

Rapport

Oppdragsgiver: **Rana kommune**

Oppdrag: **Kvikkleireområde ved Ytrabekken**

Emne: **Datarapport**

Dato: **14. februar 2012**

Rev. - Dato

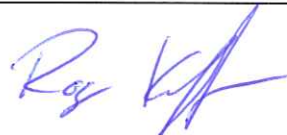
Oppdrag- / Rapportnr. **414561 - 001**

Oppdragsleder: **Roger Kristoffersen**

Sign.:

Saksbehandler: **Roger Kristoffersen**

Sign.:



Kontaktperson hos Oppdragsgiver: **Gunnar Brattli**

Sammendrag:

Multiconsult AS er engasjert av Rana kommune for å utføre grunnundersøkelser i området ved Ytrabekken, vurdere stabiliteten i området og registrere erosjonen i bekken.

Foreliggende datarapport inneholder resultatene fra grunnundersøkelsene.

Grunnundersøkelsene viser at løsmassene i hovedsak består av leire og siltig leire. I enkelte områder er leira kvikk.

Ved befaring langs Ytrabekken og dens sidebekker ble det påvist flere steder med aktiv erosjon. Det vil derfor være behov for erosjonssikring flere steder i bekkeløpet. Beskrivelse av denne sikringen vil bli gitt i egen rapport.

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning.....	4
1.1	Bakgrunn.....	4
1.2	Myndighetskrav	4
2.	Grunnundersøkelser.....	4
2.1	Tidligere grunnundersøkelser	4
2.2	Nye grunnundersøkelser	4
2.2.1	Feltundersøkelser	5
2.2.2	Laboratorieundersøkelser.....	5
3.	Terreng- og grunnforhold	6
3.1	Topografi.....	6
3.2	Grunnforhold.....	6
3.2.1	Løsmasser	6
3.2.2	Fjell i dagen.....	6
4.	Registreringer	6
4.1	Befaring.....	6
4.1.1	Registreringer i Ytrabekken.....	6
4.1.2	Registreringer i Hestdalsbekken	7
4.1.3	Registreringer i Leirhølabekken.....	7
4.1.4	Registreringer i Heimestengbekken	8
5.	Referanser.....	9

Tegninger

414561-RIG-TEG-000	Oversiktskart
414561-RIG-TEG-001	Borplan
414561-RIG-TEG-010	Geotekniske data, borpunkt 1
414561-RIG-TEG-011	Geotekniske data, borpunkt 2
414561-RIG-TEG-040.1	CPTU, borpunkt 2. q_c , u_2 , $f_{s,t}$ & i
414561-RIG-TEG-040.2	CPTU, borpunkt 2. q_n & Δu_2
414561-RIG-TEG-040.3	CPTU, borpunkt 2. N_m , B_q & R_f
414561-RIG-TEG-040.4	CPTU, borpunkt 2. Jordartsidentifikasjon, q_t & B_q
414561-RIG-TEG-040.5	CPTU, borpunkt 2. Dokumentasjon av utstyr & målenøyaktighet
414561-RIG-TEG-060	Kornfordeling, borpunkt 2, dybde 7,2 m
414561-RIG-TEG-061	Kornfordeling, borpunkt 6, dybde 5,1 m
414561-RIG-TEG-075.1	Ødometer, borpunkt 2, dybde 7,4 m. Plott A: $\sigma_{av}' - \epsilon_a$, M og c_v
414561-RIG-TEG-075.2	Ødometer, borpunkt 2, dybde 7,4 m. Plott B: $\sigma_{av}' - \epsilon_a$, k og u_b/σ .
414561-RIG-TEG-076.1	Ødometer, borpunkt 6, dybde 5,3 m. Plott A: $\sigma_{av}' - \epsilon_a$, M og c_v
414561-RIG-TEG-076.2	Ødometer, borpunkt 6, dybde 5,3 m. Plott B: $\sigma_{av}' - \epsilon_a$, k og u_b/σ .
414561-RIG-TEG-077.1	Treksialforsøk, borpunkt 2, dybde 7,35 m. Spenningssti
414561-RIG-TEG-077.2	Treksialforsøk, borpunkt 2, dybde 7,35 m. Poretrykks- og mobiliseringsforløp
414561-RIG-TEG-077.3	Treksialforsøk, borpunkt 2, dybde 7,35 m. Vannutpressing – tid, konsolideringsfase
414561-RIG-TEG-078.1	Treksialforsøk, borpunkt 2, dybde 7,25 m. Spenningssti
414561-RIG-TEG-078.2	Treksialforsøk, borpunkt 2, dybde 7,25 m. Poretrykks- og mobiliseringsforløp
414561-RIG-TEG-078.3	Treksialforsøk, borpunkt 2, dybde 7,25 m. Vannutpressing – tid, konsolideringsfase
414561-RIG-TEG-200	Borutskrift, dreietrykksondering borpunkt 1 til 6
414561-RIG-TEG-201	Borutskrift, CPT-2

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

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Multiconsult AS er engasjert av Rana kommune for å utføre grunnundersøkelser i området ved Ytrabekken, vurdere stabiliteten i området og registrere erosjonen i bekken.

Foreliggende rapport inneholder resultatene fra grunnundersøkelsene utført i uke 33, 2011. Vurdering av stabiliteten og eventuelle tiltak vil bli beskrevet i en egen rapport.

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 [2] 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 3 for samlet oversikt over utvalgte metodestandarder.

2. Grunnundersøkelser

2.1 Tidligere grunnundersøkelser

Det er tidligere utført en rekke undersøkelser i området:

- Kummeneje rapport O.4323 (1984) Gaukveien 22-26
- Kummeneje rapport O.4326 (1984) Utglidning Løbergveien 18
- Kummeneje rapport 11009-1 (1995) Heimestengmyra, Båsmoen
- Kummeneje rapport 11009-2 (1997) Heimestengmyra, Båsmoen
- Geoteam rapport nr 30618.01 (1986) Utbyggingsområde Rønningen
- Geoteam rapport nr 30618.02 (1986) Utbyggingsområde Hansgård
- Geoteam rapport nr 33074.01 (1993) Nybygg Rana ungdomshjem
- Geoteam rapport nr 32624.01 (1991) Boligtomt 16 Rønningen, Ytteren
- Noteby rapport nr 37370 (1995) Rønningen – Ytternveien, tomt 30

Resultatene fra tidligere undersøkelser er ikke presentert i detalj i denne rapporten. På borplanen (414561-RIG-TEG-001) vises imidlertid plassering av borpunktene.

2.2 Nye grunnundersøkelser

Borplan med plassering av borpunkter og type borer er vist i tegning 414561-RIG-TEG-001.

Det er utført en befaring av geotekniker før plassering av borpunktene ble bestemt.

2.2.1 Feltundersøkelser

Feltarbeidet ble utført i uke 33, 2011. Undersøkelsene ble ledet av borleder Bård Einar Krogstad. Boringene er utført med beltegående borerigg av type Geotech 605.

Feltundersøkelsene omfattet:

- Dreietrykksonderinger i 6 borpunkter (1-6) til stopp i fast grunn (antatt fjell) på mellom 1,5 og 45,1 m dybde under terreng.
- Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) i borpunkt 2 til 17,2 m dybde.
- Opptak av uforstyrrede 54 mm prøveserie og representative skovlprøver i 2 borpunkter (2 og 6) i dybdeintervallet 0 m til 10 m dybde.

Borpunktene er satt ut av borleder/klargjører og er senere innmålt med GPS av Rana kommune ved Bjørn Ersdal med nøyaktighet 0-1 cm i horisontalplanet og 0-2 cm i vertikalplanet. Alle kotehøyder refererer til NGO NN1954.

Resultat av dreietrykksonderinger er vist på tegning 414561-RIG-TEG-200. Alle boringene er avsluttet i faste masser, til det ikke var mulig å bore dypere med konvensjonelt dreietrykksonderingsutstyr.

Resultater fra trykksonderingene med poretrykksmåling (CPTU) er vist på tegningene 414561-RIG-TEG-040.1 til -040.6.

Boringenes utførelse og tilhørende resultater er generelt beskrevet i geoteknisk bilag.

2.2.2 Laboratorieundersøkelser

De opptatte prøvene er undersøkt i vårt geotekniske laboratorium i Trondheim med tanke på klassifisering og identifisering av jordartene, samt bestemmelse av prøvenes mekaniske egenskaper.

Ved denne undersøkelsen er prøvene geoteknisk klassifisert og beskrevet med måling av vanninnhold og tyngdetetthet. Der det lar seg gjøre er det også målt udrenert og omrørt skjærfasthet i massene. Det er også utført bestemmelse av flyte- og plastisitetsgrense på fem utvalgte prøver samt kornfordelingsanalyser på to utvalgte prøver.

Resultat fra rutineundersøkelsene på prøver fra borpunktene 2 og 6 er presentert som geotekniske data i tegningene 414561-RIG-TEG-010 og -011. Resultater fra kornfordelingsanalysene er vist i tegningene 414561-RIG-TEG-060 og -061.

Det er utført to CRS kontinuerlig ødometerforsøk for vurdering av materialets spenningshistorie og deformasjonsegenskaper. Disse er utført i dybde 7,4 m i borpunkt 2 og 5,3 m i borpunkt 6, se tegningene 414561-RIG-TEG-075 og -076.

Det er i tillegg utført passivt og aktivt treaksialforsøk i borpunkt 2 i henholdsvis 7,25 og 7,40 m dybde. Resultater fra treaksialforsøkene er vist i tegningene 414561-RIG-TEG-077 og -078.

Utførelsen av laboratorieundersøkelsene er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 2.

3. Terreng- og grunnforhold

3.1 Topografi

Det undersøkte området er ravinert av Ytrabekken og dens sidebekker. Før eroderingen startet opp vurderes området å ha vært avsatt relativt flatt på nivå med Rønningen og Heimestenget (ca kote 40). I tida etter siste istid har terrenget i området hevet seg, samtidig som bekkene har erodert seg ned i de leirige massene.

Terrenget er i dag ravineformet med flate områder mellom ravinene. De flate områdene mellom ravinene er for det meste utbygd.

3.2 Grunnforhold

3.2.1 Løsmasser

Grunnundersøkelsene viser at løsmassene i hovedsak består av leire og siltig leire. I enkelte områder er leira kvikk.

3.2.2 Fjell i dagen

Ved Sagforsen ved Ytterenveien og ved Heiloveien 18 er det fjellterskler i Ytrabekken. Videre er det registrert en fjellterskel ved "skibrua" ved langrennsløypa som kommer fra Skillevollen og 20 m nedstrøms for denne. Ut over dette er det ikke registrert fjell i dagen i området.

4. Registreringer

Geotekniker Roger Kristoffersen var på befaring i området 15.06.2011. Referat fra befaringen er gitt i brev 27.06.2011. Nedenfor følger registreringene som ble gjort:

4.1 Befaring

Den aktuelle dagen ble det gått langs Ytrabekken, Hestdalsbekken, Leirhølabekken og den lille bekken mellom Løvbergveien og Heilovegen, heretter kalt Heimestengbekken. Ytrabekken ble gått fra Rokka til ca 200 m oppstrøms forbi skibrua ved Hansgårdsenget. Hestdalsbekken ble gått fra enden av Hemestengmyra til utløpet i Ytrabekken. Leirhølabekken ble gått i 3 mindre etapper ved utløpet til Ytrabekken, ved Ytterheim og ved Yttraheia. Heimestengbekken ble gått fra Heimengveien til utløpet ved Ytrabekken.

Det meste av det befarte området har tidligere vært beitemark. Med unntak av hestebeitet nederst i Ytrabekken, beites det ikke i området i dag. Det er derfor mye tett ungskog i området. Befaringen ble foretatt tidlig på sommeren, slik at det fortsatt var mulig å gå i bunnvegetasjonen i skogen.

4.1.1 Registreringer i Ytrabekken

Strekningen Rokka - Saghågen

I Ytrabekken ble det ikke registrert erosjon i området nedenfor Saghågen. I området nedenfor Rokka er det i Geoteams rapport 30618.02 (1986) anbefalt at skråningsstabiliteten ned mot

Ytrabekken forbedres ved utslaking eller ved grunnvannssenkning. Ved befaringen ble det ikke registrert noe utslaking i forhold til det opprinnelige kartet fra 1986. Det ble også registrert høy grunnvannsstand i området mellom boligene i Rokka og Ytrabekken. Dette indikerer at de stabiliserende tiltakene som ble anbefalt før utbygging i området ikke har blitt iverksatt.

Strekningen Saghågen- Heimestengbekken

Kulverten under Ytterenveien ligger sannsynligvis på fjell, da det er registrert fjell i dagen på begge sider av kulverten. Kulverten gjennom Ytterenvegen er et korrugert stålrør, mens forlengelsen oppstrøms under gang-og sykkelvegen er bygd i betongelementer og har tilnærmet kvadratisk tverrnett. Dette medfører at de øverste 5 m av kulverten har større tverrsnitt enn slutten av kulverten.

