

Rapport

Jernbaneverket

OPPDRAK

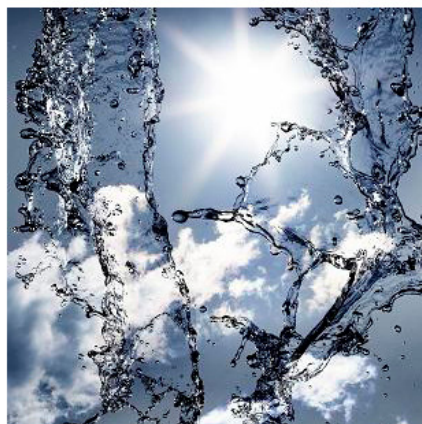
Planovergangstiltak kulvert Ydse

EMNE

Datarapport grunnundersøkelser

DOKUMENTKODE

414500-RIG-RAP-003



Med mindre annet er skriftlig avtalt, tilhører alle rettigheter til dette dokument Multiconsult.

Innholdet – eller deler av det – må ikke benyttes til andre formål eller av andre enn det som fremgår av avtalen. Multiconsult har intet ansvar hvis dokumentet benyttes i strid med forutsetningene. Med mindre det er avtalt at dokumentet kan kopieres, kan dokumentet ikke kopieres uten tillatelse fra Multiconsult.

RAPPORT

OPPDRAAG	Planovergangstiltak kulvert Ydse	DOKUMENTKODE	414500-RIG-RAP-003
EMNE	Datarapport grunnundersøkelser	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Jernbaneverket	ANSVARLIG ENHET	3012 Trondheim Geoteknikk
KONTAKTPERSON	Åge Sjømark		

SAMMENDRAG

Multiconsult AS er engasjert av Jernbaneverket til å utføre grunnundersøkelser for planlagt ny veg og kulvert ved Ydse i Verdal kommune. Prosjektet står i sammenheng med tiltak for planoverganger for Nordlandsbanen, her omlegging av planovergang km NB98.412 ved Ydse.

Foreliggende rapport omfatter en samlet beskrivelse av utførte undersøkelser og resultatene av disse.

Planlagt veg går langs Ysseelva. Terrenget er tydelig ravinert, og viser erosjonsspor langs Ysseelva. Vest og øst for undersøkelsesområdet er det kartlagt gamle skredgroper.

Det er utført 9 dreietrykksonderinger, 2 trykksonderinger, satt ned to poretrykksmålere og tatt opp tre prøveserier for å undersøke grunnens beskaffenhet med tanke på vurdering av stabilitet av planlagt veg og etablering av planlagt kulvert.

Løsmassemektingen i alle de 9 borpunktene er større enn 30 m.

Løsmassene består av marin leire, og det er lokalt registrert et topplag av tørrskorpeleire på inntil 3 m. Leira er i hovedsak middels fast. Under ca. kote – 20 er det stedvis registrert et fast lagret lag. Basert på sonderingsmotstanden er laget antatt å være friksjonsmateriale.

Det er ikke påtruffet kvikkleire i undersøkelsesområdet.

01	02.12.2013	Redigert form- og skrivefeil	<i>Roar S</i>	<i>Roar S</i>	<i>Arne Vik</i>
00	14.11.2013	Datarapport Ydse	Henning Tiarks	Roar Skulbørstad	Arne Vik
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	6
1.1	Bakgrunn.....	6
1.2	Myndighetskrav	6
2	Utførte grunnundersøkelser	7
2.1	Feltundersøkelser	7
2.2	Laboratorieundersøkelser.....	8
3	Terreng og grunnforhold	9
3.1	Generell beskrivelse.....	9
3.2	Resultater fra grunnundersøkelser og lagdeling.....	9
3.3	Grunnvann og poretrykksforhold	10
4	Sluttbemerkning	10
5	Referanser	10

TABELLER

Tabell 1: Utførte feltarbeider 2013.....	7
Tabell 2: Utførte laboratoriearbeider	8

FIGURER

Figur 1: Utklipp fra 3D-ortofoto med rød markering av undersøkelsesområdet (data: http://tema.webatlas.no/innherred/Web3D)..	6
Figur 2: Grove trekk for løsmassetypen i undersøkelsesområdet. Data: http://geo.ngu.no/kart/losmasse/	9

TEGNINGER

414500-RIG-TEG-000.3	Oversiktskart	M = 1 : 50.000
-005	Borplan	M = 1 : 1000
-030	Geotekniske data, PR. 1	
-031	Geotekniske data, PR. 5	
-032	Geotekniske data, PR. 9	
-040.0	CPTU BP.1, dokumentasjon måledata	
-040.1	CPTU BP.1, rådata, $q-z$, $u-z$, $f-z$, $i-z$	
-040.2	CPTU BP.1, rådata, q_n-z , $\Delta u-z$, f_s-z	
-040.3	CPTU BP.1, rådata, N_m-z , B_q-z , R_f-z	
-040.4	CPTU BP.1, rådata, q_t-B_q	
-041.0	CPTU BP.9, dokumentasjon måledata	
-041.1	CPTU BP.9, rådata, $q-z$, $u-z$, $f-z$, $i-z$	
-041.2	CPTU BP.9, rådata, q_n-z , $\Delta u-z$, f_s-z	
-041.3	CPTU BP.9, rådata, N_m-z , B_q-z , R_f-z	
-041.4	CPTU BP.9, rådata, q_t-B_q	
-060	Korngredning, PR. 1	
-061	Korngredning, PR. 5	
-062	Korngredning, PR. 9	
-075.1	Kontinuerlig ødometerforsøk, PR. 5, d=6,5 m, Plott A	
-075.2	Kontinuerlig ødometerforsøk, PR. 5, d=6,5 m, Plott B	
-076.1	Kontinuerlig ødometerforsøk, PR. 5, d=14,6 m, Plott A	
-076.2	Kontinuerlig ødometerforsøk, PR. 5, d=14,6 m, Plott B	
-090.1	Treaksialforsøk, PR. 1, d=4,25 m, spenningssti	
-090.2	Treaksialforsøk, PR. 1, d=4,25m, arbeidskurve	
-090.3	Treaksialforsøk, PR. 1, d=4,25m, vannutpressing - volumtøyning	
-091.1	Treaksialforsøk, PR. 5, d=6,4 m, spenningssti	
-091.2	Treaksialforsøk, PR. 5, d=6,4m, arbeidskurve	
-091.3	Treaksialforsøk, PR. 5, d=6,4m, vannutpressing - volumtøyning	
-170	Borutskrift, BP 1, BP 2, BP 3	
-171	Borutskrift, BP 4, BP 5, BP 7, BP 8	
-172	Borutskrift, BP 9, BP 10	

BILAG

Bilag 1 Geoteknisk informasjon; Terminologi for boremetoder og presentasjon av resultater

Bilag 2 Geoteknisk informasjon; Terminologi for laboratorieundersøkelser og presentasjon av resultater

Bilag 3 Metodestandarder og retningslinjer - feltundersøkelser

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Multiconsult AS er engasjert av Jernbaneverket og Levanger kommune til å utføre grunnundersøkelser for planlagt ny kulvert for kryssing av Nordlandsbanen ved Ydse i Verdal kommune. Prosjektet står i sammenheng med tiltak for planoverganger for Nordlandsbanen, her omlegging av planovergang km NB98.412 ved Ydse.

Foreliggende rapport omfatter en samlet beskrivelse av utførte undersøkelser for ny kulvert og omlegging av veien langs Ysseelva.

Undersøkellesområdet ligger øst for Verdalselva og vest for Nordberget. Kulverten skal etableres noen meter nord fra der Ysseelva krysser jernbanen i dag, og ny veg skal etableres delvis langs Ysseelva. Figur 1 viser 3D-ortofoto over undersøkelsesområdet.



Figur 1: Utklipp fra 3D-ortofoto med rød markering av undersøkelsesområdet (data: <http://tema.webatlas.no/innherred/Web3D>)

1.2 Myndighetskrav

Oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet er bygget opp med prosedyrer og beskrivelser som er dekkende for kvalitetsstandard NS-EN ISO 9001:2008 [1]. Oppdraget er også gjennomført i henhold til Eurokode EN-1997, del 2 Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver [3] og tilhørende tilgjengelige metodestandarder. I tillegg er NS 8000-serien benyttet ved utførelse av laboratorieundersøkelsene, mens feltundersøkelsene er utført i henhold til Norsk Geoteknisk Forenings meldinger. Se for øvrig bilag nr. 3 for samlet oversikt over utvalgte metodestandarder.

2 Utførte grunnundersøkelser

2.1 Feltundersøkelser

Feltarbeidet ble utført i august 2013. Undersøkelsene ble ledet av boreleder Bjørn Inge Solem. Det er utført grunnundersøkelser i 9 punkt ned til ca. 30 m dybde.

Feltundersøkelsene omfattet:

- Dreietrykksonderinger i 9 borpunkter
- Trykksondering (CPTU) i 2 borpunkter
- Opptak av uforstyrrede 54 mm prøveserier og representative skovlprøver i 3 borpunkt
- Nedsetting av 2 stk hydrauliske poretrykksmålere i to forskjellige dybder i ett borpunkt

Borpunktene er innmålt med Trimble DGPS – CPOS, og alle høyder i rapportens tekst og tegninger refererer seg til høydesystem NN1954. Tabell 1 viser nøkkeldata for borpunktene. Plassering av borpunkt er vist på tegning nr. 414500-RIG-TEG-005. Det henvises til bilag 1 for beskrivelse av metoder.

Tabell 1: Utførte feltarbeider 2013.

Borpunkt		Koordinater UTM32 Euref89			Boret i løsmasse	Boret i fjell
Betegnelse	Metode	Nord (m)	Øst (m)	Høyde (NN1954)	(m)	(m)
1	DrT, CPTU, Prøve	7077905	621288	14,9	30,6	-
2	DrT	7077880	621286	9,3	30,6	-
3	DrT	7077864	621332	9,6	30,6	-
4	DrT	7077850	621354	7,6	32,7	-
5	DrT, Piezometer, Prøve	7077857	621355	7,0	34,7	-
6	ikke tilgjengelig					
7	DrT	7077881	621380	10,2	32,2	-
8	DrT	7077875	621389	9,0	30,6	-
9	DrT, CPTU, Prøve	7077902	621395	14,4	30,1	-
10	DrT	7077934	621403	16,7	30,4	-

DrT= Dreietrykksondering, CPTU= Trykksondering.

2.2 Laboratorieundersøkelser

Prøvene som ble tatt opp, er klassifisert i felt (skovlboring) og utvalgte prøver er rutineundersøkt i Multiconsults geotekniske laboratorium i Trondheim. Undersøkte prøver er sammenstilt i tabell 2. Det henvises til bilag 2 for generell informasjon om lab-undersøkelser og presentasjon av laboratorieresultater.

Tabell 2: Utførte laboratoriearbeider

Bor-punkt	Prøve-dybde	Prøve-type	Kornf. Si/Hy	Konsistens w_i/w_p	Ødometer	Treaks
1	0,0-1,0	P				
	1,0-2,0	p				
	2,0-3,0	p				
	4,0-5,0	54	X	X		X
	8,0-9,0	54				
	10 - 11	54				
	16 - 17	54	X			
5	6,0-7,0	54	X	X	X	X
	10 - 11	54				
	14 - 15	54	X	X	X	
	22 - 23	54	X			
9	2,0-3,0	54				
	4,0-5,0	54				
	6,0-7,0	p				
	8,0-9,0	54	X	X		

P = Poseprøver tatt opp med skovelprøvetaker

54 = 54 mm sylinderprøver

Resultat fra rutineundersøkelsene er presentert som geotekniske data i tegningene nr. 414500-RIG-TEG-030 t.o.m. -032. Resultater fra kornfordelingsanalysene er vist i tegningene nr. -060 t.o.m. -062. Videre er resultater fra ødometerforsøk er vist i tegningene nr. -075.1 t.o.m. -076.2 og treaksialforsøk er vist i tegningene -090.1 t.o.m. -091.3.

Boringer i elveskråninga og langs elveløpet indikerer bare lokalt et fastere topplag. Leira er i hovedsak middels fast ned til 30 m dybde (ca. kote -20). I BP. nr. 4, 5, 7 og 8 er det registrert et fast lagret lag fra ca. 30 m under terreng. Basert på sonderingsmotstanden er laget antatt å være friksjonsmateriale.

3.3 Grunnvann og poretrykksforhold

Det er satt ned to hydrauliske poretrykksmålere. Disse er satt ned ved BP. 5 i dybde 5,0 og 10,0 m under terreng.

Avlest poretrykk er viset på tegning nr. -171. Målingene indikerer grunnvannstand ca. 1 m under terreng samt at det er et poreovertrykk på ca. 2 m i dalføret ved 10 m dybde.

Ved feltarbeidene i august 2013 fremstod løsmassene i området som relativt bløte på overflaten.

Grunnvannstanden varierer normalt med årstider og nedbør. Erfaringsmessig kan grunnvannsnivået stå vesentlig høyere i perioder med nedbør og/eller snøsmelting.

Poretrykksmålingene bør videreføres for å dokumentere poretrykksvariasjoner over tid.

4 Sluttbemerkning

Det påpekes at grunnundersøkelsene avdekker lokale forhold i de respektive borhullene/sonderingspunktene. Disse er å betrakte som "nålestikk" og grunnforholdene mellom de aktuelle punktene kan avvike fra forholdene påvist ved grunnundersøkelsene.

5 Referanser

- [1] NS-EN ISO 9001:2008. *Systemer for kvalitetsstyring. Krav (ISO 9001:2008)*. November 2008.
- [2] Eurokode 7: *Geoteknisk prosjektering – Del 1: Allmenne regler*. NS-EN 1997-1:2004+NA2008.
- [3] Eurokode 7: *Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver*. NS-EN 1997-2:2007+NA2008.
- [4] Sveian, H. & Bjerkli, K. (1984): *Verdalsøra, kvartærgeologisk kart CST 135136-20. 1:20.000*. Norges geologiske undersøkelse.



OVERSIKTSKART

Jernbaneverket
Kulvert Ydse

MULTICONSULT AS

7486 Trondheim
Tlf: 73 10 62 00 - Faks: 73 10 62 30/70

Dato
14.10.2013

Oppdragsnr.
414500

Tegnet
JMP

Tegningsnr.
RIG-TEG-000.3

Kontrollert
HET

Godkjent
ARV

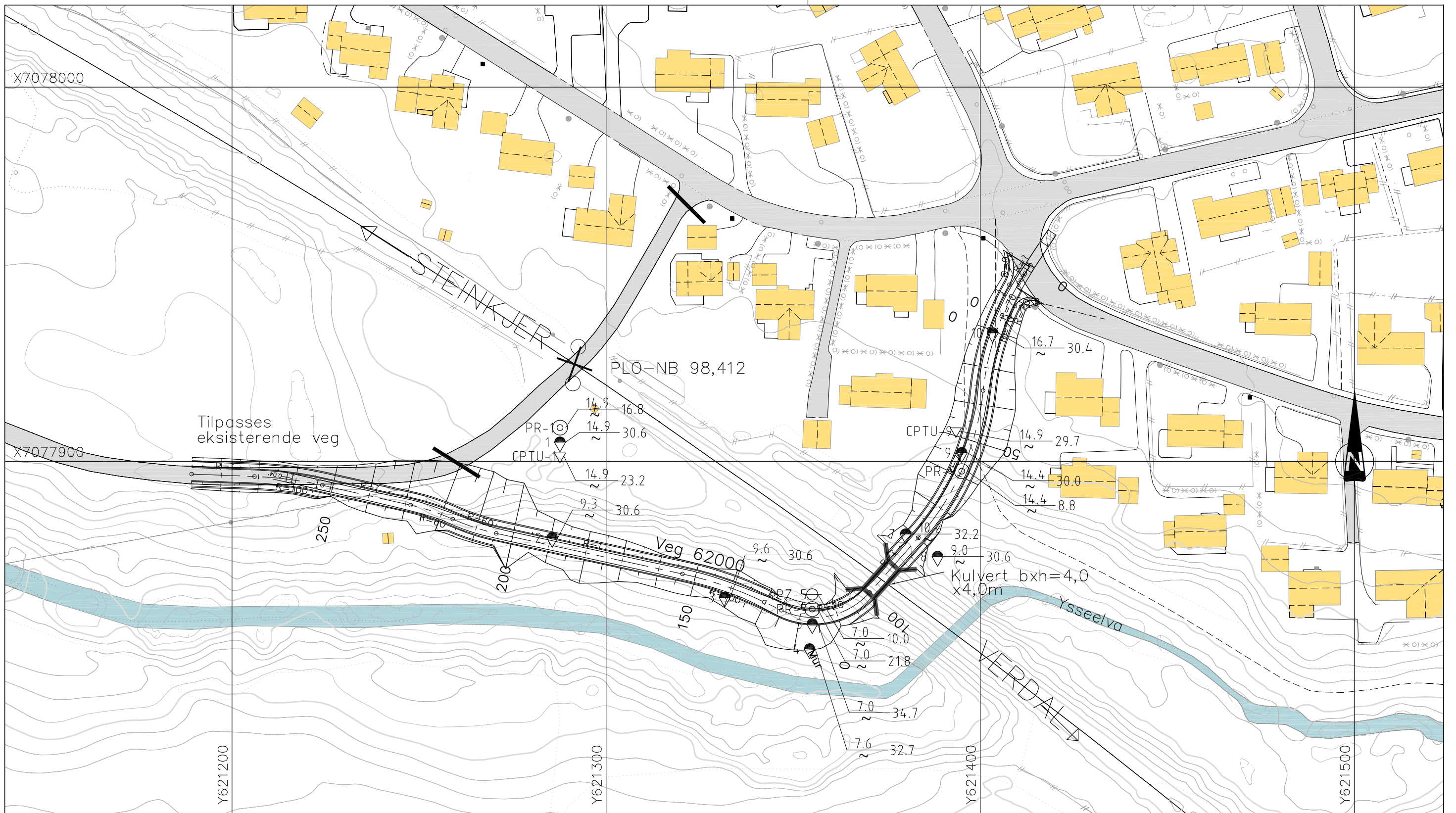
Blan nr.
-005

Målestokk
1:50 000



Godkjent
ARV

Rev.

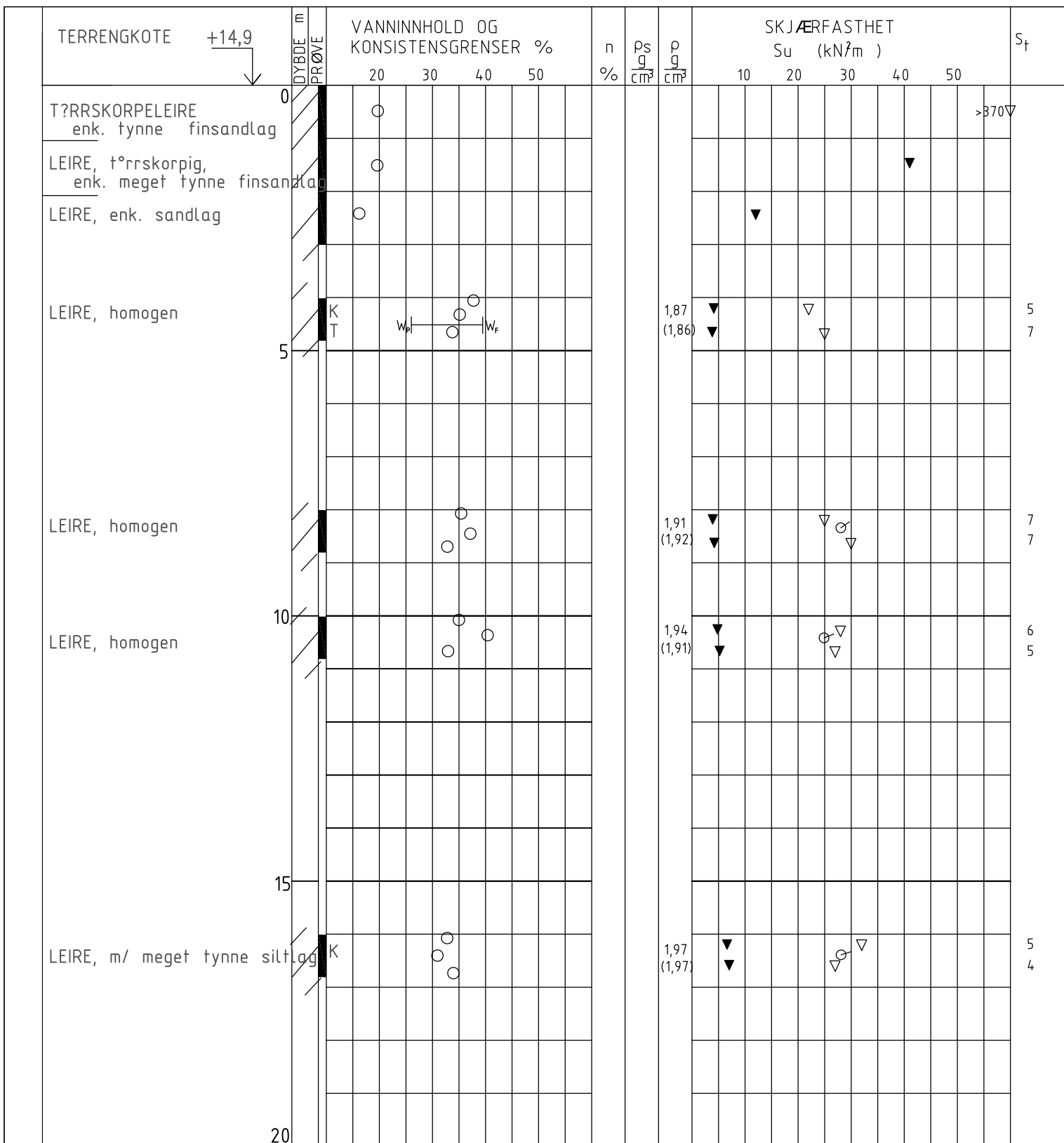


TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ① TOTALSONDERING
- ① TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE
ANTATT BERGKOTE
- ☆ FJELLKONTROLLBORING
- ⊕ KJERNEBORING
- DREITRYKKSONDERING
- ⊗ SKRUPLATEFORSØK
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGRUPP
- ▽ TRYKKSONDERING
- + VINGEBORING
- ⊖ PORETRYKKMALING
- ^^ BERG I DAGEN

BOR.BOK NR: 22085
 LAB.BOK NR: 3040
 KARTGRUNNLAG: DIGITALT KART NN194
 HØYDEREFERANSE: NGO (NN 1954)
 KOORDINATSYSTEM: EUREF 89 SONE 32V

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Jernbaneanverket Kulvert Ydse Grunnundersøkelser	Original format A3	Fag	Geoteknikk	
	Borplan	Tegningens filnavn 414500-RIG-TEG-001_BORPLAN.dwg		Underlagets filnavn T_kart_2D og T_geom.dwg	
		Målestokk			
MULTICONSULT AS		Dato 14.10.2013	Konstr./Tegnet JMP	Kontrollert HET	Godkjent ARV
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414500	Tegningsnr. RIG-TEG-005	Rev.	



PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGROP
VB = VINGEBORING
BORBOK NR.: 22085
LAB.BOK NR.: 3040

○ NATURLIG VANNINNHOOLD
— W_L FLYTEGRENSE
— W_F — KONUSMETODE
— W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
O_{Na} = HUMUSINNHOOLD
O_{gl} = GLØDETAP
ρ = DENSITET

▽ KONUSFORSØK
▼ OMRØRT SKJÆRFESTHET
○ TRYKKFORSØK
15 ○ 5% DEFORMASJON VED BRUDD
+ VINGEBORING
St SENSITIVITET

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

GEOTEKNISKE DATA

Jernbaneverket
Kulvert Ydse
Grunnundersøkelser

MULTICONSULT AS

Dato 19.09.2013

Tegnet
kjt

Boring nr.

1

Tegningens filnavn

414500-RIG-TEG-010-h1.dwg

Borplan nr.

