



TRONDHEIM KOMMUNE

Kommunalteknikk

Rapport fra Geoteknisk avdeling

R.1657 Nedre Mule kvikkleiresone

24.08.2016



**TRONDHEIM KOMMUNE**Kommunalteknikk
Geoteknisk avdeling

Rapport R1657	NEDRE MULE KVIKKLEIRESONE		
	Datarapport		
Trondheim	24.08.2016		
Rev. / dato:			
Oppdragsgiver:	Intern	Oppdrag ved: Tone Furuberg	
Repr. punkt:	Euref 89. øst: 558000	Euref 89 nord: 7024600	
Sted:	Byneset	Antall tekstsider:	5
Feltarbeid utført:	27.10 – 02.11.2015 19.05 – 26.05.2016	Antall bilag:	2
Feltmetoder:	Total- og trykksondering	Poretrykksmåling	Prøvetaking
Emneord:	Grunnforhold	Kvikkleire	
Saksbehandler:	<i>Shaima Ali Alnajim</i> Shaima Ali Alnajim	Kvalitetssikrer:	<i>Tone Furuberg</i> Tone Furuberg

Sammendrag:

I januar 2015 fikk Trondheim kommune en bekymringsmelding fra NVE om mulig dårlig stabilitet i strandsonen på Mule nedenfor Apotekergården på Byneset.

Området har helning ca 1:5 mot sjøen. Nord for det undersøkte området er det en fjellrygg, med unntak av den vestligste delen. I østkant av Nedre Mule kvikkleiresone gikk det et kvikkleireskred i 1943.

Kommunen har gjort grunnundersøkelser for å kartlegge grunnforholdet i Nedre Mule kvikkleiresone, og ved gårdsbygningene. Sonen er klassifisert i lav faregradsklasse på NVEs kvikkleirekart.

Boreplan er laget i samarbeid med NVE, og omfatter 11 totalsonderinger, 2 trykksonderinger, 19 54 mm sylindrerprøver, 8 representative prøver i 4 punkt og 2 hydrauliske poretrykksmålere i et punkt.

Grunnen består hovedsakelig av leire, som er siltig og inneholder noen siltlag enkelte steder. Det er påvist kvikkleire med høy sensitivitet i borpunkt 3, 4 og 10 til store dybder under terrenget. I alle punkt 2, 3, 4 og 10 er sprøbruddeleire påtruffet.

Kvikk- og sprøbruddeleire finnes primært i den østre delen av kvikkleiresonen og østover til og med området der bygningene på Nedre Mule / Apotekergården står.

Fjell eller fast grunn er påtruffet i alle sonderingene. Dybde til antatt fjell varierer på undersøkt området.

Forekomst av kvikkleire som ligger grunt og er meget sensitiv, betyr at man må være særdeles aktsom ved graving, og helst unngå fyllingsarbeider.

1. INNLEDNING

1.1 Prosjekt

I januar 2015 fikk Trondheim kommune en bekymringsmelding fra NVE om mulig dårlig stabilitet i strandsonen nedenfor Apotekergården på Mule, Byneset, Gnr/Bnr 223/1. Det aktuelle området ligger i Nedre Mule kvikkleiresone som er klassifisert i lav faregradsklasse på NVEs kvikkleirekart. I 1943 gikk det et ras mot stranden, raset er vist på situasjonskart i tegning 2 og på bilde 1.

Bilde 1 Raset på Mule 1947 fra Norge i bilder.



I følge NVE er det ikke krav til omfattende geoteknisk vurdering av hele området siden det ikke er planlagt tiltak. NVE rådet likevel kommunen til å revurdere faregradsklasse og avgrensning av kvikkleiresonen og å gjøre innledende stabilitetsberegninger. Dette presenteres i et eget notat.

1.2 Oppdrag

Geoteknisk avdeling har gjort grunnundersøkelser for å kartlegge grunnforhold for å skaffe grunnlag for geoteknisk vurdering. Boreplan er laget i samarbeid med NVE.

2. UTFØRTE UNDERSØKELSER

2.1 Feltarbeid

Det er gjort 11 totalsonderinger, 2 trykksonderinger og tatt opp til sammen 19 54 mm sylinderprøver og 8 representative prøver i 4 punkt. Plassering av borpunkt og undersøkelsestype er vist på situasjonskart i tegning 2.

Resultat fra total- og trykksonderinger er vist i tegning 31-35. Resultat fra poretrykksmålingene er vist i tegning 36.

Koordinater og terrenghøyder for borpunktene er gitt i tegning 99. Innmålingen ble gjort av grunnborene som brukte Leica Viva GS08 plus.

Kalibreringsskjema for CPTU og anvendelsesklasse for CPTU-sonderingene, iht. NGF melding nr. 5, er vist i henholdsvis bilag 1 og 2.

Feltarbeidene ble utført i to perioder; 27.10 - 02.11.2015 og 19.05-26.05.2016

2.2 Laboratorieundersøkelser

Prøvene som ble tatt opp er undersøkt i vårt geotekniske laboratorium. Prøvene er beskrevet og klassifisert. Videre er romvekt, vanninnhold og plastisitetsindeks (IP) bestemt. Den udrenerte skjærfastheten er bestemt ved hjelp av konusforsøk og trykkforsøk, mens udrenert skjærfasthet i omrørt tilstand er bestemt ved konusforsøk. Sensitivitet er beregnet på grunnlag av konusforsøkene. Resultatene fra laboratorieundersøkelsene er sammenstilt på borprofil i tegning 51-54.

Effektive skjærstyrkeparametere, prekonsolideringstrykk og kompressibilitet for leira er bestemt ved å utføre treksialforsøk og ødometerforsøk. Det ble utført til sammen 4 treksialforsøk; 2 på prøver fra hull 3 på nivå 7,3 m og 7,4 m under terreng og 2 treksialforsøk på prøver fra hull 4 på nivå 3,3 m og 3,42 meter under terreng.

Det ble utført 2 trinnvise ødometerforsøk. Prøvene er tatt opp fra hull 3 på nivå 7,55 m under terreng og fra hull 4 på nivå 3,52 meter under terreng.

Resultater fra treksialforsøk og ødometerforsøk er vist i tegning 71-74 og 81-82.

2.3 Tidligere grunnundersøkelser

I dette aktuelle området er det ikke noen grunnundersøkelser tidligere. I nærliggende områder, mot øst og mot nord er det gjort grunnundersøkelser tidligere:

- R.1058-2 Bråbekken Avløpsledning, Trondheim Kommune, 1999
- 414003 Ny Spongdal skole, Multiconsult AS, 2010
- 81074-2 kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred, NGI, 1994

3. GRUNNFORHOLD

3.1 Topografi

Området har relativt jevnt hellende terreng mot sjøen, med skråningshelning ca. 1:5. Øst for kvikkleiresone ligger Bråbekken. Nord for området er det en fjellrygg, med unntak av den vestligste delen av det undersøkte området.

3.2 Løsmasser

Grunnundersøkelsene viser at grunnen i området grovt sett består av leire som er siltig og som inneholder sand- og gruskorn. Enkelte steder er det registrert siltlag. Generelt viser grunnundersøkelser at leira stort sett er kvikk eller sensitiv. Kvik¹- og sprøbruddleire² finnes primært i den østre delen av kvikkleiresonen og østover til og med området der bygningene på Nedre Mule / Apotekergården står. Leira blir fastere fra midten av sonen og videre vestover.

I punkt 2 består grunnen av tørrskorpeleire over siltig leire som inneholder skjellrester, gruskorn og siltlag. Fra 8 til 16 m under terreng er det påvist sprøbruddleire. Skjærfasthet for leira er middels og vanninnholdet ligger mellom 23 % og 42 %. Fra ca. 16,5 m under terreng øker sonderingsmotstanden, noe som tyder på fast leire ned til ca. 26 m under terreng. Nedover til sonderingen avsluttes ca. 29 m under terrenget er det meget fast grunn som det er brukt økt rotasjon og slag for å bore gjennom.

¹ Kvikkleire er leire med omrørt skjærfasthet $s_r < 0,5$ kPa

² Sprøbruddleire (nesten kvikkleire) er leire med sensitivitet >15 og omrørt skjærfasthet $s_r < 2$ kPa, jf. Ref. 1

I punkt 3 består grunnen av leire som er siltig. I øverste 3 meter inneholder leira humus og matjord. Fra 3 til 8 m og fra 16 til 17 m under terreng er leira kvikk. Fra 12 til 13 m under terreng er det påvist sprøbruddeleire. Leira har relativt jevn skjærfasthet, ca. 25 kPa, mot dybden. Vanninnholdet ligger mellom 32 % og 38 %. Sonderingsmotstand tyder på at det er et tykt og sammenhengende lag av sprøbruddeleire fra 3 m til 21,5 m under terrenget. Derunder øker sonderingsmotstand til sonderingen avsluttes ca. 30 m under terrenget.

I punkt 4 består grunnen av 3 m siltig leire som er tørrskorpig, over siltig leire som inneholder skjellrester, gruskorn og siltlag. Fra 10 til 21 m under terreng er det påvist kvikkeleire som har meget høy sensitivitet. Skjærfasthet for leira er middels i de øverste 7 meterne, derunder er skjærfastheten lav til middels. Vanninnholdet ligger mellom 24 % og 35 %. Fra ca. 25,5 m under terreng øker sonderingsmotstand vesentlig til sonderingen avsluttes mot antatt fjell ca. 29 m under terrenget.

I punkt 10 består grunnen, under 1 m matjord, av 2 m tørrskorpeleire over siltig leire som inneholder siltlag. Kvikkeleire, som er meget sensitivt, er påvist fra 6 til 8 m under terreng og sprøbruddeleire fra 11 til 15 m under terrenget. Skjærfasthet for leira er middels til høy. Vanninnholdet ligger mellom 26 % og 41 %. Sonderingsmotstand tyder på at det er et tykt og sammenhengende lag av sprøbruddeleire fra 3 m til 15 m under terrenget. Fjellet er antatt påtruffet ca. 17 m under terrenget.

3.3 Grunnvann

Hydrauliske poretrykksmålere er installert i punkt 3, på 2 forskjellige nivåer. Resultat fra poretrykksmålingene er vist i tegning 36.

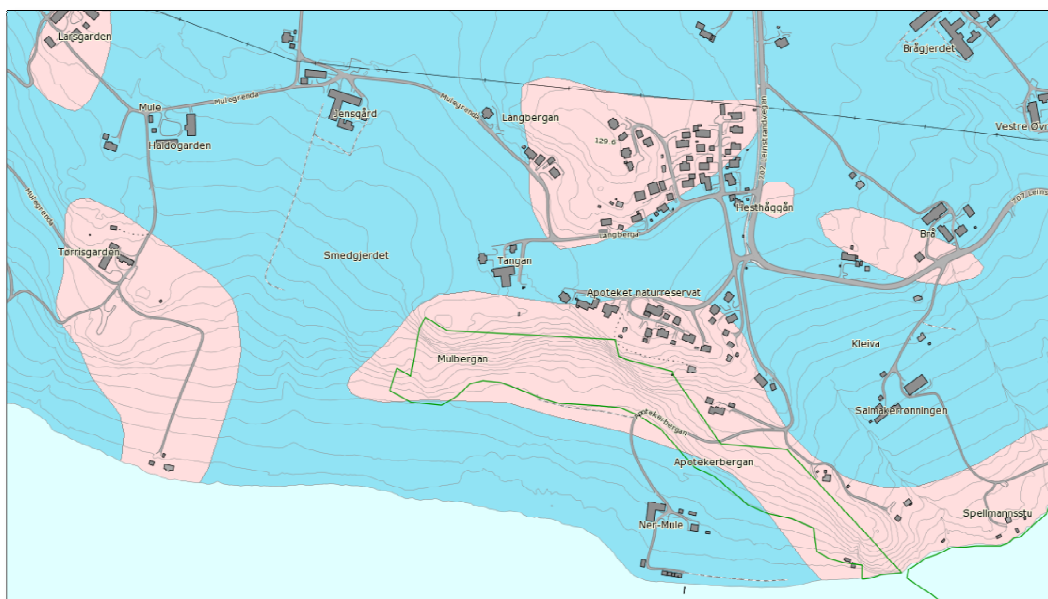
Grunnvannstanden ligger ca. 0,5 m under terrenget. Det antas at poretrykket er hydrostatisk med dybden på grunn av at punktet ligger i nærheten av havet.

3.4 Fjell

Figur 1 viser et utdrag av NGUs løsmassekart.

Figur 1 Utsnitt av NGUs løsmassekart.

Blått = marine sedimenter, lyse områder = Bart fjell



De lyse feltene er bart fjell, en betegnelse som brukes om områder som stort sett mangler løsmasser, og mer enn 50 % av arealet er fjell i dagen.

Totalsonderinger er avsluttet enten mot antatt fjell eller fast grunn. Fjellet er antatt påtruffet mellom 10,85 og 21,65 m under terrenget. I punkt 1 ligger fjellet ganske grunt 1,85 m under terrenget.

3.5 Oppsummering

Det undersøkte området ligger nedenfor en rygg med "bart fjell". Vann fra fjellet eller et permeabelt lag i overgangen til fjell er trolig årsak til at det er så mye kvikkleire i området.

Kvikk- og sprøbruddeleire finnes primært i den østre delen av kvikkleiresonen og østover til og med gårdstunet på Nedre Mule / Apotekergården. Ved gårdshuset ligger kvikk- og sprøbruddeleira grunt. I punkt 10 er det registrert kvikkleire med omrørt skjærstyrke $< 0,1$ kPa fra 6 – 9 meter dybde under terreng. I punkt 9 er det mulig sprøbruddeleire fra 3 meter under terreng og høyst sannsynlig fra 6,5 meter under terreng. I punkt 6 som ligger vest for den gamle skredgropa, er det lavere sonderingsmotstand enn i både punkt 3 og 10.

Forekomst av kvikkleire som ligger grunt og er meget sensitiv, betyr at man må være særdeles aktsom ved graving, og helst unngå fyllingsarbeider.