I strekningen fra Saghågen til "badekulpen" nedenfor Brennstadmoen går Ytrabekken hovedsakelig på fjell, og det er ikke registrert erosjon. I "badekulpen" ved Brennstadmoen er det registrert tydelig erosjon på 2 steder: På østsiden av badekulpen, og ved fjellblotningen nedenfor Brennstadmoen 9. Like ovenfor badekulpen er det 2 fjellterskler. Det er fjell i dagen på sørsida av Ytrabekken opp til den siste fjellterskelen like ovenfor utløpet til Heimestengbekken.

Strekningen Heimestengbekken-Hansgårdenget:

Langs hele denne strekningen er det registrert tydelig erosjon i bekken og leirbrunt vann. Trær har veltet ut i bekken. Det er registrert sprekker i terrenget i de fleste yttersvinger. Enkelte steder går sprekkeene langt oppover elveskråningene. Dette gjelder blant annet 50 m nedstrøms for Leirhølabekken's utløp i Ytrabekken og nedenfor Brennstadmoen 12/14. Nedstrøms Brennstadmoen 23 går det et betongrør (diameter ca 600 mm) fra veien ned til Ytrabekken. De ulike rørellementene à 2 m har glidd fra hverandre, slik at det har oppstått erosjon der rørene er lagt.

Oppstrøms fra Ytteren ungdomshjem ble det registrert at vannet i bekken var klarere.

Det er registrert fjellterskel i bekken ved skibrua og ca 20 m nedenfor brua. Ytterligere 30 m nedenfor skibrua er det en liten terskel i bekken bestående av grus og stein.

Oppstrøms for tersklene ved skibrua er det registrert mindre erosjon. Terrenget flater mer ut, og det er ikke bebyggelse i området. Befaringen ble derfor avsluttet ca 200 m oppstrøms for skibrua.

4.1.2 Registreringer i Hestdalsbekken

Hestdalsbekken ble gått i området fra Heimestengmyra til utløpet i Ytrabekken. På denne strekningen er det registrert erosjon. Nedenfor Gaukveien 28 er det tegn på at nedre del av skråninga er i bevegelse, da trærne i foten av skråninga er krumme i den nederste delen av stammen. Videre nedover mot Ytrabekken meandrerer bekkeløpet. Ved Hegreveien 23/25 er det registrert tydelig erosjon i sidene av bekken. Ved utløpet fra Hestdalsbekken ut i Ytrabekken forsvinner bekkeløpet og går under bakken 2-3 meter før det kommer ut igjen.

4.1.3 Registreringer i Leirhølabekken

Vegen Brennstadmoen fortsetter som en tursti oppover langs Ytrabekken. Leirhølabekken krysser denne turstien i en stikkrenne før den renner ut i Ytrabekken. Denne stikkrenna gjør at bunnen på bekken kan være litt hevet fra sitt opprinnelige nivå. Denne hevingen kan ha medført mindre erosjon oppover langs Leirhølabekken. Ved befaringen ble det registrert lite erosjon langs Leirhølabekken på de stedene som ble kontrollert.

4.1.4 Registreringer i Heimestengbekken

Heimestengbekken ble gått fra stikkerenna under Heimengveien til utløpet i Ytrabekken. I den øverste delen av bekken ble det ikke registrert erosjon. Fra Løvbergveien 18 går bekken hovedsakelig på fjell ned til utløpet i Ytrabekken. I den siste delen av strekningen går bekken gjennom 2 stikkrenner. Oppstrøms for disse 2 stikkrennene ble det registrert noe skrot i bekken (sykkel, akebrett og bygningsavfall)

5. Referanser

- [1] NS-EN ISO 9001:2008. Systemer for kvalitetsstyring. Krav (ISO 9001:2008). November 2008.
- [2] Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver. NS-EN 1997-2:2007+NA2008.

Arkivreferanser:

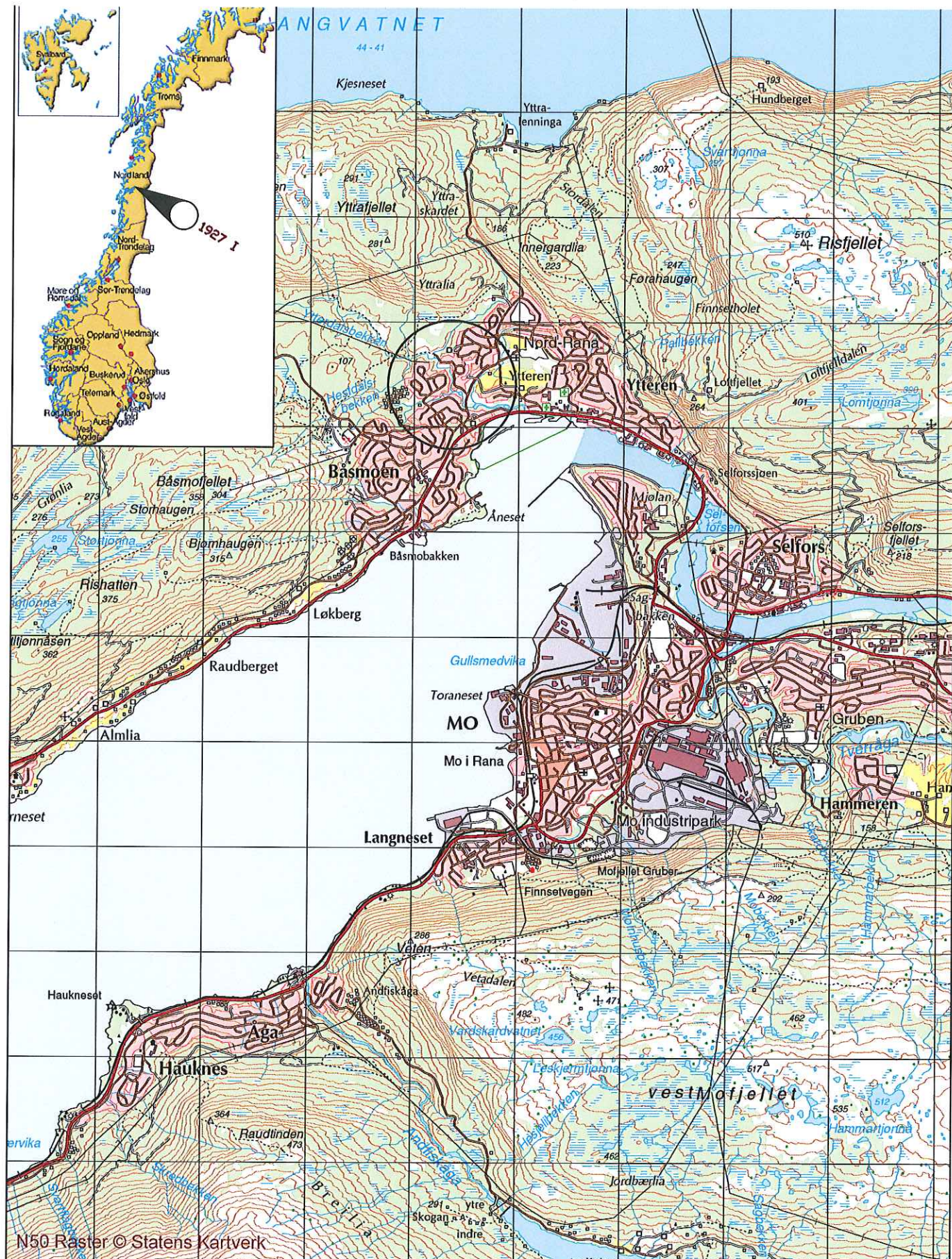
Fagområde:	Geoteknikk		
Stikkord:			
Land/Fylke:	Nordland	Kartblad:	
Kommune:	Rana	UTM koordinater, Sone:	
Sted:	Mo i Rana	Øst:	Nord:

Distribusjon:

- ☒ Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)
☐ Intern
☐ Fri

Dokumentkontroll:

		Dokument 14. Februar 2012		Revisjon 1		Revisjon 2		Revisjon 3	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutset- ninger	Utarbeidet	14.02.12	RK						
	Kontrollert	14.02.12	anv						
Grunnlags- data	Utarbeidet	14.02.12	RK						
	Kontrollert	14.02.12	anv						
Teknisk innhold	Utarbeidet	14.02.12	RK						
	Kontrollert	14.02.12	anv						
Format	Utarbeidet	14.02.12	RK						
	Kontrollert	14.02.12	anv						
Anmerkninger									
Godkjent for utsendelse (Oppdragsansvarlig)				Dato: 14/2-12		Sign.: Signe G. Hovem			



OVERSIKTSKART

Rana kommune
Kvikkleireområde ved Ytrabekken

MULTICONSULT AS

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

Dato 09.02.2012

Oppdragsnr. 414561

Tegnet RK

Tegningsnr. 000

Kontrollert

arr

Borplan nr.