-001

Boret dato:

13.08.2013



Kontrollert

HET

Godkjent

ARV

Oppdragsnr.

414500

Tegningsnr.

RIG-TEG-030

Rev.

00

TERRENGKOTE	↓ +7,0	DYBDE m PRØVE	VANNINHOLD OG KONSISTENSGRENSER %				n %	O _{Na} %	γ $\frac{kN}{m^3}$	SKJÆRSTYRKE Su (kN/m ²)					S _t	
			20	30	40	50				10	20	30	40	50		
		5														
LEIRE, enk. meget tynne siltlag			W _p					1,95 (1,95)	▼			▼				4 5
LEIRE, enk. meget tynne siltlag		10						2,06 (2,01)	▼			▼				5 5
LEIRE, homogen		15	W _p					1,99 (1,98)	▼			▼				5 5
LEIRE, enk. tynne finsandslag		20						2,02 (2,01)	▼			▼				5 4


PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGRUPP
VB = VINGEBØRING
BORBOK NR.: 22085
LAB.BOK NR.: 3040

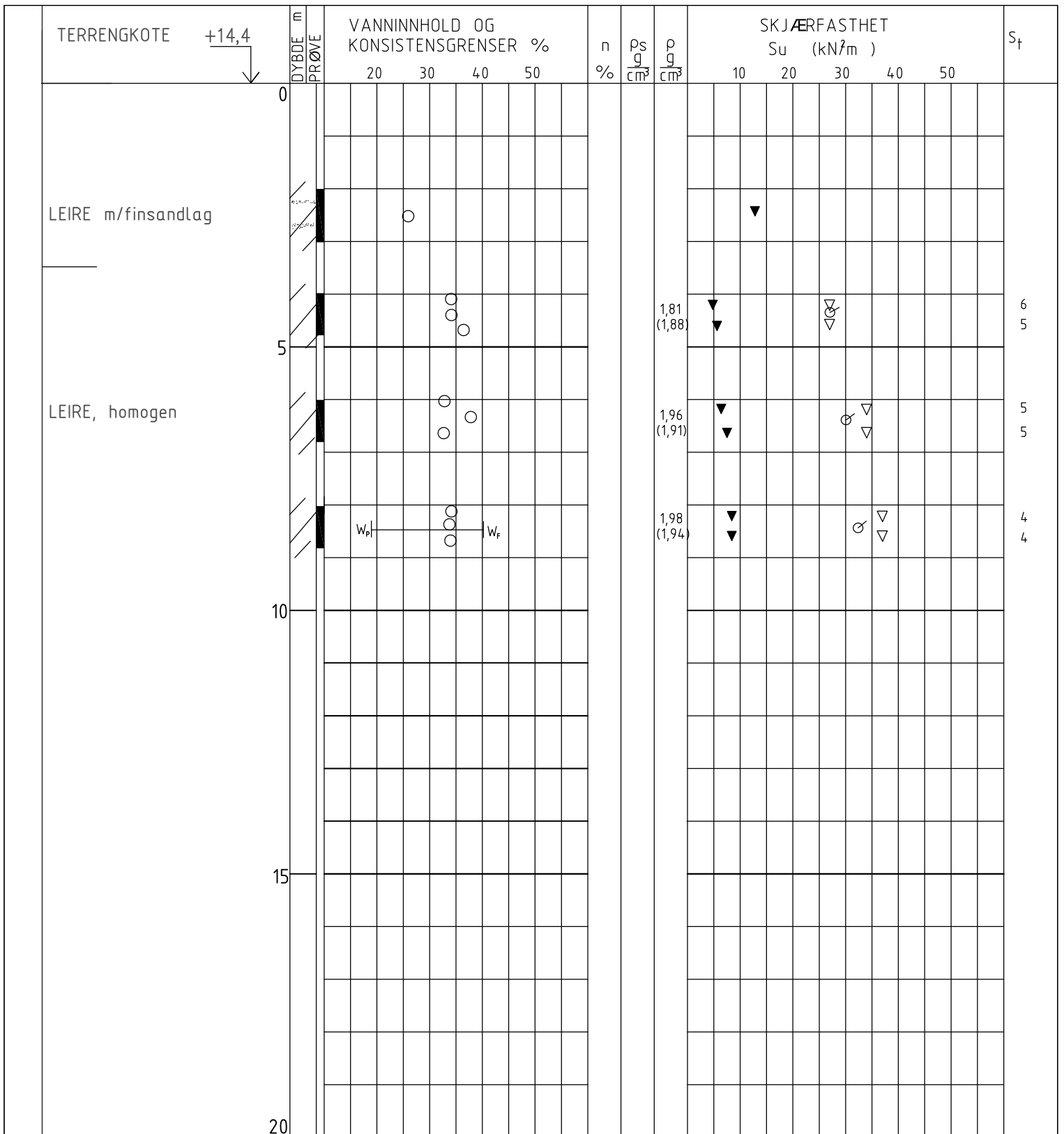
○ NATURLIG VANNINHOLD
— FLYTEGRENSE
W_f ——— KONUSMETODE
— W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
O_{Na} = HUMUSINHOLD
Ogt = GLØDETAP
γ = TYNGDETETHET

▼ KONUSFORSØK
▼ OMRØRT SKJÆRSTYRKE
○ TRYKKFORSØK
15-5% DEFORMASJON VED BRUDD
+ VINGEBØRING
S_t SENSITIVITET

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

GEOTEKNISKE DATA		Boring nr.	Tegningens filnavn		
		5	414500-RIG-TEG-011-h5.dwg		
Jernbaneverket Kulvert Ydse Grunnundersøkelse		Borplan nr.			
		-001			
MULTICONSULT AS		Boret dato:	13.08.2013		
		Dato	19.09.2013	Tegnet	kjt
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr.	414500	Kontrollert	HET
		Tegningsnr.	RIG-TEG-031	Godkjent	ARV
				Rev.	00



PR = PRØVESERIE
 SK = SKOVLEBORING
 PG = PRØVEGROP
 VB = VINGEBORING
 BORBOK NR.: 22085
 LAB.BOK NR.: 3040

○ NATURLIG VANNINNHOOLD
 —_L FLYTEGRENSE
 —_F KONUSMETODE
 —_p PLASTISITETSGRENSE
 n = PORØSITET
 Ona = HUMUSINNHOOLD
 Ogl = GLØDETAP
 P = DENSITET

▽ KONUSFORSØK
 ▼ OMRØRT SKJÆRFESTHET
 ○ TRYKKFORSØK
 15 ◊ 5% DEFORMASJON VED BRUDD
 + VINGEBORING
 St SENSITIVITET

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

GEOTEKNISKE DATA

Jernbaneverket
 Kulvert Ydse
 Grunnundersøkelser

Boring nr. 9
 Tegningens filnavn 414500-RIG-TEG-012-h9.dwg

Borplan nr. -005
 Boret dato: 13.08.2013



MULTICONSULT AS

Dato 19.09.2013

Tegnet kjt

Kontrollert HET

Godkjent ARV


7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70

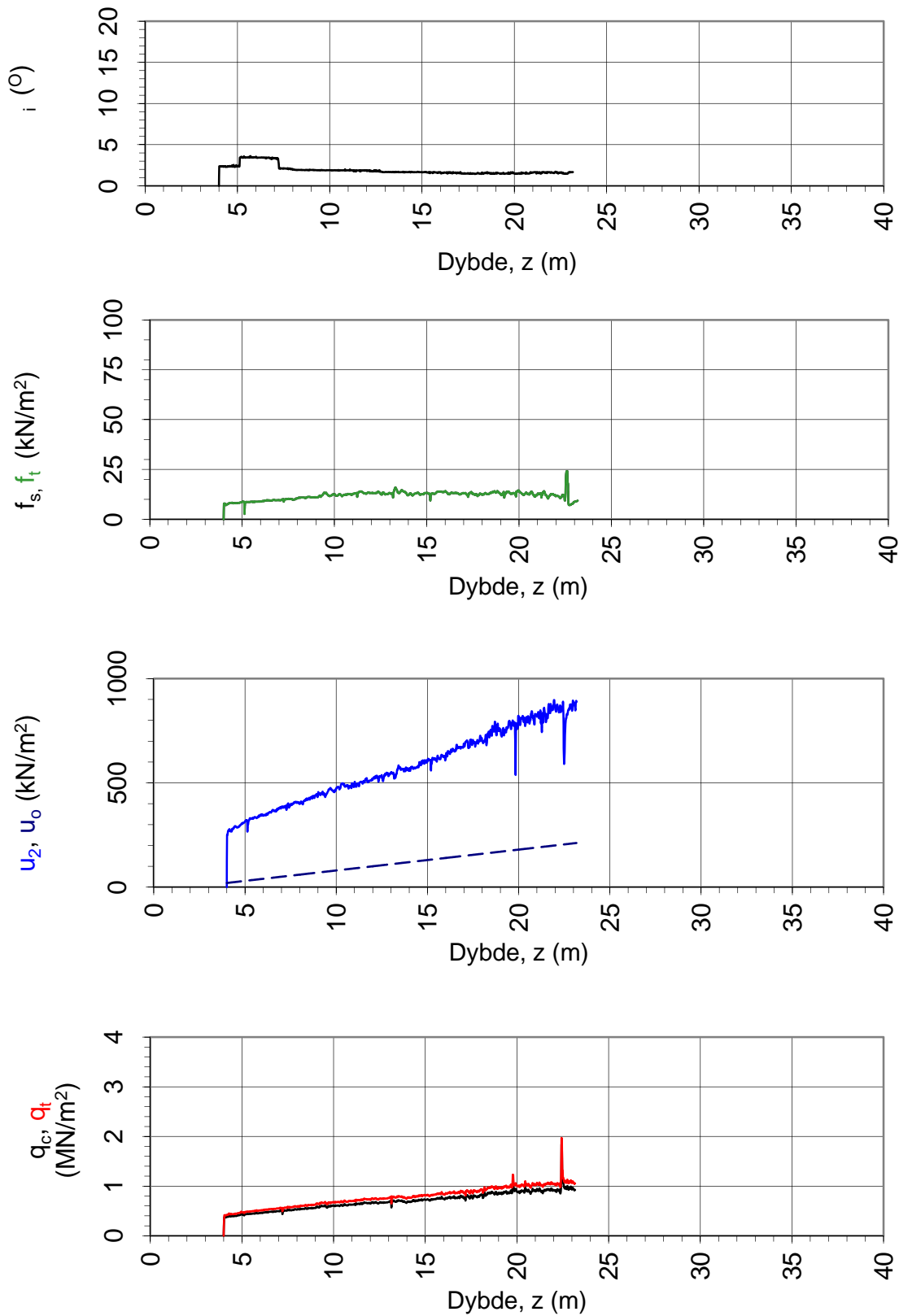
Oppdragsnr. 414500


Tegningsnr. RIG-TEG-032

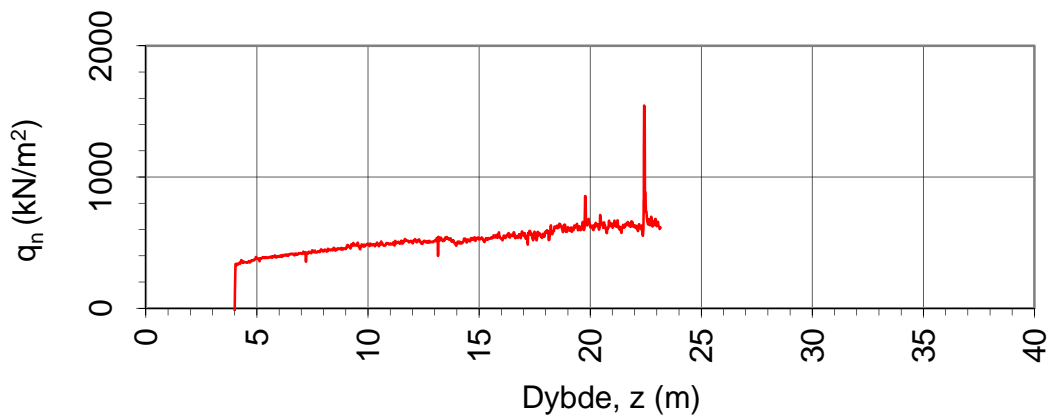
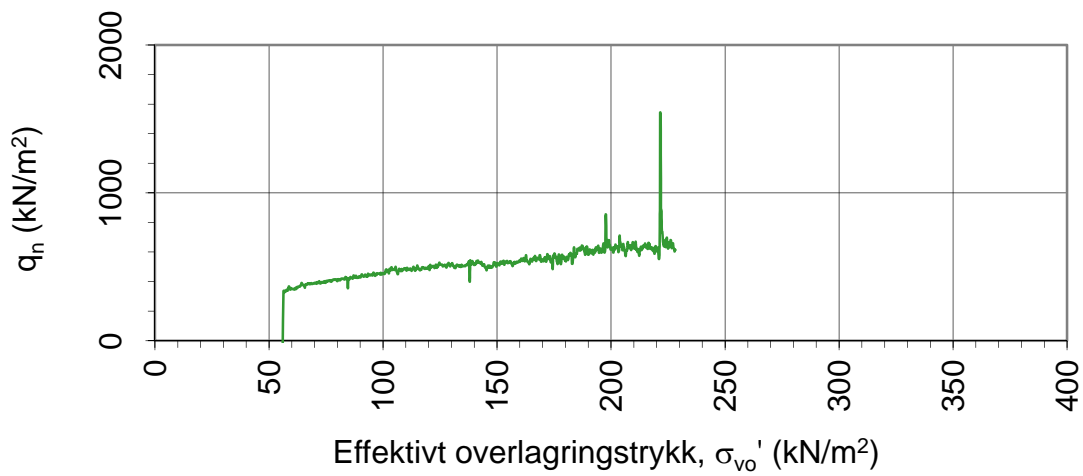
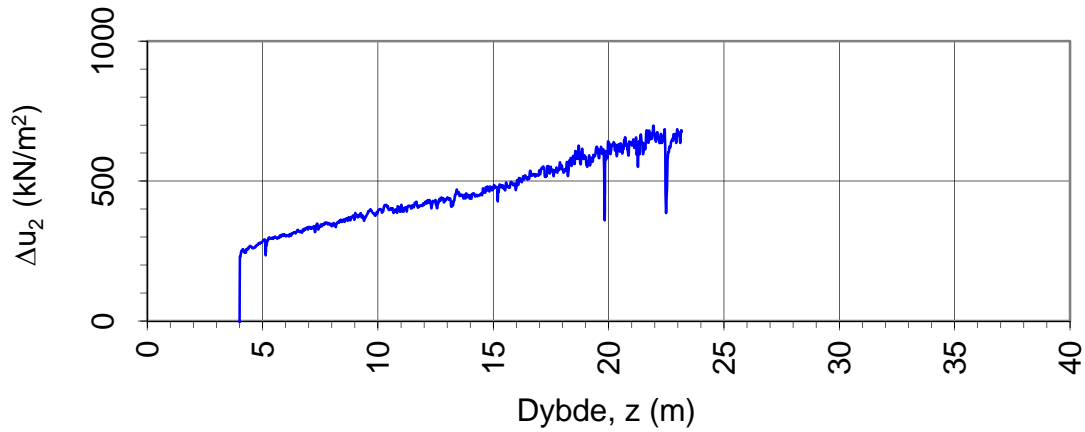
Rev. 00

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

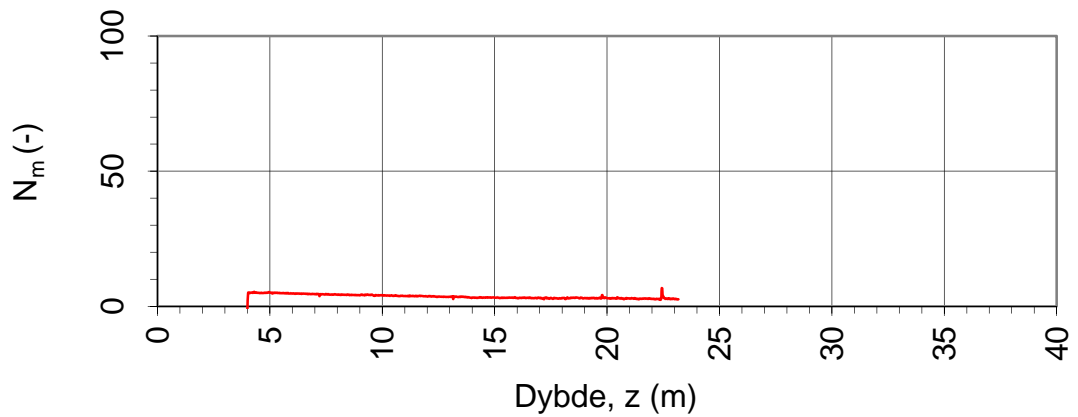
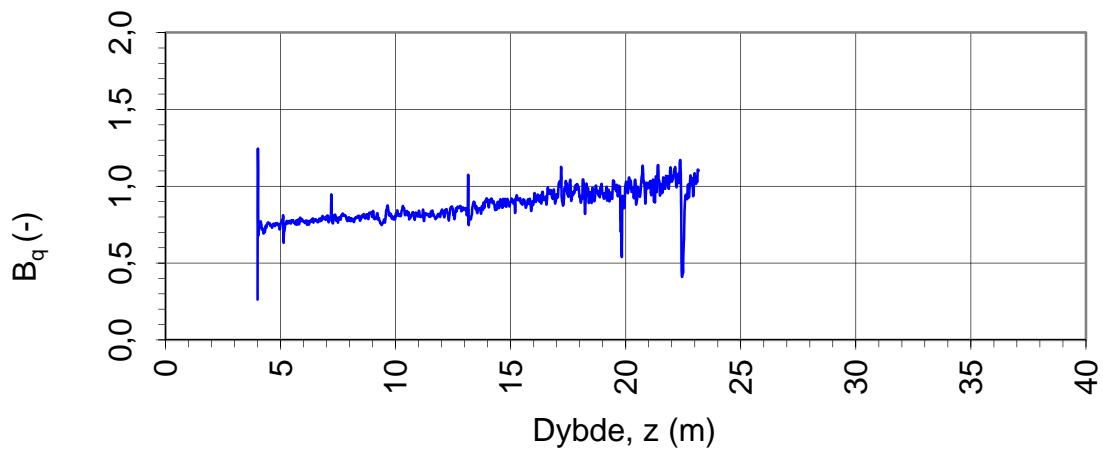
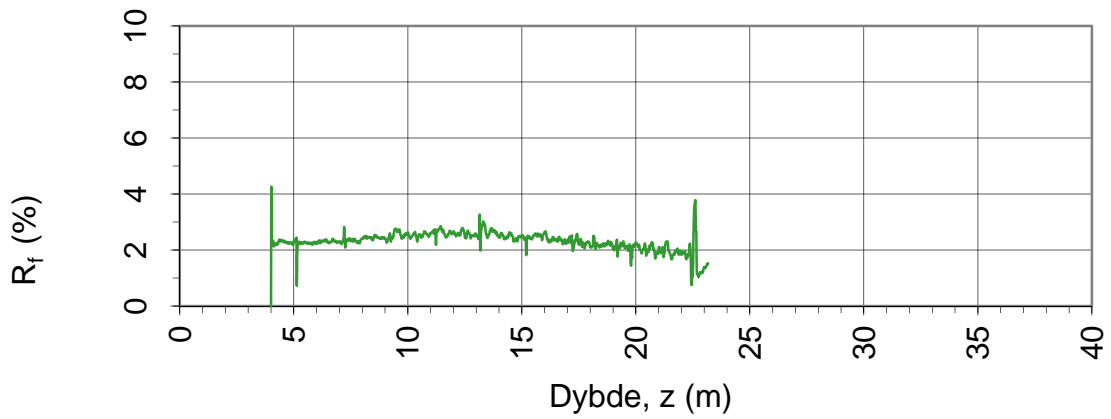
Sonde nr.:	4672	Sondetype:	Nova
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0,852	Arealforhold, b:	0,000
Kalibreringsdato:	10.12.2012	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning (MPa):	50,0	0,5	2,5
Måleområde (MPa):	50,0	0,5	2,5
Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa):	0	0	0
Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa):	0,60	0,01	0,02
Max. temp. effekt, ubelastet (kPa):	19,15	0,47	1,54
Temperaturområde (°C):	0-40	0-40	0-40
Merknad 1:			
UTFØRELSE			
Borleder:	Solem	Assistent:	
Filtertype:	porøs	Mettemedium:	glyserin
Mettemetode:	ferdigmettet	Lufttemperatur (°C):	15,0
Forankring:		Max. helning (°):	3,6
Merknad 1:			
MÅLEVARIABLE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt (kPa):	4,31	0,10	0,35
NULLPUNKTKONTROLL			
Faktor	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering (DOS):			
Etter sondering (DOS):			
Avvik (DOS) (kPa):	0,0	0,0	0,0
Før sondering (Windows):	7,429	124,900	268,200
Etter sondering (Windows):	0,018	1,000	-2,200
Avvik (Windows) (kPa):	18,4	1,0	-2,2
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
Målestørrelse	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa)	23,31	1,11	2,57
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:	Oppdrag:		
Jernbaneverket	Kulvert Ydse		
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet.			
CPTU id.:	BP1	Sonde:	4672
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:
	29.10.2013	het	ros
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Versjon:
	414500	40.0	03.01.2013




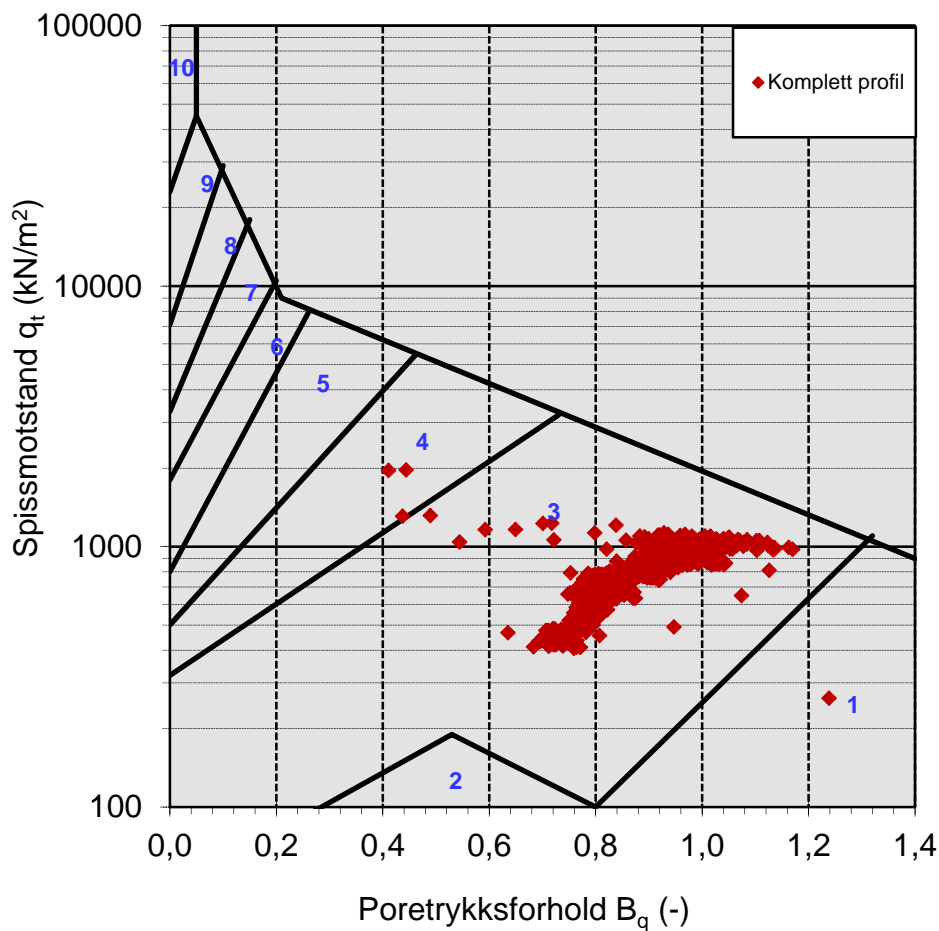
Oppdragsgiver:		Oppdrag:		Tegningens filnavn:	
Jernbaneverket		Kulvert Ydse		414500 Ydse BP1v4.02	
Spissmotstand $q_{c,t}$, poretrykk u_2 , sidefriksjon $f_{s,t}$ og helning i .					
CPTU id.:	BP1	Sonde:	4672		
MULTICONSULT AS	Dato: 29.10.2013	Tegnet: het	Kontrollert: ros		
	Oppdrag nr.: 414500	Tegning nr.: 40.1	Versjon: 03.01.2013	Revisjon: 0	



Oppdragsgiver: Jernbaneverket		Oppdrag: Kulvert Ydse		Tegningens filnavn: 414500 Ydse BP1v4.02	
Netto spissmotstand q_n og poreovertrykk Δu_2 .					
CPTU id.:	BP1	Sonde:	4672		
MULTICONSULT AS	Dato: 29.10.2013	Tegnet: het	Kontrollert: ros		
	Oppdrag nr.: 414500	Tegning nr.: 40.2	Versjon: 03.01.2013	Revisjon: 0	



Oppdragsgiver: Jernbaneverket		Oppdrag: Kulvert Ydse		Tegningens filnavn: 414500 Ydse BP1v4.02	
Spissmotstandstall N_m , poretrykks- B_q og friksjonsforhold R_f .					
CPTU id.:	BP1	Sonde:	4672		
MULTICONSULT AS	Dato: 29.10.2013	Tegnet: het	Kontrollert: ros		
	Oppdrag nr.: 414500	Tegning nr.: 40.3	Versjon: 03.01.2013	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:

Jernbaneverket

Oppdrag:

Kulvert Ydse

Tegningens filnavn:

414500 Ydse BP1v4.02

Jordartsidentifikasjon fra CPTU data - q_t og B_q .