4 TEGNINGSLISTE

Tegning	Revisjon	Tema
01	00	Oversiktskart
02	00	Situasjonskart, målestokk 1:2000
31	00	Sondering 1, 2 og 5, målestokk 1:200
32	00	Sonderinger og CPTU presentasjon, punkt 3, målestokk 1:200
33	00	Sonderinger og CPTU presentasjon, punkt 4, målestokk 1:200
34	00	Sondering 6, 7 og 8, målestokk 1:200
35	00	Sondering 9, 10 og 11, målestokk 1:200
36	00	Poretrykksmåliger i punkt 3, målestokk 1:200
51	00	Borprofil, punkt 2
52	00	Borprofil, punkt 3
53	00	Borprofil, punkt 4
54	00	Borprofil, punkt 10
71-72	00	Resultat fra treaksialforsøk i punkt 3, dybde 7,30 m og 7,4 m
73-74	00	Resultat fra treaksialforsøk i punkt 4, dybde 3,3 m og 3,42 m
81	00	Resultat fra ødometerforsøk i punkt 3, dybde 7,55 m
82	00	Resultat fra ødometerforsøk i punkt 4, dybde 3,52 m
99	00	Koordinater for innmålte punkt

5 REFERANSER

- 01 NVE veileder 7-2014 "Sikkerhet mot kvikkleireskred"

6 BILAGSLISTE

Bilag	Revisjon	Tema
01	00	Kalibreringsskjema for CPTU-sonde 4352, kalibrert 2015-02-16
02	00	CPTU-sondering 3 og 4. Anvendelsesklasse etter NGF-melding nr. 5



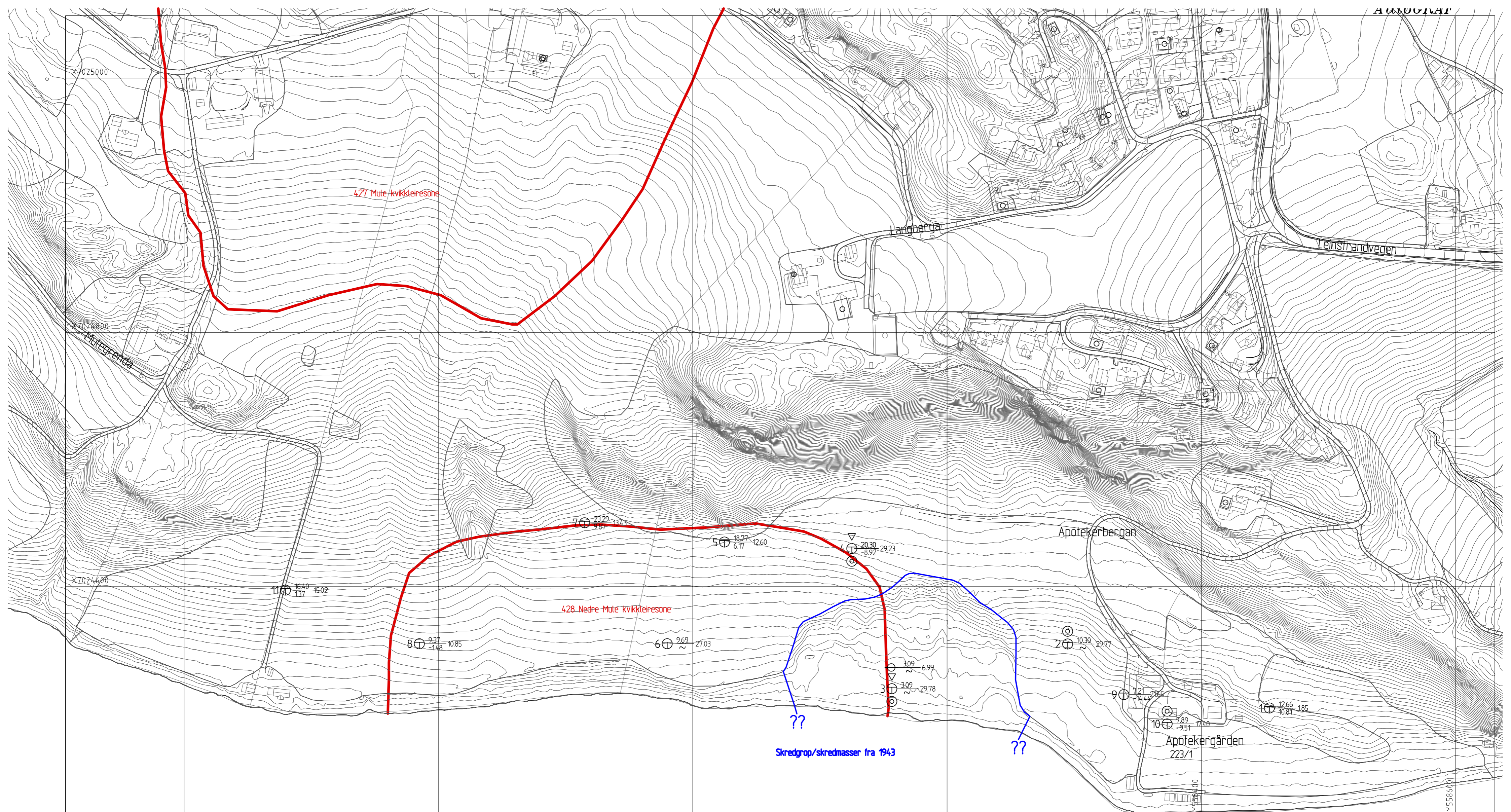
Nedre Mule kvikkleiresone

Oversiktskart



TRONDHEIM KOMMUNE

Tegnet:	SHNA
Godkjent:	
Saksbeh:	SHNA
Dato:	22.08.2016
Målestokk:	
Prosjekt nr. R.1657	Tegn.nr. 01



TEGNFORKLARING:

● Driesondering	☆ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊖ Poretrykksmåling
○ Enkel sondering	◆ Drietrykkssondering	□ Prøvegrop	⚡ Fjell i dagen
▽ Trykkssondering	⊕ Totalsondering	+ Vingeboring	○ Torvdybdemåling

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell) Tidligere sonderinger:
 Kartplan (x,y): Euref 89 - UTM32, høydereferanse: NN2000 Trondheim kommune Multiconsult Rambøll

— Skred, 1943

Nedre Mule kvikkleiresone		Tegnet:	SHNA
Situasjonskart		Godkjent:	
		Saksbeh:	SHNA
		Dato:	18.08.2016
		Målestokk:	1:2000
		Format:	A2
Høydesystem NN2000 — NVE-Kvikkleiregrensne		Prosjekt nr.:	R.1657
TRONDHEIM KOMMUNE		Tegn.nr.:	02



X7025000

X7024800

X7024600

X7024400

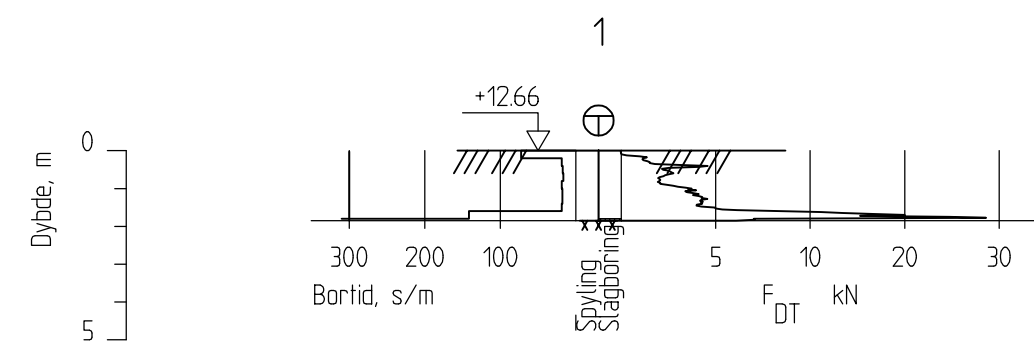
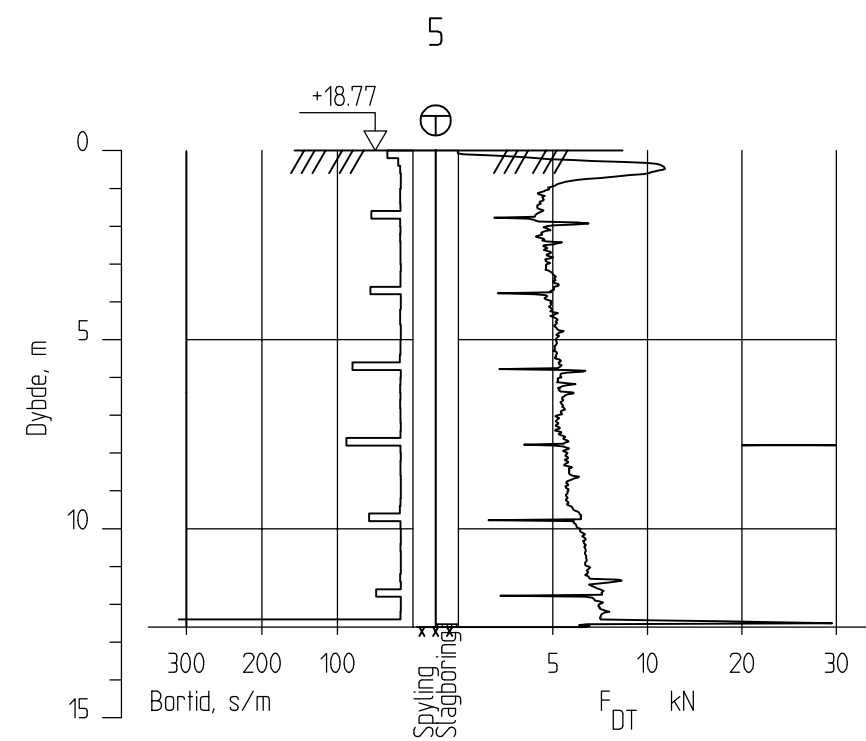
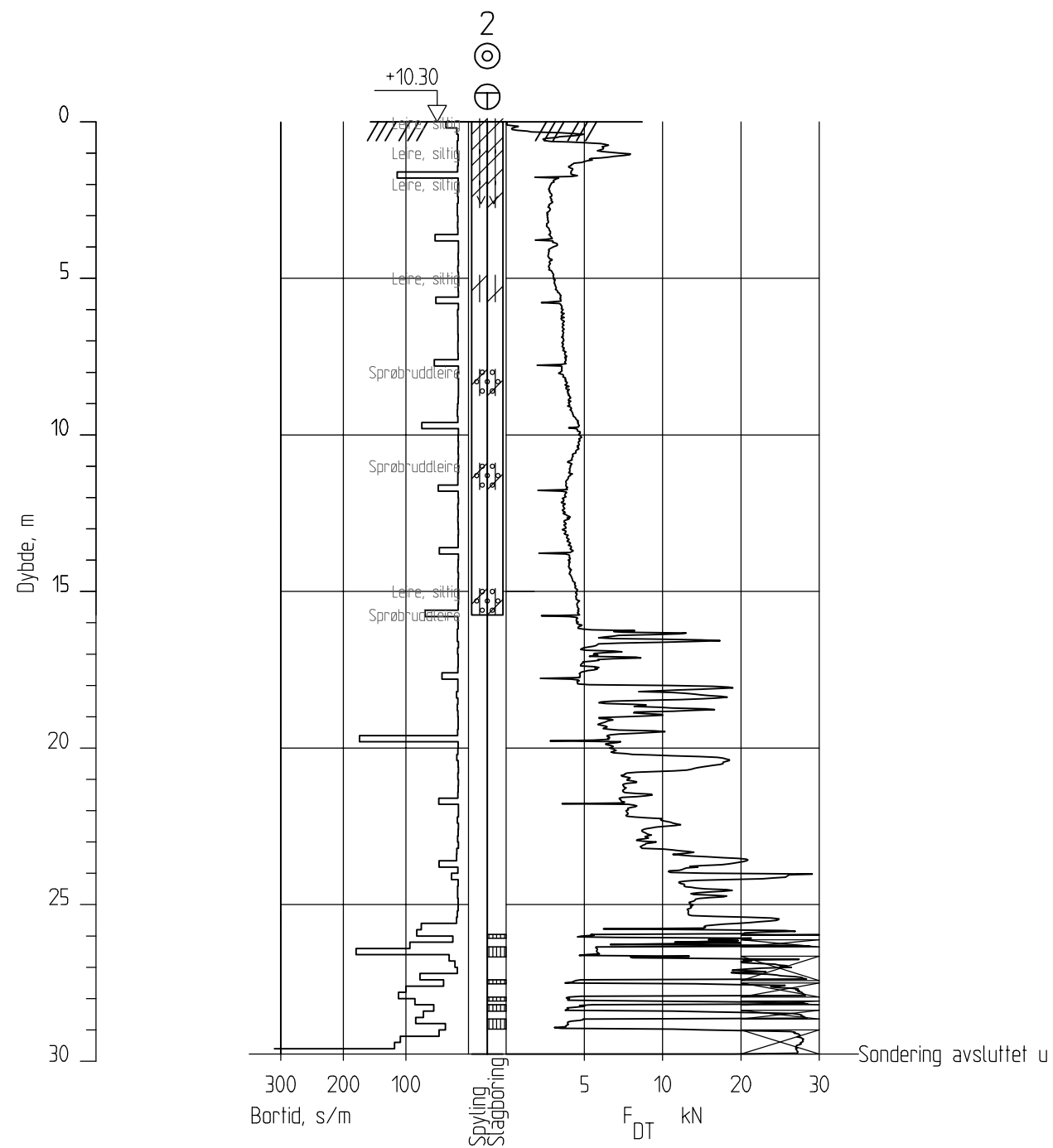
Y557600