414561-001

Målestokk

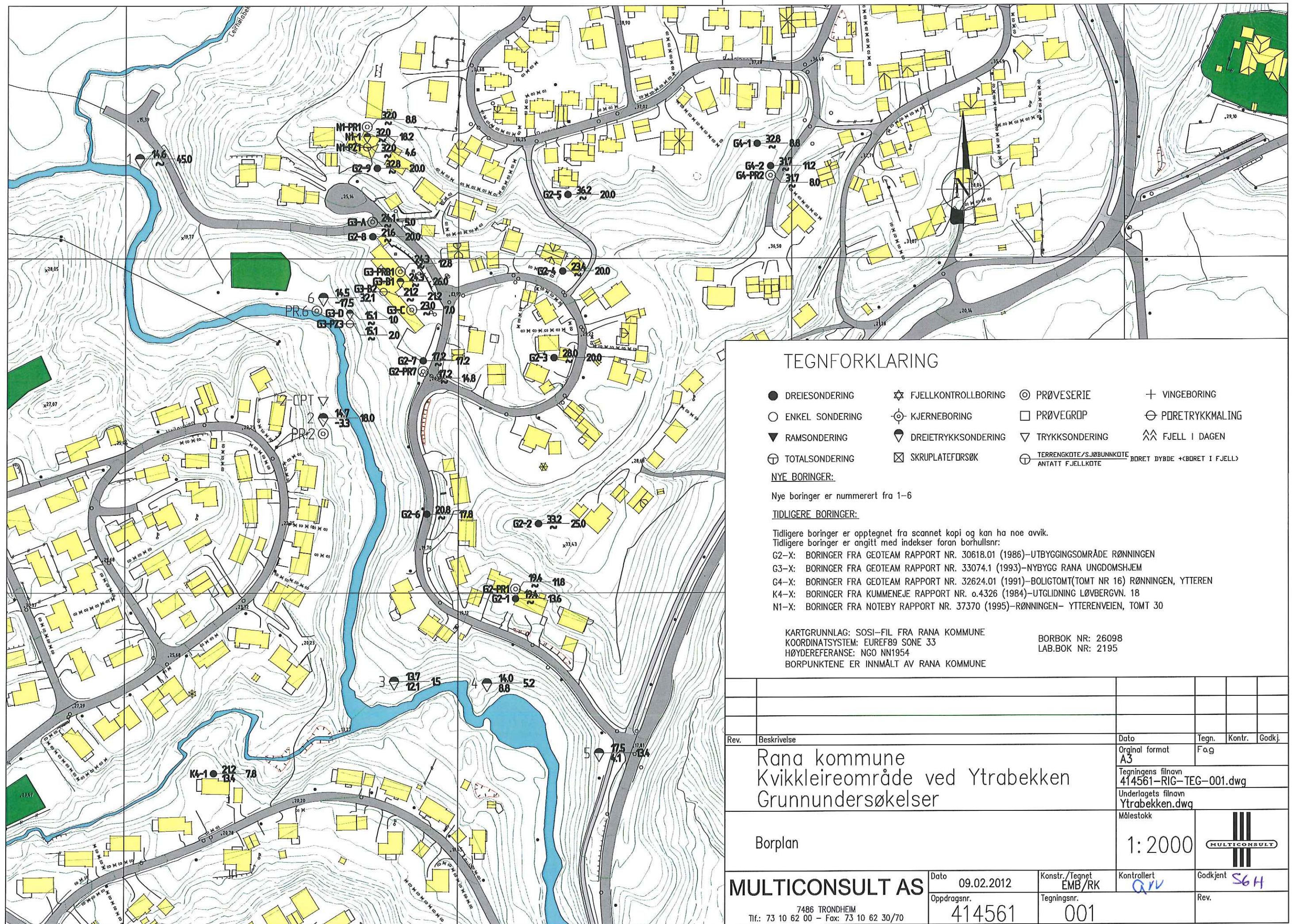
1:50 000



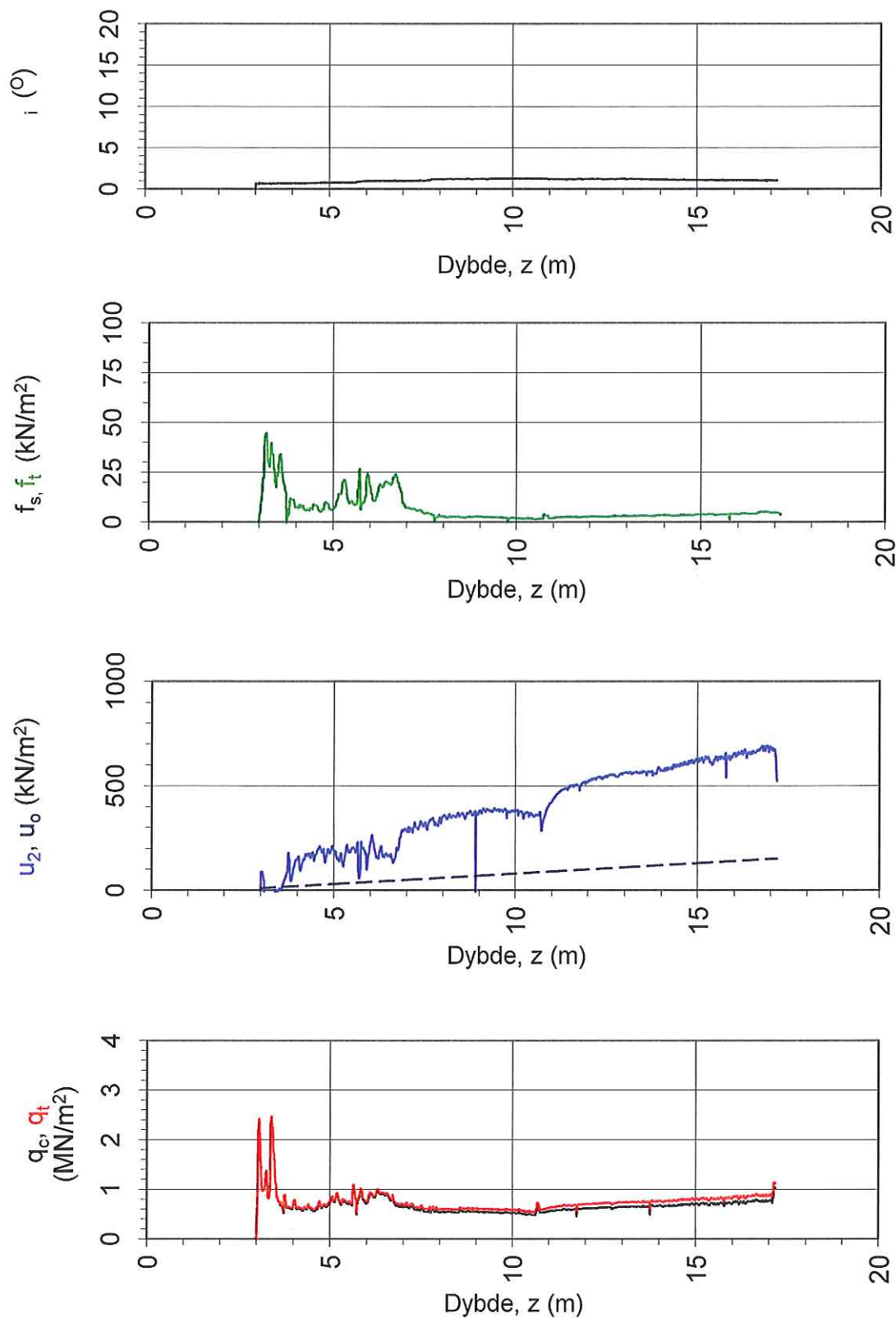
Godkjent

SGH

Rev.



TERRENGKOTE	+14,5 ↓	DYBDE PRØVE	VANNINNHOLD OG KONSISTENSGRENSER %				n %	O _g %	ρ _g cm ³	SKJÆRFESTHET S _u (kN/m ²)					S _t	
			20	30	40	50				10	20	30	40	50		
LEIRE	sandig															
	enk.planterester siltig															
	enk.humustlenser															
SAND,grusig,leirig																
LEIRE,siltig																



Oppdragsgiver:

Rana kommune

Oppdrag:

Ytteren

Tegningens filnavn:

CPTU_2.xlsx

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

CPTU id.:

CPTU 2

Sonde:

4354

MULTICONCONSULT AS

Dato:

27.11.2011

Tegnet:

BC

Kontrollert:

AN

Godkjent:

SGH

Oppdrag nr.:

414561

Tegning nr.:

40.1

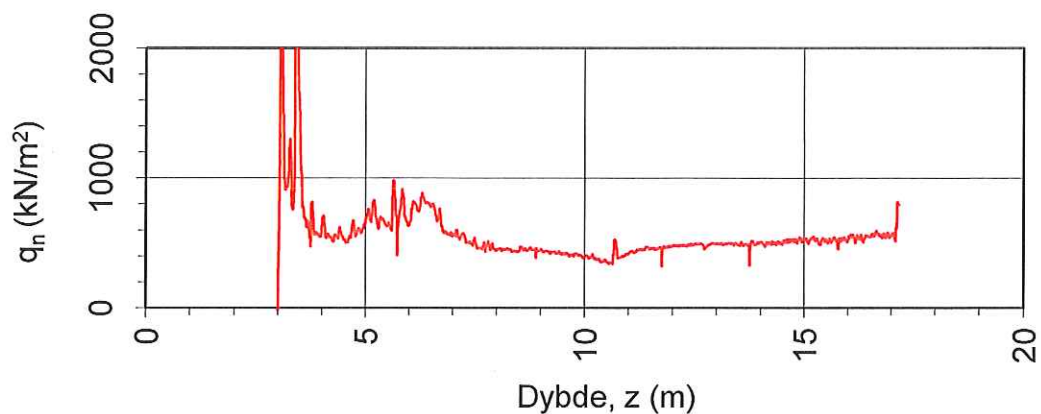
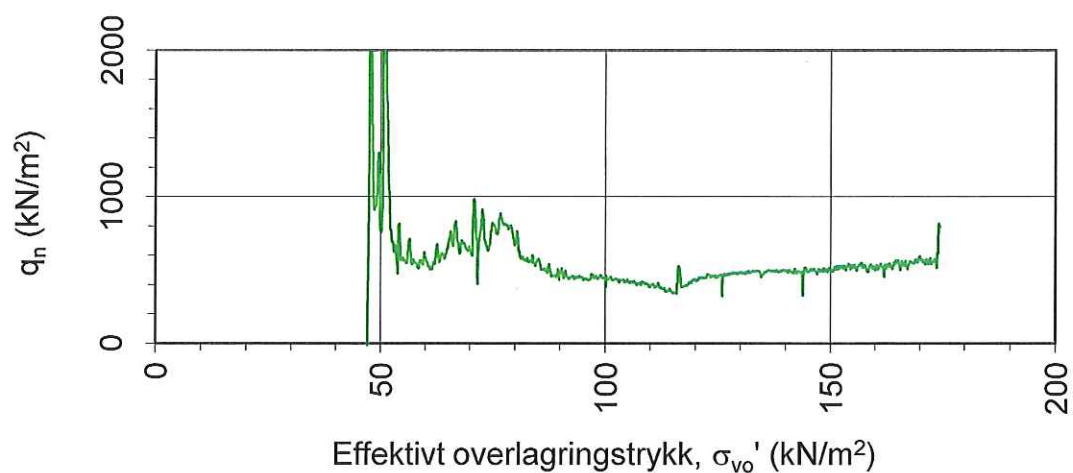
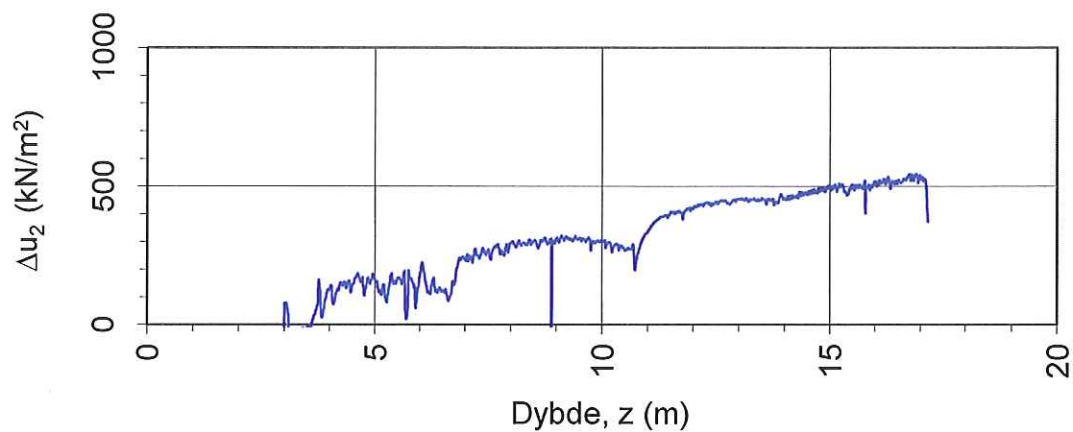
Versjon:

04.01.2012

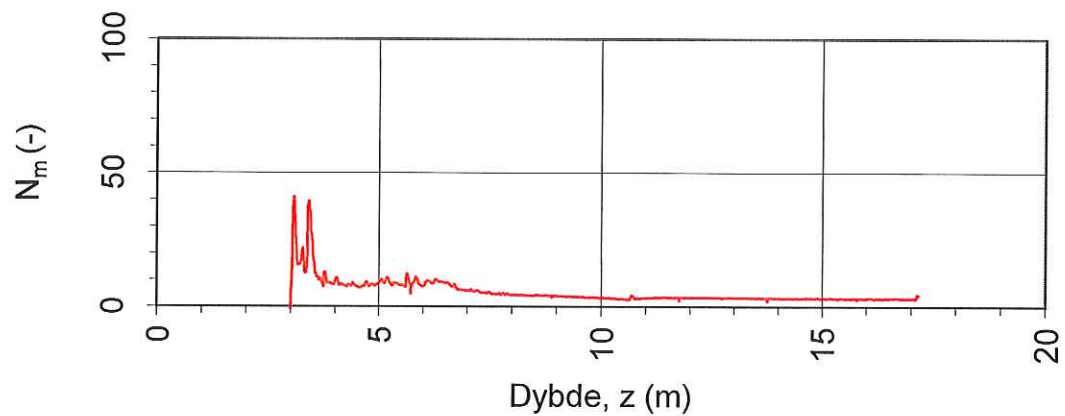
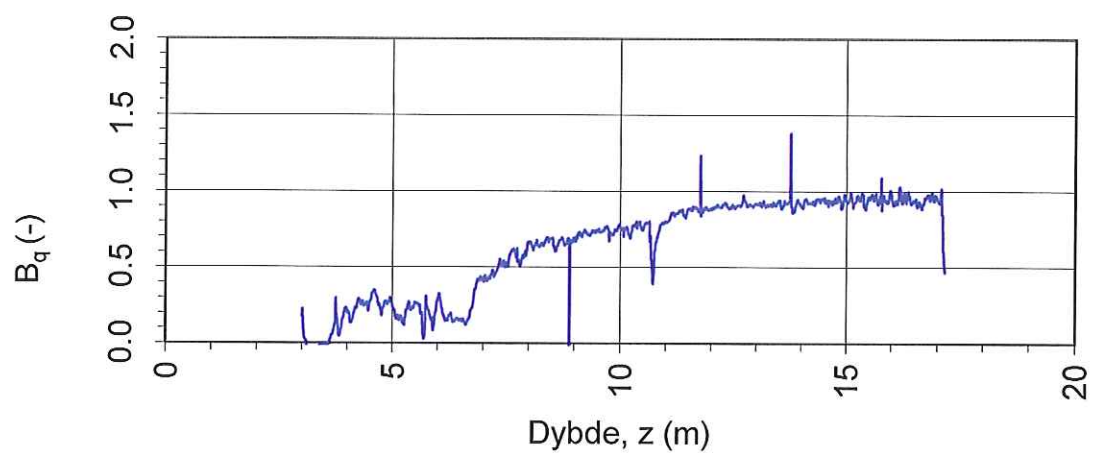
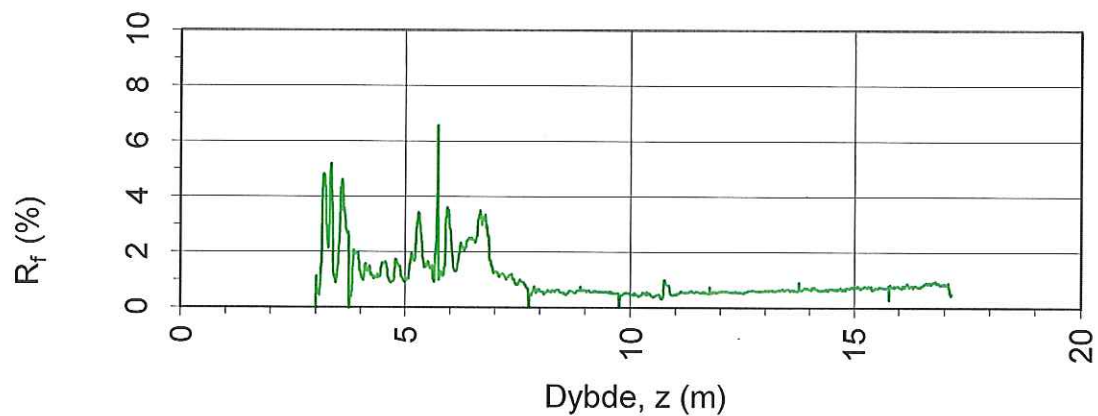
Revisjon:

0

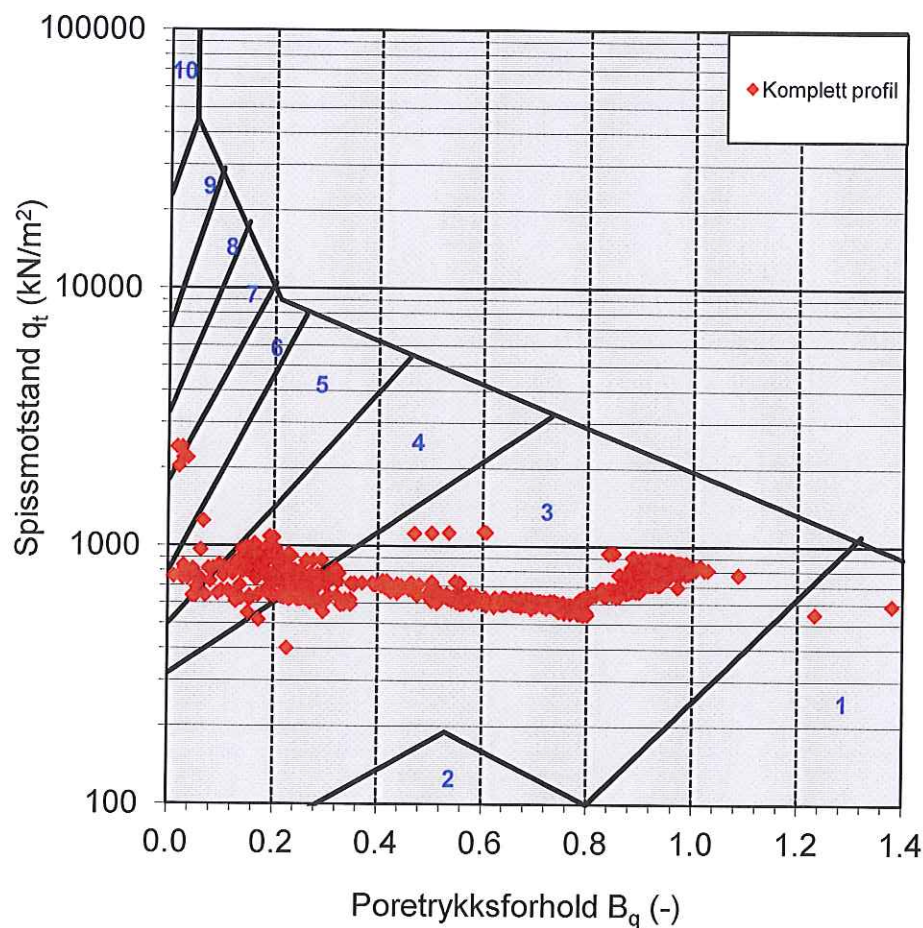




Oppdragsgiver: Rana kommune		Oppdrag: Ytteren		Tegningens filnavn: CPTU_2.xlsx	
Netto spissmotstand q_n og poreovertrykk Δu_2 .					
CPTU id.:	CPTU 2	Sonde:	4354		
MULTICONSULT AS	Dato: 27.11.2011	Tegnet: RK	Kontrollert: AN	Godkjent:	SGH
	Oppdrag nr.: 414561	Tegning nr.: 40.2	Versjon: 04.01.2012	Revisjon:	0



Oppdragsgiver: Rana kommune		Oppdrag: Ytteren		Tegningens filnavn: CPTU_2.xlsx					
Spissmotstandstall N_m , poretrykks- B_q og friksjonsforhold R_f .									
CPTU id.:		CPTU 2				Sonde: 4354			
MULTICONSULT AS		Dato: 27.11.2011		Tegnet: <i>RK</i>		Kontrollert: <i>ARN</i>		Godkjent: <i>SGH</i>	
		Oppdrag nr.: 414561		Tegning nr.: 40.3		Versjon: 04.01.2012		Revisjon: 0	



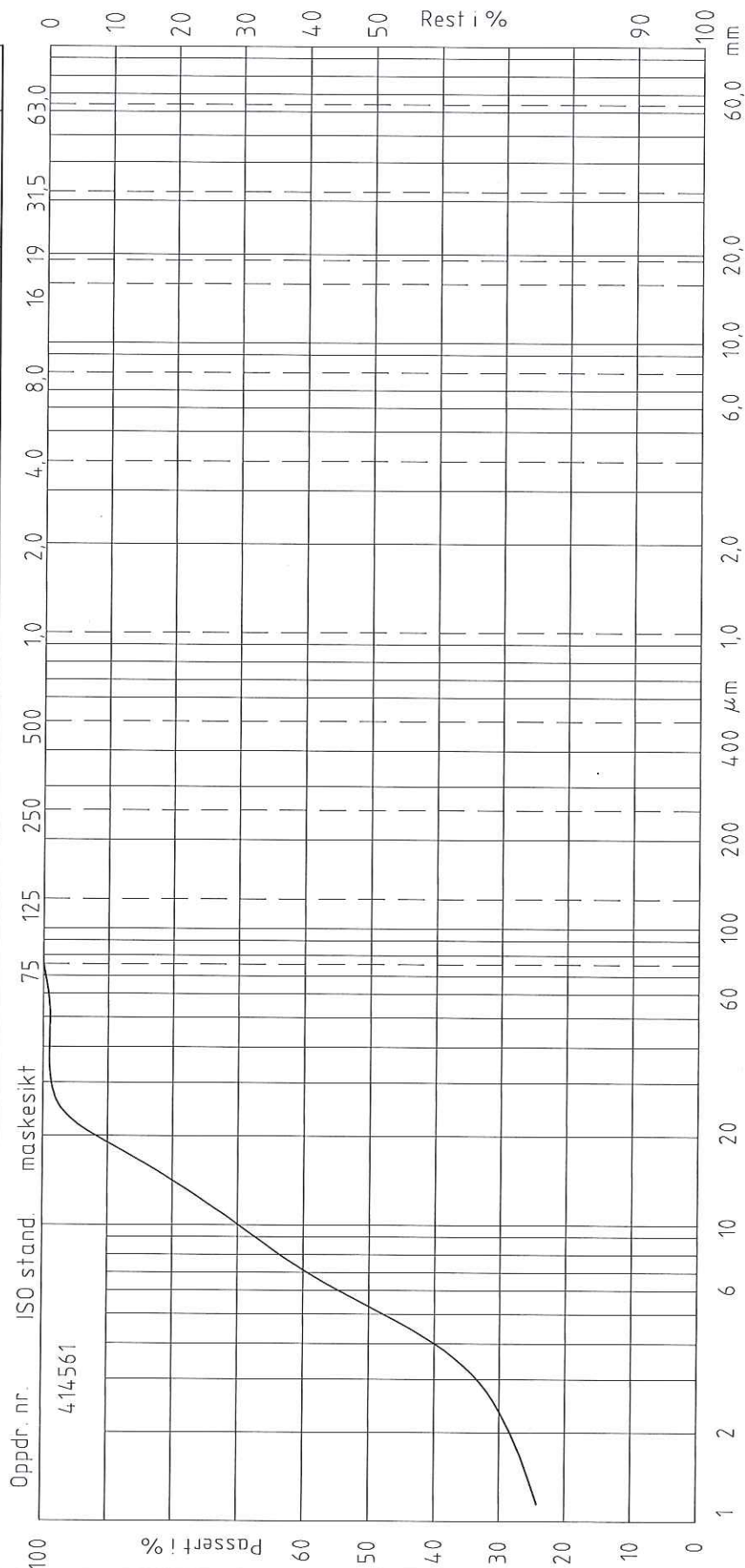
Jordartsid.	Beskrivelse	Identifikasjon
1	Sensitivt, finkornig materiale	
2	Organisk materiale	
3	Leire	Ved variasjon i jordartgruppe brukes begge Id-boksene for å beskrive materialet (eks. 5-7)
4	Leire - siltig leire	
5	Leirig silt - siltig leire	
6	Sandig silt - leirig silt	
7	Siltig sand - sandig silt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

Oppdragsgiver: Rana kommune		Oppdrag: Ytteren		Tegningens filnavn: CPTU_2.xlsx	
Jordartsidentifikasjon fra CPTU data - q_t og B_q .					
CPTU id.:	CPTU 2	Sonde:	4354		
MULTICONSULT AS	Dato: 27.11.2011	Tegnet: RK	Kontrollert: AYV	Godkjent:	SGH
	Oppdrag nr.: 414561	Tegning nr.: 40.4	Versjon: 04.01.2012	Revisjon:	0

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4354	Sondetype:	Nova
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0.840	Arealforhold, b:	0.000
Kalibreringsdato:	15.11.2010	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning (MPa):	50,0	0.5	2.0
Måleområde (MPa):	50,0	0.5	2.0
Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa):	0	0	0
Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa):	0.59	0.01	0.02
Max. temp. effekt, ubelastet (kPa):	35.57	0.58	0.61
Temperaturområde (°C):	0-40	0-40	0-40
Merknad 1:			
Merknad 2:			
UTFØRELSE			
Borleder:	Bård E. Krogsatd	Assistent:	
Filtertype:	Porøst filter	Mettemedium:	Glyserin
Mettemetode:	Ferdig mettet	Lufttemperatur (°C):	20.0
Forankring:		Max. helning (°):	1.3
Merknad 1:			
MÅLEVARIABLE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt (kPa):	12.45	0.20	0.21
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):	7.448	109.800	244.200
Etter sondering (Windows):	0.049	0.000	-0.300
Avvik (Windows) (kPa):	49.0	0.0	-0.3
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
Målestørrelse	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa)	62.04	0.21	0.53
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			
ANVENDELSESKLASSE	2	1	1
Oppdragsgiver:	Oppdrag:		
Rana kommune	Ytteren		
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet.			
CPTU id.:	CPTU 2	Sonde:	4354
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:
	27.11.2011	RK	arv
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.	Versjon:
	414561	40.5	04.01.2012

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



Symb.	PR.serienr	Dybde	Jordartsbetegnelse	Anmerkning	Metode		
					Tærstikt	Hydr. F.Drop	Våt + Tærstikt
	Hull 2	7,15 m	LEIRE, siltig			X	

KORNGRADERING

Rana kommune
Ytteren

Boring nr.
2

Borplan nr.
-001

Boret dato:
17.08.2011



MULTICONSULT AS

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

Dato 21.10.2011

Oppdragsnr.
414561

Konstr./Tegnet
truk

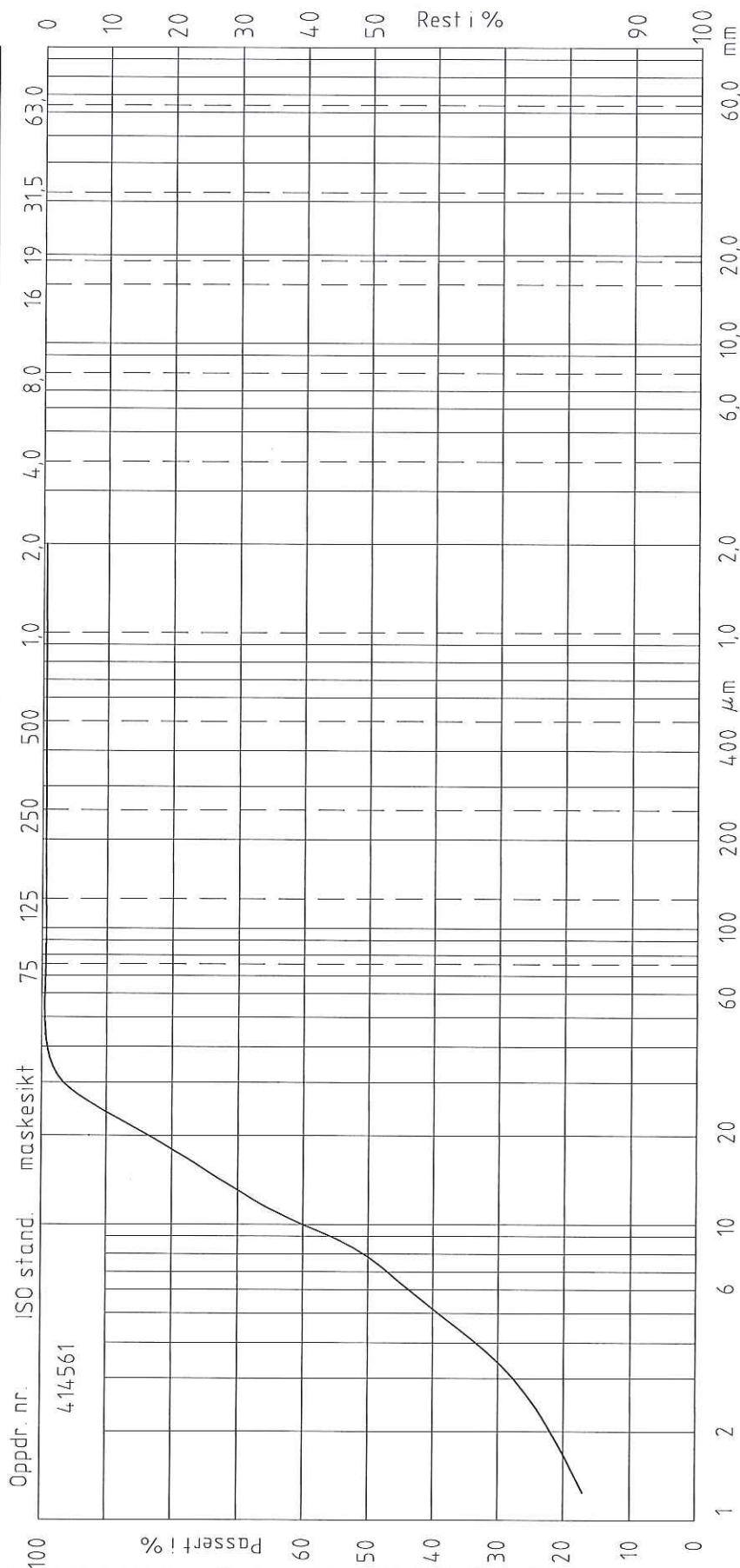
Tegningsnr.
060

Kontrollert
RK

Rev.