CPTU id.:

BP1

Sonde:

4672



MULTICONSULT AS

Dato:
29.10.2013

Tegnet:
het

Kontrollert:
ros

Godkjent:
arv


Oppdrag nr.:
414500

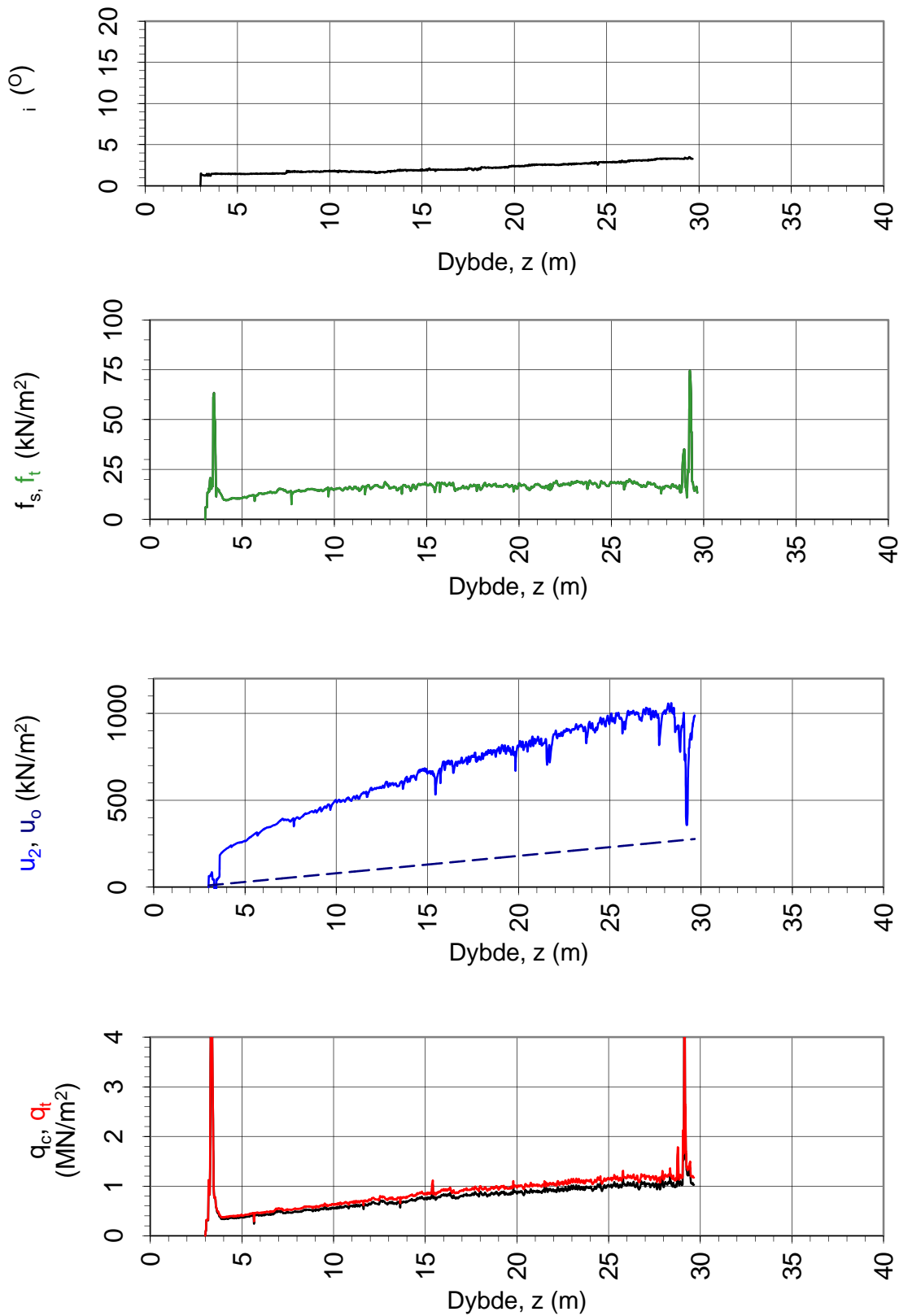
Tegning nr.:
40.4

Versjon:
03.01.2013

Revisjon:
0

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4672	Sondetype:	Nova
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0,852	Arealforhold, b:	0,000
Kalibreringsdato:	10.12.2012	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning (MPa):	50,0	0,5	2,5
Måleområde (MPa):	50,0	0,5	2,5
Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa):	0	0	0
Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa):	0,60	0,01	0,02
Max. temp. effekt, ubelastet (kPa):	19,15	0,47	1,54
Temperaturområde (°C):	0-40	0-40	0-40
Merknad 1:			
UTFØRELSE			
Borleder:	Solem	Assistent:	
Filtertype:	porøs	Mettemedium:	glyserin
Mettemetode:	ferdigmettet	Lufttemperatur (°C):	15,0
Forankring:		Max. helning (°):	3,5
Merknad 1:			
MÅLE VARIABLE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt (kPa):	4,31	0,10	0,35
NULLPUNKTKONTROLL			
Faktor	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering (DOS):			
Etter sondering (DOS):			
Avvik (DOS) (kPa):	0,0	0,0	0,0
Før sondering (Windows):	7,443	124,200	267,700
Etter sondering (Windows):	0,003	0,000	-1,900
Avvik (Windows) (kPa):	3,0	0,0	-1,9
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
Målestørrelse	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa)	7,91	0,11	2,27
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:	Oppdrag:		
Jernbaneverket	Kulvert Ydse		
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet.			
CPTU id.:	BP9	Sonde:	4672
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:
	29.10.2013	het	ros
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Versjon:
	414500	41.0	03.01.2013



Oppdragsgiver:

Jernbaneverket

Oppdrag:

Kulvert Ydse

Tegningens filnavn:

414500 Ydse BP9v4.02

Spissmotstand $q_{c,t}$, poretrykk u_2 , sidefriksjon $f_{s,t}$ og helning i .



CPTU id.:

BP9

Sonde:

4672

MULTICONSULT AS

Dato:

29.10.2013

Tegnet:

het

Kontrollert:

ros

Godkjent:

arv

Oppdrag nr.:

414500

Tegning nr.:

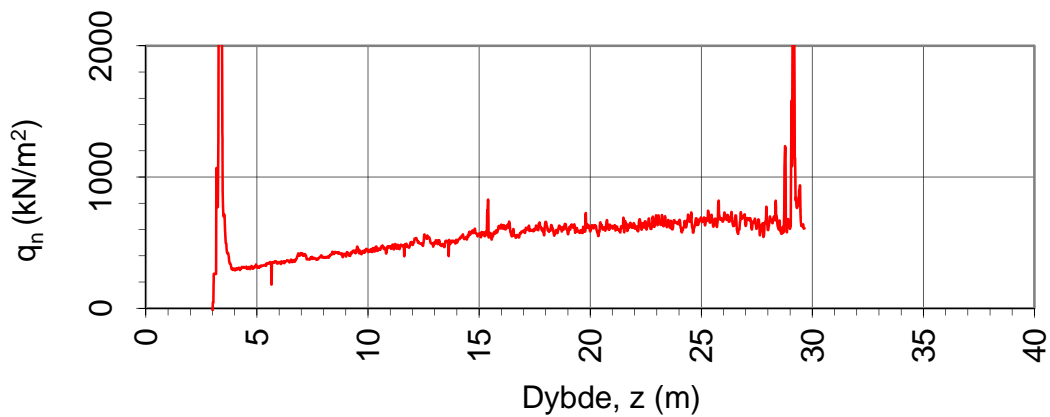
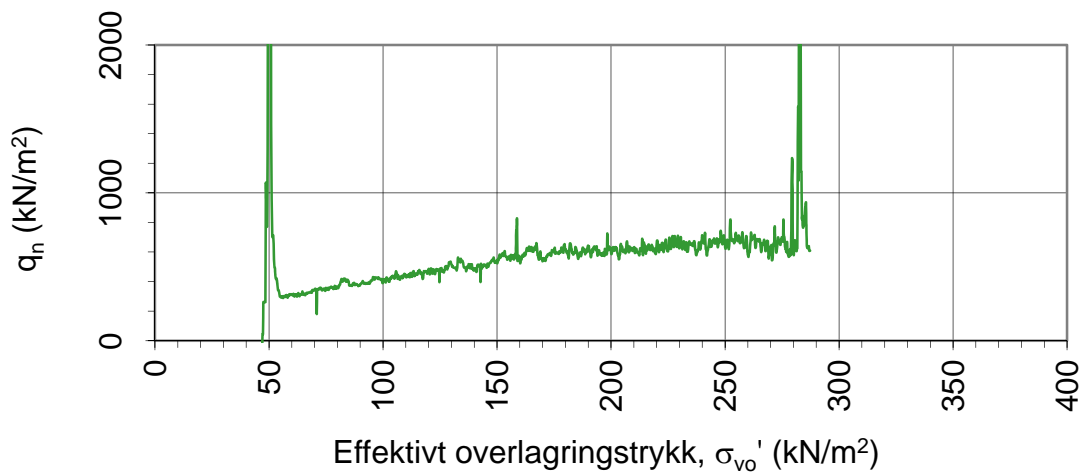
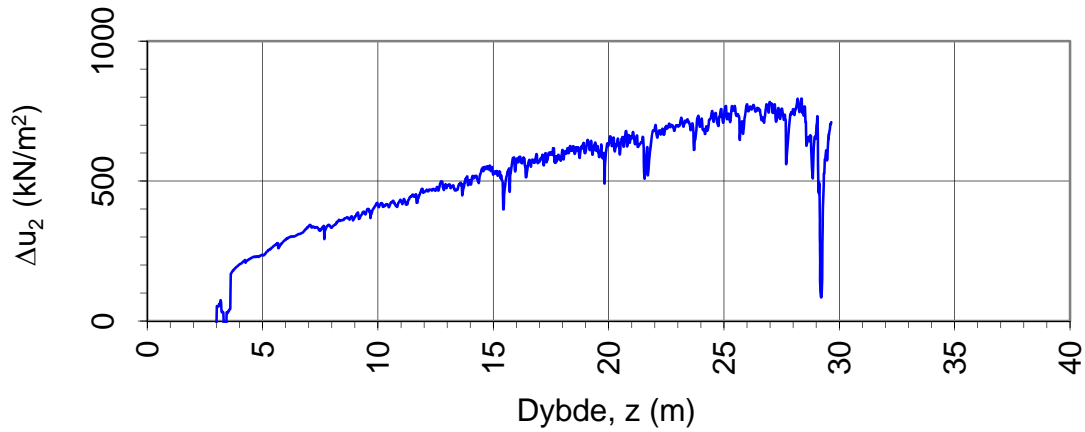
41.1

Versjon:

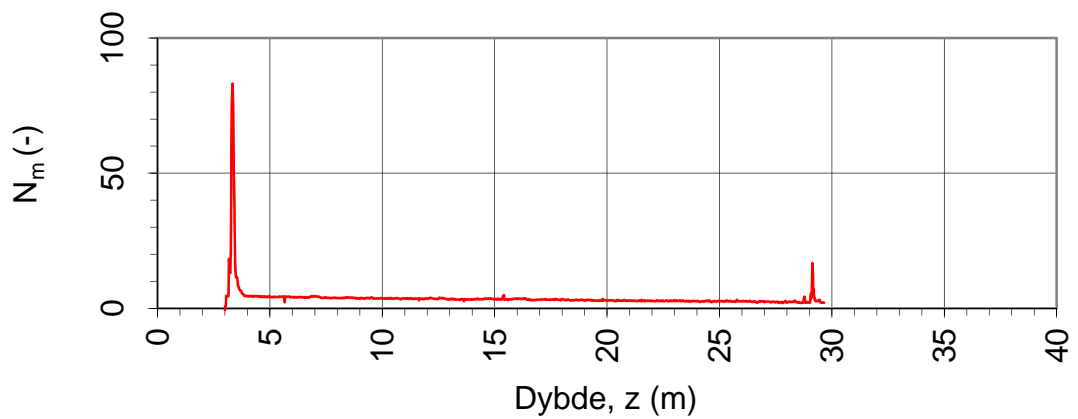
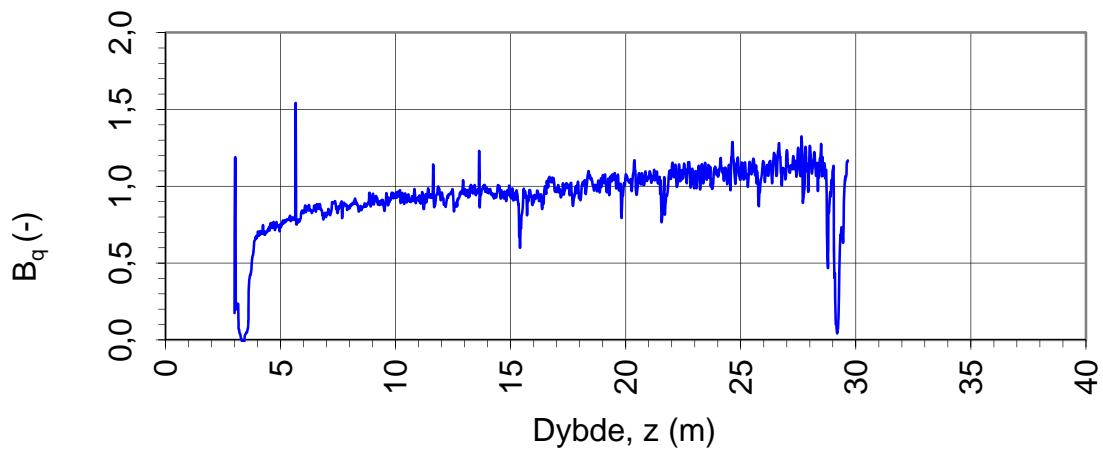
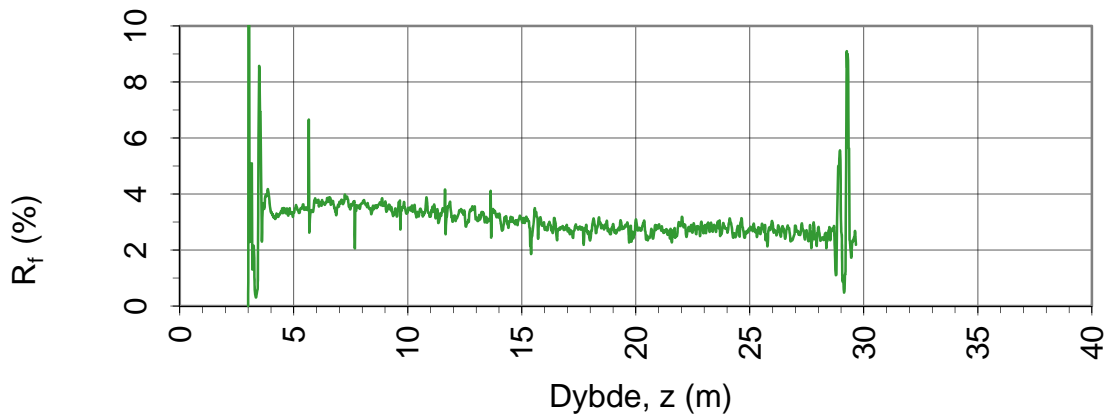
03.01.2013


Revisjon:

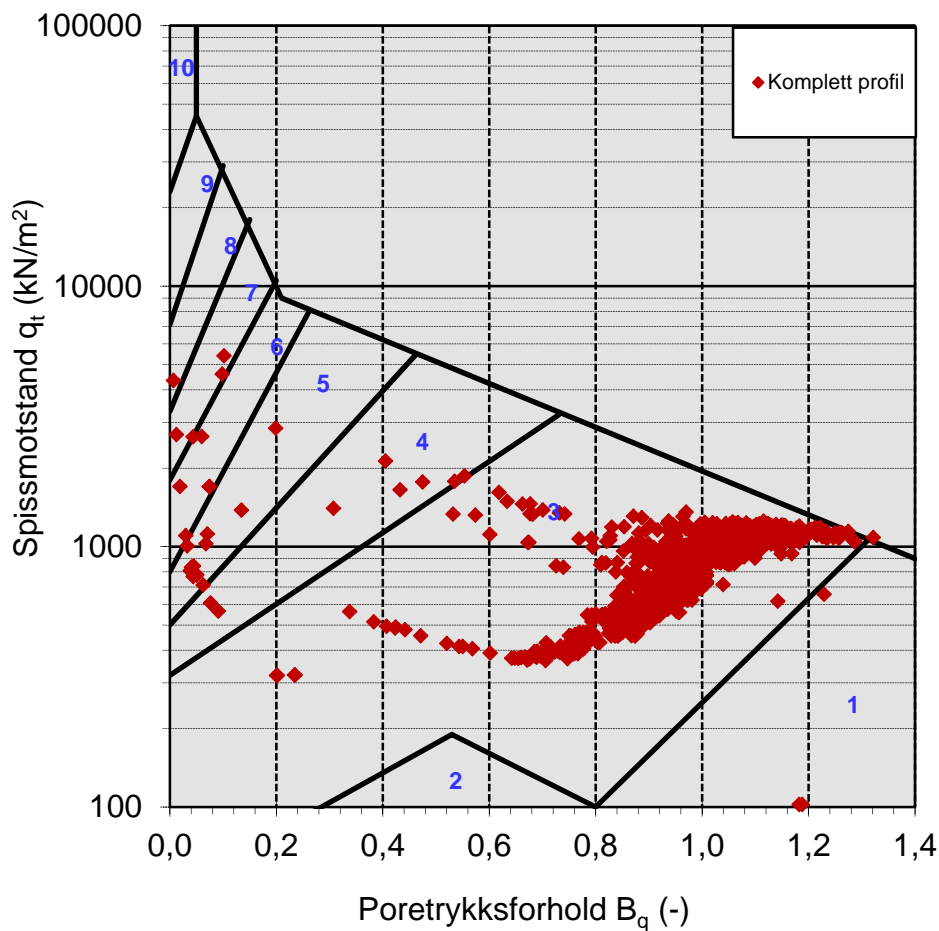
0



Oppdragsgiver: Jernbaneverket		Oppdrag: Kulvert Ydse		Tegningens filnavn: 414500 Ydse BP9v4.02	
Netto spissmotstand q_n og poreovertrykk Δu_2 .					
CPTU id.:	BP9	Sonde:	4672		
MULTICONSULT AS	Dato: 29.10.2013	Tegnet: het	Kontrollert: ros		
	Oppdrag nr.: 414500	Tegning nr.: 41.2	Versjon: 03.01.2013	Revisjon: 0	



Oppdragsgiver: Jernbaneverket		Oppdrag: Kulvert Ydse		Tegningens filnavn: 414500 Ydse BP9v4.02	
Spissmotstandstall N_m , poretrykks- B_q og friksjonsforhold R_f .					
CPTU id.:	BP9	Sonde:	4672		
MULTICONSULT AS	Dato: 29.10.2013	Tegnet: het	Kontrollert: ros		
	Oppdrag nr.: 414500	Tegning nr.: 41.3	Versjon: 03.01.2013	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:

Jernbaneverket

Oppdrag:

Kulvert Ydse

Tegningens filnavn:

414500 Ydse BP9v4.02

Jordartsidentifikasjon fra CPTU data - q_t og B_q .

CPTU id.:

BP9

Sonde:

4672



MULTICONSULT AS

Dato:
29.10.2013

Tegnet:
het

Kontrollert:
ros

Godkjent:
arv

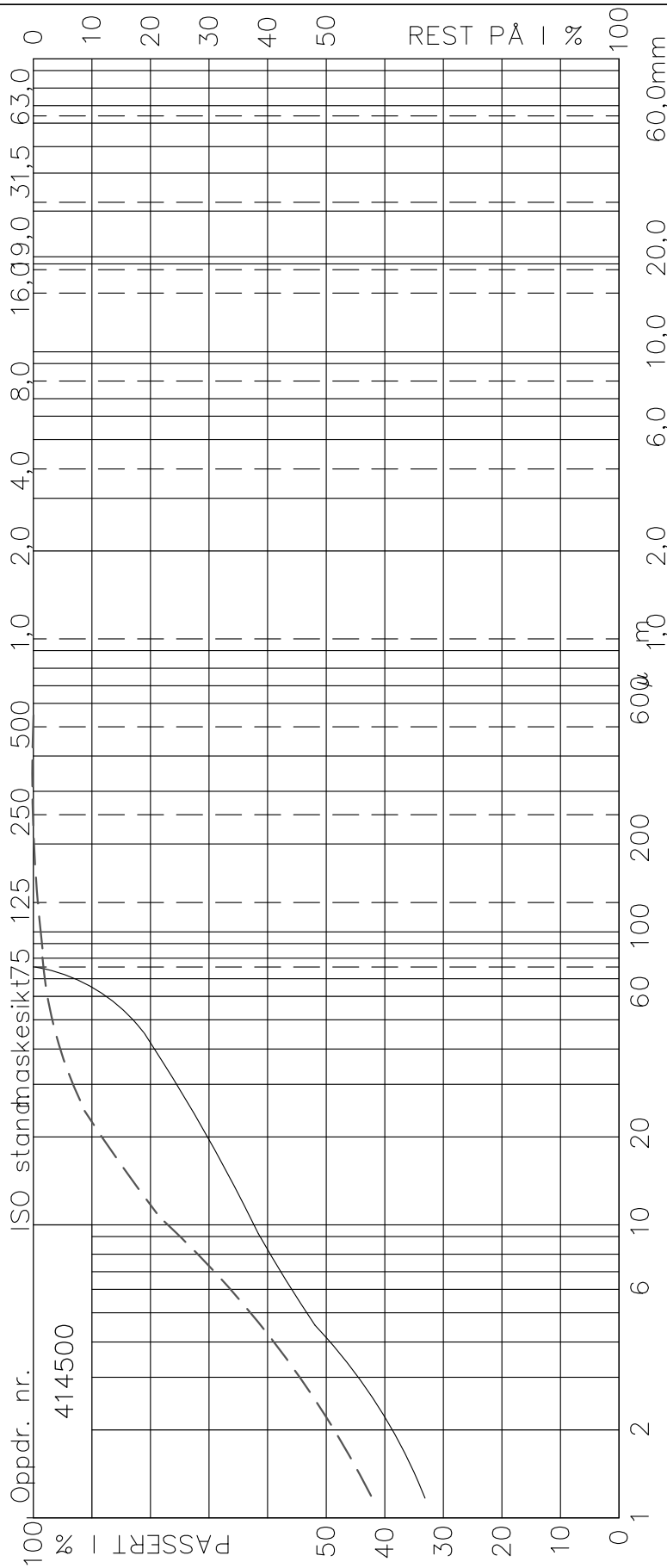
Oppdrag nr.:
414500

Tegning nr.:
41.4

Versjon:
03.01.2013

Revisjon:
0

LEIR		SILT			SAND			GRUS			STEIN
	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV		



Symb./PR. serie nr	Dybde	Jordartsbetegnelse	Anmerkning	Metode	
				Tørrsikt	Hydr. F. Drop
1	4,35m	LEIRE		X	
1	16,45m	LEIRE		X	

KORNGRADERING

Jernbaneverket
Kulvert Ydse

Boring nr.
1

Borplan nr.