Y557800

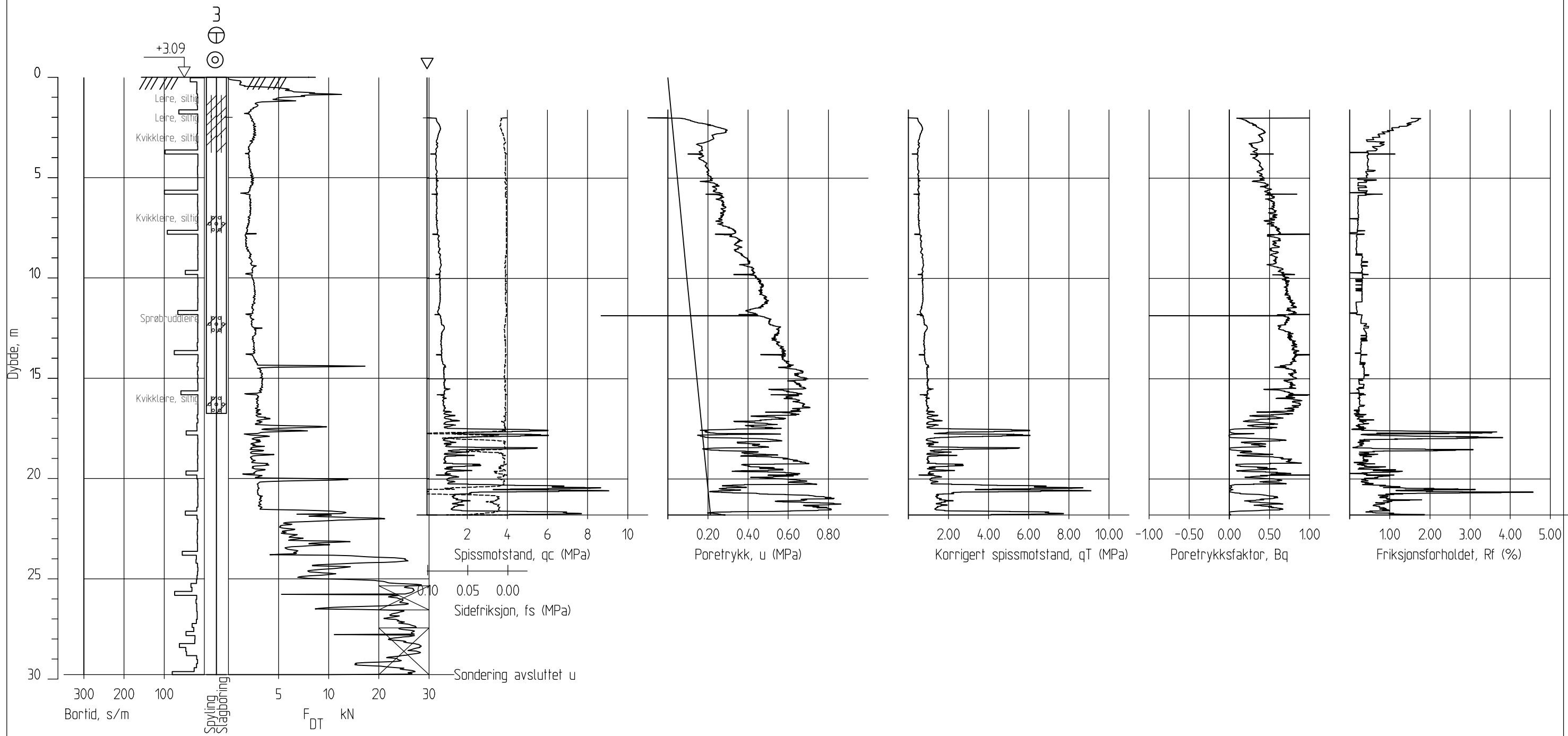
Y558000


Y558200

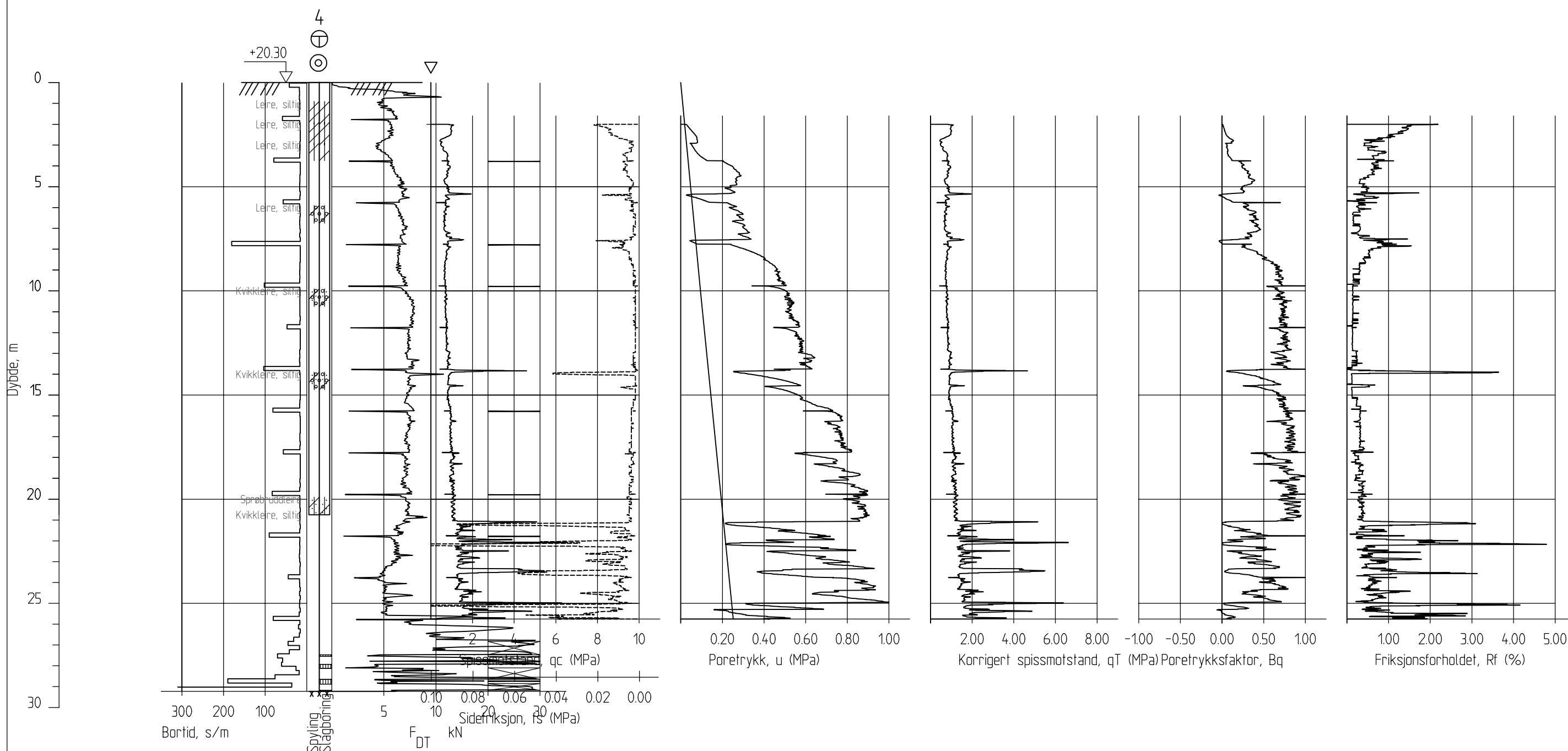
Y558600




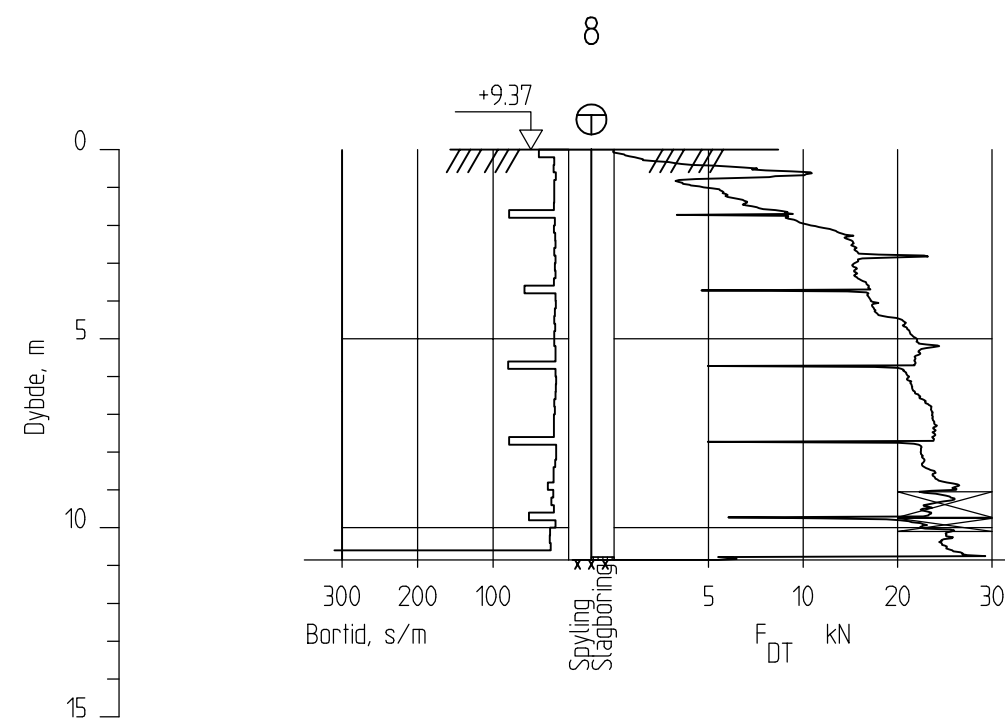
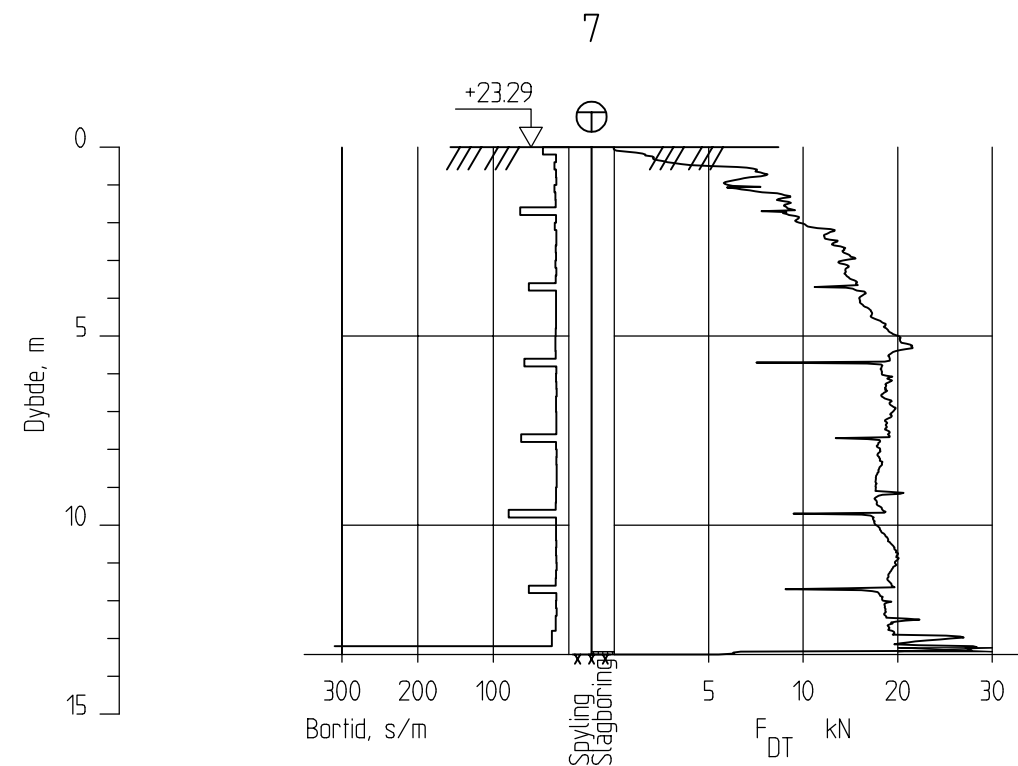
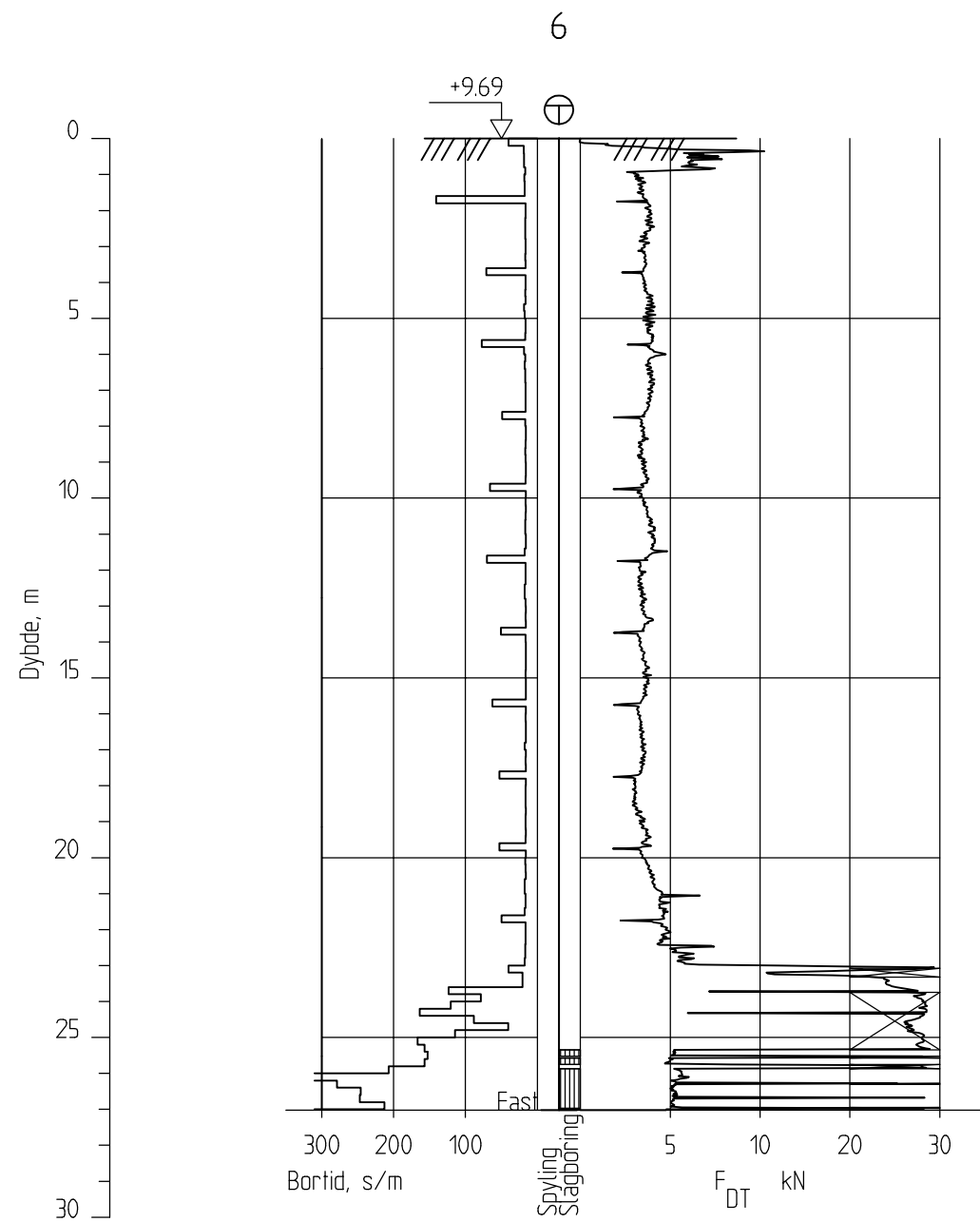
Nedre Mule kvikkleiresone Sondering 1, 2 og 5 ⊕ Totalsondering ⊙ Prøveserie Høydesystem NN2000	Tegnet:	SHNA
	Godkjent:	
	Saksbeh:	SHNA
	Dato:	18.08.2016
	Målestokk:	1:200
 TRONDHEIM KOMMUNE	Prosjekt nr. R.1657	Tegn.nr. 31