Godkjent
SGH

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



Symb.	PR.serienr	Dybde	Jordartsbetegnelse	Anmerking	Metode	
					Tørssikt	Hydr. F.Drop Våt + Torr Sikt
	Hull 6	5,1 m	LEIRE, siltig			X

KORNGRADERING

Rana kommune
Ytteren

MULTICONSULT AS

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

Dato 29.09.2011

Oppdragsnr. 414561

Konstr./Tegnet
truk

Tegningsnr. 061

Boring nr.
6

Borplan nr.
-001

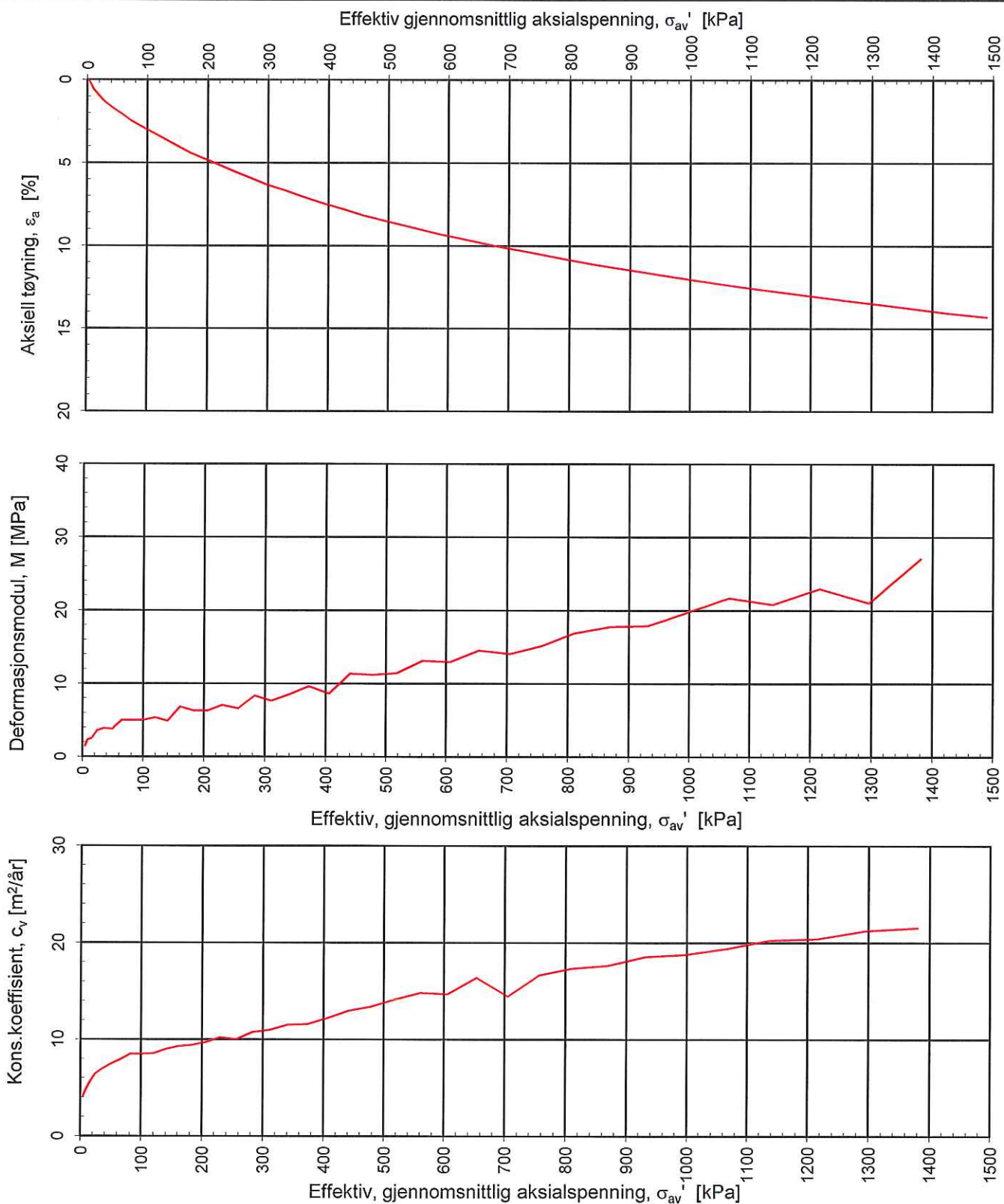
Boret dato:
22.08.2011

Kontrollert RK



Godkjent S4H

Rev.



Rana kommune

Ytteren

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

Tegningens filnavn:

CRS ,Hull 2, dybde 7,4m

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

17.10.2011

Dybde, z (m):

7.40

Borpunkt nr.:

2

Forsøknr.:

2

Tegnet av:

kjt

Kontrollert:

Ek

Oppdrag nr.:

414561

Tegning nr.:

075.1

Prosedyre:

CRS

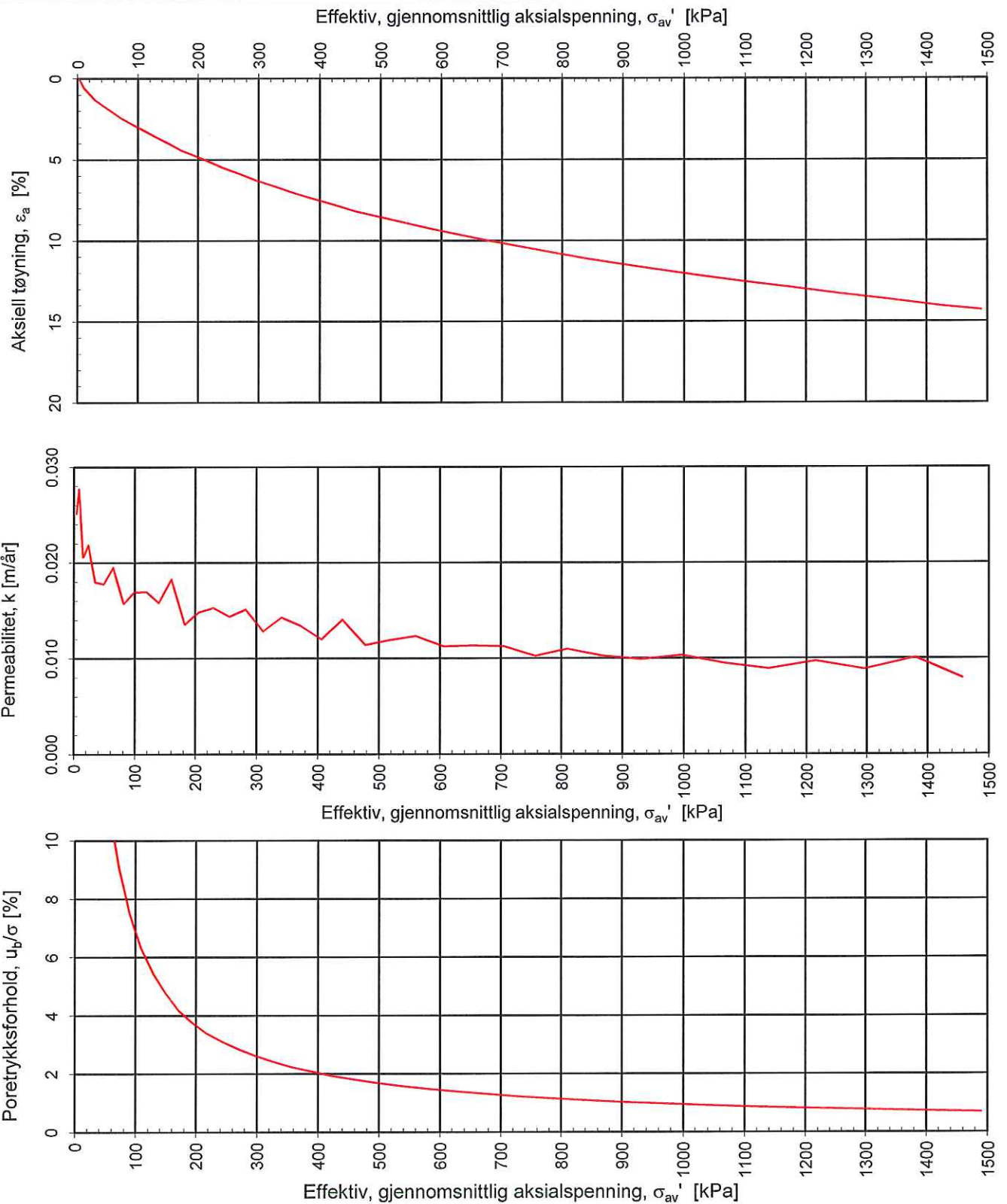
Godkjent:

SH

Programrevisjon:

01.06.2011





Rana kommune

Ytteren

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

Tegningens filnavn:

CRS ,Hull 2, dybde 7,4m



MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

17.10.2011

Dybde, z (m):

7.40

Borpunkt nr.:

2

Forsøknr.:

2

Tegnet av:

kjt

Kontrollert:

Rk

Godkjent:

SCH

Oppdrag nr.:

414561

Tegning nr.:

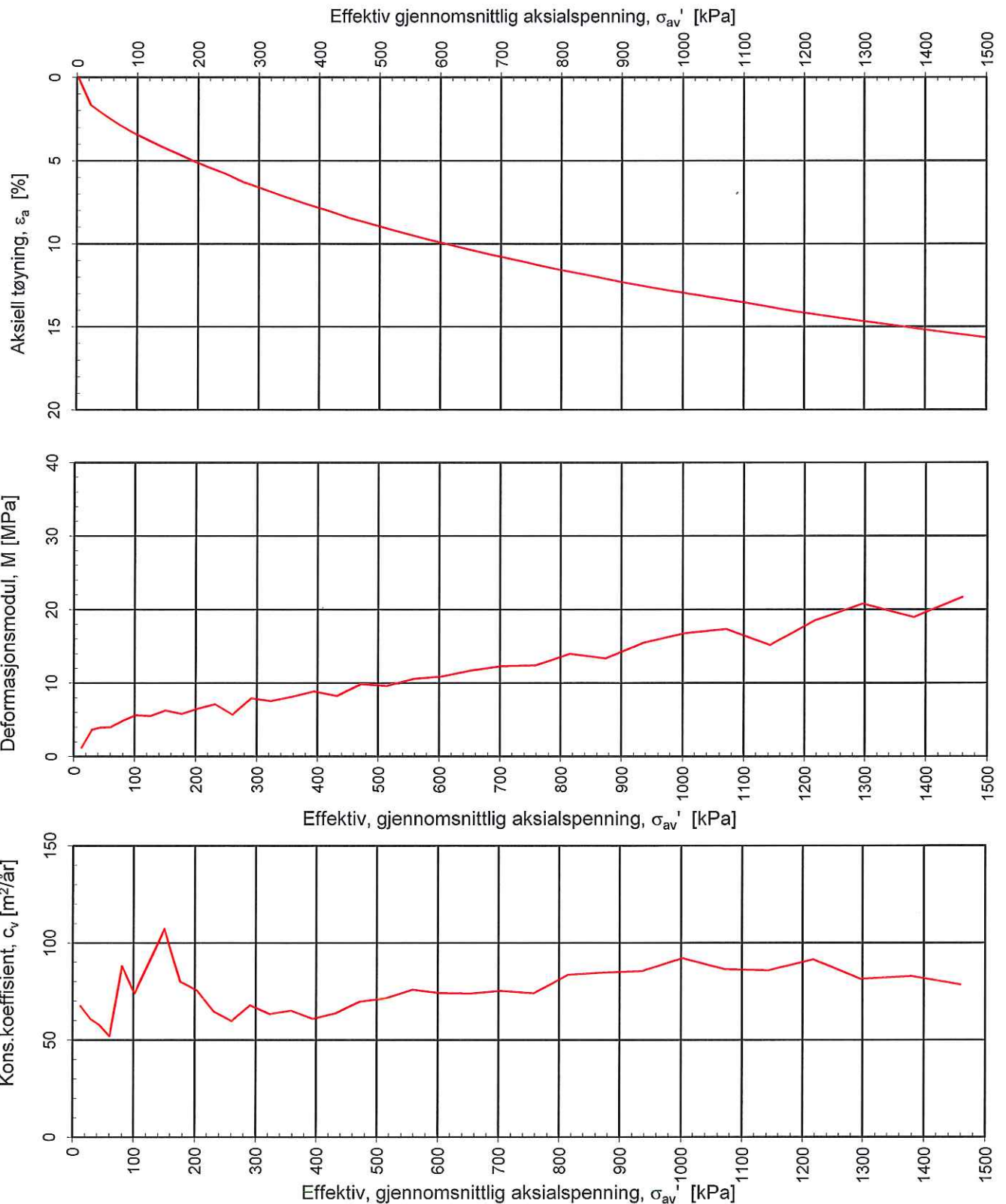
075.2

Prosedyre:

CRS

Programrevisjon:

01.06.2011



Rana kommune

Ytteren

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: σ_{av} - ϵ_a , M og c_v .