Boret dato:
13.08.2013



MULTICONSULT AS

7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70

Dato 23.09.2013

Konstr./Tegnet
kjt

Kontrollert
het

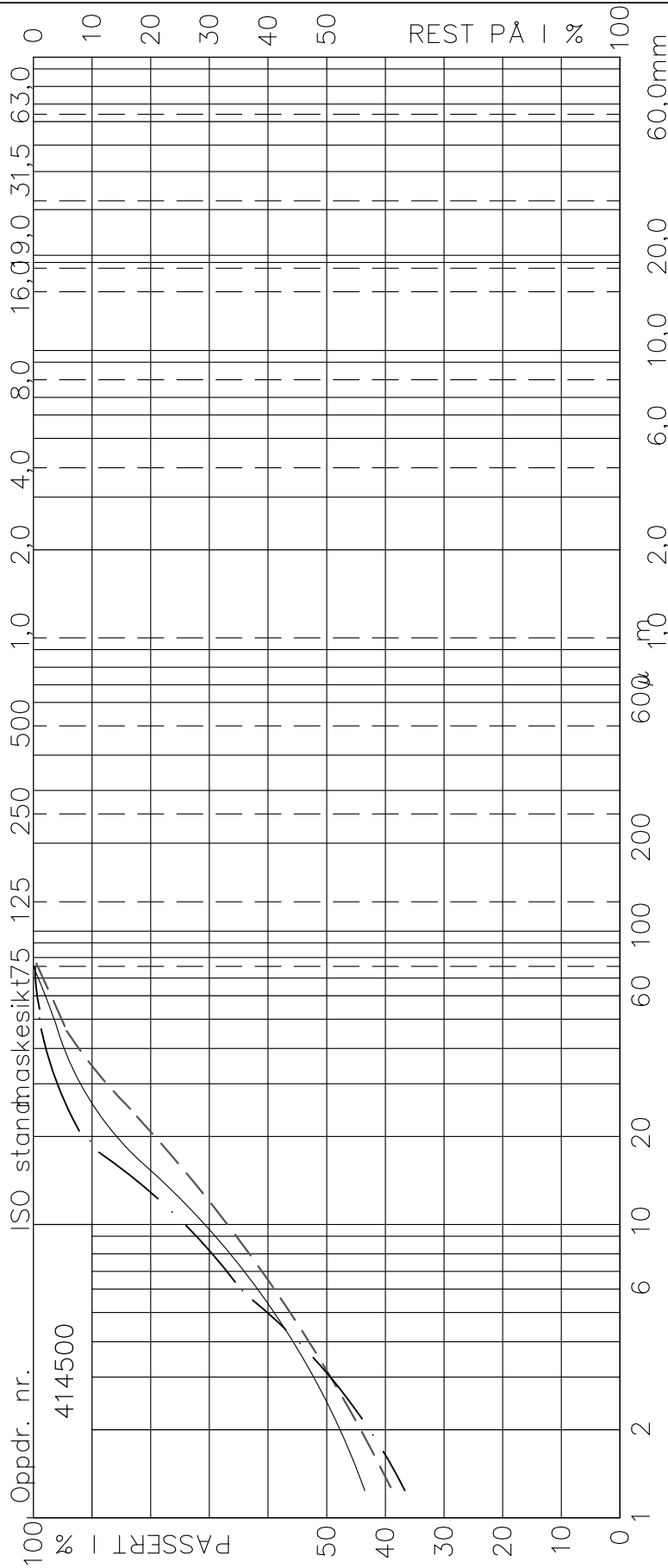
Godkjent
arv

Oppdragsnr.
414500

Tegningsnr.
RIG-TEG-60

Rev.
0

LEIR		SILT			SAND			GRUS			STEIN
	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV		



Symb./PR. serie nr	Dybde	Jordartsbetegnelse	Anmerkning	Metode	
				Tørrsikt	Hydr. F. Drop
5	6,10	LEIRE		X	Våt + Tørr Sikt
5	14,38	LEIRE		X	
5	21,45	LEIRE		X	

KORNGRADERING

Jernbaneverket
Kulvert Ydse

Boring nr.
5

Borplan nr.

Boret dato:
13.08.2013



MULTICONSULT AS

7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70

Dato 23.09.2013

Oppdragsnr. 414500

Konstr./Tegnet
kjt

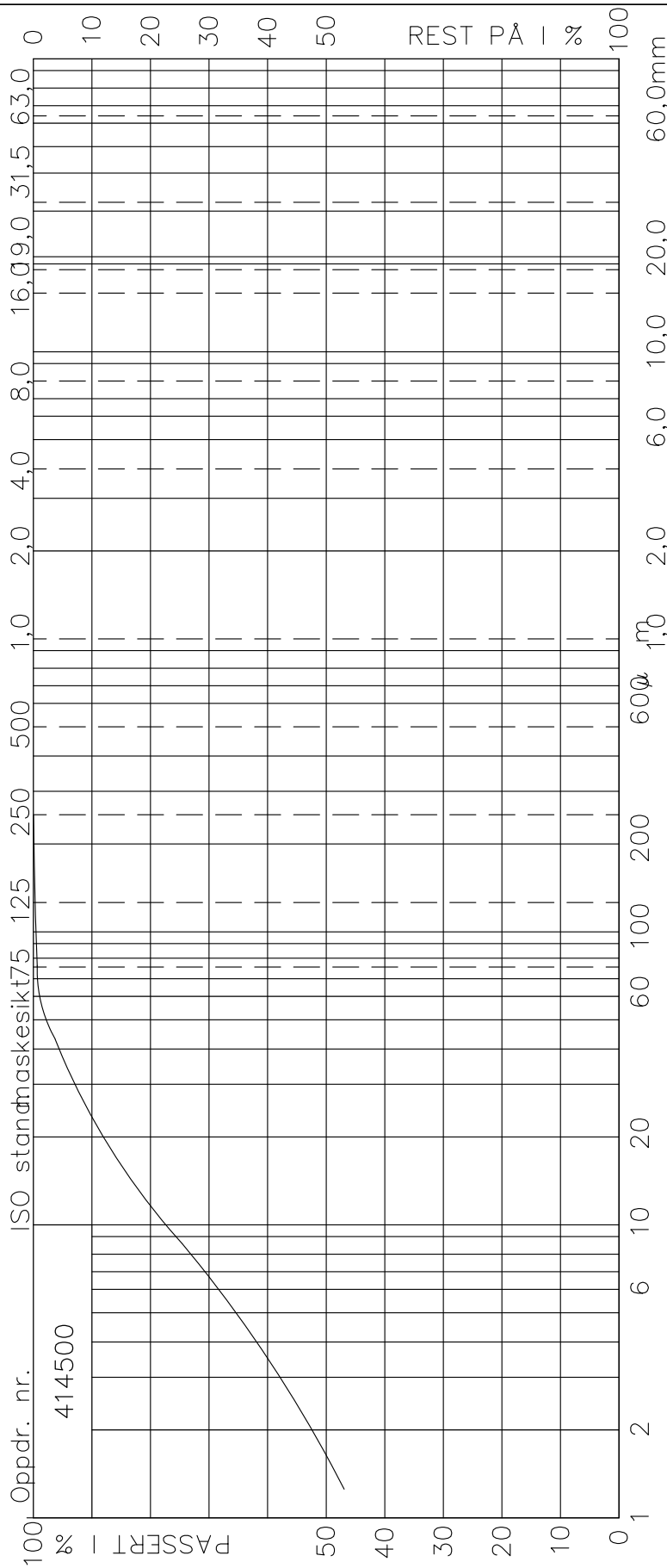
Tegningsnr. RIG-TEG-61

Kontrollert
het

Godkjent
arv

Rev.

LEIR		SILT			SAND			GRUS			STEIN
FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV



Symb./PR. serie nr	Dybde	Jordartsbetegnelse	Anmerkning	Metode	
				Tørrsikt	Hydr. F. Drop
9	8,42	LEIRE		X	

KORNGRADERING

Jernbaneverket
Kulvert Ydse

Boring nr.
9

Borplan nr.

Boret dato:
13.08.2013



MULTICONSULT AS

7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70

Dato 23.09.2013

Konstr./Tegnet
kjt

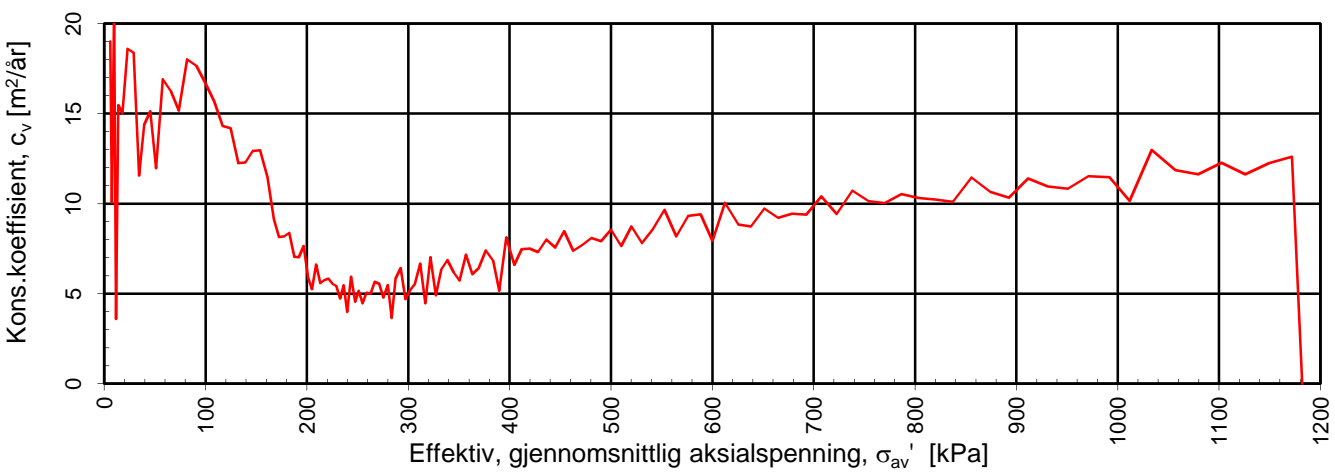
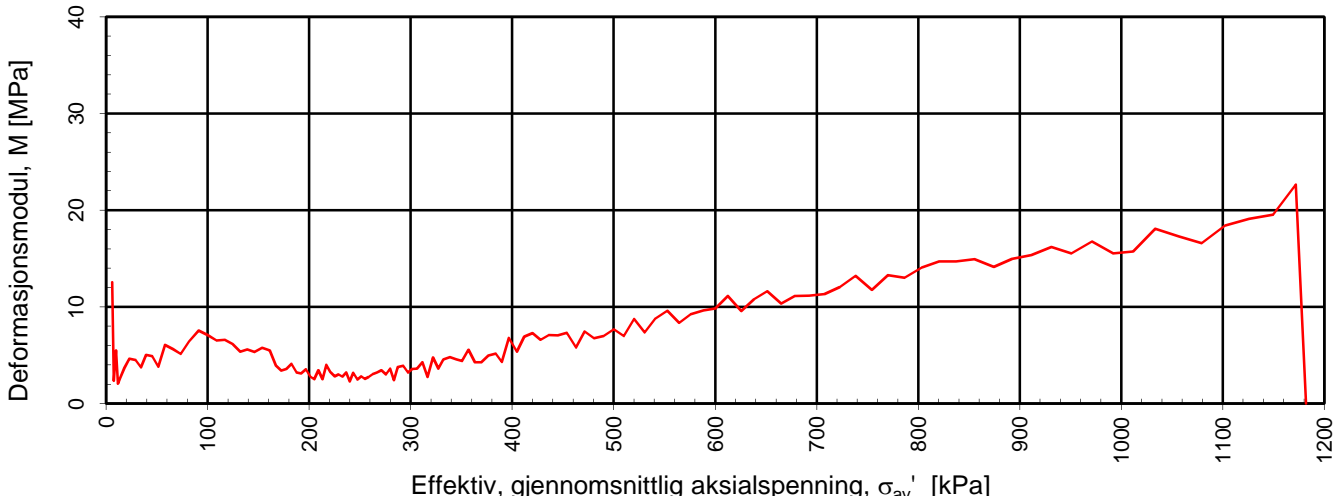
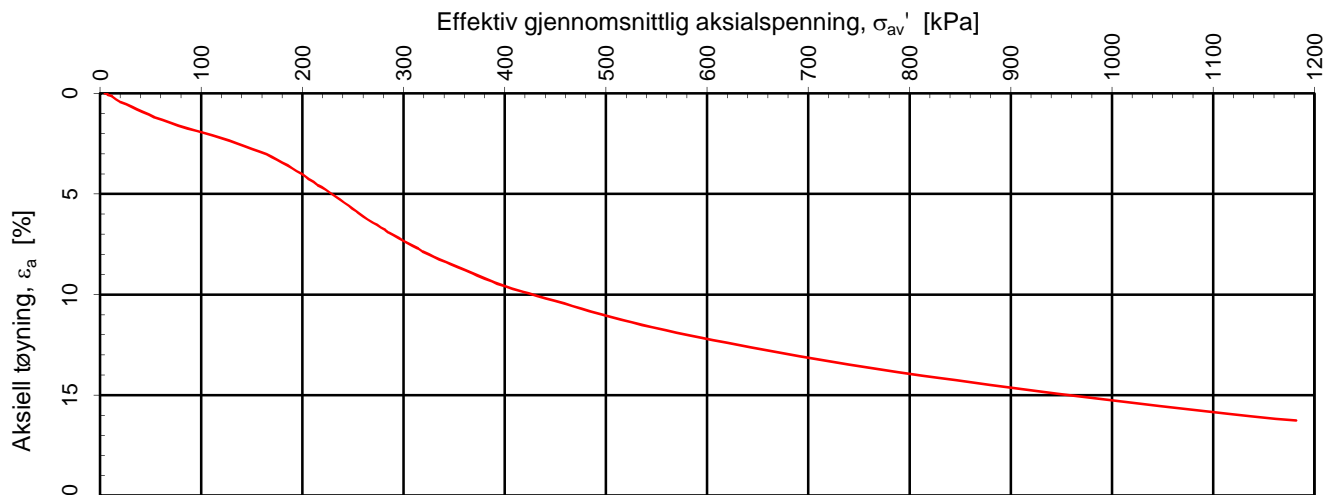
Kontrollert
het

Godkjent
arv

Oppdragsnr.
414500

Tegningsnr.
RIG-TEG-62

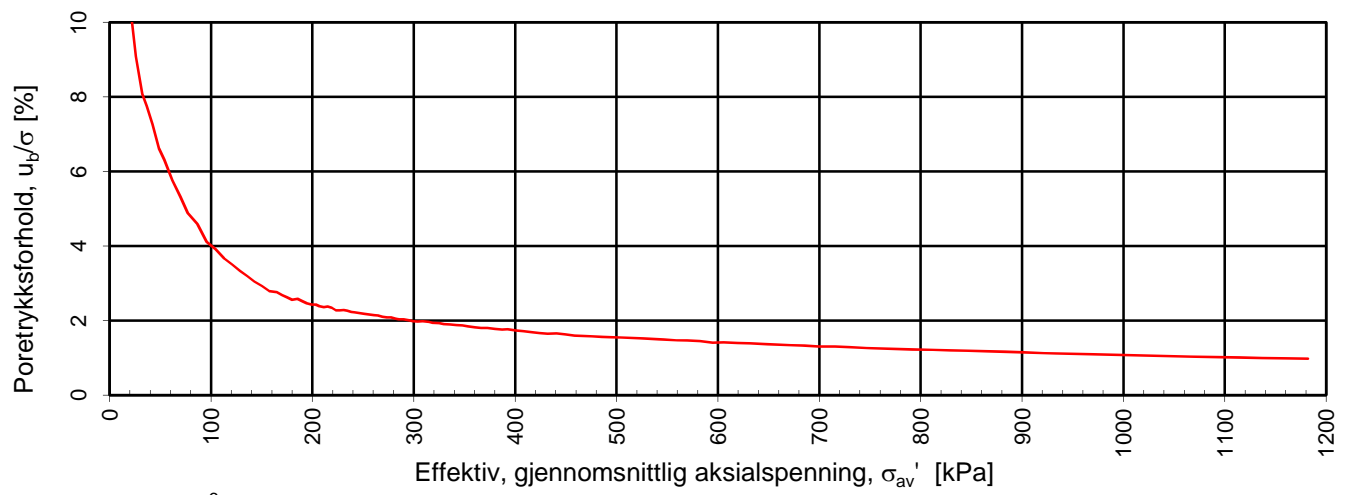
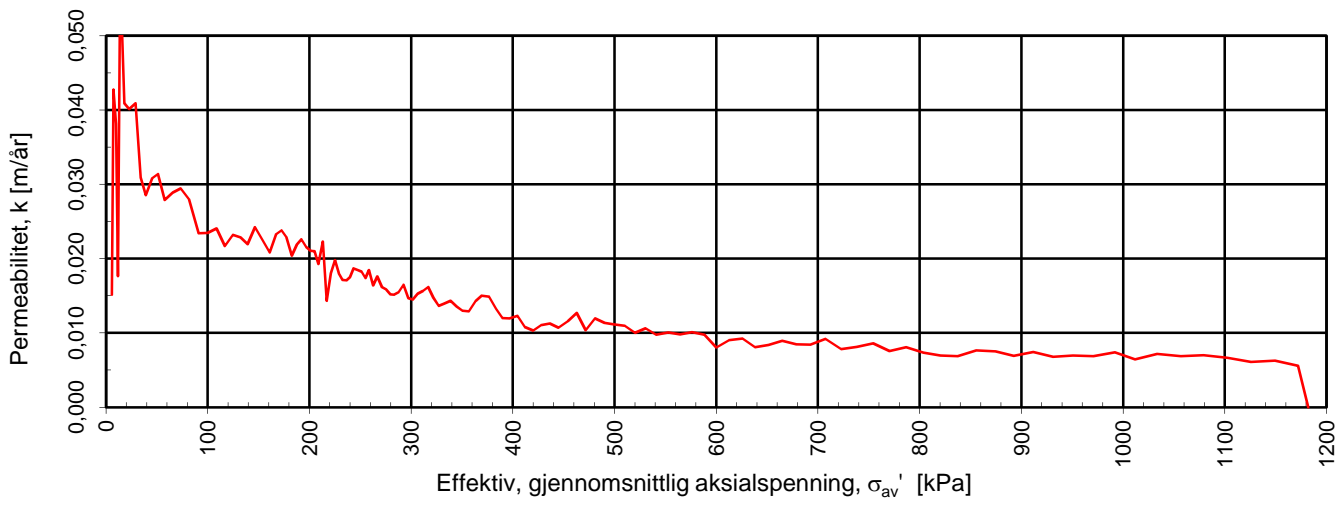
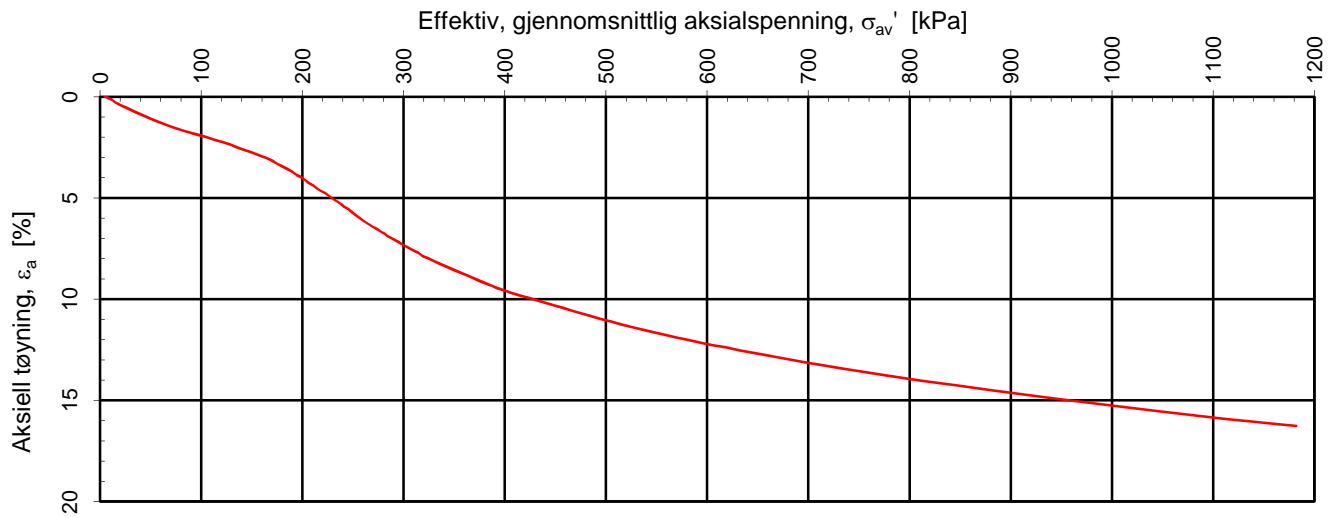
Rev.
0



Densitet ρ (g/cm³): **1,95**
 Vanninnhold w (%): **34,40**
 Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **79,15**