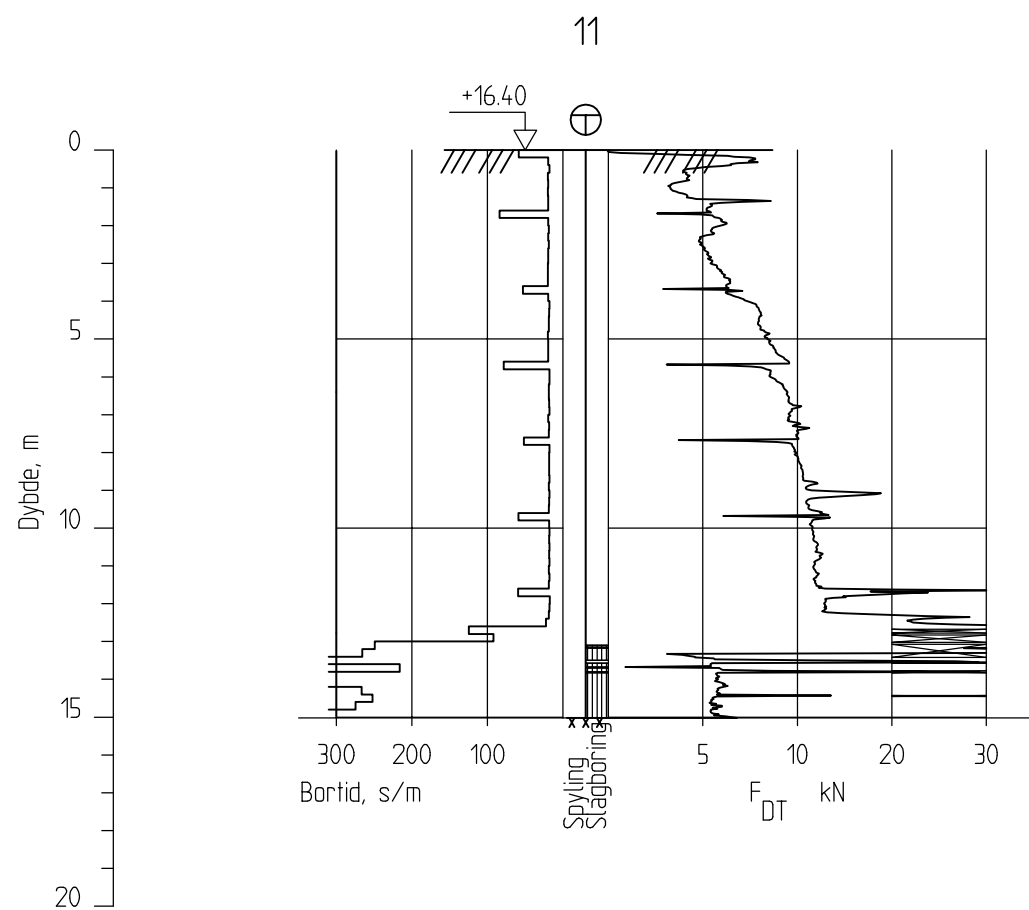
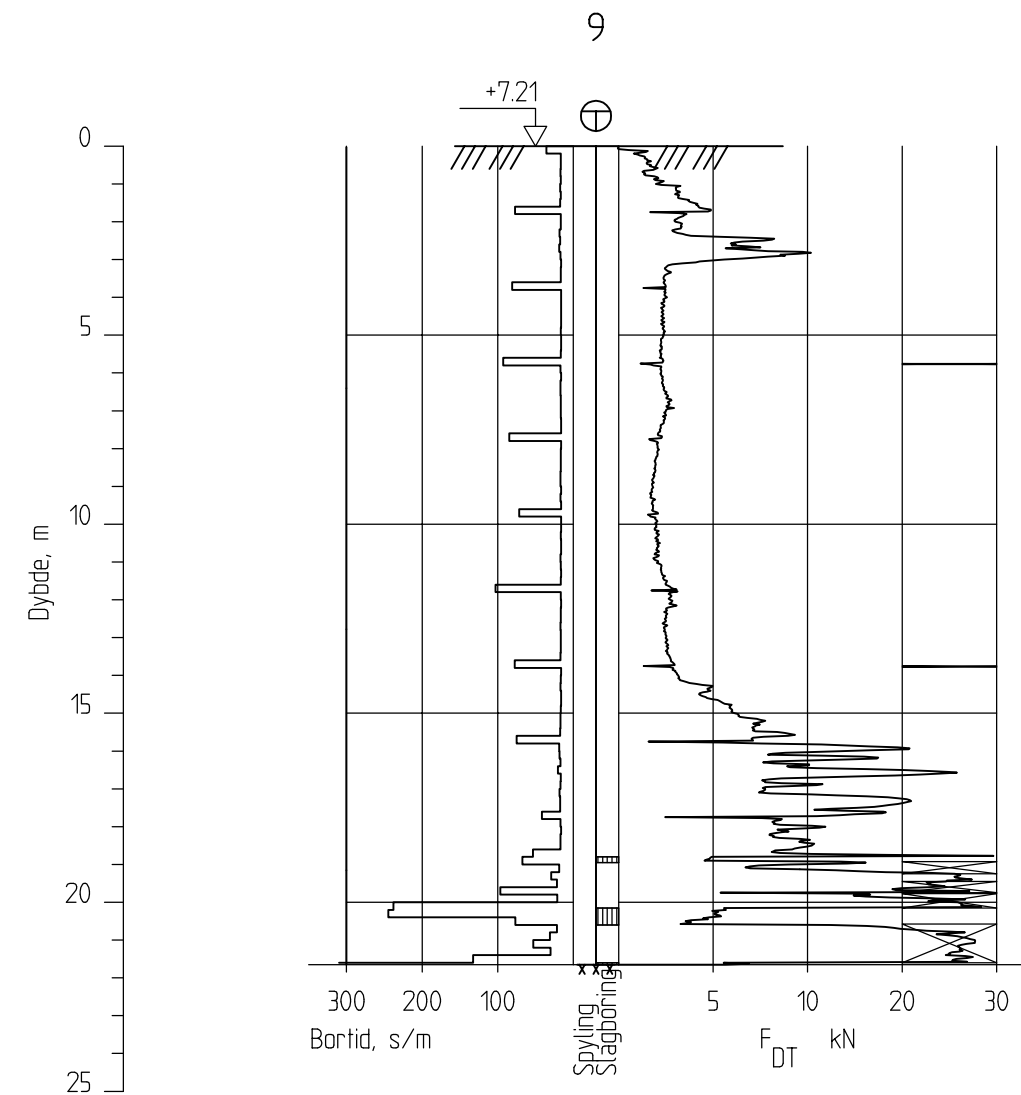
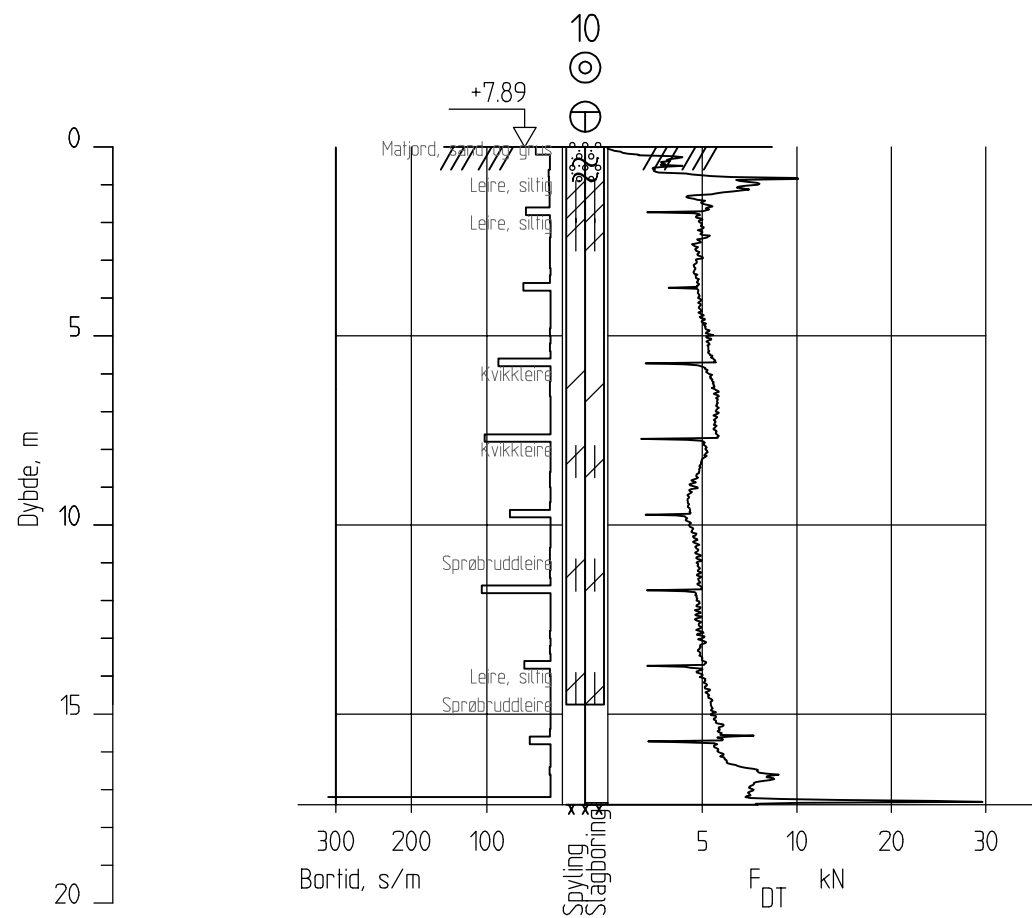
Nedre Mule kvikkleiresone		Tegnet:	SHNA
Sonderinger og CPTU presentasjon i punkt 3		Godkjent:	
⊕ Totalsondering ⊙ Prøveserie ▽ Trykksondering (CPTU)		Saksbeh:	SHNA
Høydesystem NN2000		Dato:	18.08.2016
		Målestokk:	1:200
 TRONDHEIM KOMMUNE		Prosjekt nr.	R.1657
		Tegn.nr.	32



Nedre Mule kvikkleiresone		Tegnet:	SHNA
Sonderinger og CPTU presentasjon i punkt 4		Godkjent:	
⊕ Totalsondering ⊙ Prøveserie ▽ Trykksondering (CPTU)		Saksbeh:	SHNA
Høydesystem NN2000		Dato:	18.08.2016
		Målestokk:	1:200
 TRONDHEIM KOMMUNE		Prosjekt nr. R.1657	Tegn.nr. 33



Nedre Mule kvikkleiresone Sondering 6, 7 og 8 ⊕ Totalsondering ⊙ Prøveserie Høydesystem NN2000	Tegnet:	SHNA
	Godkjent:	
	Saksbeh:	SHNA
	Dato:	18.08.2016
	Målestokk:	1:200
 TRONDHEIM KOMMUNE	Prosjekt nr. R.1657	Tegn.nr. 34



Nedre Mule kvikkleiresone

Sondering 9, 10 og 11

⊕ Totalsondering ⊙ Prøveserie

Høydesystem NN2000



TRONDHEIM KOMMUNE

Tegnet: SHNA

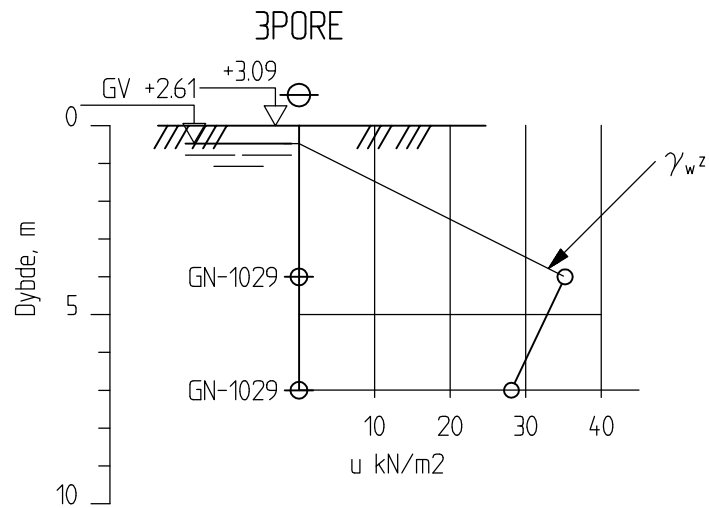
Godkjent:

Saksbeh: SHNA

Dato: 18.08.2016

Målestokk: 1:200

Prosjekt nr. R.1657 Tegn.nr. 35



Nedre Mule kvikkleiresone
 Poretrykksmåling i punkt 3
 ⊖ Poretrykksmåling
 Høydesystem NN2000