Tegningens filnavn:

CRS,Hull 6, 5.3m.xlsx

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

23.09.2011

Dybde, z (m):

5.30

Borpunkt nr.:

6

Forsøksnr.:

1

Tegnet av:

truk

Kontrollert:

RK

Oppdrag nr.:

414561

Tegning nr.:

076.1

Prosedyre:

CRS

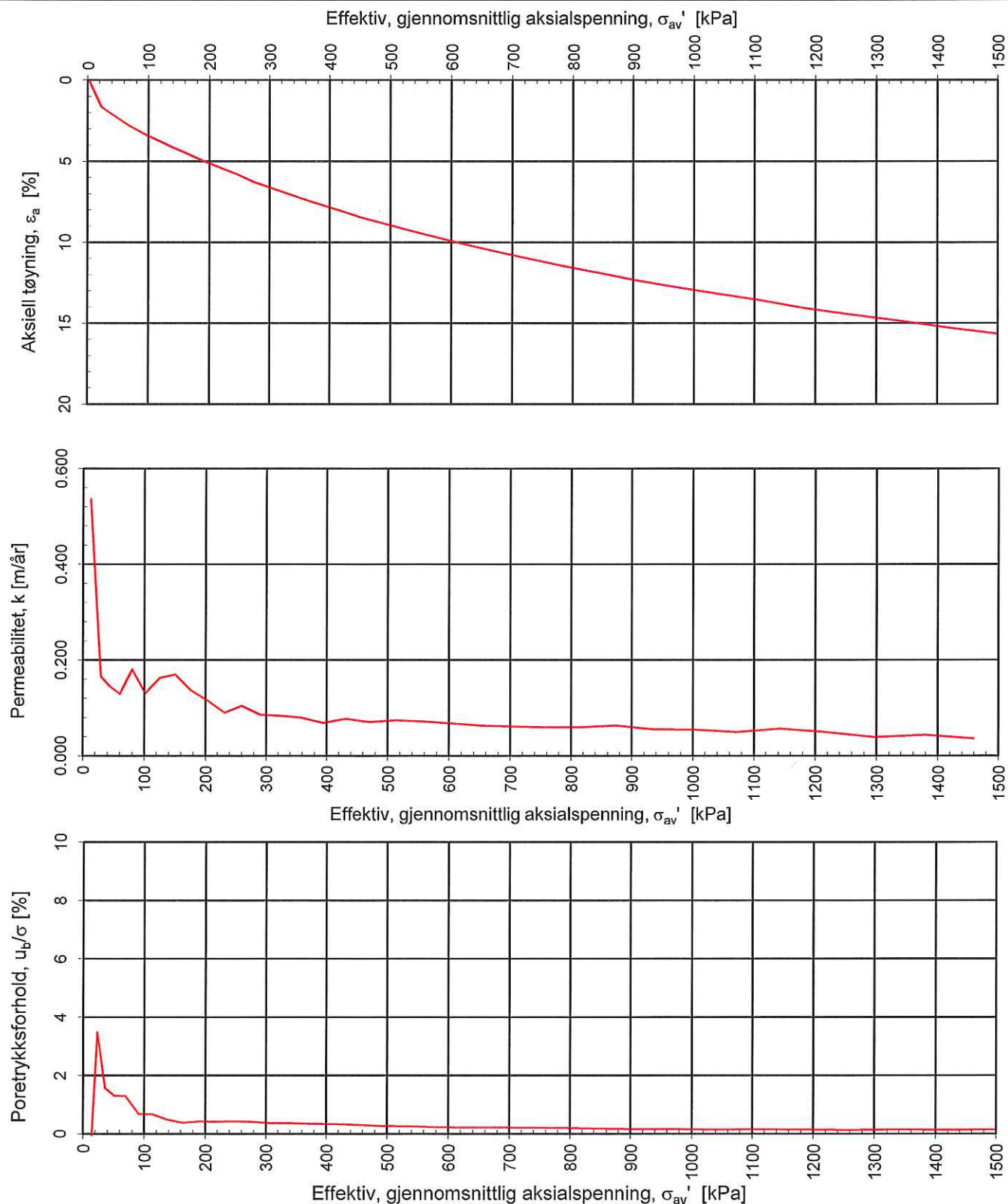
Godkjent:

SGH

Programrevisjon:

01.06.2011





Rana kommune

Ytteren

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

Tegningens filnavn:

CRS,Hull 6, 5.3m.xlsx

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

23.09.2011

Dybde, z (m):

5.30

Borpunkt nr.:

6

Forsøknr.:

1

Tegnet av:

truk

Kontrollert:

RK

Oppdrag nr.:

414561

Tegning nr.:

076.2

Prosedyre:

CRS

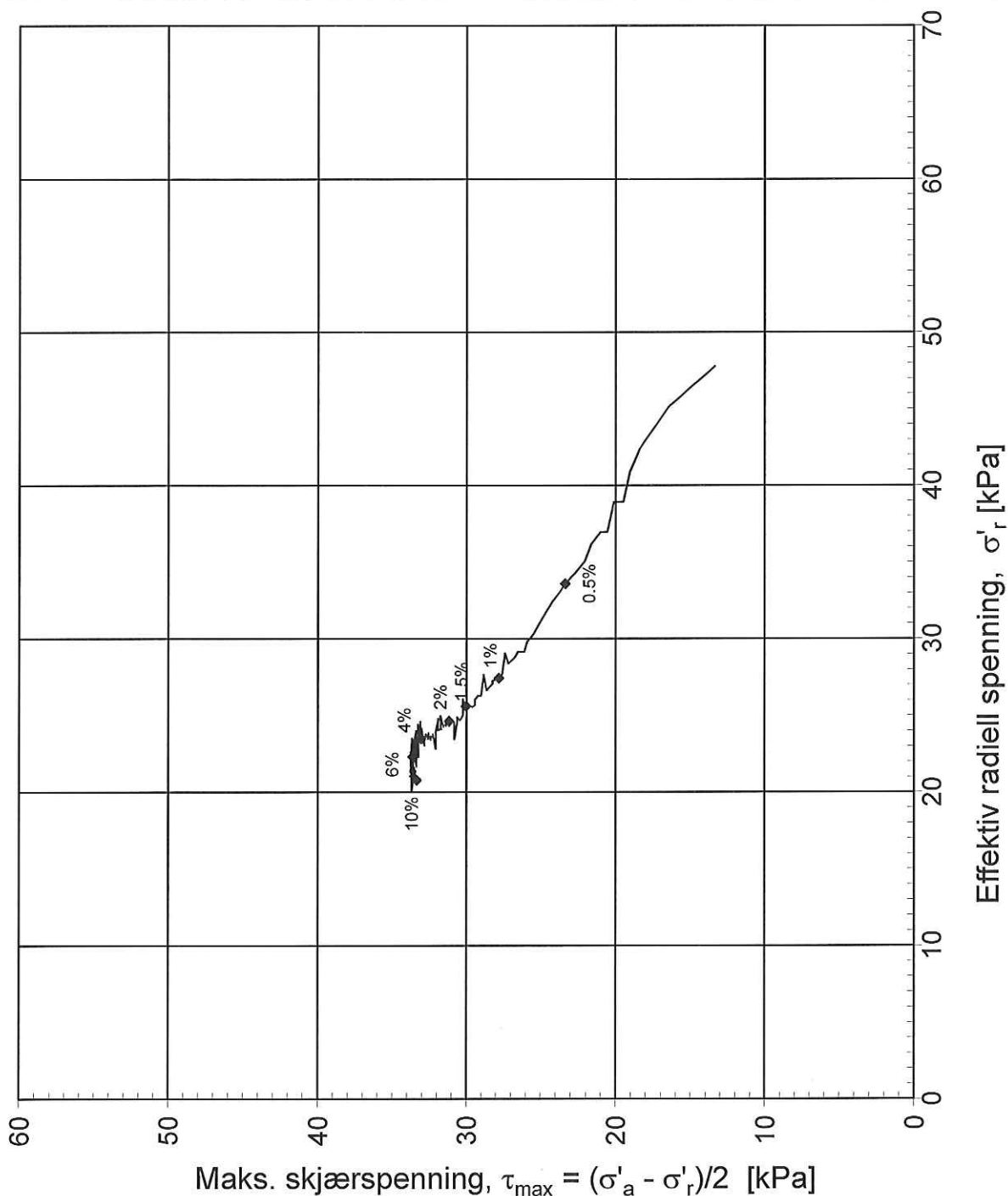
Godkjent:

SGH

Programrevisjon:

01.06.2011





Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	74.55
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	47.78
Volumtøyning i konsolideringsfase:	$\varepsilon_{vol} (\%) = \Delta V/V_0$:	2.81
Baktrykk u_b (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0.80
Vanninnhold w_i (%):	39.51	Densitet ρ_i (g/cm ³): 1.90

Rana kommune

Ytteren

Treksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

Tegningens filnavn:

CAUa H2, dybde 7,35m

MULTICONSULT AS

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

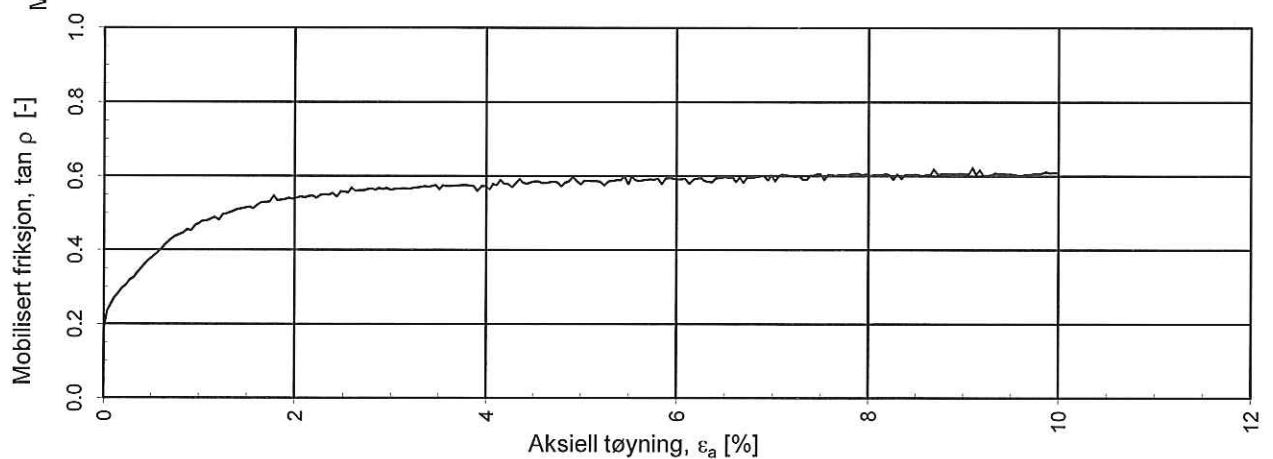
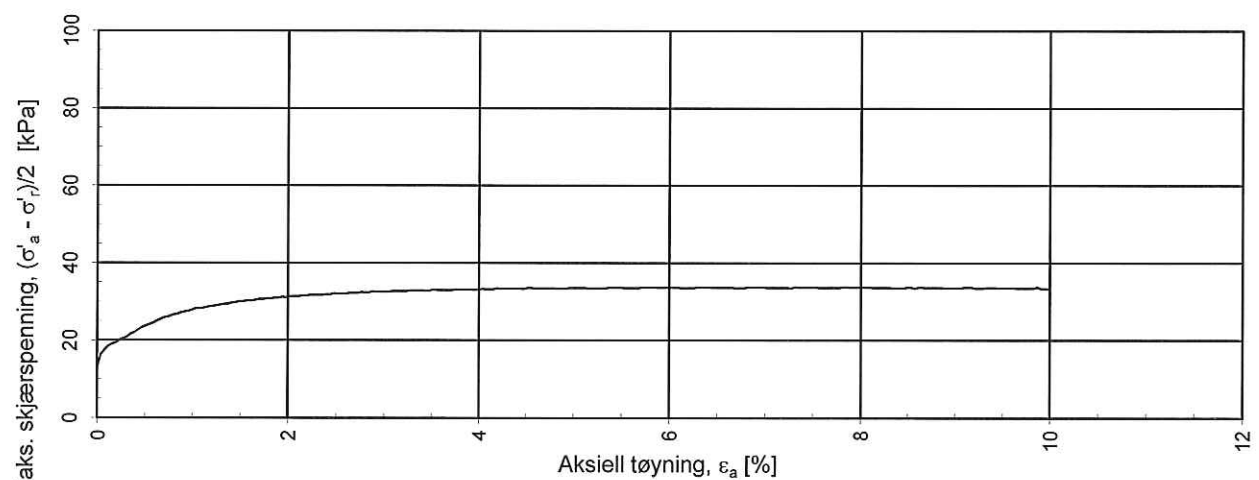
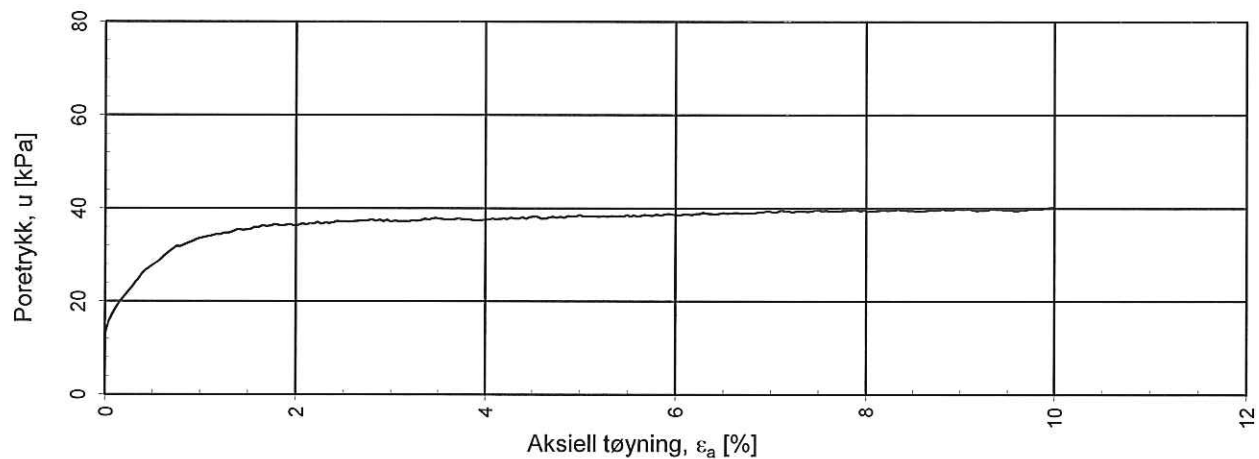
Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:
17.10.2011	7.35	2
Forsøk nr.:	Tegnet:	Kontrollert:
2	kjt	RK
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:
414561	077.1	CAUa