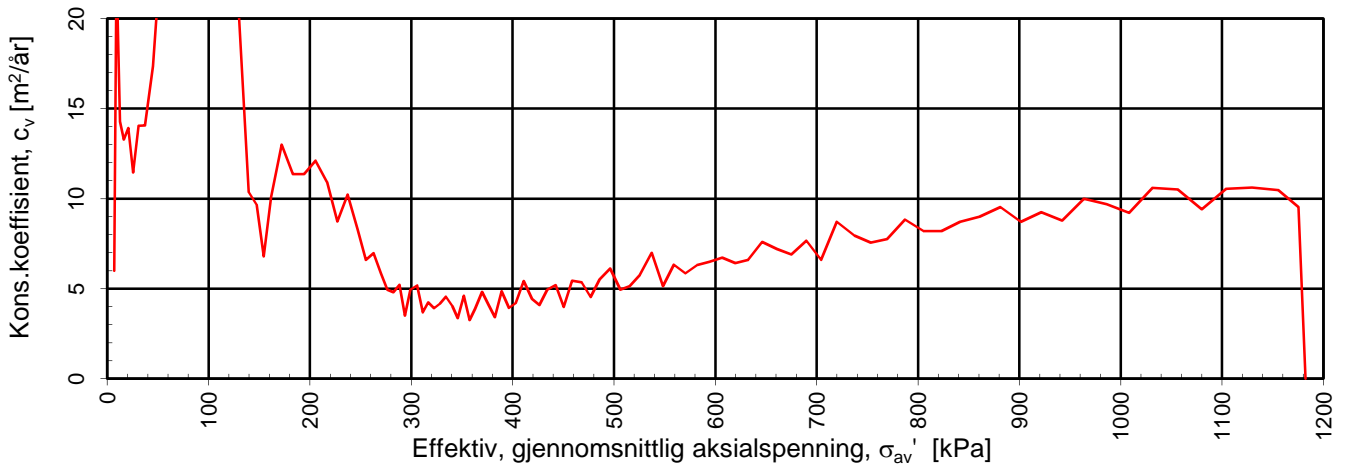
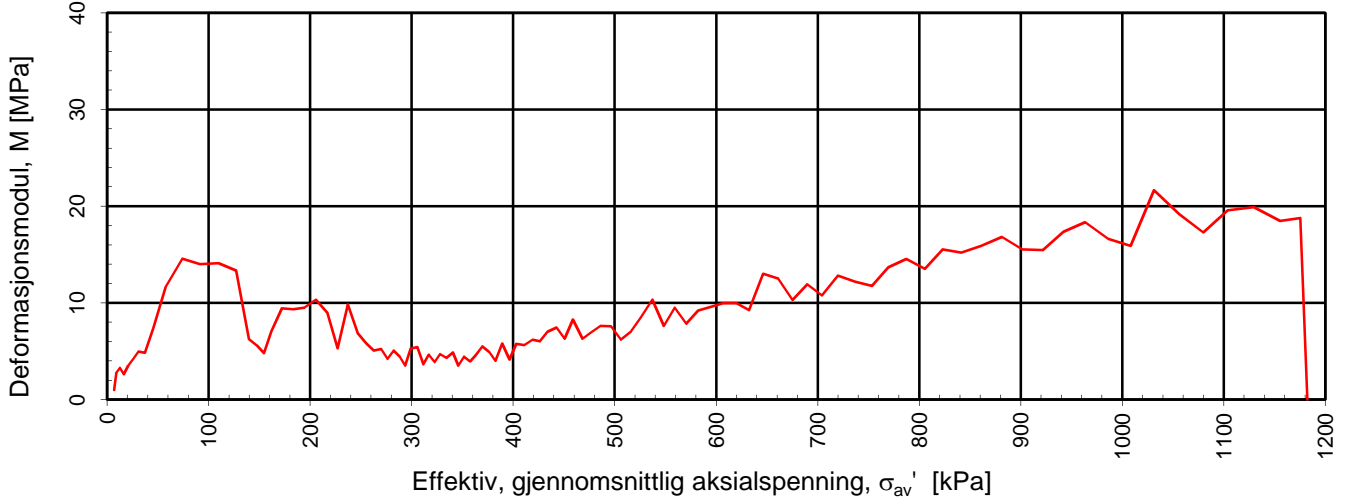
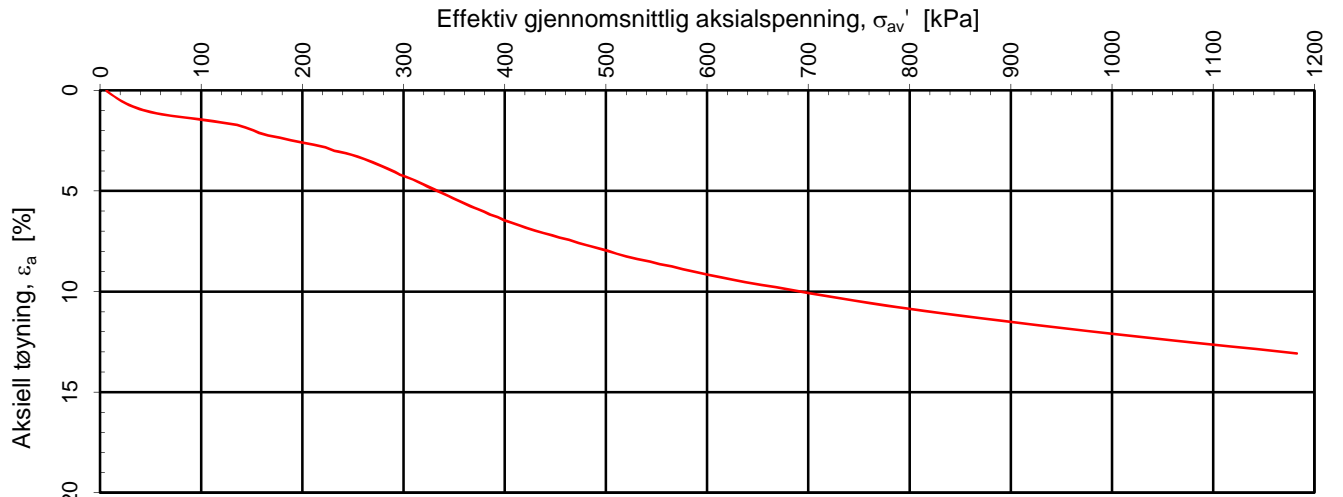
Jernbaneverket			Tegningens filnavn:
Kulvert Ydse			414500-RIG-TEG-075-h5-d6,5.xlsx
Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \epsilon_a, M$ og c_v .			
MULTICONSULT AS Sluppenvegen 23, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:
	10.09.2013	6,50	5
	Forsøknr.:	Tegnet av:	Kontrollert:
1	kjt	het	arv
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:
414500	RIG-TEG-075.1	CRS	11.12.2012





Densitet ρ (g/cm³): 1,95
 Vanninnhold w (%): 34,40
 Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): 79,15

Jernbaneverket			Tegningens filnavn:
Kulvert Ydse			414500-RIG-TEG-075-h5-d6,5.xlsx
Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B: $\sigma_{av}' - \epsilon_a$, k og u_v/σ .			
MULTICONSULT AS Sluppenvegen 23, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:
	10.09.2013	6,50	5
	Forsøksnr.:	Tegnet av:	Kontrollert:
1	kjt	het	arv
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:
414500	RIG-TEG-075.2	CRS	11.12.2012



Densitet ρ (g/cm³): **1,95**
 Vanninnhold w (%): **30,14**

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa): **163,40**

Jernbaneverket
Kulvert Ydse

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \epsilon_a$, M og c_v .

Tegningens filnavn:

414500-RIG-TEG-076h5-d14,34.xlsx



MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 23,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato:
06.09.2013

Dybde, z (m):
14,34

Borpunkt nr.:
5

Forsøknr.:
2

Tegnet av:
kjt

Kontrollert:
het

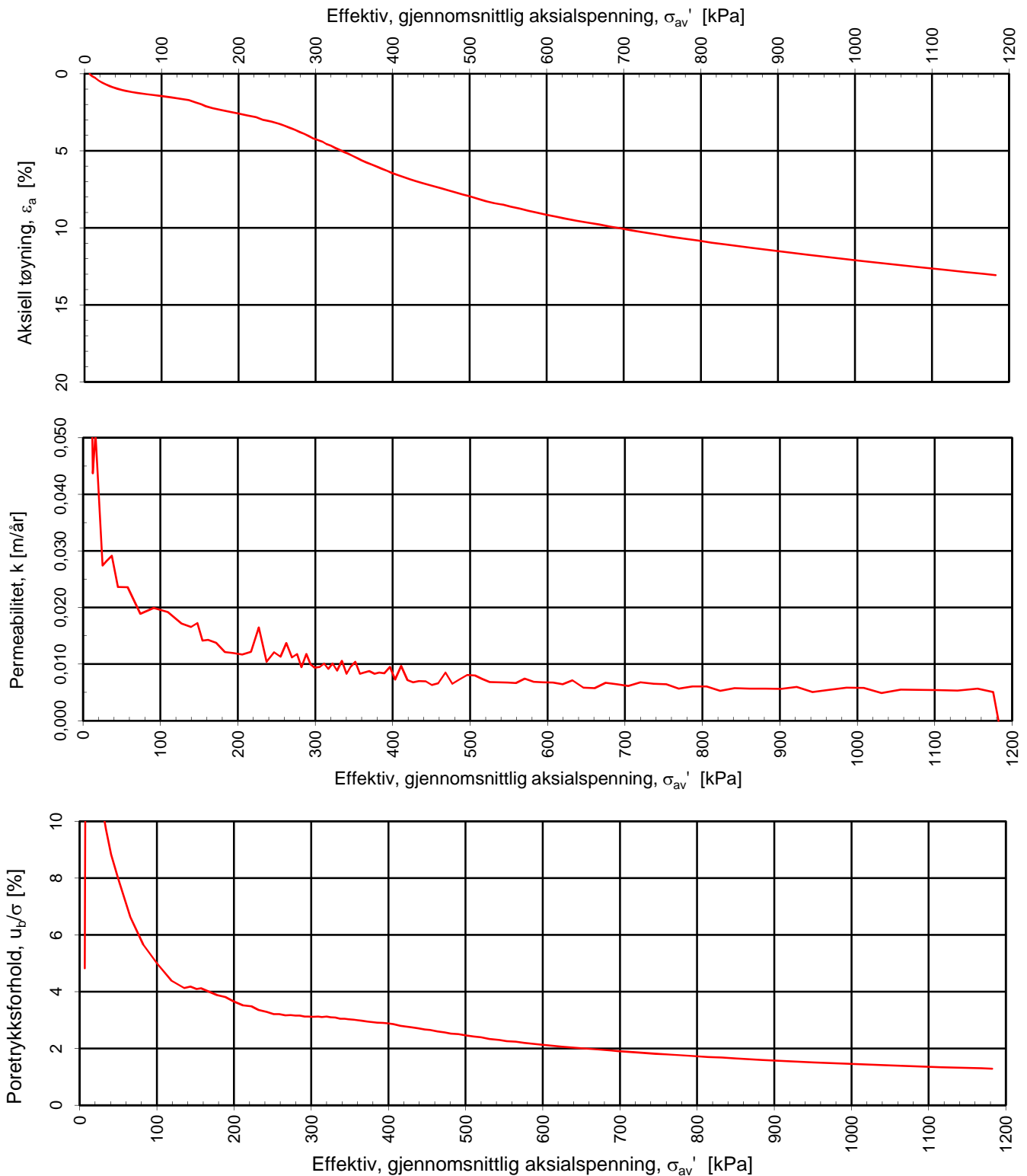
Godkjent:
arv

Oppdrag nr.:
414500

Tegning nr.:
RIG-TEG-076.1

Prosedyre:
CRS

Programrevisjon:
11.12.2012



Densitet ρ (g/cm³):

1,95

Vanninnhold w (%):

30,14

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa):

163,40

Jernbaneverket

Kulvert Ydse

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B: $\sigma_{av}' - \epsilon_a$, k og u_b/σ .

Tegningens filnavn:

414500-RIG-TEG-076h5-d14,34.xlsx

MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 23,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato:

06.09.2013

Dybde, z (m):

14,34

Borpunkt nr.:

5

Forsøknr.:

2

Tegnet av:

kjt

Kontrollert:

het

Oppdrag nr.:

414500

Tegning nr.:

RIG-TEG-076.2

Prosedyre:

CRS

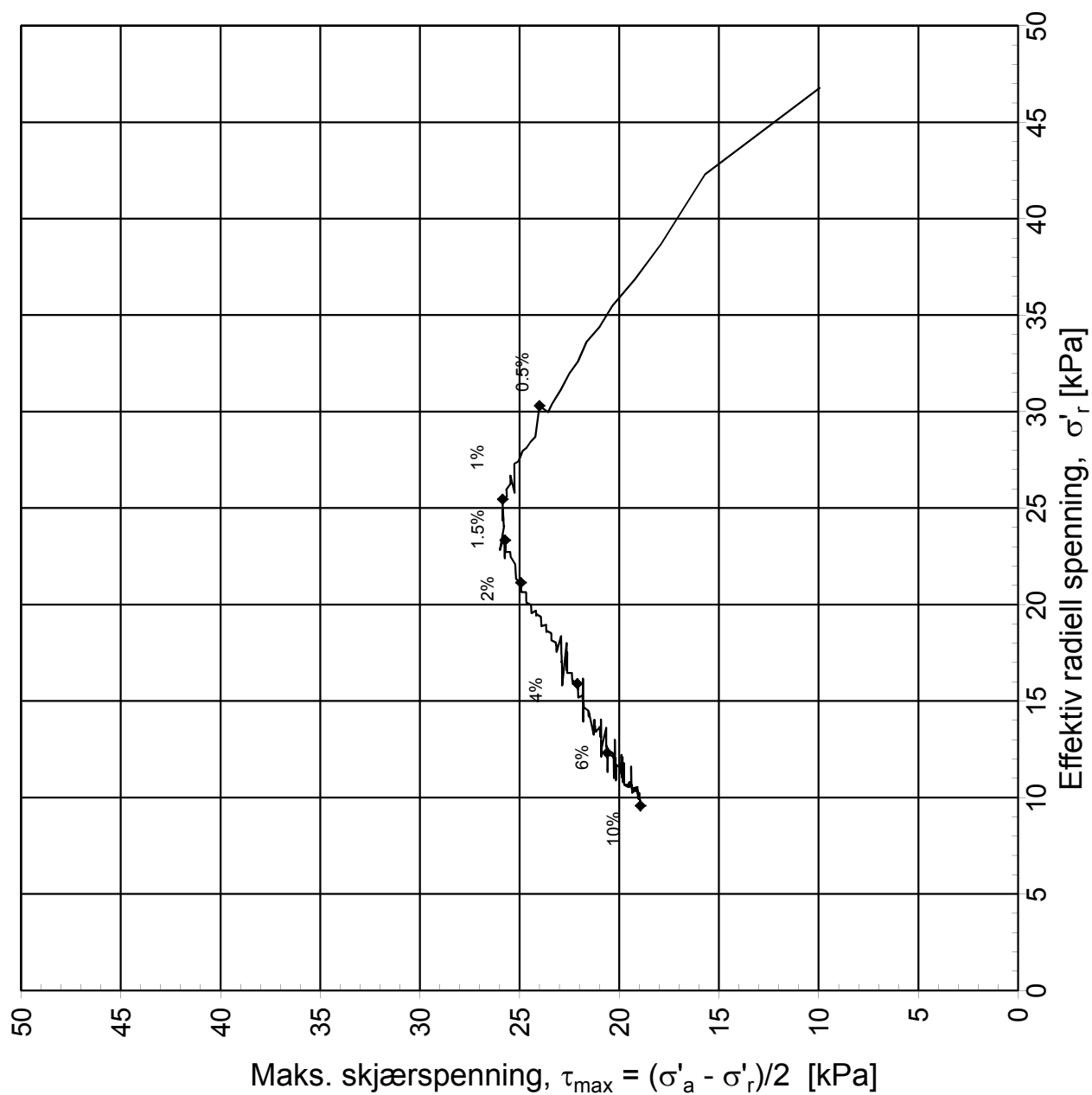
Godkjent:

arv

Programrevisjon:

11.12.2012





Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	66,70
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	46,78
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	2,96
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0,92
Vanninnhold w_i (%):	37,25	Densitet ρ_i (g/cm ³): 1,87

Jernbaneverket

Kulvert Ydse

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.


Tegningens filnavn:

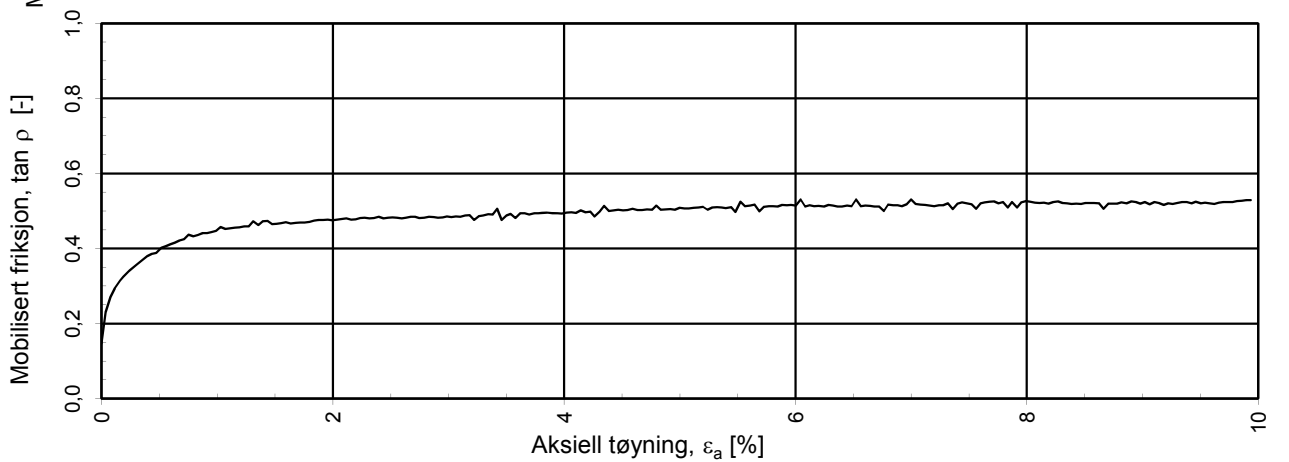
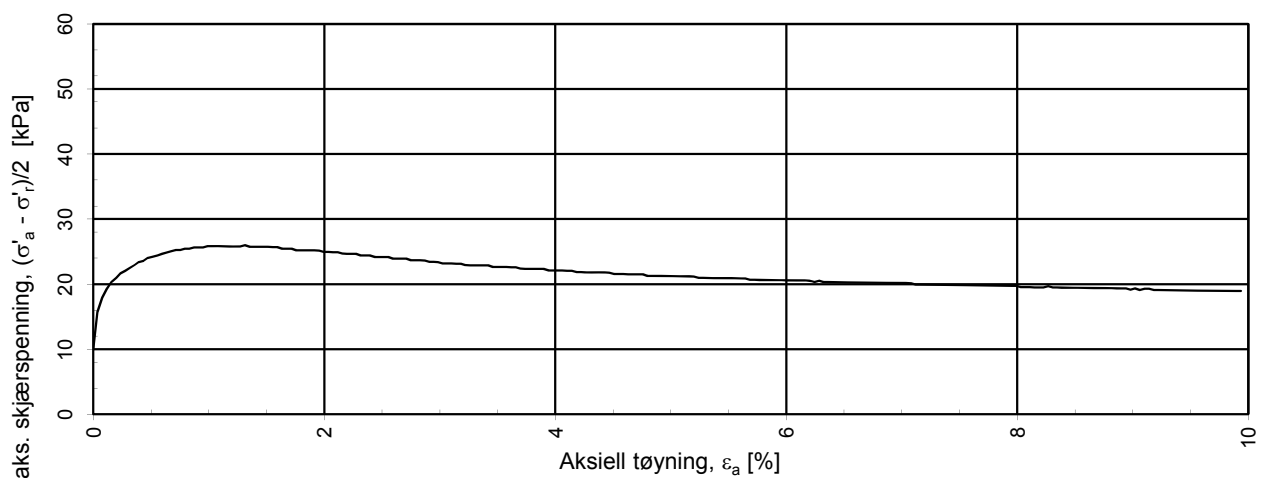
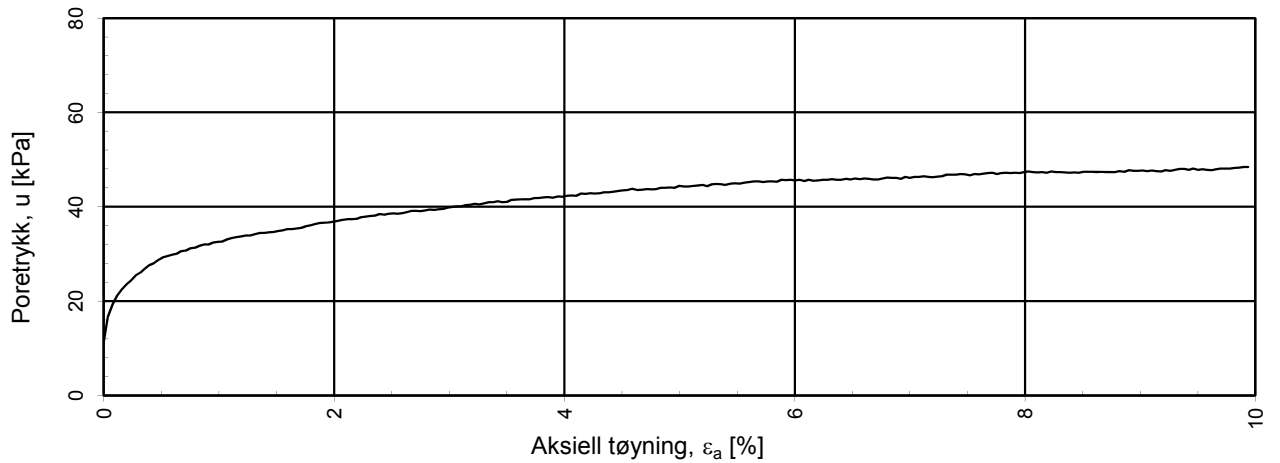
414500-RIG-TEG-090-h1-d4,25.xlsx



MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 23,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 04.09.2013	Dybde, z (m): 4,25	Borpunkt nr.: 1		
Forsøk nr.: 1	Tegnet: kjt	Kontrollert: het		Godkjent: arv
Oppdrag nr.: 414500	Tegning nr.: RIG-TEG-90.1	Prosedyre: CAUa		Programrevisjon: 02.02.2011



$a = 12 \text{ kPa}$ benyttet for tolkning av $\tan \rho$

Jernbaneverket

Kulvert Ydse

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Tegningens filnavn:

414500-RIG-TEG-090-h1-d4,25.xlsx



MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 23,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
04.09.2013

Forsøk nr.:
1

Oppdrag nr.:
414500

Dybde, z (m):
4,25

Tegnet:
kjt

Tegning nr.:
RIG-TEG-90.2

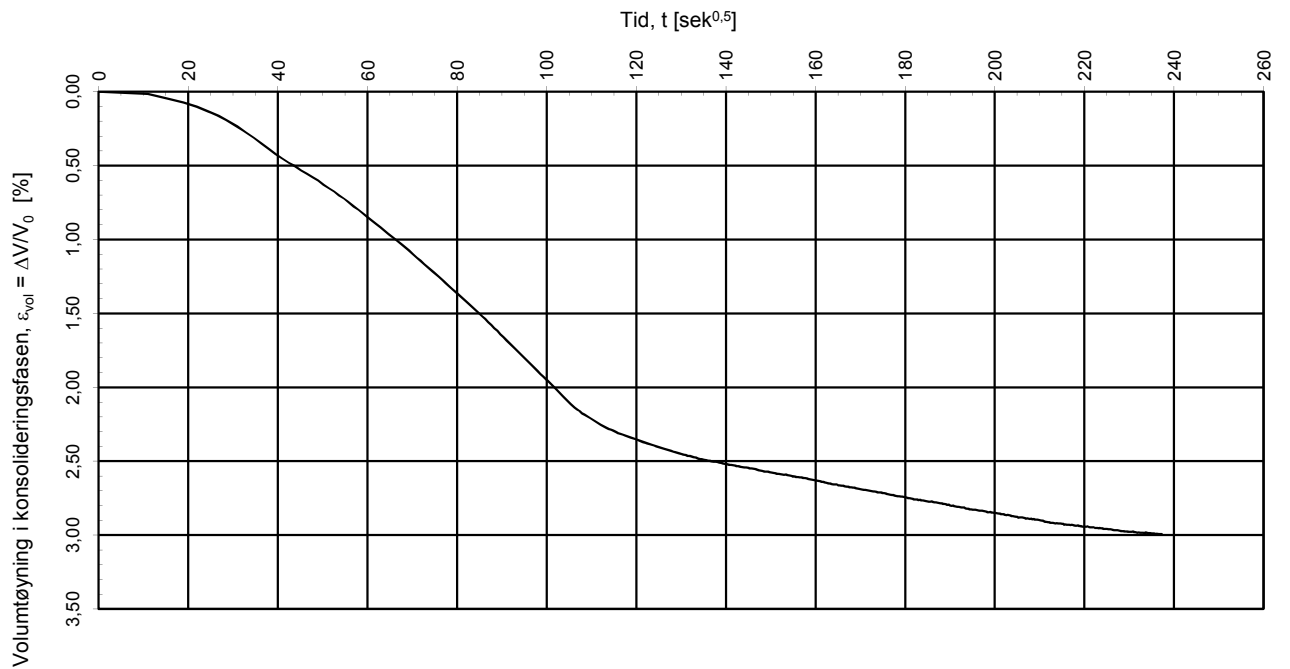
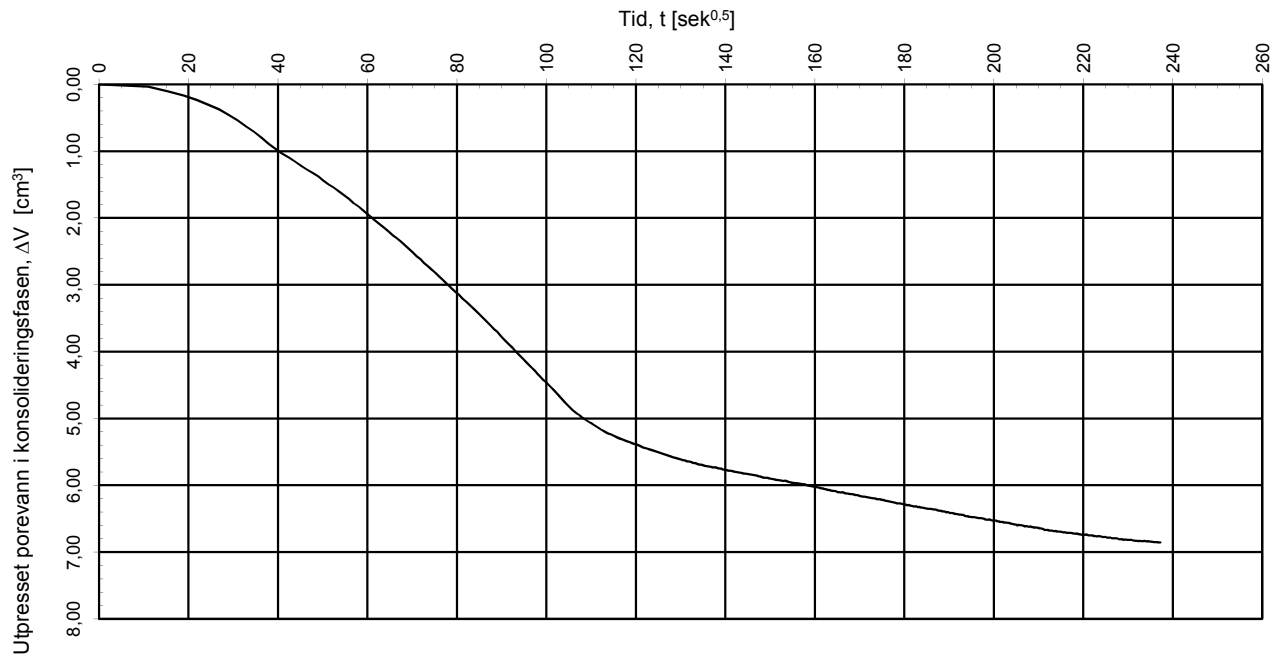
Borpunkt nr.:
1