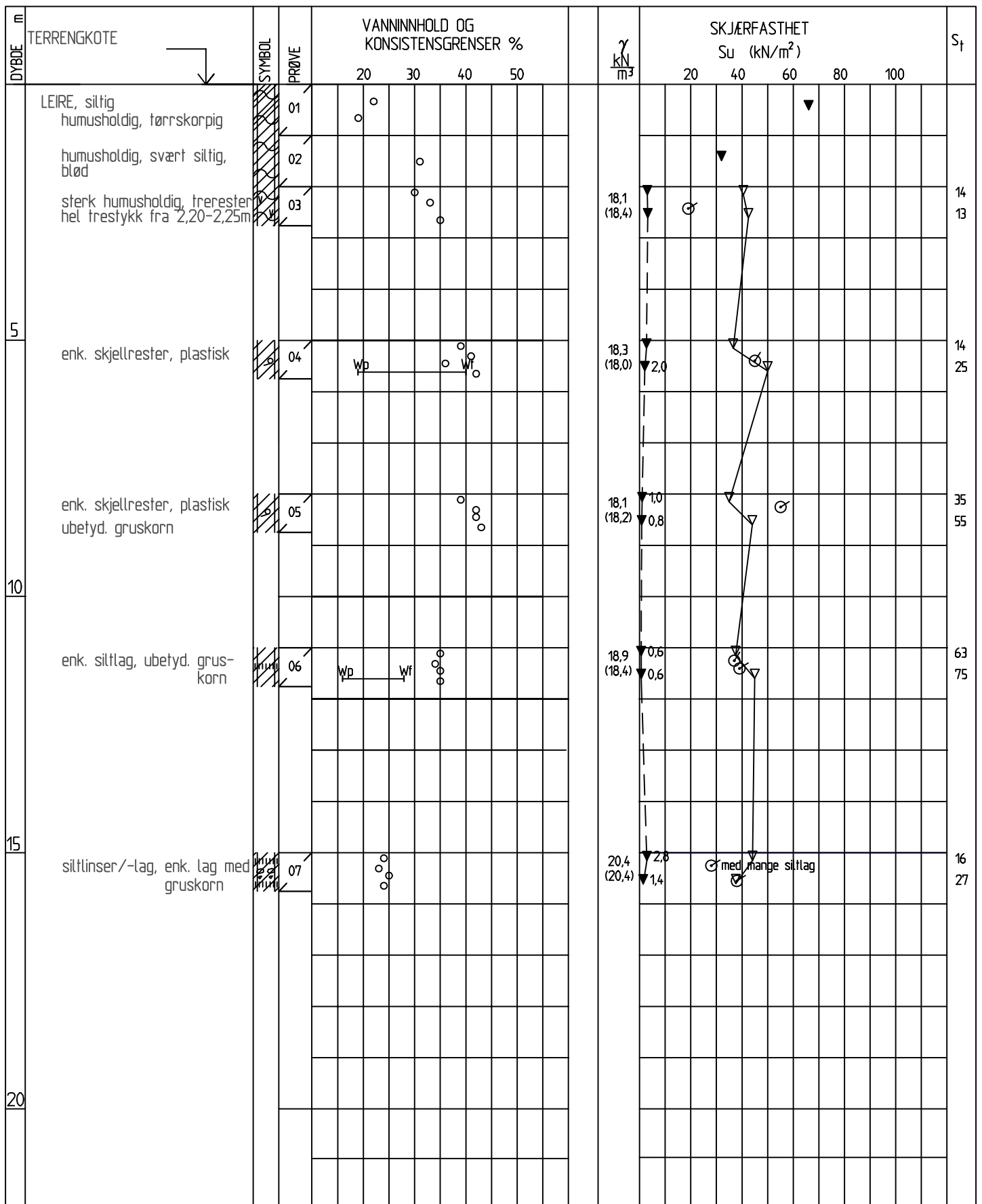


TRONDHEIM KOMMUNE

Tegnet:	SHNA
Godkjent:	
Saksbeh:	SHNA
Dato:	18.08.2016
Målestokk:	1:200

Prosjekt nr.
R.1657

Tegn.nr.
36



PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGROP
VB = VINGEBORING

○ NATURLIG VANNINNHold
— | w_L FLYTEGRENSE
— | w_F — " — KONUSMETODE
— | w_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
ONa = HUMUSINNHold
Ogl = GLØDETAP
 γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSØK
▼ OMRØRT SKJÆRSTYRKE
○ TRYKKFORSØK
⊖ 5% DEFORMASJON VED BRUDD
+ VINGEBORING
S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK



TRONDHEIM KOMMUNE

Sted:

NEDRE MULE KVIKKLEIRESONE

Prosjekt nr.

R.1657

Dato:

05.08.2016

Boring nr.

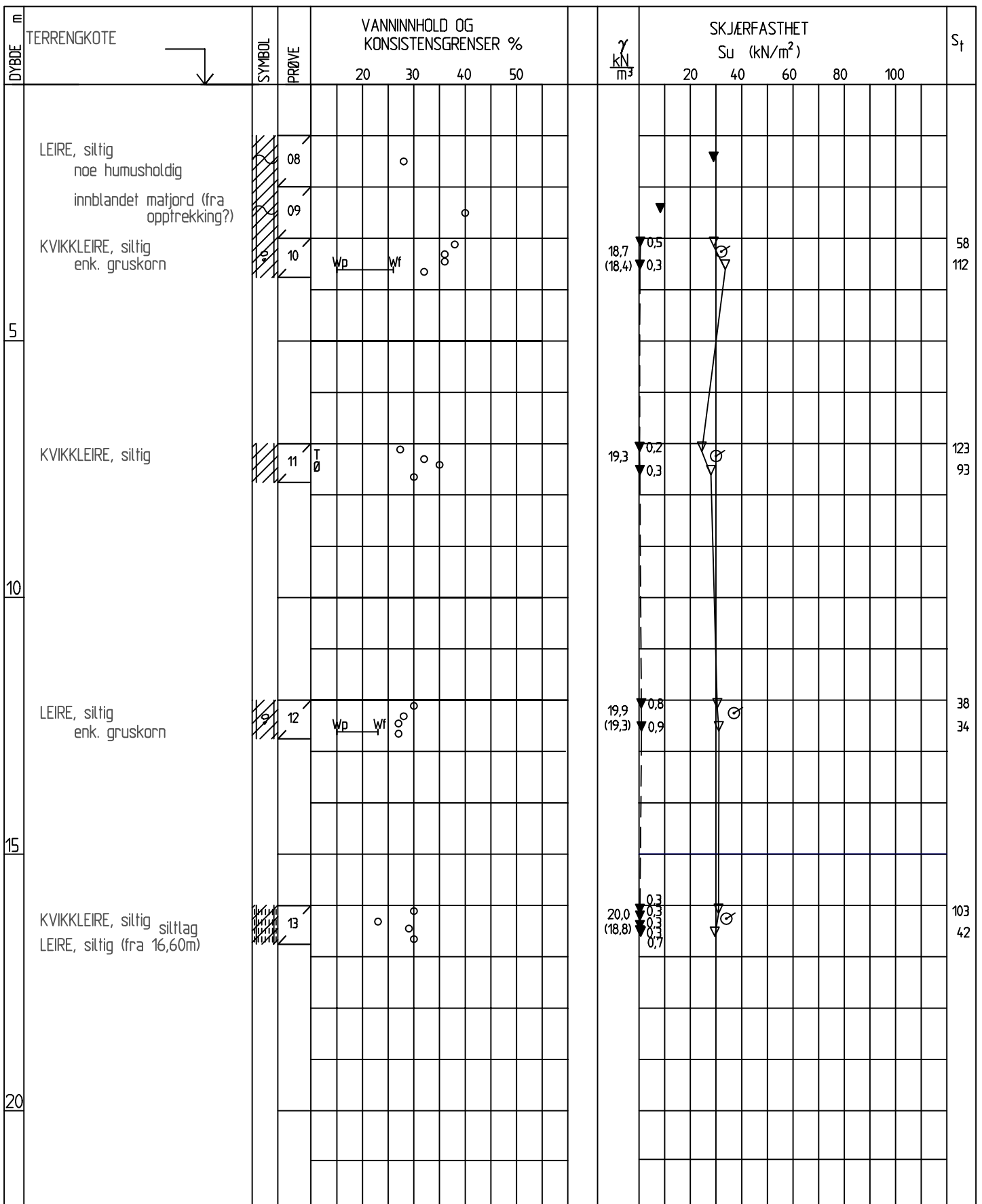
2

Prøvetaker:

SKRUE/54mm

Tegn.nr.

51



PR = PRØVESERIE
 SK = SKOVLEBORING
 PG = PRØVEGROP
 VB = VINGEBORING

○ NATURLIG VANNINNHOOLD
 — W_f FLYTEGRENSE
 — W_f — " — KONUSMETODE
 — W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
 ONa = HUMUSINNHOOLD
 Ogl = GLØDETAP
 γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSØK
 ▼ OMRØRT SKJÆRSTYRKE
 ○ TRYKKFORSØK
 ⊕ 5% DEFORMASJON VED BRUDD
 + VINGEBORING
 S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK



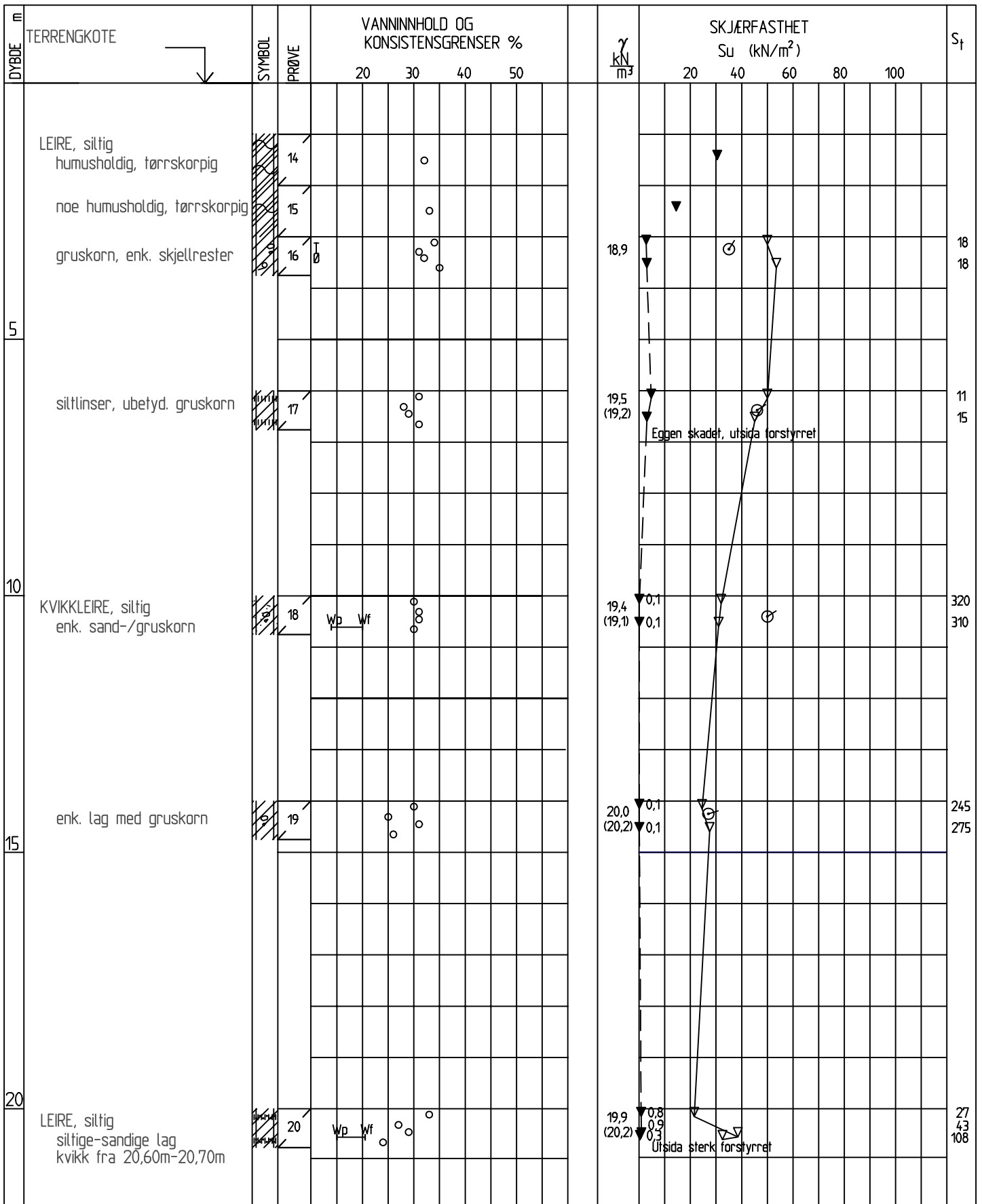
Sted: NEDRE MULE KVIKLEIRESONE

Prøvetaker: SKRUE/54mm

Prosjekt nr. R.1657 Dato: 15.07.2016

Boring nr. 3

Tegn.nr. 52



PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGROP
VB = VINGEBORING

○ NATURLIG VANNINNHold
— W_L FLYTEGRENSE
— W_F — " — KONUSMETODE
— W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
O_{Na} = HUMUSINNHold
O_{gl} = GLØDETAP
 γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSØK
▼ OMRØRT SKJÆRSTYRKE
○ TRYKKFORSØK
⊕-○ 5% DEFORMASJON VED BRUDD
+ VINGEBORING
S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK



TRONDHEIM KOMMUNE

Sted:

NEDRE MULE KVIKKLEIRESONE

Prøvetaker:

SKRUE/54mm

Prosjekt nr.

R.1657

Dato:

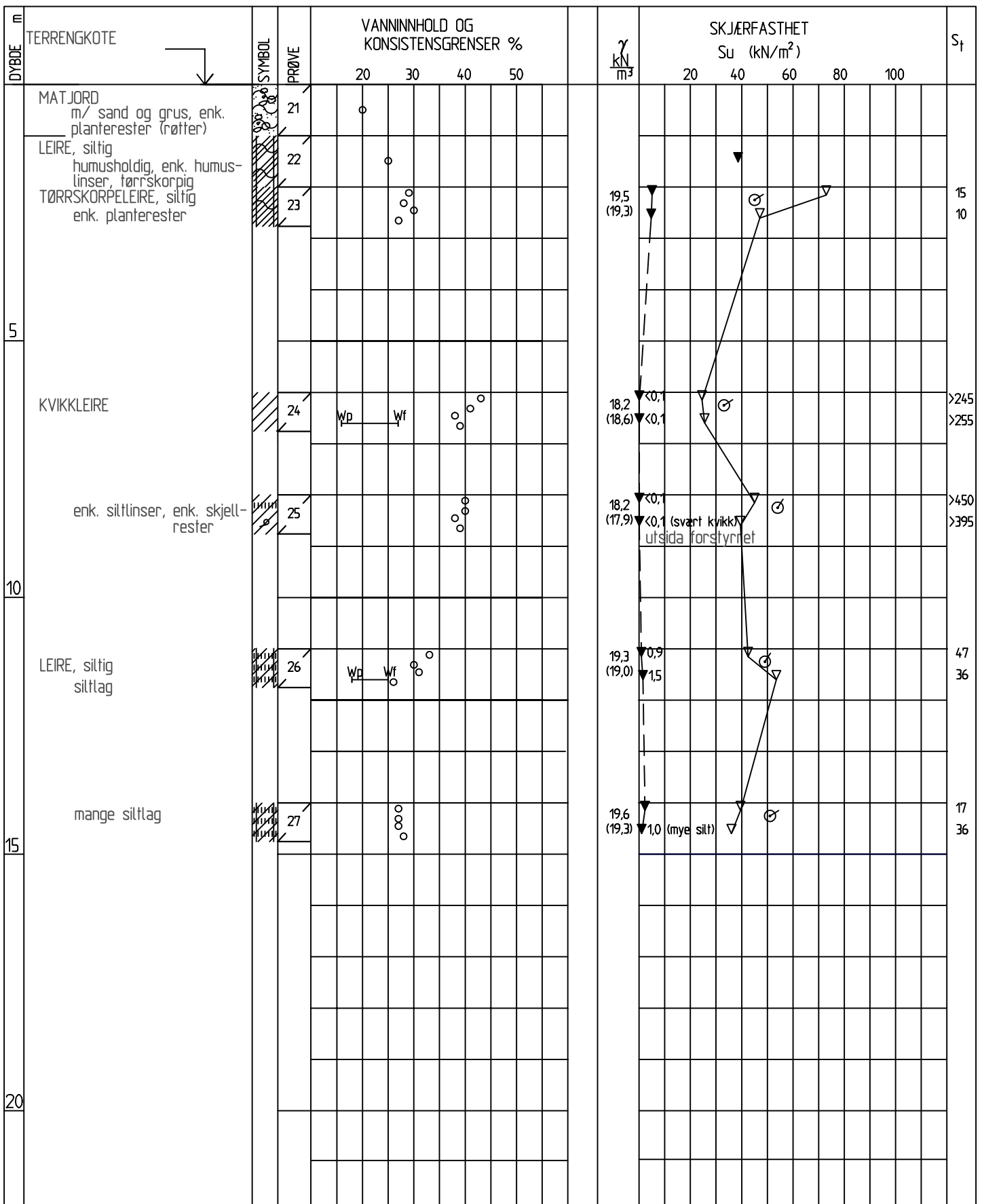
29.07.2016

Boring nr.

