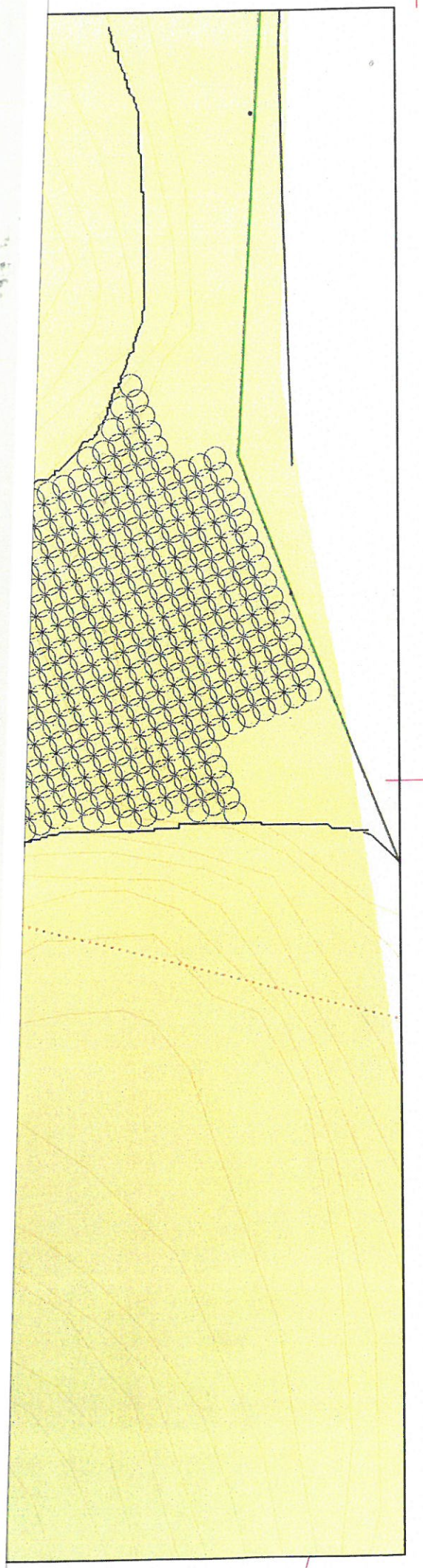
|   |  |                    |  |
|---|--|--------------------|--|
| SKALA   |  | 1:200              |  |
| NUMMER  |  | 2012LCM2           |  |
| BET   |  |                    |  |
| Kc-PELARE   |  |                    |  |
| GRUNDFORSTARKNING   |  |                    |  |
| Rennedalen  |  |                    |  |
| 2012-01-20  |  |                    |  |
| DATUM   |  |                    |  |
| UPPDRAGSANSVARIG  |  | D. WIBERG          |  |
| KONSTR  |  | J. PERZON          |  |
| GRANSK  |  |                    |  |
| A Keller Company  |  |                    |  |
| tel. +46 31996040   |  | fax. +46 31996041  |  |
| 437 34 Lindome  |  | Ostra Lindomev. 50 |  |
| LCM   |  |                    |  |
| RELATIONSRTNING   |  |                    |  |
| ANDRNINGEN AVSER  |  | SIGN               |  |
| ANT   |  | DATUM              |  |
| Peländmätar 600mm   |  |                    |  |
| PLANLAGE  |  |                    |  |
| Enligt ritning  |  |                    |  |
| STÄLLENSBESKRIVNING   |  |                    |  |
| Bindemedel ska utgåtas av multimer och sement med proportionen 7% vikt% |  |                    |  |
| Bindemedelsmängd är 45kg/m <sup>2</sup>                                 |  |                    |  |



Dokumentnr.: 20111033-00-1-R  
 Dato: 2012-05-10  
 Side: 1  
 Vedlegg: G

## Vedlegg G - Peleplan fra LCM

Figurer  
 Figur G1 Peleplan





Kontroll- og referanseside/  
Review and reference page



| Dokumentinformasjon/Document information  |                                       |   |  |  |  |
|---|---------------------------------------|---|--|--|--|
| Dokumenttittel/Document title<br>Beskrivelse av hendelsesforløp, grunnundersøkelser og sikringsarbeider |                                       |   | Dokument nr./Document No.<br>20111033-00-1-R             |  |  |
| Dokumenttype/Type of document   |                                       | Distribusjon/Distribution                             |  | Dato/Date<br>2012-05-10  |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report  |                                       | <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited                |  | Rev.nr./Rev.No.<br>b.  |  |
| <input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note   |                                       | <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited |  |  |  |
|   |                                       | <input type="checkbox"/> Ingen/None                   |  |  |  |
| Oppdragsgiver/Client<br>Halden kommune  |                                       |   |  |  |  |
| Emneord/Keywords<br>Leirskred, grunnundersøkelser, laboratorieundersøkelser                             |                                       |   |  |  |  |
| Stedfesting/Geographical information  |                                       |   |  |  |  |
| Land, fylke/Country, County<br>Norge, Østfold   |                                       |   | Havområde/Offshore area                                  |  |  |
| Kommune/Municipality<br>Halden  |                                       |   | Feltnavn/Field name                                      |  |  |
| Sted/Location<br>Remmendalen  |                                       |   | Sted/Location  |  |  |
| Kartblad/Map<br>1913 II Halden  |                                       |   | Felt, blokknr./Field, Block No.                          |  |  |
| UTM-koordinater/UTM-coordinates<br>Sone 32 N6555917 E635192   |                                       |   |  |  |  |
| Dokumentkontroll/Document control   |                                       |   |  |  |  |
| Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001                             |                                       |   |  |  |  |
| Rev./<br>Rev.   | Revisjonsgrunnlag/Reason for revision | Egen-<br>kontroll/<br>Self review<br>av/by:           | Sidemanns-<br>kontroll/<br>Colleague<br>review<br>av/by: | Uavhengig<br>kontroll/<br>Independent<br>review<br>av/by:                      | Tverrfaglig<br>kontroll/<br>Inter-<br>disciplinary<br>review<br>av/by: |
| 0   | Originaldokument                      | ThS <i>ThS</i>  | OG <i>OG</i>   |  |  |
|   |                                       |   |  |  |  |
|   |                                       |   |  |  |  |
|   |                                       |   |  |  |  |
|   |                                       |   |  |  |  |
|   |                                       |   |  |  |  |
|   |                                       |   |  |  |  |
|   |                                       |   |  |  |  |
| Dokument godkjent for utsendelse/<br>Document approved for release                                      |                                       | Dato/Date<br>2012-05-10                               |  | Sign. Prosjektleder/Project Manager<br><i>Anders Solheim</i><br>Anders Solheim |  |



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 og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

[www.ngi.no](http://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 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)