Kontrollert:
het

Prosedyre:
CAUa

Godkjent:
arv

Programrevisjon:
02.02.2011



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	66,70
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	46,78
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	2,96
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0,92
Vanninnhold w_i (%):	37,25	Densitet ρ_i (g/cm ³): 1,87

Jernbaneverket

Kulvert Ydse

Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

Tegningens filnavn:

414500-RIG-TEG-090-h1-d4,25.xlsx



MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 23,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
04.09.2013

Dybde, z (m):
4,25

Borpunkt nr.:
1

Forsøk nr.:
1

Tegnet:
kjt

Kontrollert:
het

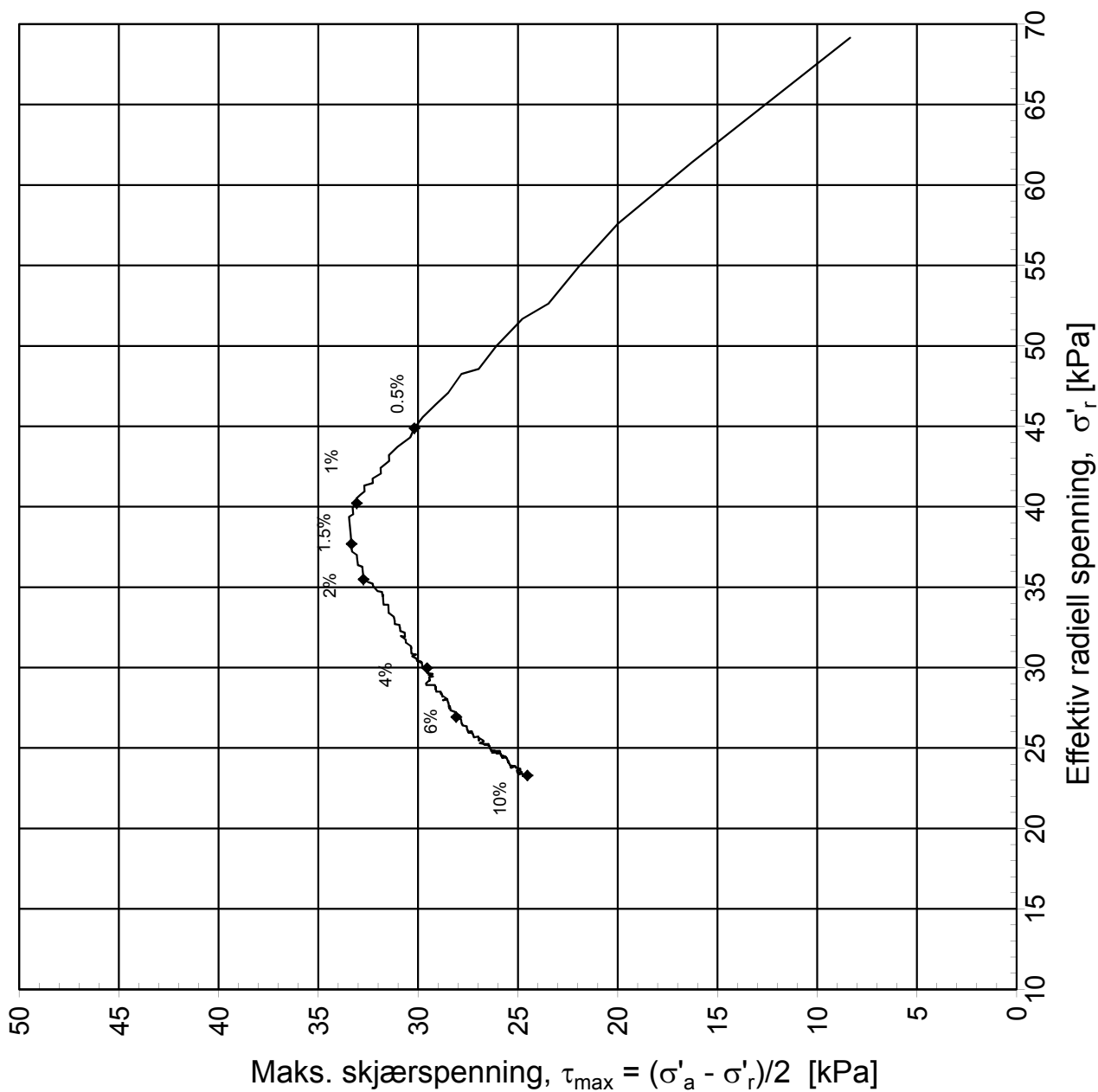
Godkjent:
arv

Oppdrag nr.:
414500

Tegning nr.:
RIG-TEG-90.3

Prosedyre:
CAUa

Programrevisjon:
02.02.2011



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	85,86
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	69,15
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	2,57
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0,92
Vanninnhold w_i (%):	32,68	Densitet ρ_i (g/cm ³): 1,95

Jernbaneverket

Kulvert Ydse

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

Tegningens filnavn:

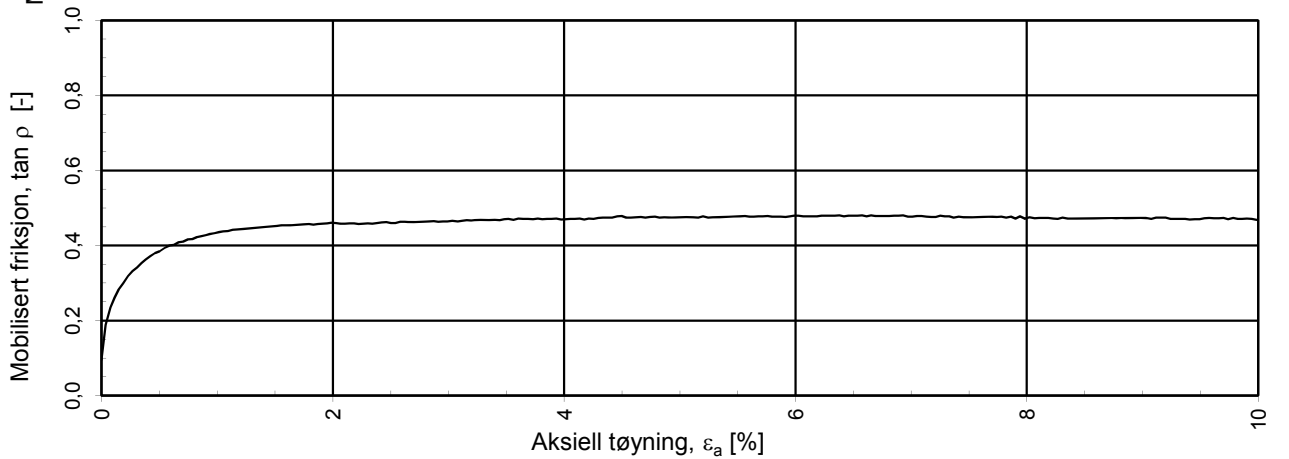
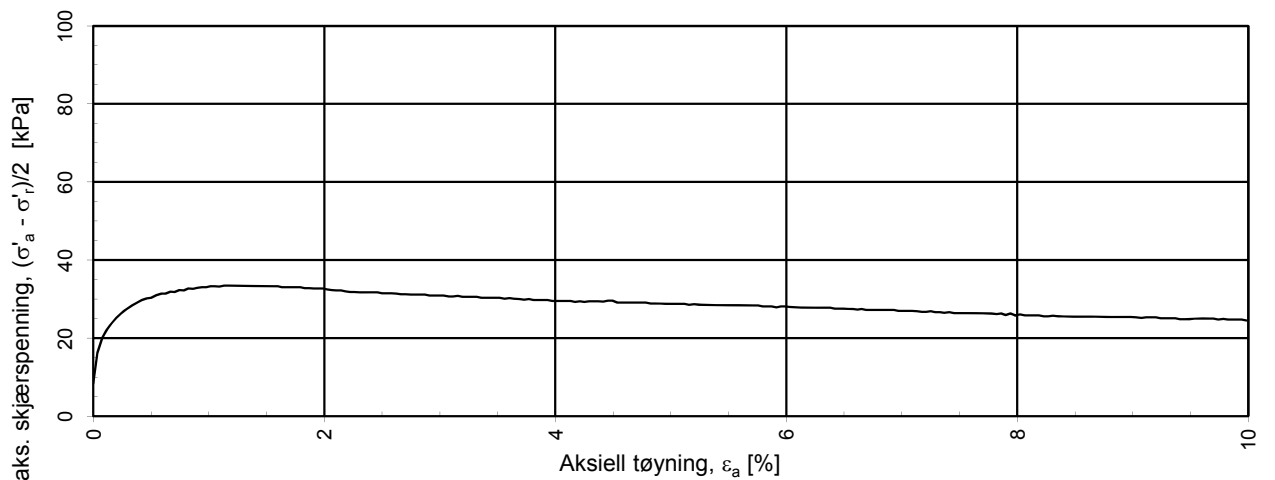
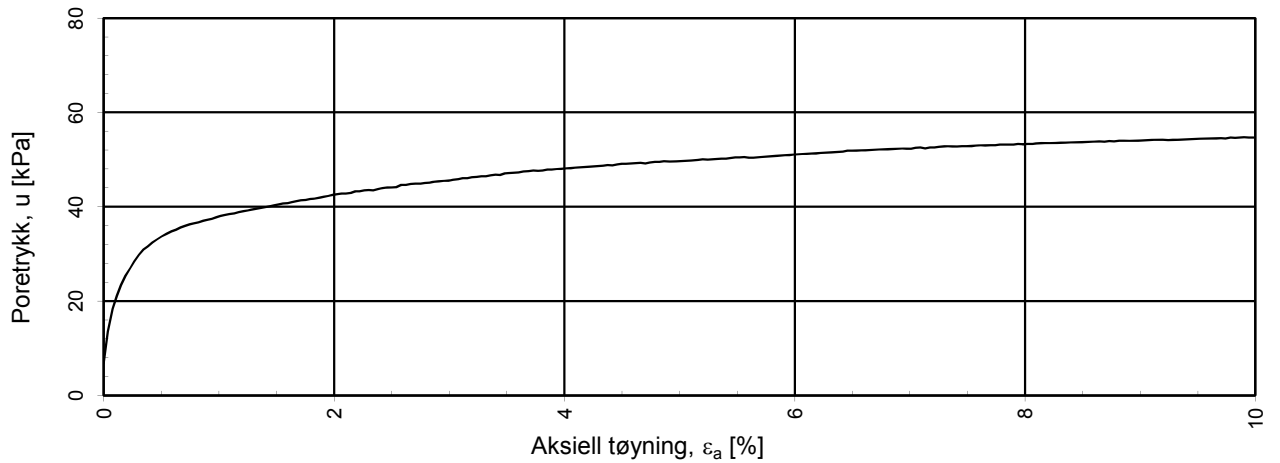
414500-RIG-TEG-091-h5-d6,40.xlsx



MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 23,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 10.09.2013	Dybde, z (m): 6,40	Borpunkt nr.: 5		
Forsøk nr.: 2	Tegnet: kjt	Kontrollert: het		Godkjent: arv
Oppdrag nr.: 414500	Tegning nr.: RIG-TEG-91.1	Prosedyre: CAUa		Programrevisjon: 02.02.2011



$a = 10 \text{ kPa}$ benyttet for tolkning av $\tan \rho$

Jernbaneverket

Kulvert Ydse

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Tegningens filnavn:

414500-RIG-TEG-091-h5-d6.40.xlsx



MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 23,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
10.09.2013

Forsøk nr.:
2

Oppdrag nr.:
414500

Dybde, z (m):
6,40

Tegnet:
kjt

Tegning nr.:
RIG-TEG-91.2

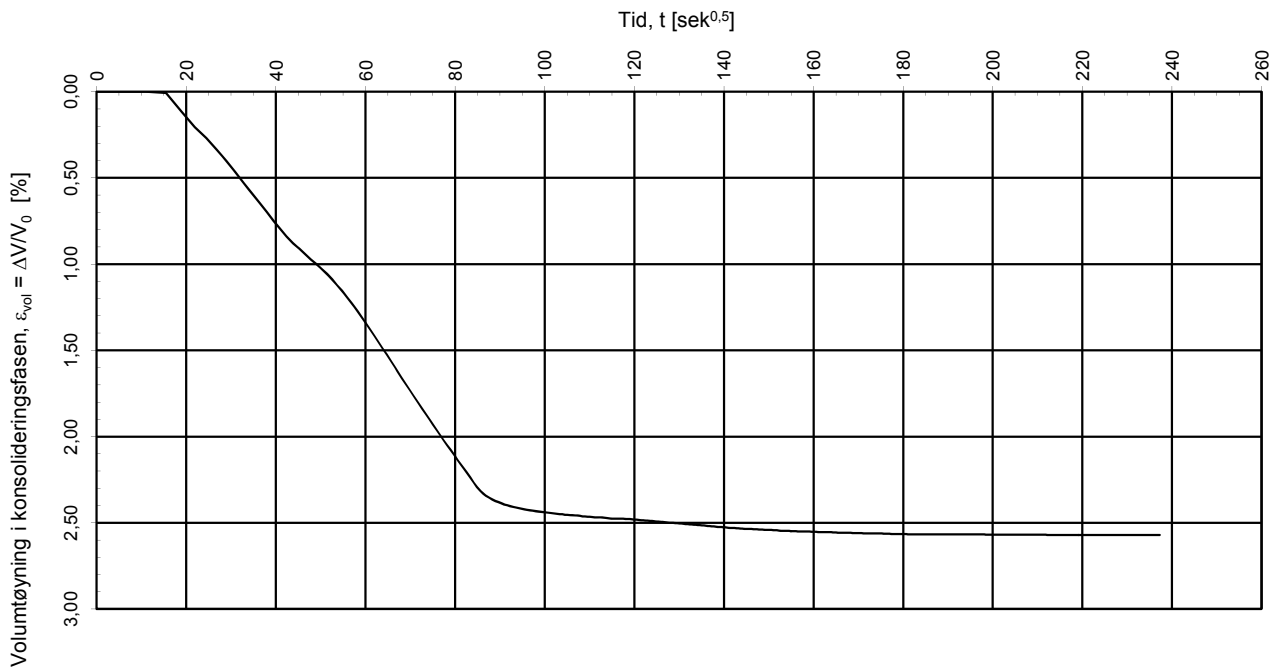
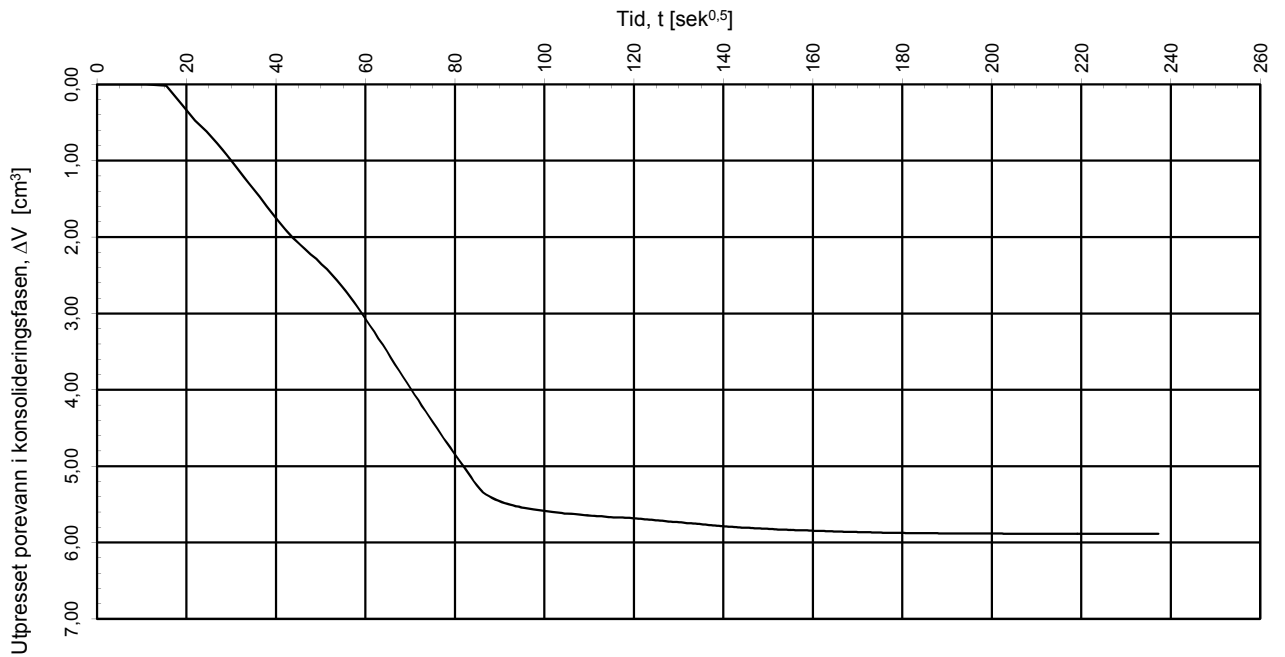
Borpunkt nr.:
5

Kontrollert:
het

Prosedyre:
CAUa

Godkjent:
arv

Programrevisjon:
02.02.2011



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	85,86
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	69,15
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	2,57
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0,92
Vanninnhold w_i (%):	32,68	Densitet ρ_i (g/cm ³): 1,95

Jernbaneverket

Kulvert Ydse

Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

Tegningens filnavn:

414500-RIG-TEG-091-h5-d6,40.xlsx



MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 23,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
10.09.2013