4

Tegn.nr.

53



PR = PRØVESERIE
 SK = SKOVLEBORING
 PG = PRØVEGROP
 VB = VINGEBORING

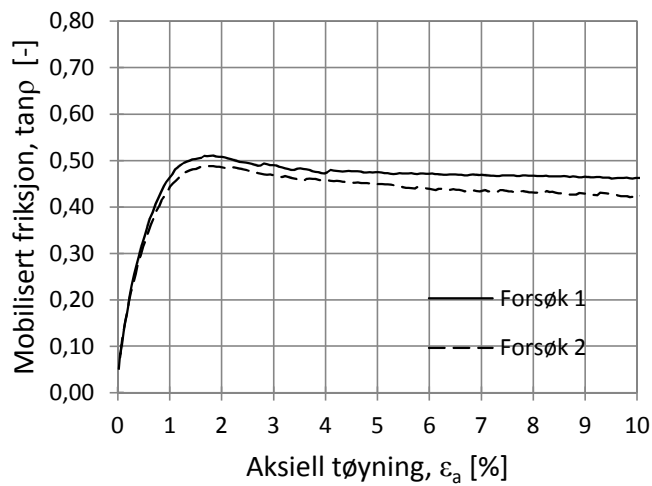
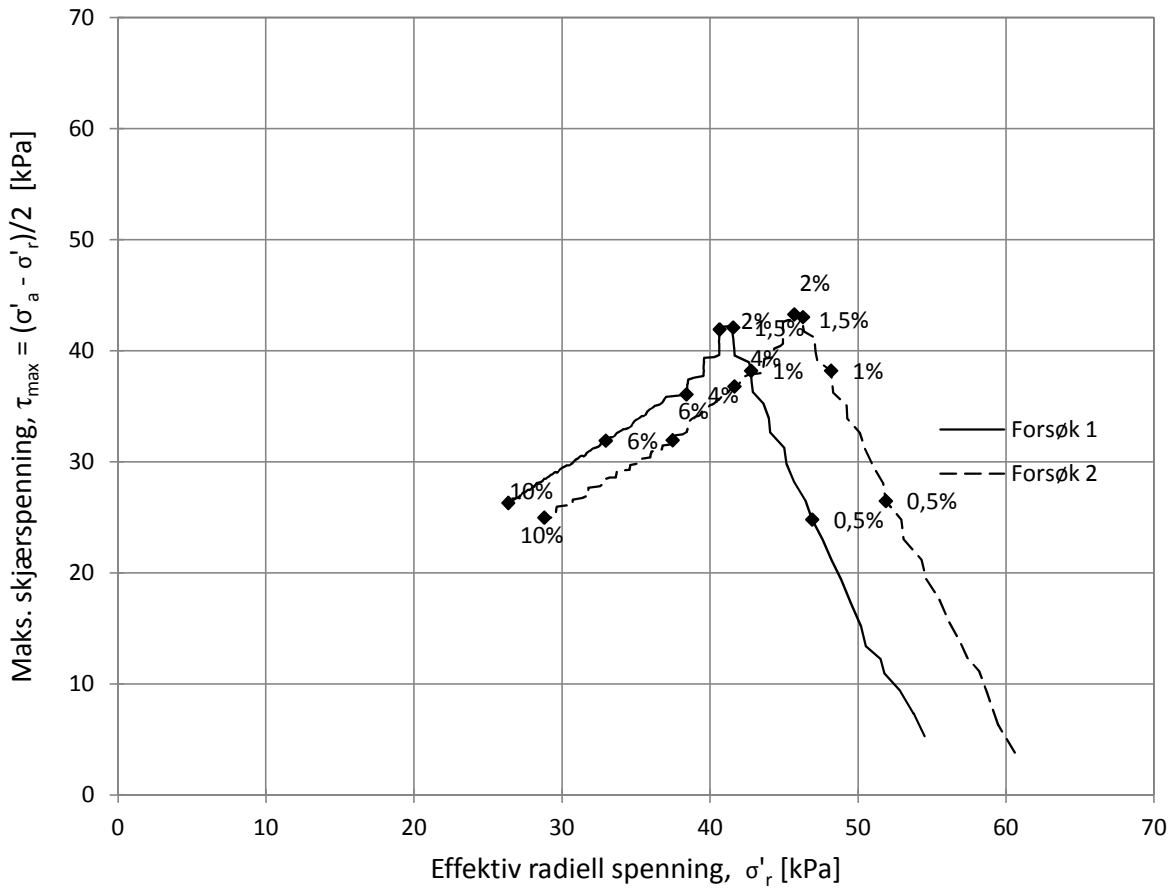
○ NATURLIG VANNINNHold
 — W_L FLYTEGRENSE
 — W_F — " — KONUSMETODE
 — W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
 ONa = HUMUSINNHold
 Ogl = GLØDETAP
 γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSØK
 ▼ OMRØRT SKJÆRSTYRKE
 ○ TRYKKFORSØK
 ⚬ 5% DEFORMASJON VED BRUDD
 + VINGEBORING
 S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK

 TRONDHEIM KOMMUNE	Sted:	NEDRE MULE KVIKLEIRESONE	Prosjekt nr.	R.1657	Dato:	05.08.2016
	Prøvetaker:	SKRUE/54mm	Boring nr.	10	Tegn.nr.	54



Forsøk 1, dybde $d=7,3$

Volumtøyning i konsolideringsfase, ε_{vol} (%)	2,53	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	55	Vanninnhold	33 %
---	------	--	----	-------------	------

Forsøk 2, dybde $d=7,4$

Volumtøyning i konsolideringsfase, ε_{vol} (%)	2,71	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	66	Vanninnhold	33 %
---	------	--	----	-------------	------

$a=15$ kPa er benyttet for tolkning av $\tan p$

Borhull:	3
----------	---

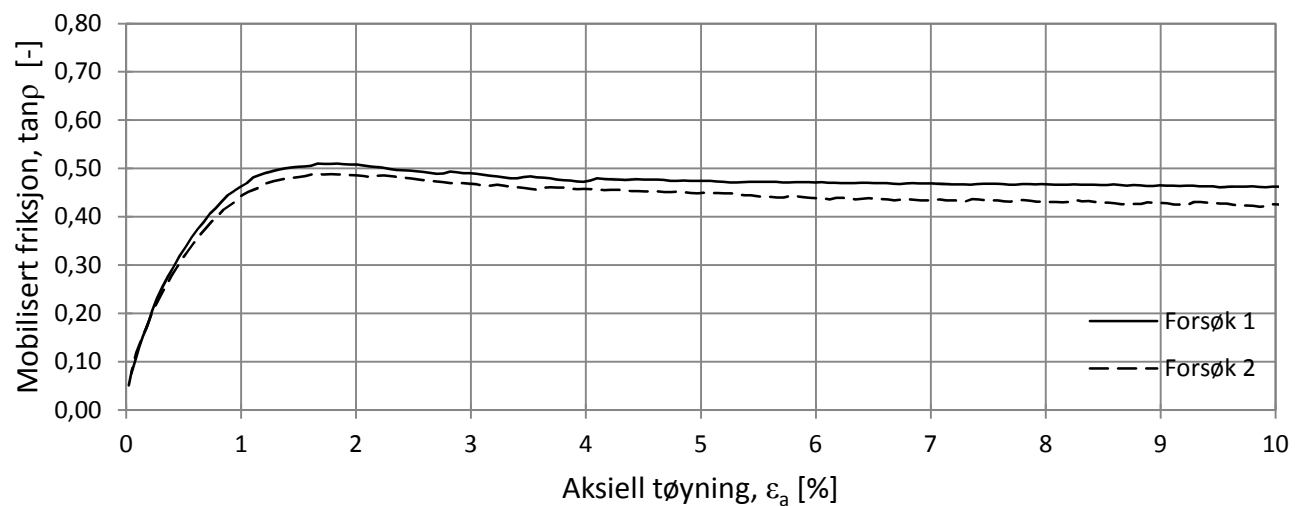
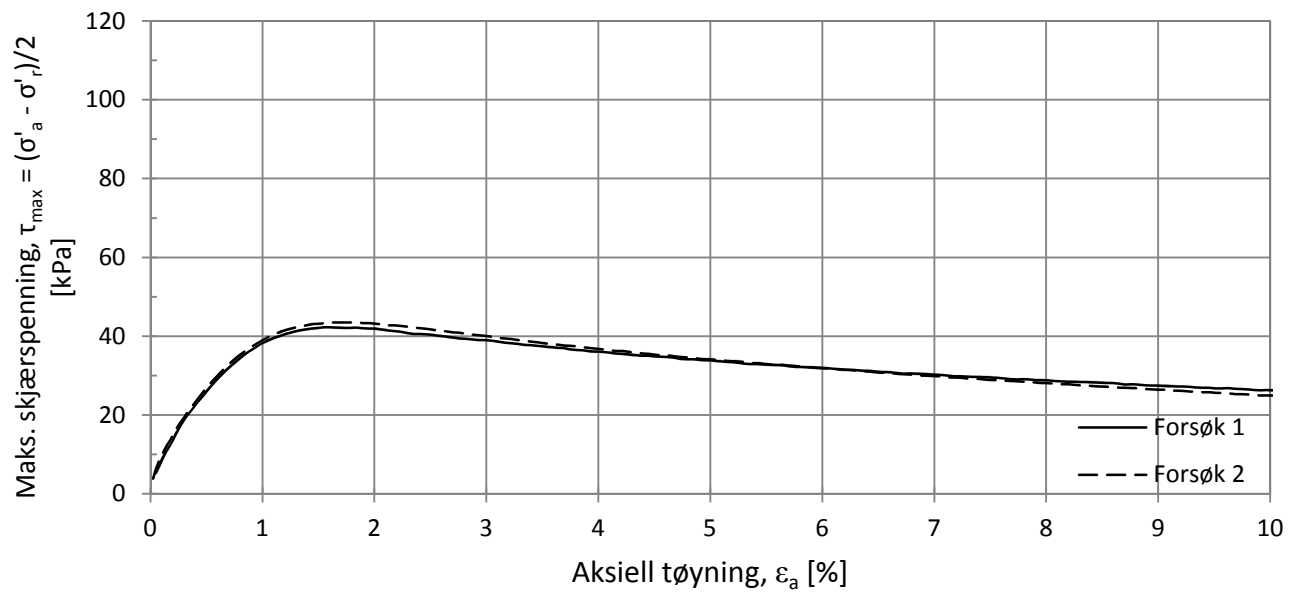
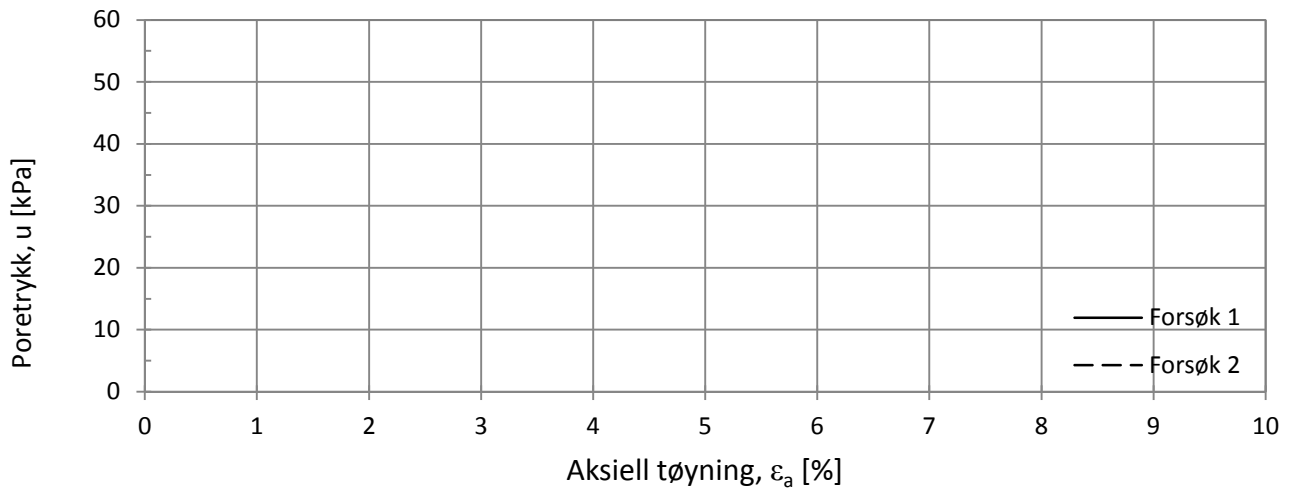


TRONDHEIM KOMMUNE

Nedre Mule kvikkleiresone

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti og mobiliseringsforløp

Tegnet:	8DA
Godkjent:	
Saksbehandler:	SHNA
Dato:	03.08.2016
Prosjekt nr.	R1657
Tegn.nr.	71



Forsøk 1, dybde $d=7,3$

Volumtøyning i konsolideringsfase, ϵ_{vol} (%)	2,53	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	55	Vanninnhold	33 %
---	------	--	----	-------------	------

Forsøk 2, dybde $d=7,4$

Volumtøyning i konsolideringsfase, ϵ_{vol} (%)	2,71	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	60	Vanninnhold	23 %
---	------	--	----	-------------	------