Godkjent:

SGH

Programrevisjon:

02.02.2011



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

Rana kommune

Ytteren

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:
17.10.2011

Forsøk nr.:
2

Oppdrag nr.:
414561

Dybde, z (m):
7.35

Tegnet:
kjt

Tegning nr.:
077.2

Borpunkt nr.:
2

Kontrollert:
Rk

Prosedyre:
CAUa

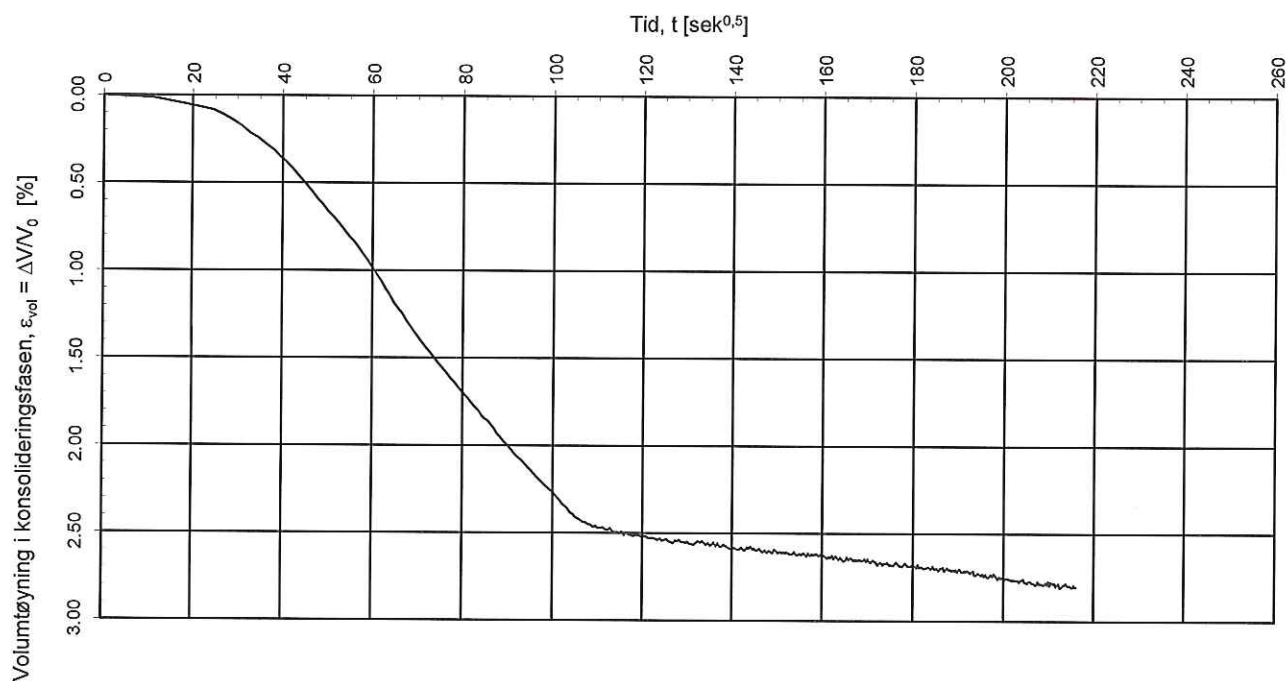
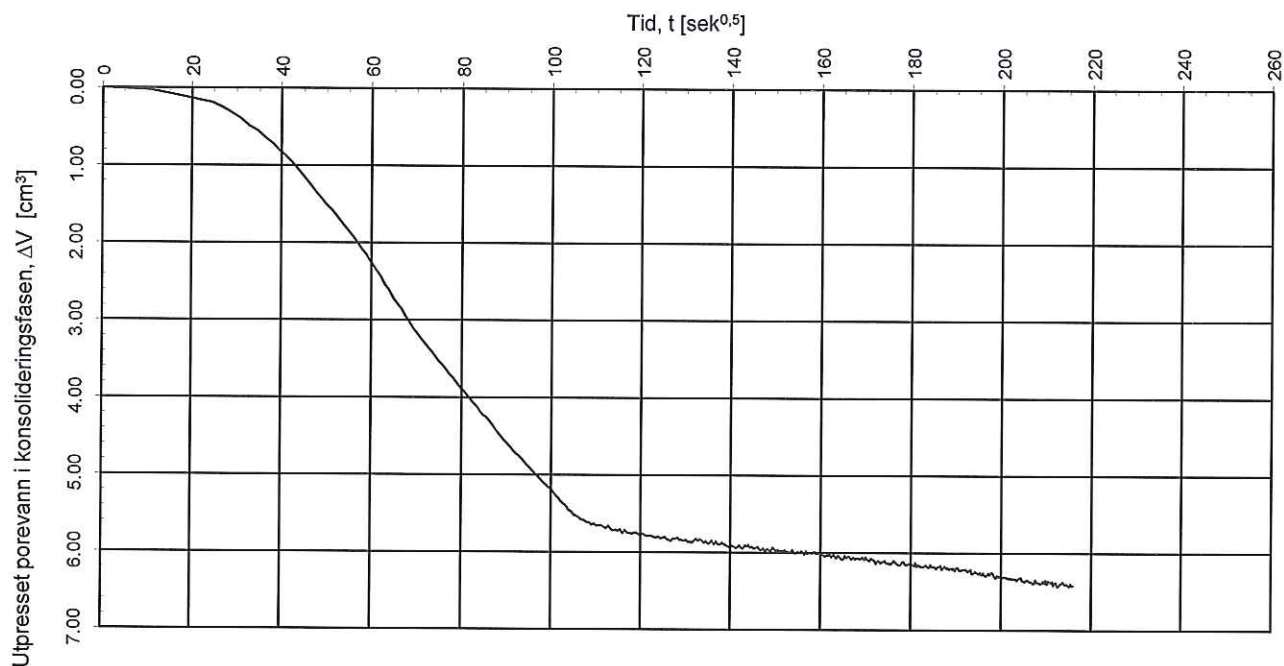
Tegningens filnavn:

CAUa H2, dybde 7,35m



Godkjent:
SCH

Programrevisjon:
02.02.2011



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	74.55
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	47.78
Volumtøyning i konsolideringsfase:	$\varepsilon_{vol} (\%) = \Delta V/V_0$:	2.81
Baktrykk u_b (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0.80
Vanninnhold w_i (%):	39.51	Densitet ρ_i (g/cm ³): 1.90

Rana kommune

Ytteren

Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

Tegningens filnavn:

CAUa H2, dybde 7,35m



MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:
17.10.2011

Forsøk nr.:
2

Oppdrag nr.:
414561

Dybde, z (m):
7.35

Tegnet:
kjt

Tegning nr.:
077.3

Borpunkt nr.:
2

Kontrollert:
RK

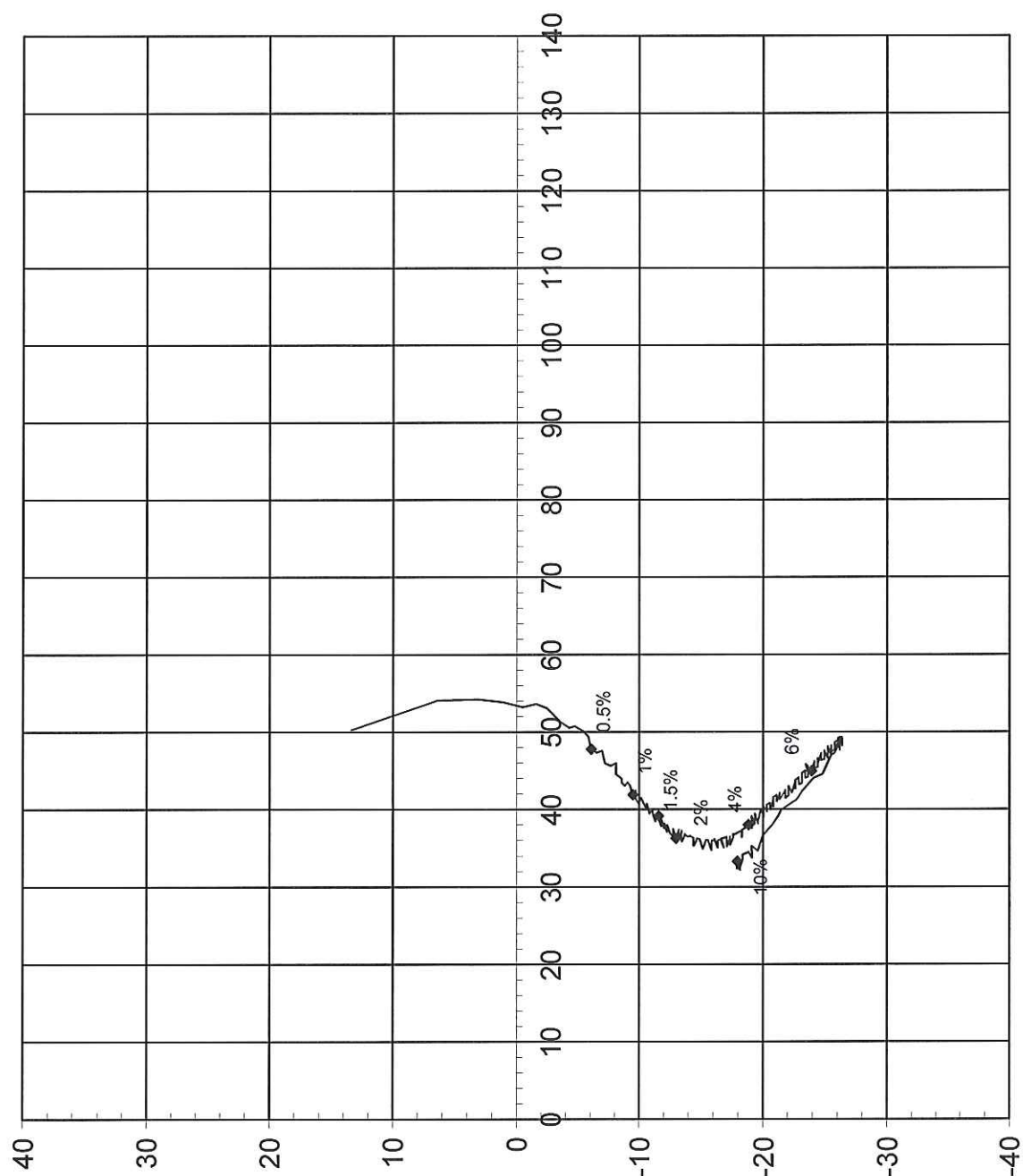
Prosedyre:
CAUa

Godkjent:

SCH

Programrevisjon:

02.02.2011



Effektiv radiell spenning, σ'_r [kPa]