Dybde, z (m):
6,40

Borpunkt nr.:
5

Forsøk nr.:
2

Tegnet:
kjt

Kontrollert:
het

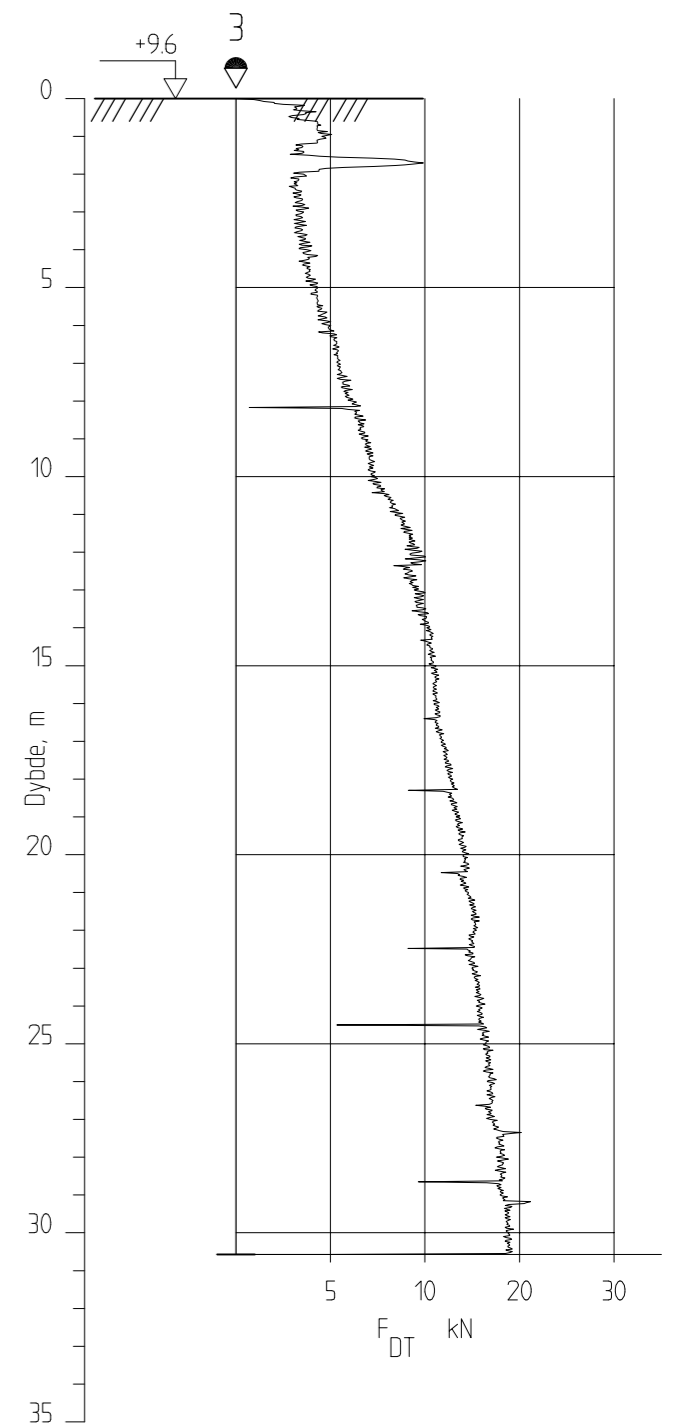
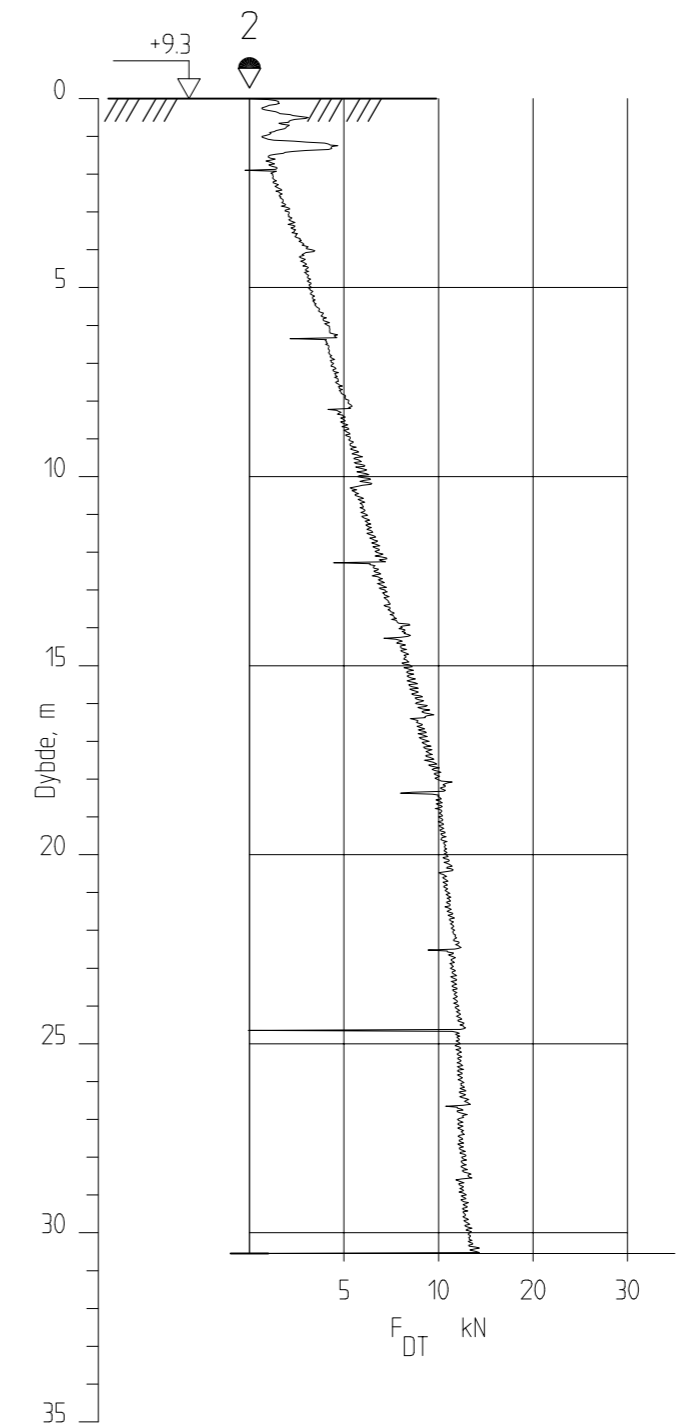
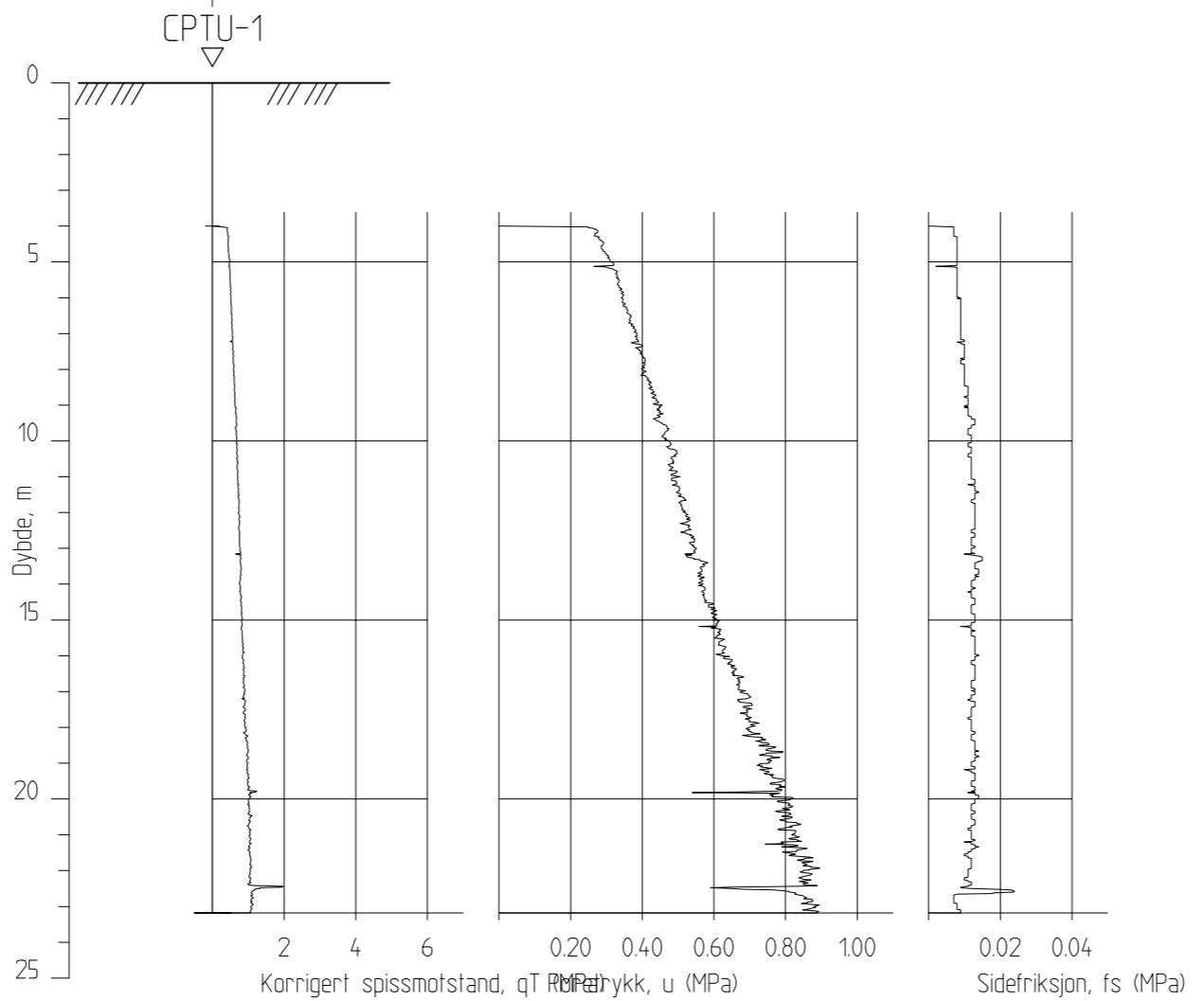
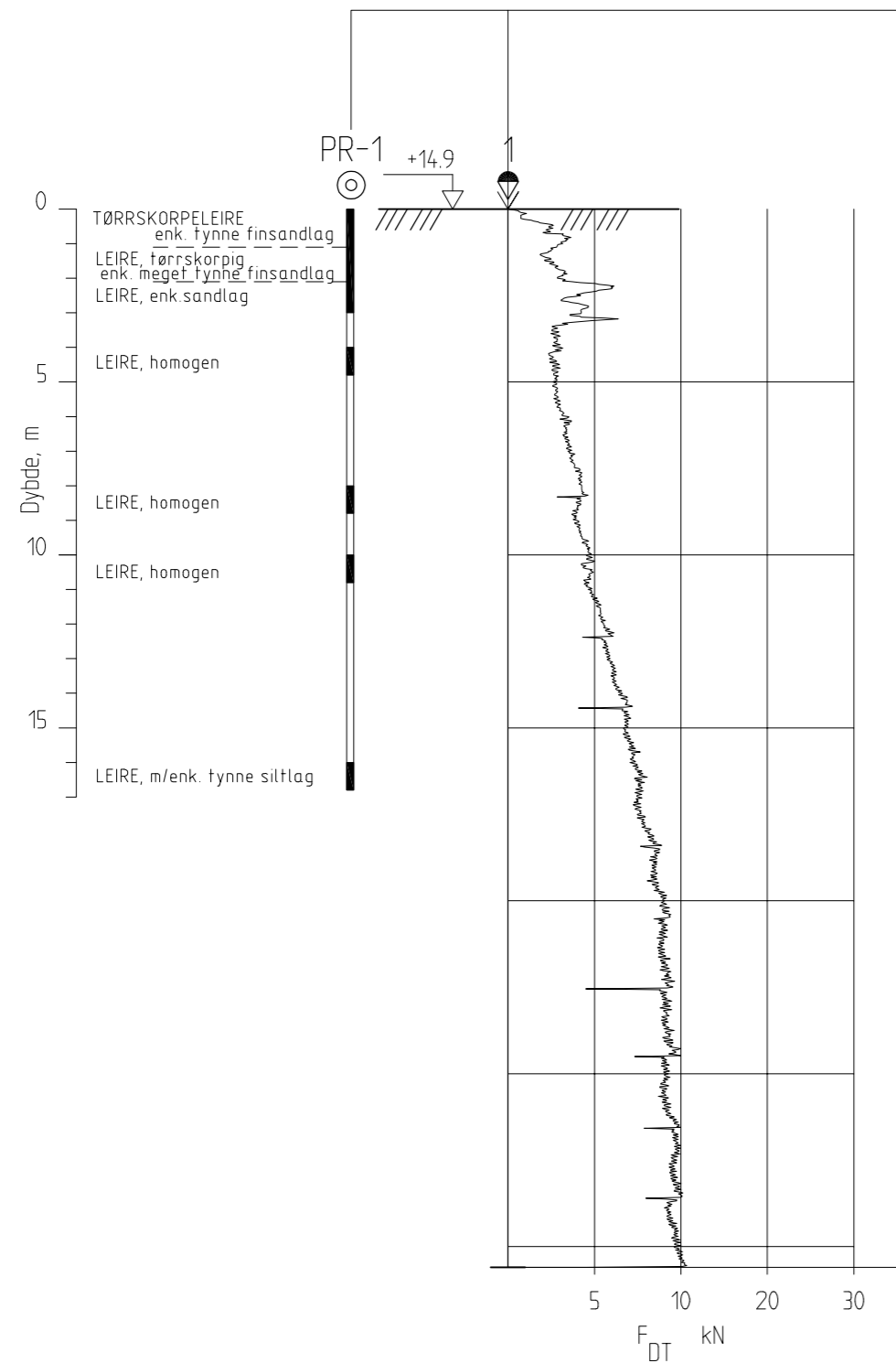
Godkjent:
arv

Oppdrag nr.:
414500

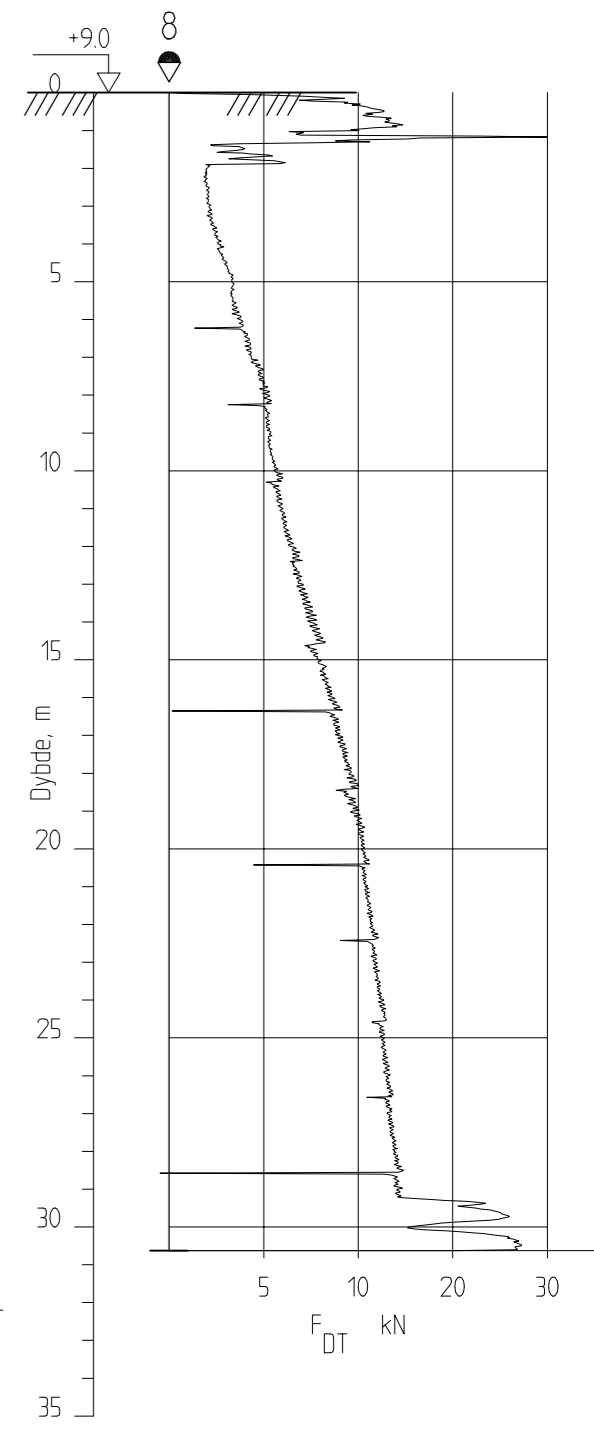
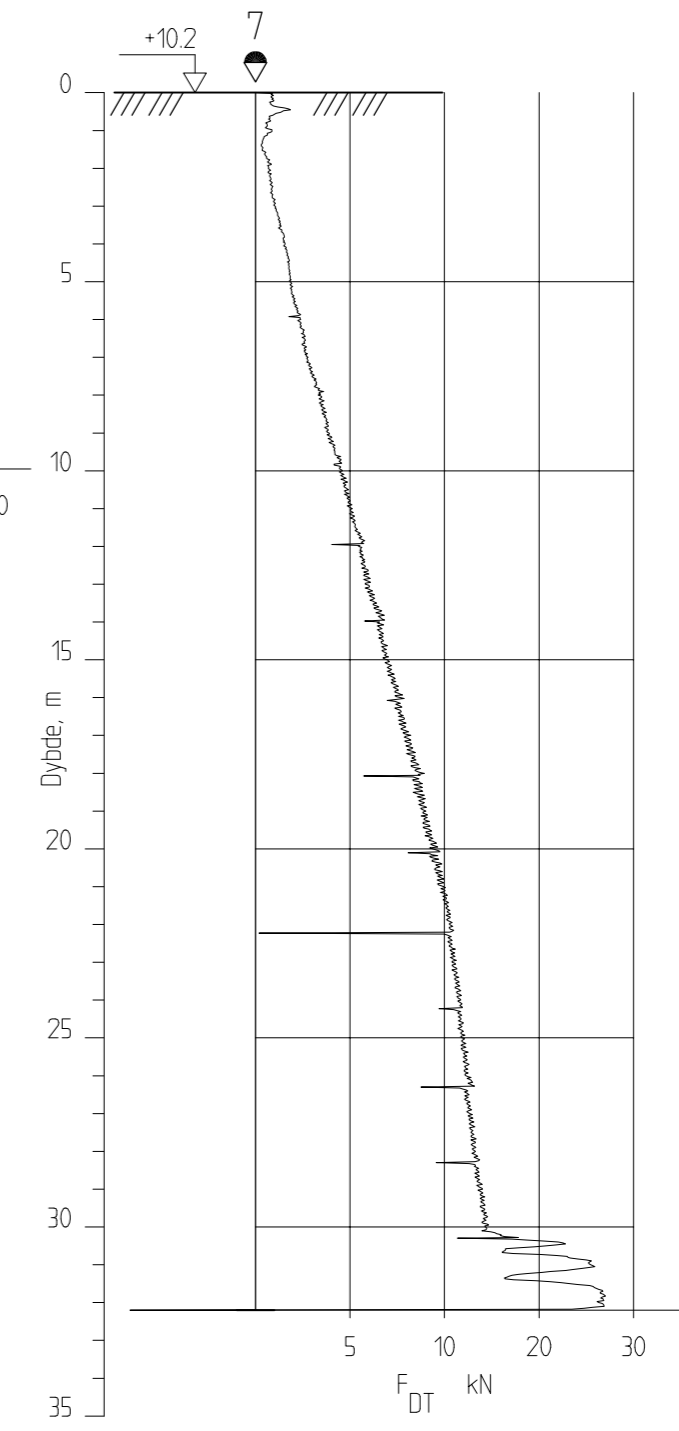
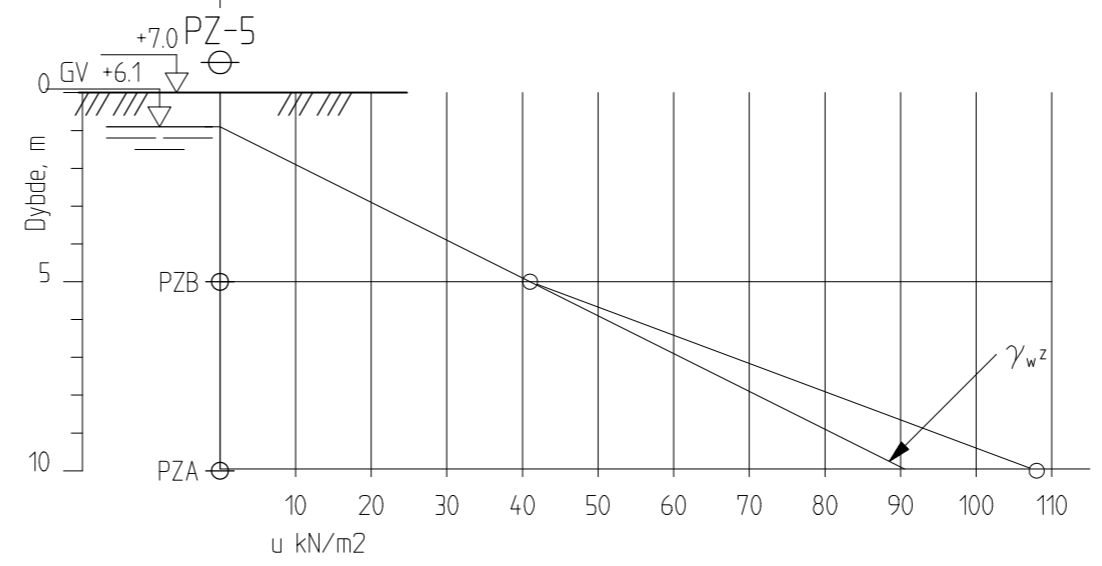
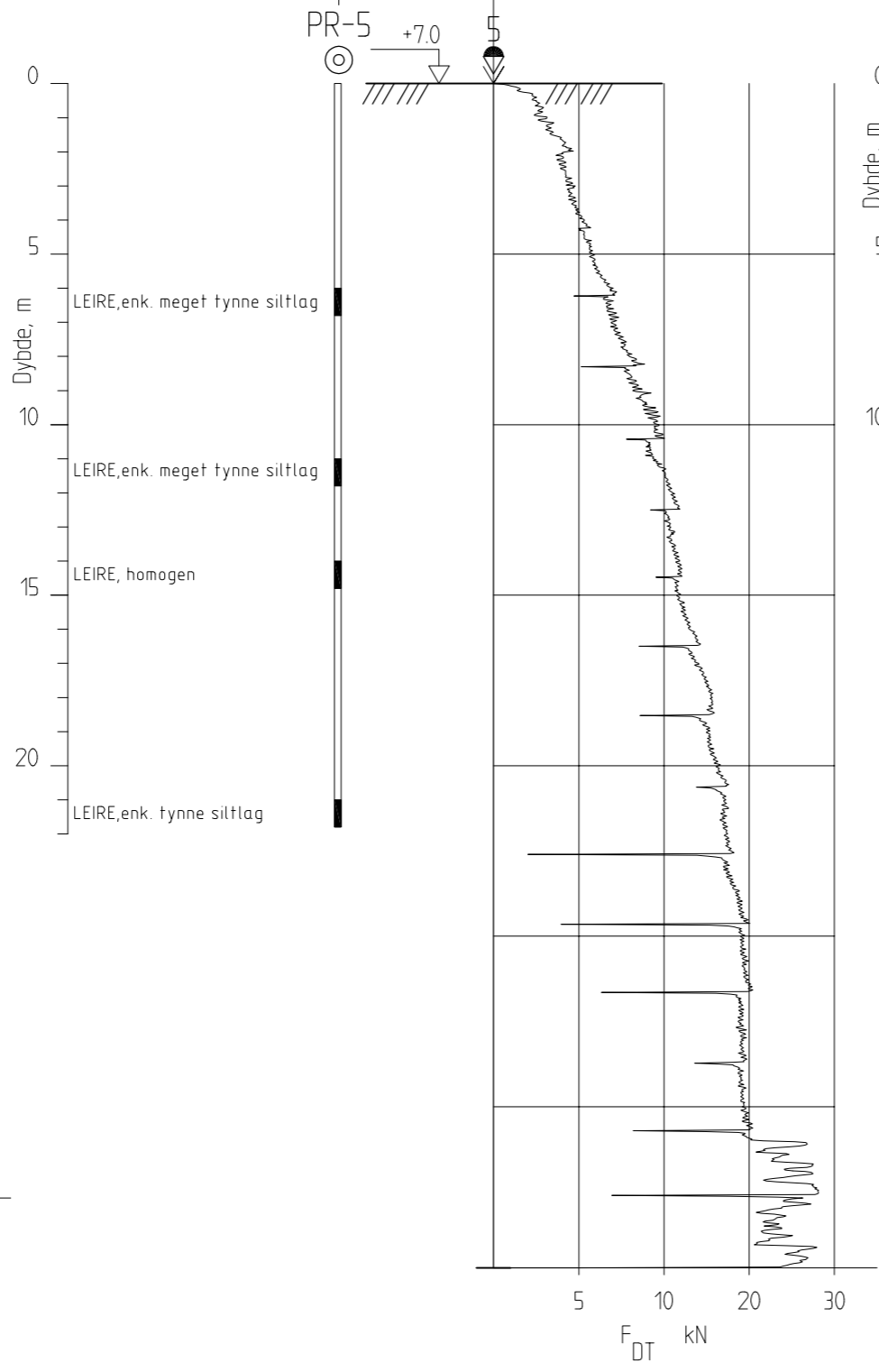
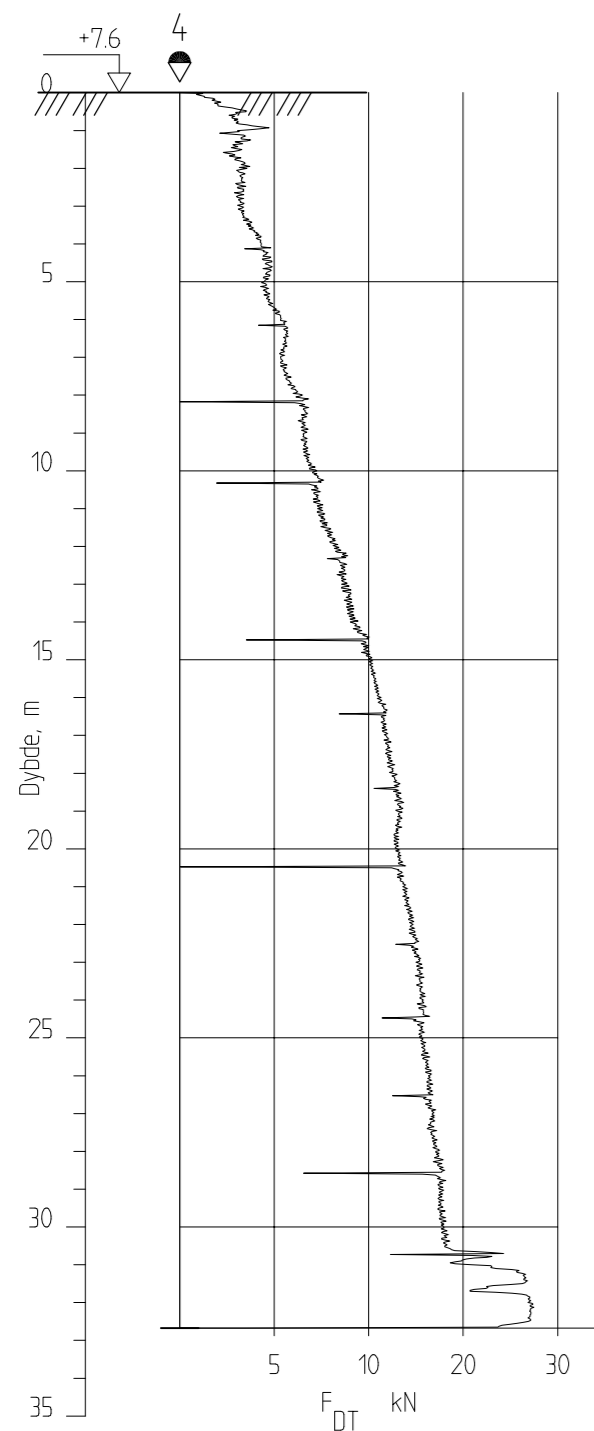
Tegning nr.:
RIG-TEG-91.3