$a=15$ kPa er benyttet for tolkning av $\tan \phi$

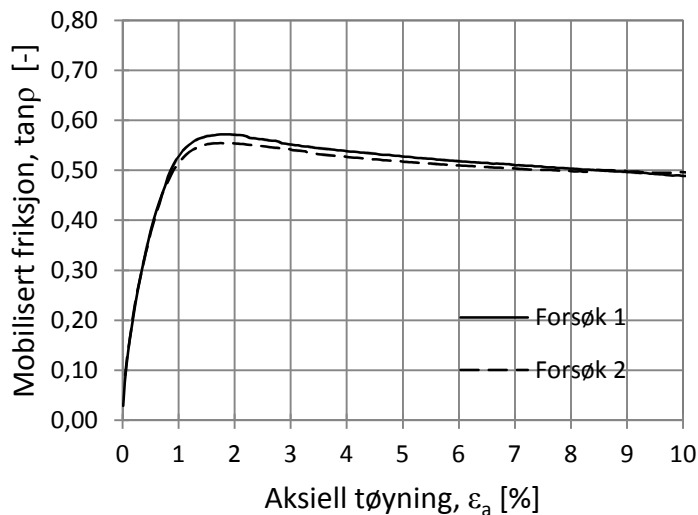
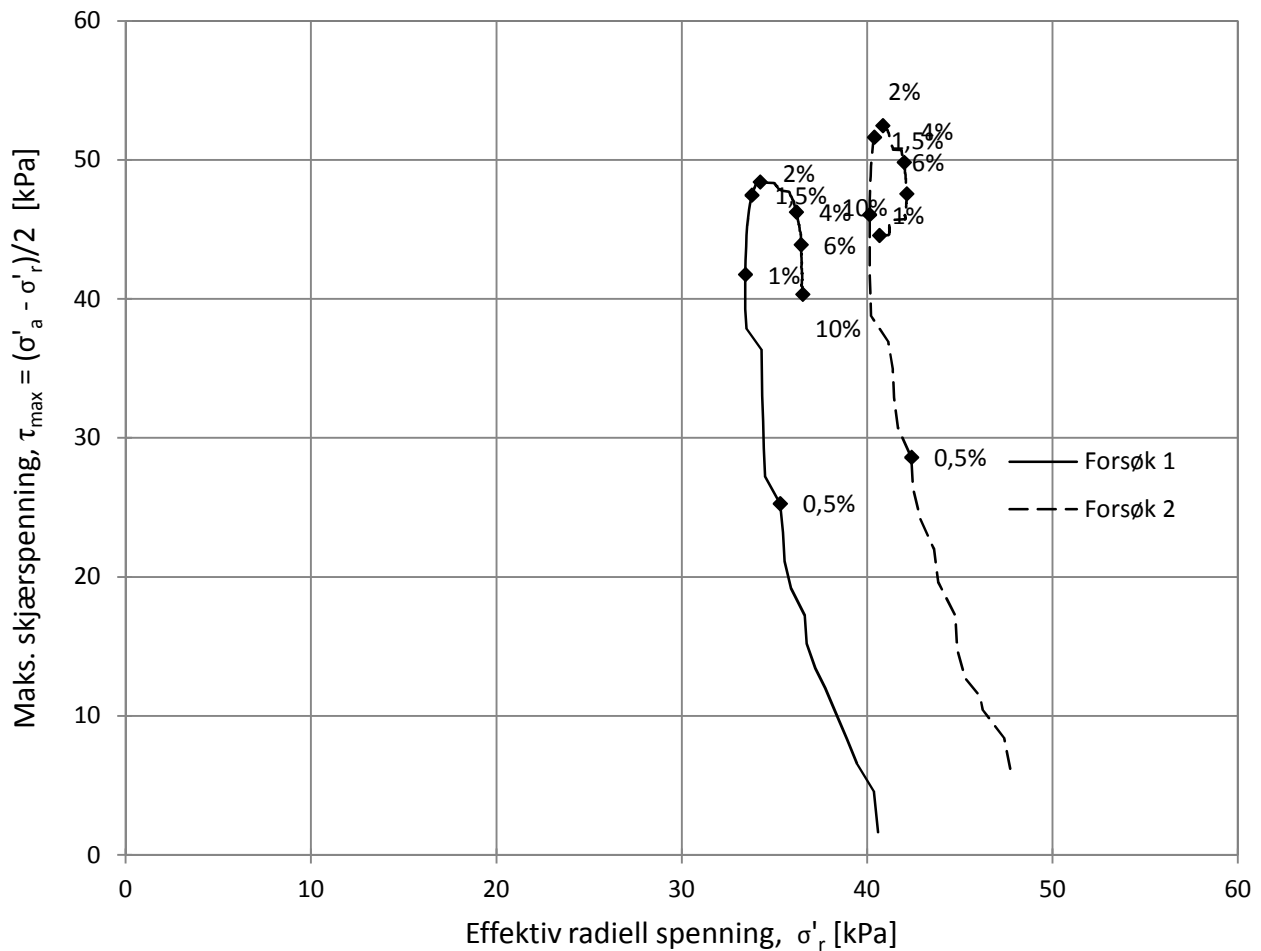


TRONDHEIM KOMMUNE

Nedre Mule kvikkleiresone

Treaksialforsøk. Mobiliseringsforløp

Borhull:	3
Tegnet:	8DA
Godkjent:	
Saksbehandler:	SHNA
Dato:	03.08.2016
Prosjekt nr.	R1657
Tegn.nr.	72



Forsøk 1, dybde d=3,3

Volumtøyning i konsolideringsfase, ϵ_{vol} (%)	2,79	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	40	Vanninnhold	33 %
---	------	--	----	-------------	------

Forsøk 2, dybde d=3,42

Volumtøyning i konsolideringsfase, ϵ_{vol} (%)	2,01	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	48	Vanninnhold	35 %
---	------	--	----	-------------	------

a= 15 kPa er benyttet for tolkning av tanφ

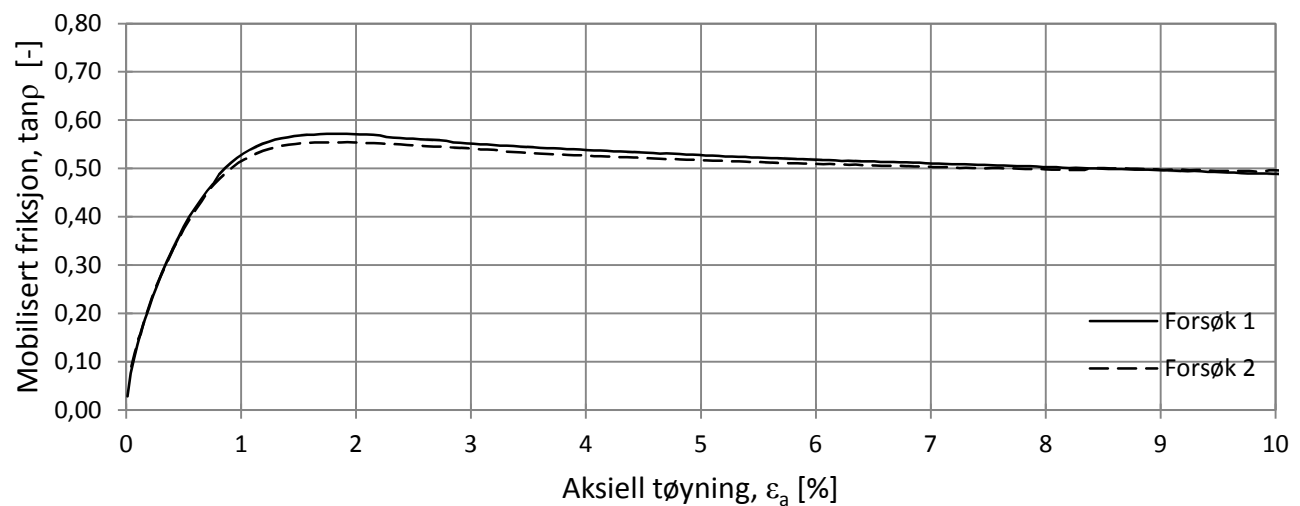
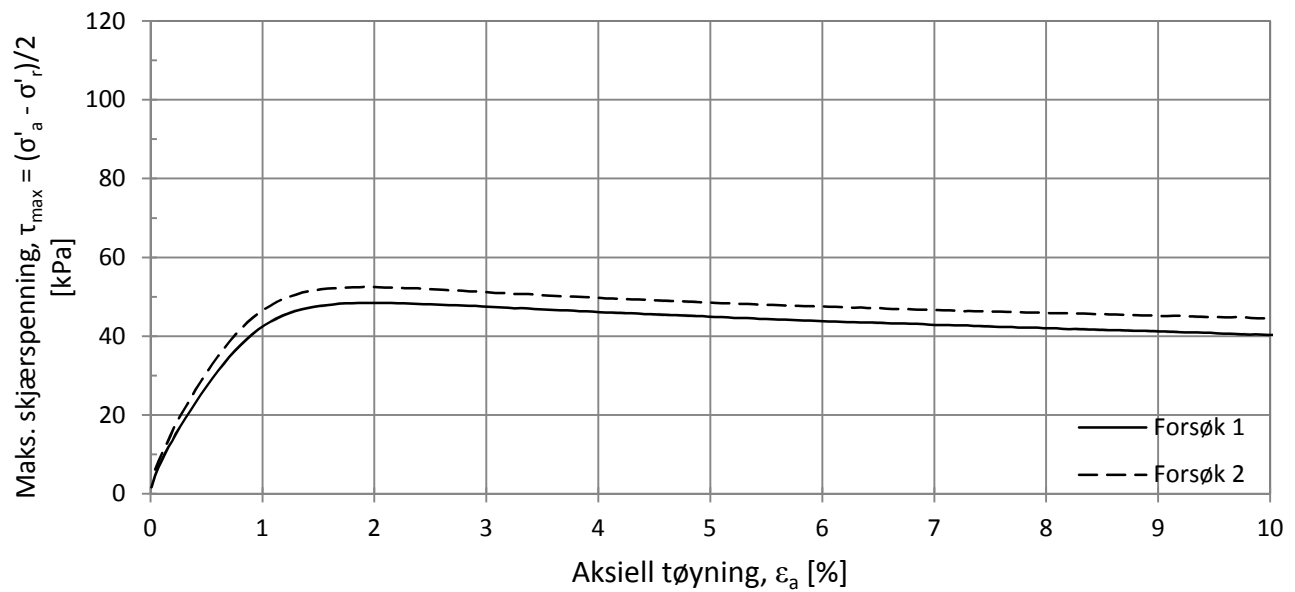
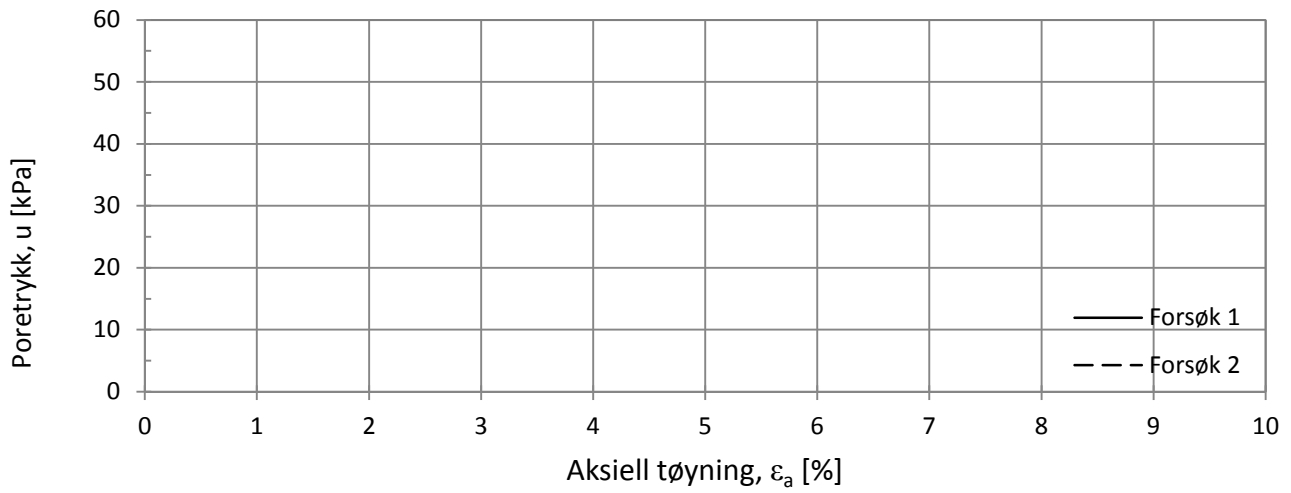


TRONDHEIM KOMMUNE

Nedre Mule kvikkleiresone

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti og mobiliseringsforløp

Borhull:	4
Tegnet:	8DA
Godkjent:	
Saksbehandler:	SHNA
Dato:	01.08.2016
Prosjekt nr.	R1657
Tegn.nr.	73



Forsøk 1, dybde $d=3,3$

Volumtøyning i konsolideringsfase, ε_{vol} (%)	2,79	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	40	Vanninnhold	33 %
--	------	--	----	-------------	------

Forsøk 2, dybde $d=3,42$

Volumtøyning i konsolideringsfase, ε_{vol} (%)	2,01	Konsolideringsspenning, σ'_c (kPa):	48	Vanninnhold	35 %
--	------	--	----	-------------	------

$a=15$ kPa er benyttet for tolkning av $\tan \phi$



TRONDHEIM KOMMUNE

Nedre Mule kvikkleiresone

Treaksialforsøk. Mobiliseringsforløp

Borhull:	4
Tegnet:	8DA
Godkjent:	
Saksbehandler:	SHNA
Dato:	01.08.2016
Prosjekt nr.	R1657
Tegn.nr.	74