Prosedyre:
CAUa

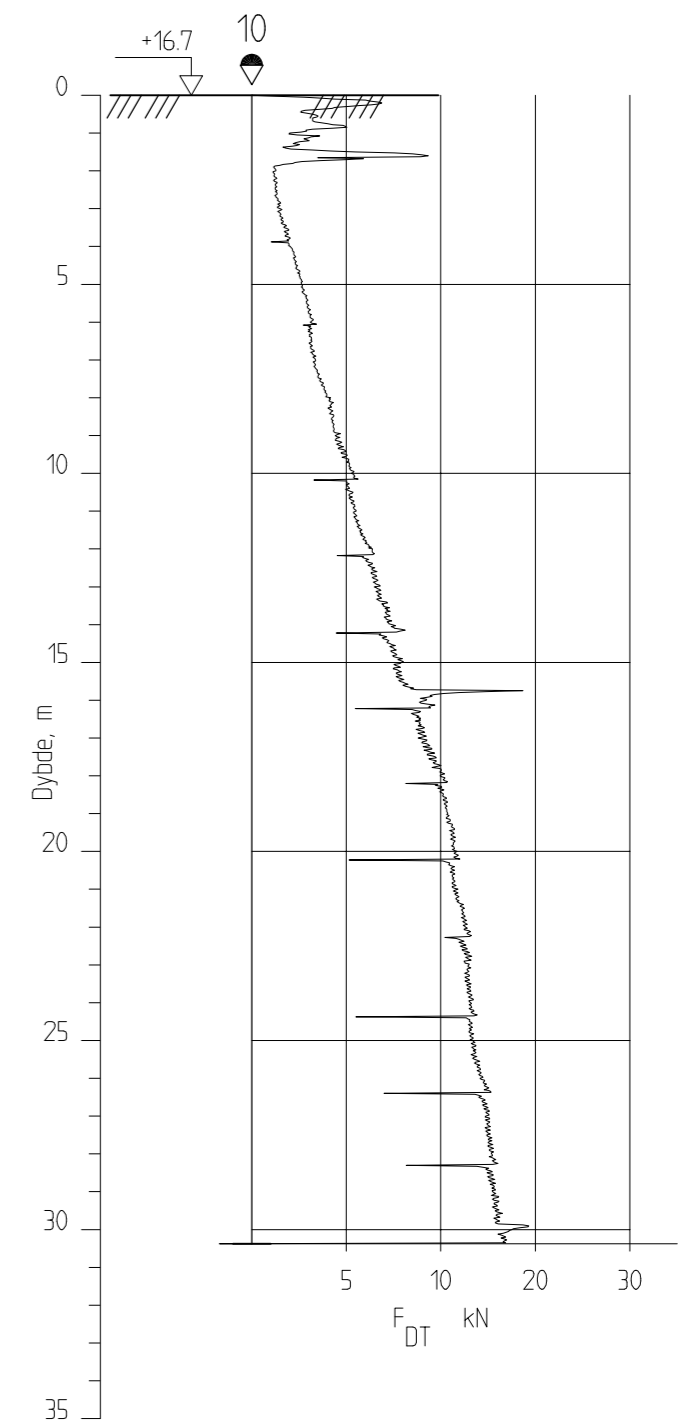
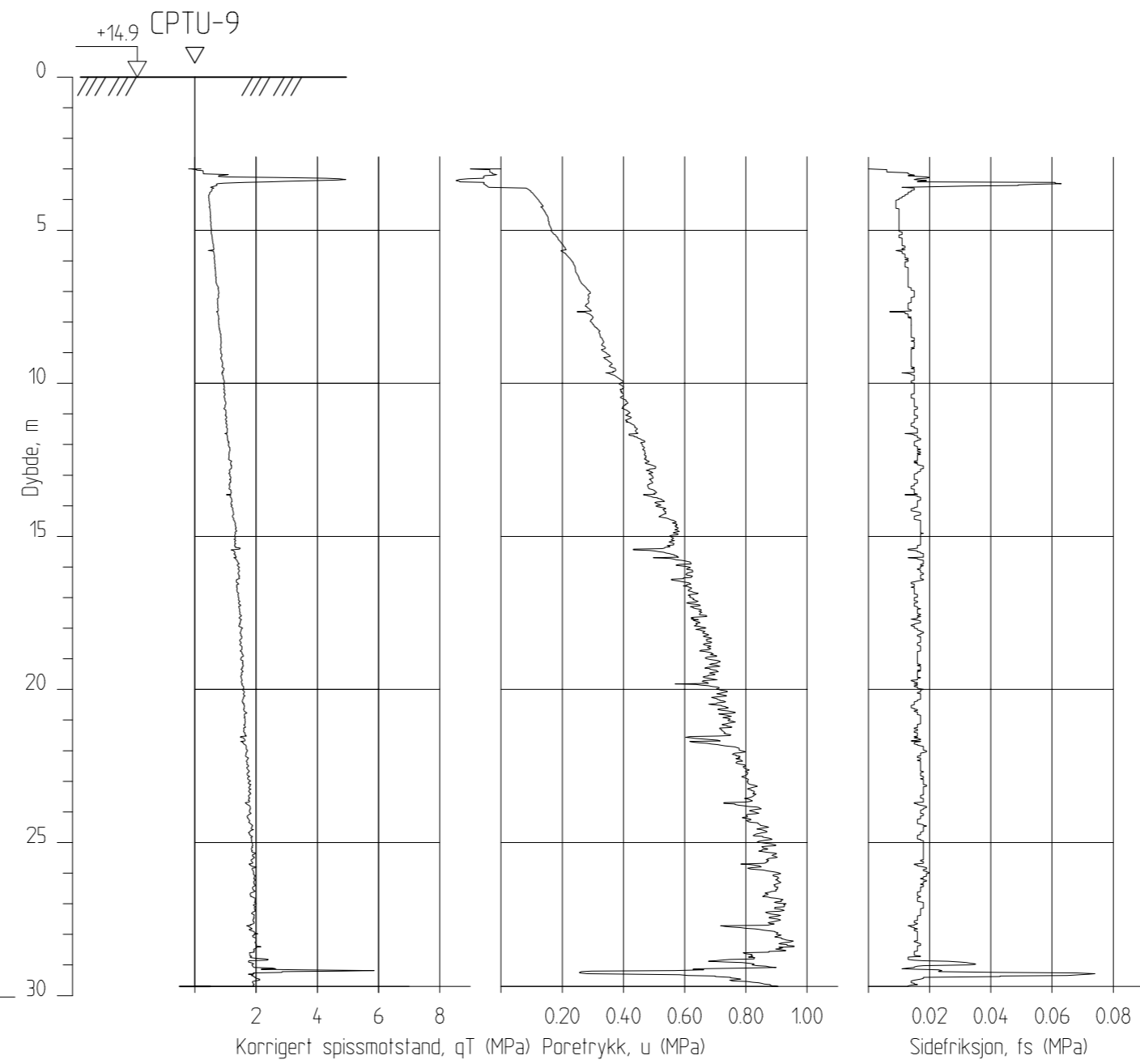
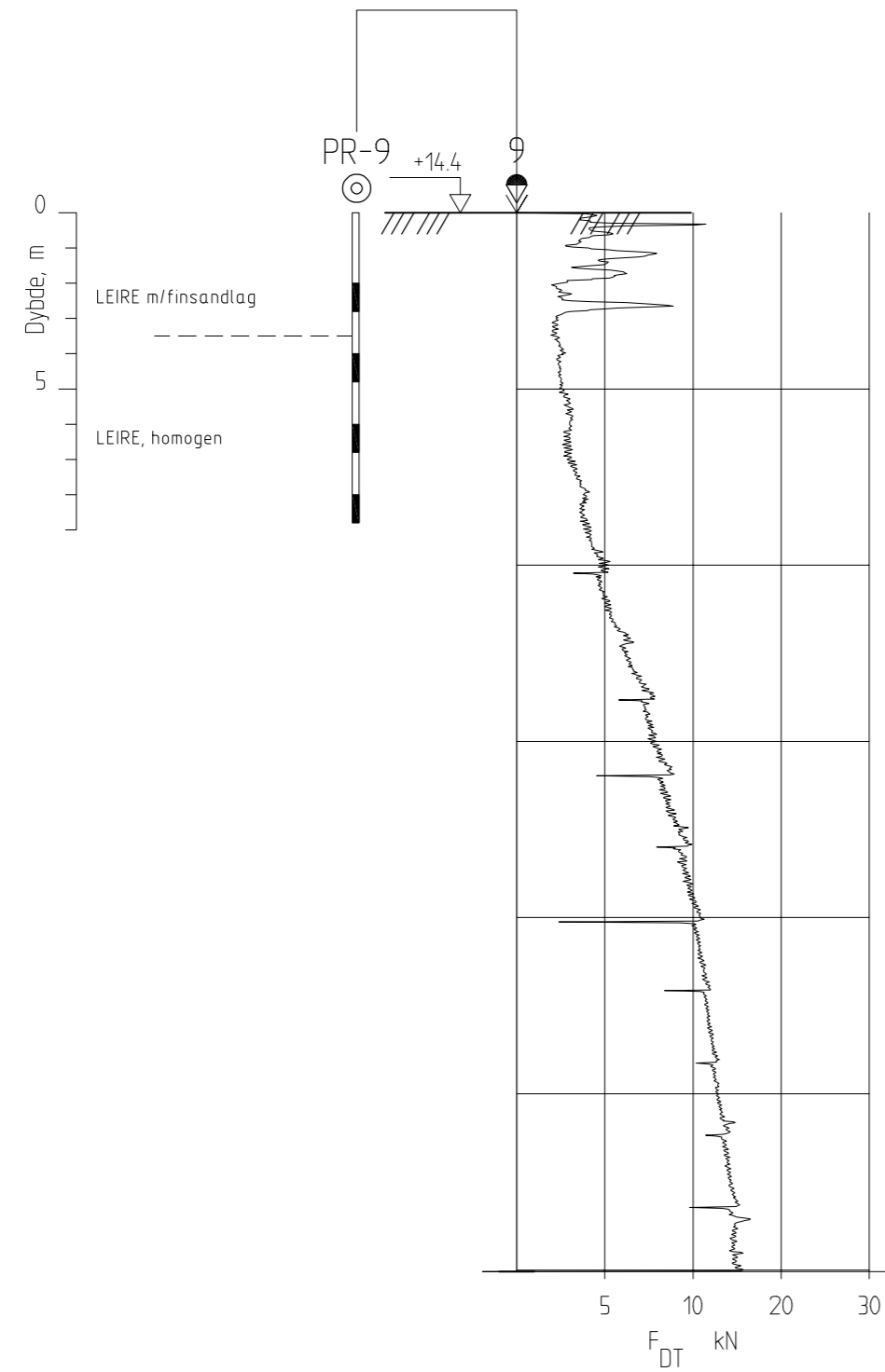
Programrevisjon:
02.02.2011



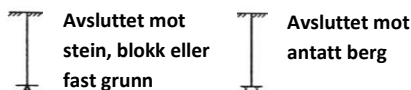
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Jernbanelverket Kulvert Ydse Grunnundersøkelser	14.10.2013	JMP	HET	ARV
	Borutskrift PR-1, Bp.-1, CPTU-1, Bp.-2, Bp.-3	Oppdragsnr. 414500	Konstr./Tegnet JMP	Kontrollert HET	Godkjent ARV
	MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Tegningsnr. RIG-TEG-170	Målestokk 1:200		



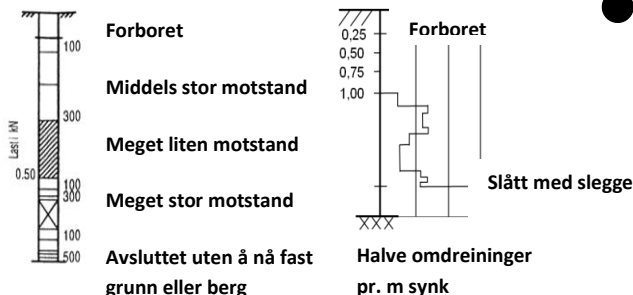
Rev.		Beskrivelse		Dato		Tegn.		Kontr.		Godkj.	
Jernbaneverket Kulvert Ydse Grunnundersøkelser				Original format A3-forlengget		Fag		Geoteknikk			
Borutskrift Bp.-4, PR-5, Bp.-5, PZ-5, Bp.-7, Bp.-8				Tegningens filnavn 414500-RIG-TEG-150-BORUTSKRIFT.dwg		Underlagets filnavn T_kart_2D og T_geom.dwg		Målestokk 1: 200			
MULTICONSULT AS				Dato 14.10.2013		Konstr./Tegnet JMP		Kontrollert HET		Godkjent ARV	
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70				Oppdragsnr. 414500		Tegningsnr. RIG-TEG-171		Rev.			



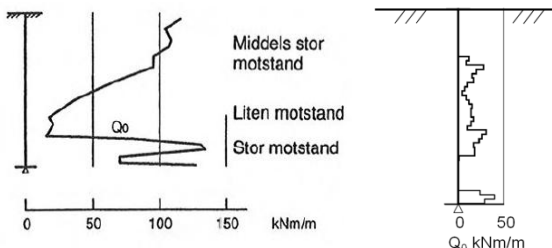
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Jernbanelinjen Kulvert Ydse Grunnundersøkelser	Original format A3-forlenget	Fag		Geoteknikk
	Borutskrift PR-9, Bp.-9, CPTU-9, Bp.-10	Tegningens filnavn 414500-RIG-TEG-150-BORUTSKRIFT.dwg			
		Underlagets filnavn T_kart_2D og T_geom.dwg			
		Målestokk			
		1:200			
MULTICONSULT AS		Dato 14.10.2013	Konstr./Tegnet JMP	Kontrollert HET	Godkjent ARV
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414500	Tegningsnr. RIG-TEG-172		



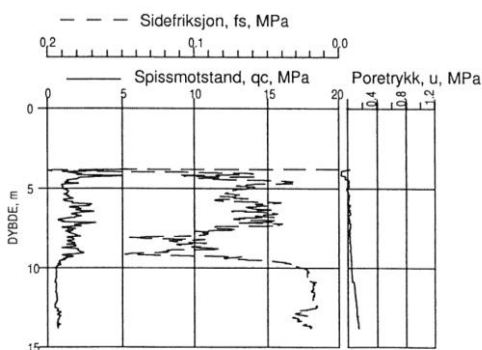
Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



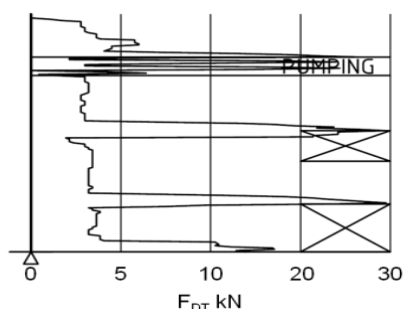
DREIESONDERING (NGF MELDING 3)
 Utføres med skjøtbare $\phi 22$ mm borstenger med 200 mm vridd spiss. Boret dreies manuelt eller maskinelt ned i grunnen med inntil 1 kN (100 kg) vertikalbelastning på stengene. Hvis det ikke synker for denne lasten, dreies boret maskinelt eller manuelt. Antall $\frac{1}{2}$ -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 vertikalast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.



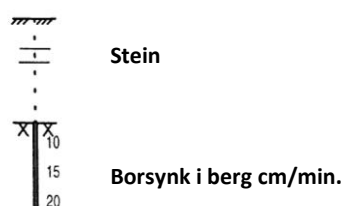
RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)
 Boringen utføres med skjøtbare $\phi 32$ mm borstenger og spiss med normert geometri. Boret rammes med en rammeenergi på 0,38 kNm. Antall slag pr. 0,2 m synk registreres. Boremotstanden illustreres ved angivelse av rammemotstanden Q_0 pr. m nedramming.
 $Q_0 = \text{loddets tyngde} \cdot \text{fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)}$



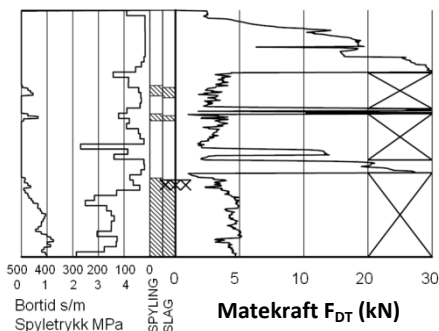
TRYKKSONDERING (CPT - CPTU) (NGF MELDING 5)
 Utføres ved at en sylindrisk, instrumentert sonde med konisk spiss presses ned i grunnen med konstant penetrasjonshastighet 20 mm/s. Under nedpressingen måles kraften mot konisk spiss og friksjonshylse, slik at spissmotstand q_c og sidefriksjon f_s kan bestemmes (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.



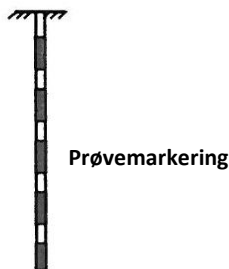
BERGKONTROLLBORING
 Utføres med skjøtbare $\phi 45$ mm stenger og hardmetall borkrone med tilbakeslagsventil. Det benyttes tung slagborhammer og vannspyling med høyt trykk. Boring gjennom lag med ulike egenskaper, for eksempel grus og leire, kan registreres, likedan penetrasjon av blokker og større steiner.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



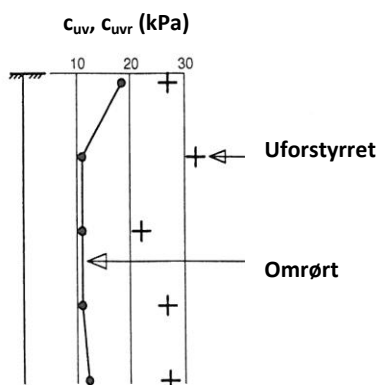
T TOTALSONDERING (NGF MELDING 9)
Kombinerer metodene dreietrykksondering og bergkontrollboring. Det benyttes $\phi 45$ mm skjøtbare borstenger og $\phi 57$ mm stiftborkrone med tilbakeslagsventil. Under nedboring i bløte lag benyttes dreietrykkmodus, og boret presses ned i bakken med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min. Når faste lag påtreffes økes først rotasjonshastigheten. Gir ikke dette synk 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.



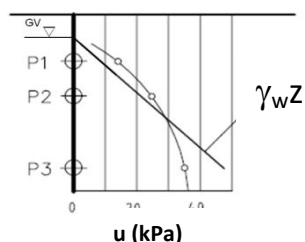
⊙ MASKINELL NAVERBORING
Utføres med hul borstang påsveisert en metallspiral med fast stige høyde (auger). Med borrhigg kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet mellom 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.



⊖ PORETRYKKSÅLING (NGF MELDING 6)
Målingene utføres med et standrør med filterspiss eller med hydraulisk (åpent)/elektrisk piezometer (poretrykksmålere). Filteret eller piezometerspissen påmontert piezometerør 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).

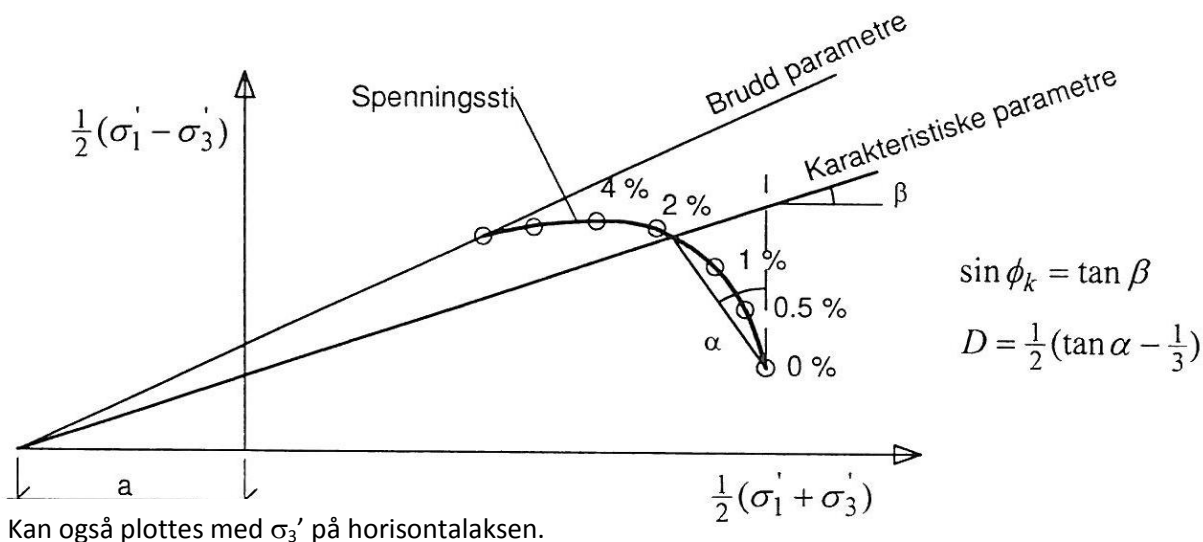
Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre a , c , ϕ ($\tan\phi$) (kPa, kPa, °, (-))

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 poretrykksparementrene 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	$M = m\sqrt{\sigma'\sigma_a}$	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-oksidasjon med hydrogenperoksyd, kan også benyttes.

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – FELTUNDERSØKELSER

Feltundersøkelsesmetoder beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på følgende norske veiledninger fra NGF (Norsk Geoteknisk Forening), norske standarder (NS) og andre referansedokumenter:

NGF Veiledninger Norske standarder NS	Tema
NGF 1 (1982)	SI Enheter
NGF 2, rev.1 (2012)	Symboler og terminologi
NGF 3, rev. 1 (1989)	Dreiesondering
NGF 4 (1981)	Vingeboring
NGF 5, rev.3 (2010)	Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU)
NGF 6 (1989)	Grunnvanns- og poretrykksmåling
NGF 7, rev. 1 (1989)	Dreietrykksondering
NGF 8 (1992)	Kommentarkoder for feltundersøkelser
NGF 9 (1994)	Totalsondering
NGF 10, rev.1 (2009)	Beskrivelsestekster for grunnundersøkelser
NGF 11 rev.1 (2012) NS-EN ISO 22475-1 (2006)	Prøvetaking
Statens vegvesen Geoteknisk felthåndbok 280 (2010)	Feltundersøkelser

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – LABORATORIEUNDERSØKELSER

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

Norske standarder NS	Tema
NS8000 (1982)	Konsistensgrenser – terminologi
NS8001 (1982)	Støtflytegrense
NS8002 (1982)	Konusflytegrense
NS8003 (1982)	Plastisitetsgrense (utrullingsgrense)
NS8004 (1982)	Svinngrense
NS8005 (1990)	Kornfordelingsanalyse
NS8010 (1982)	Jord – bestanddeler og struktur
NS8011 (1982)	Densitet
NS8012 (1982)	Korndensitet
NS8013 (1982)	Vanninnhold
NS8014 (1982)	Poretall, porøsitet og metningsgrad
NS8015 (1987)	Skjærfasthet ved konusforsøk
NS8016 (1987)	Skjærfasthet ved enaksialt trykkforsøk
NS8017 (1991)	Ødometerforsøk, trinnvis belastning
NS8018 (1993)	Ødometerforsøk, kontinuerlig belastning
NS14688-1 og -2 (2009)	Klassifisering og identifisering av jord
NS-EN ISO/TS 17892-8 + -9 (2005)	Treaksialforsøk (UU, CU)
Statens vegvesen Håndbok 015 (2005)	Laboratorieundersøkelser