TRONDHEIM KOMMUNE

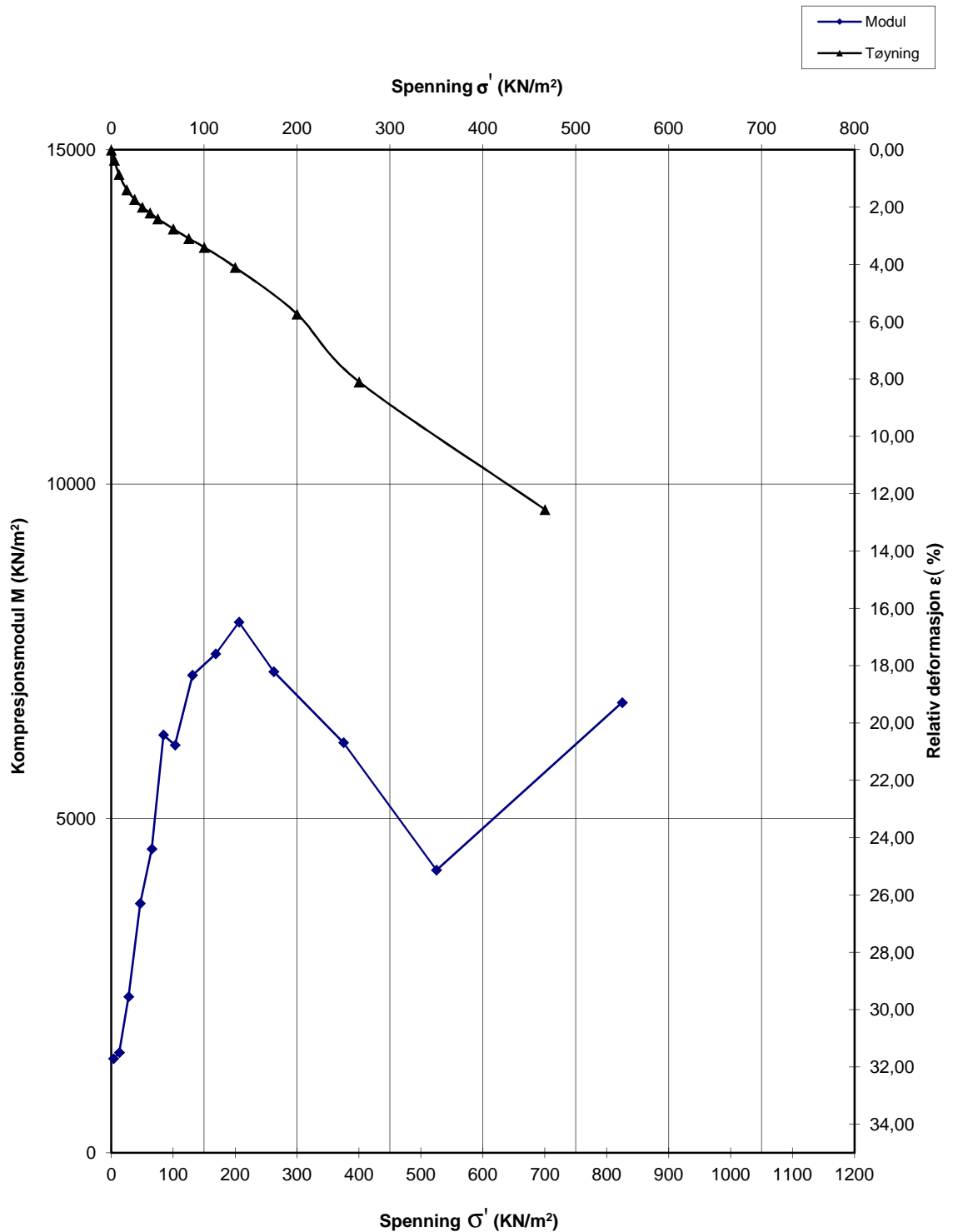
Kommunalteknikk

GEOTEKNISK FAGGRUPPE

Ødometerforsøk

Prosj. :	R1657 Nedre Mule kvikkleiresone		
Boring	3	Dato :	12.07.2016
Operatør	8da	Tegn. Nr.	81

ØDOMETERFORSØK



Lab. Nr.	Hull Nr.	Dybde	P_0'	P_c'	OCR	Jordart	Anm.
11	3	7,55m				KVIKKLEIRE	



TRONDHEIM KOMMUNE

Kommunalteknikk

GEOTEKNISK FAGGRUPPE

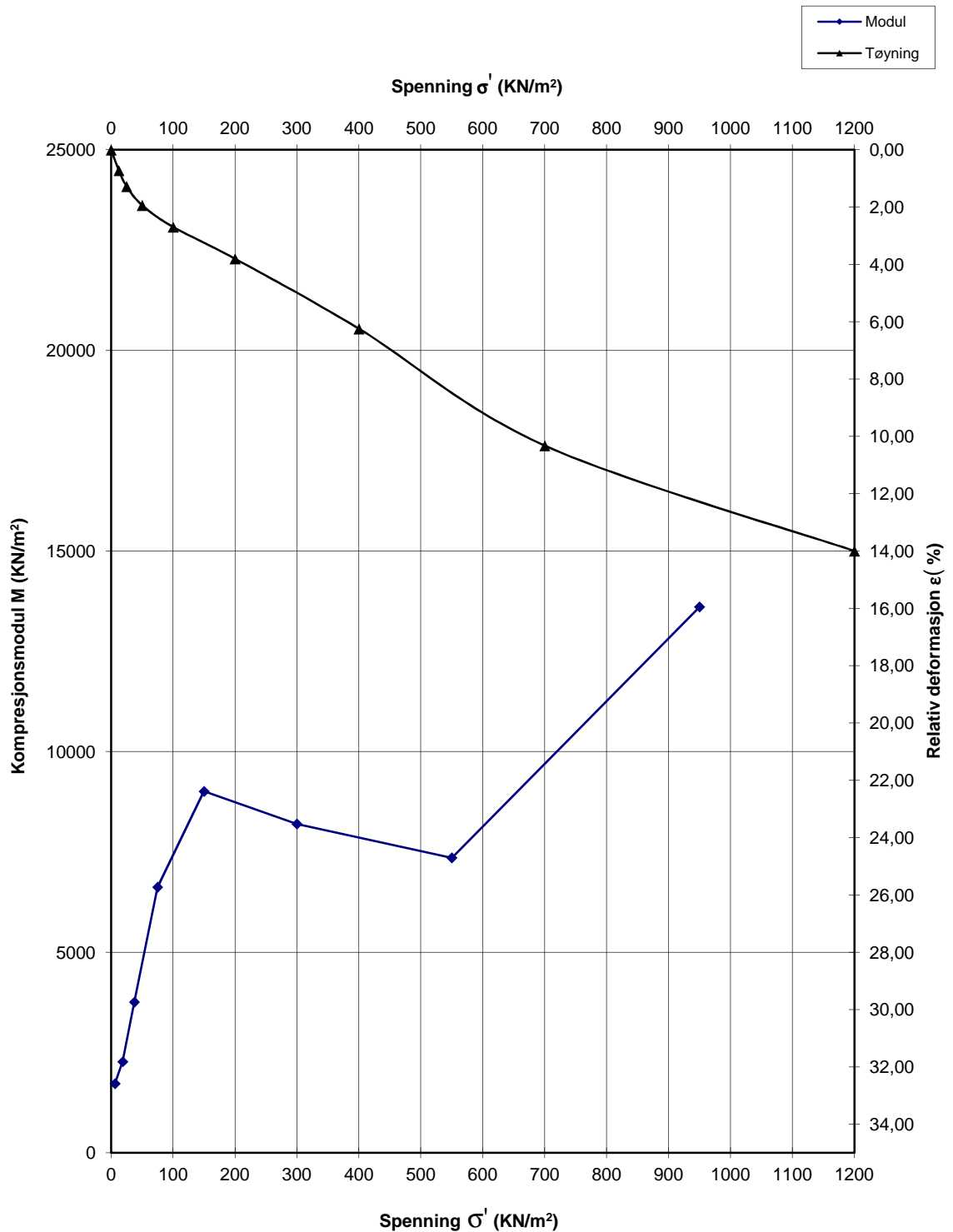
Ødometerforsøk

Prosj. : R1657 Nedre Mule kvikkleiresone

Boring 4 Dato : 28.07.2016


Operatør 8da Tegn. Nr. 82

ØDOMETERFORSØK



Lab. Nr:	Hull Nr.	Dybde	P_0'	P_c'	OCR	Jordart	Anm.
16	4	3,52m				LEIRE	

Punkt nr.	x-koordinat	y-koordinat	Høyde NN2000
1	7024504,53	558453,43	12,66
2	7024554,91	558294,78	10,30
3	7024519,69	558156,53	3,09
4	7024630,00	558125,04	20,30
5	7024635,10	558024,90	18,77
6	7024555,10	557979,90	9,69
7	7024650,23	557914,98	23,29
8	7024555,04	557784,99	9,37
9	7024515,06	558338,97	7,21
10	7024492,02	558373,01	7,89
11	7024597,28	557679,71	16,40

Nedre Mule kvikkleiresone	Tegnet:	SHNA
	Godkjent:	
	Saksbeh:	SHNA
	Dato:	22.08.2016
	Målestakk:	
Koordinatliste		
Høydesystem NN2000		
 TRONDHEIM KOMMUNE	Prosjekt nr. R.1657	Tegn.nr. 99

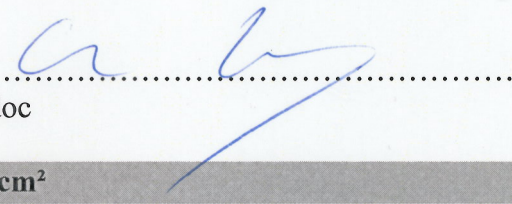
R 1657 Nedre Mule kvikkleiresone

22.08.2016

Bilag 01

Kalibreringsskjema for sonde 4352, kalibrert 2015-02-16

Probe No 4352
 Date of Calibration 20150216
 Replacement of
 Calibrated by Christoffer Hurtig
 File name 4352 20150216 093124.doc



Point Resistance Tip Area 10cm²

Maximum Load 50 MPa
 Range 50 MPa
 Scaling Factor **1190**
 Resolution 0.6411 kPa
 Area factor (a) at 1MPa 0.848

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 30.1317 kPa
 Temperature range 0 -40 deg. Celsius.

Local Friction Sleeve Area 150cm²

Maximum Load 0.5 MPa
 Range 0.5 MPa
 Scaling Factor **3514**
 Resolution 0.0109 kPa
 Area factor (b) at 1MPa 0.000

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 2.2018 kPa
 Temperature range 0 -40 deg. Celsius.

Pore Pressure

Maximum Load 2.5 MPa
 Range 2 MPa
 Scaling Factor **2505**
 Resolution 0.0305 kPa

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 1.2200 kPa
 Temperature range 0 -40 deg. Celsius.

Tilt Angle. Scaling Factor 1

Range 0 - 40 Deg.

Temperature sensor. Scaling Factor 1

Range 0 - 40 Deg. Celsius

BACK-UP MEMORY



R 1657 Nedre Mule kvikkleiresone

22.08.2016

Bilag 02

2a, CPTU-sondering 3. Anvendelsesklasse etter NGF-melding nr. 5
2b, CPTU-sondering 4. Anvendelsesklasse etter NGF-melding nr. 5

Krav etter NGF - melding nr. 5, rev nr. 3 - 2010 - Tabell 5.2					CPTU 3 / Forsøkstype TE2					
Anvendelses-klasse	Forsøkstype	Målestørrelse	Tillatt minimumsnøyaktighet	Maksimum avstand mellom målinger	Nullpunkt			Avstand mellom målinger (mm)	Helning (grader)	Nedtrengningslengde
					Målestørrelse	Avvik (kPa)	Relativt avvik (%)			
1	TE2	Spissmotstand	35 kPa eller 5%	20 mm	Spissmotstand	7,1	0,1	10		
		Sidefriksjon	5 kPa eller 10%		Sidefriksjon	0	0,0			
		Poretrykk	10 kPa eller 2%		Poretrykk	2,1	0,6			
		Avstand mellom målinger	20 mm		Avstand mellom målinger					
		Helning	2°		Helning					
		Nedtrengningslengde	0.1 m eller 1%		Nedtrengningslengde					
2	TE1 TE2	Spissmotstand	100 kPa eller 5%	20 mm	Spissmotstand				2,61	
		Sidefriksjon	15 kPa eller 15%		Sidefriksjon					
		Poretrykk	25 kPa eller 3%		Poretrykk					
		Avstand mellom målinger	20 mm		Avstand mellom målinger					
		Helning	2°		Helning					
		Nedtrengningslengde	0.1 m eller 1%		Nedtrengningslengde					
3	TE1 TE2	Spissmotstand	200 kPa eller 5%	50 mm	Spissmotstand					
		Sidefriksjon	25 kPa eller 15%		Sidefriksjon					
		Poretrykk	50 kPa eller 5%		Poretrykk					
		Avstand mellom målinger	50 mm		Avstand mellom målinger					
		Helning	5°		Helning					
		Nedtrengningslengde	0.2 m eller 2%		Nedtrengningslengde					
4	TE1	Spissmotstand	500 kPa eller 5%	50 mm	Spissmotstand					
		Sidefriksjon	50 kPa eller 10%		Sidefriksjon					
		Avstand mellom målinger	50 mm		Avstand mellom målinger					
		Nedtrengningslengde	0.2 m eller 2%		Nedtrengningslengde					

Nedre Mule kvikkleiresone

CPTU 3

Anvendelsesklasse etter NGF-melding nr. 5



TRONDHEIM KOMMUNE

Tegnet: SHNA

Godkjent:


Saksbeh: SHNA

Dato: 22.08.2016

Prosjekt nr. Bilag nr.

R1657 2a

Krav etter NGF - melding nr. 5, rev nr. 3 - 2010 - Tabell 5.2					CPTU 4 / Forsøkstype TE2					
Anvendelses-klasse	Forsøkstype	Målestørrelse	Tillatt minimumsnøyaktighet	Maksimum avstand mellom målinger	Nullpunkt			Avstand mellom målinger (mm)	Helning (grader)	Nedtrengningslengde
					Målestørrelse	Avvik (kPa)	Relativt avvik (%)			
1	TE2	Spissmotstand	35 kPa eller 5%	20 mm	Spissmotstand	22,4	0,3	10		
		Sidefriksjon	5 kPa eller 10%		Sidefriksjon	0,4	0,4			
		Poretrykk	10 kPa eller 2%		Poretrykk	0,8	0,2			
		Avstand mellom målinger	20 mm		Avstand mellom målinger					
		Helning	2°		Helning					
		Nedtrengningslengde	0.1 m eller 1%		Nedtrengningslengde					
2	TE1 TE2	Spissmotstand	100 kPa eller 5%	20 mm	Spissmotstand					
		Sidefriksjon	15 kPa eller 15%		Sidefriksjon					
		Poretrykk	25 kPa eller 3%		Poretrykk					
		Avstand mellom målinger	20 mm		Avstand mellom målinger					
		Helning	2°		Helning					
		Nedtrengningslengde	0.1 m eller 1%		Nedtrengningslengde					
3	TE1 TE2	Spissmotstand	200 kPa eller 5%	50 mm	Spissmotstand					
		Sidefriksjon	25 kPa eller 15%		Sidefriksjon					
		Poretrykk	50 kPa eller 5%		Poretrykk					
		Avstand mellom målinger	50 mm		Avstand mellom målinger					
		Helning	5°		Helning		4,53			
		Nedtrengningslengde	0.2 m eller 2%		Nedtrengningslengde					
4	TE1	Spissmotstand	500 kPa eller 5%	50 mm	Spissmotstand					
		Sidefriksjon	50 kPa eller 10%		Sidefriksjon					
		Avstand mellom målinger	50 mm		Avstand mellom målinger					
		Nedtrengningslengde	0.2 m eller 2%		Nedtrengningslengde					

Nedre Mule kvikkleiresone CPTU 4 Anvendelsesklasse etter NGF-melding nr. 5	Tegnet:	SHNA
	Godkjent:	
 TRONDHEIM KOMMUNE	Saksbeh:	SHNA
	Dato:	22.08.2016
	Prosjekt nr. R1657	Bilag nr. 2b