Maks. skjærspenning, $\tau_{\max} = (\sigma'_a - \sigma'_r)/2$ [kPa]

Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	77.06
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	50.28
Volumtøyning i konsolideringsfase:	$\varepsilon_{vol} (\%) = \Delta V/V_0$:	4.24
Baktrykk u_b (kPa):	400	B - verdi $= \Delta u/\Delta \sigma_c (-)$: 0.95
Vanninnhold w_i (%):	39.51	Densitet ρ_i (g/cm ³): 1.90

Rana Kommune

Ytteren

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

Tegningens filnavn:

CAUp H2, dybde 7,25m



MULTICONSULT AS

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

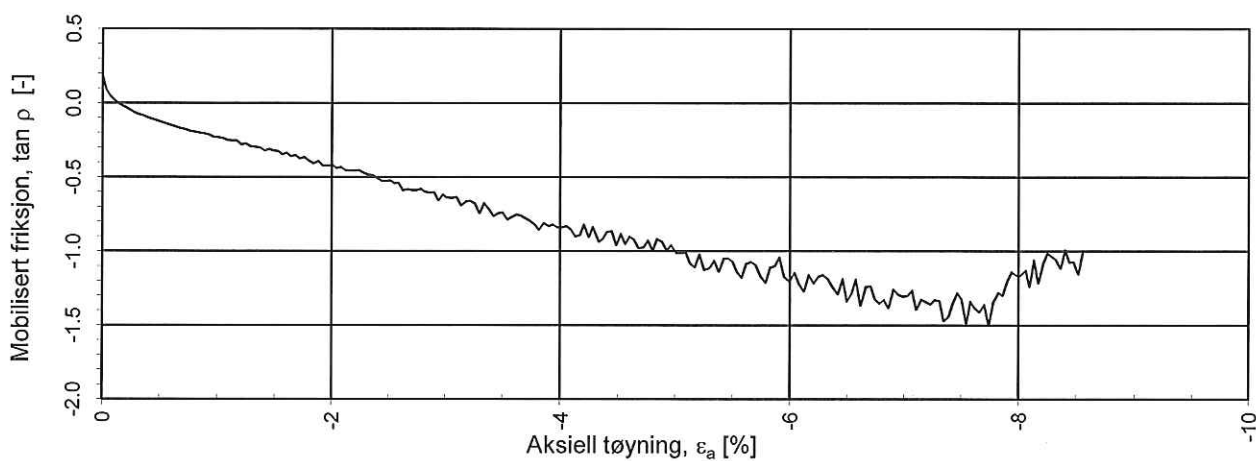
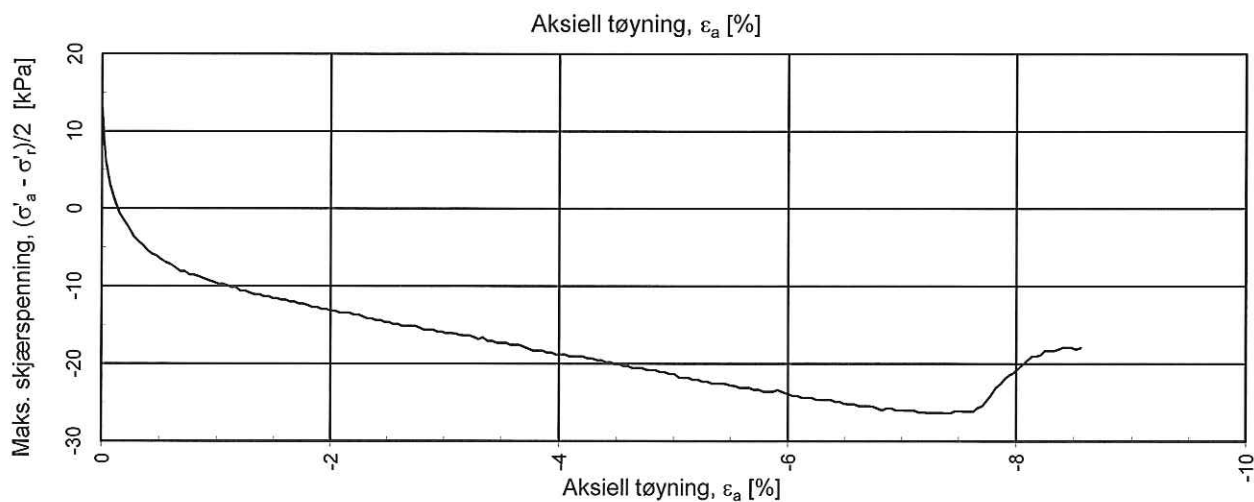
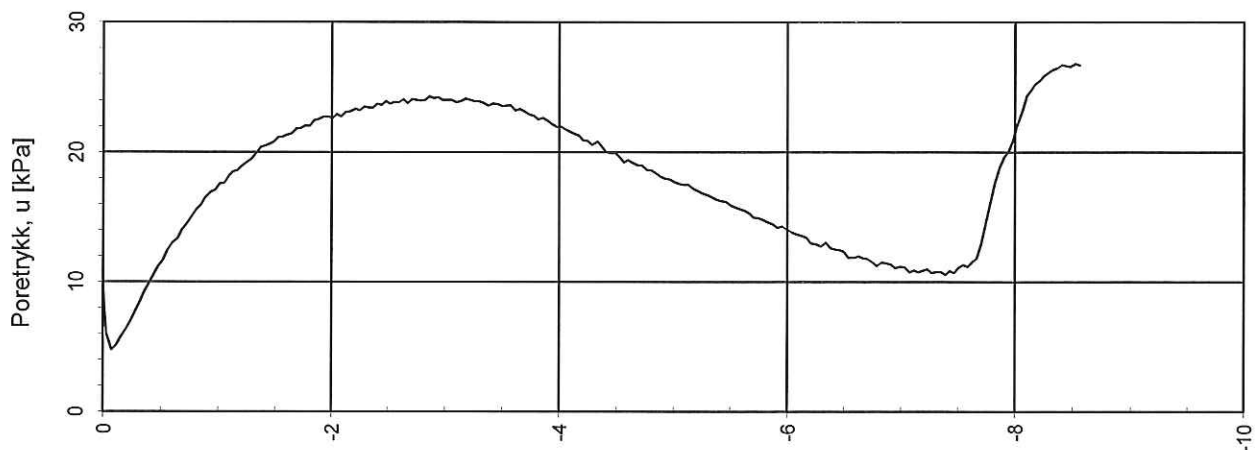
Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:
17.08.2011	7.25	2
Forsøk nr.:	Tegnet:	Kontrollert:
1	kjt	RL
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:
414561	078.1	CAUp

Godkjent:

SGH

Programrevisjon:

02.02.2011



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

Rana Kommune

Ytteren

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:
17.08.2011

Forsøk nr.:
1

Oppdrag nr.:
414561

Dybde, z (m):
7.25

Tegnet:
kjt

Tegning nr.:
078.2

Borpunkt nr.:
2

Kontrollert:
RK

Prosedyre:
CAUp

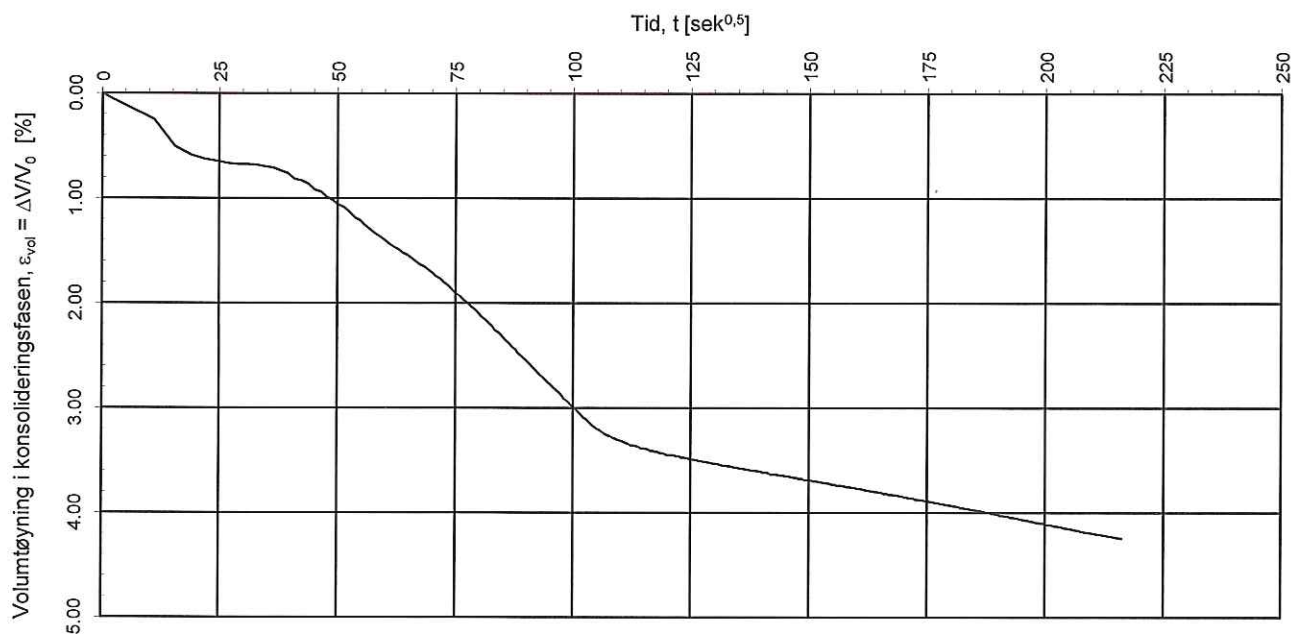
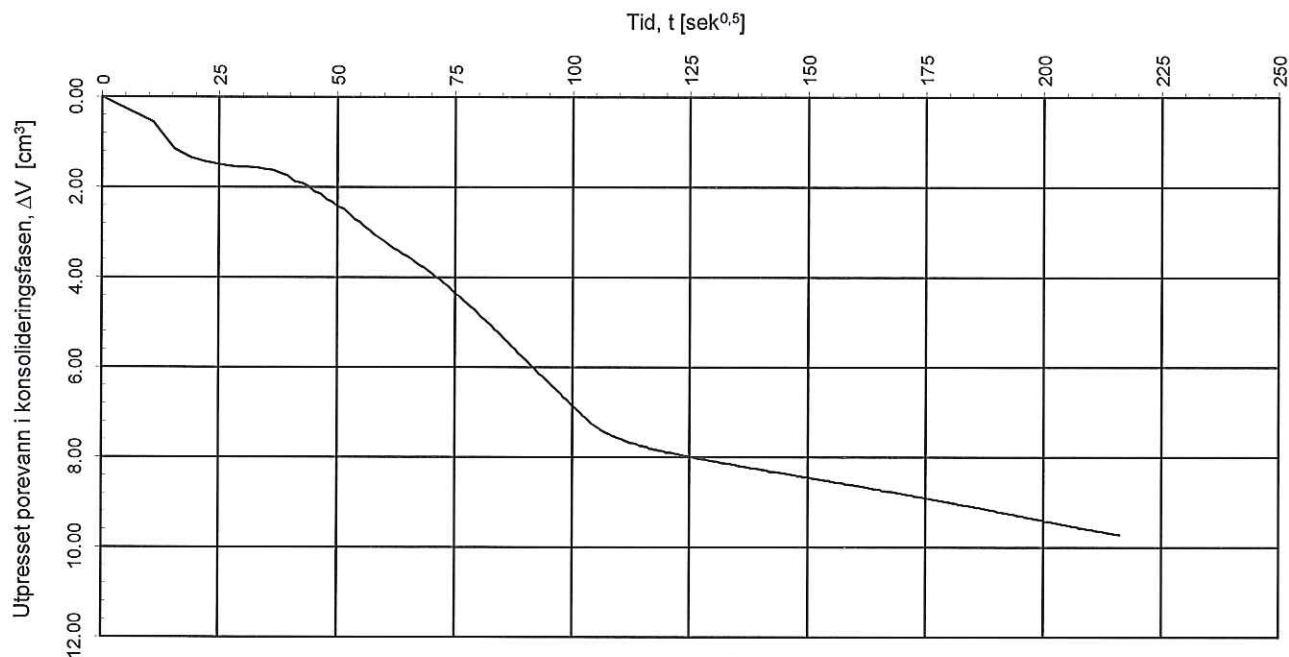
Tegningens filnavn:

CAUp H2, dybde 7,25m



Godkjent:
SGH

Programrevisjon:
02.02.2011



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	77.06
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	50.28
Volumtøyning i konsolideringsfase:	$\epsilon_{vol} (\%) = \Delta V/V_0$:	4.24
Baktrykk u_b (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0.95
Vanninnhold w_i (%):	39.51	Densitet ρ_i (g/cm ³): 1.90

Rana Kommune

Ytteren

Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

MULTICONSULT AS

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

Forsøksdato:

17.08.2011

Forsøk nr.:

1

Oppdrag nr.:

414561

Dybde, z (m):

7.25

Tegnet:

kjt

Tegning nr.:

078.3

Borpunkt nr.:

2

Kontrollert:

RLC

Prosedyre:

CAUp

Tegningens filnavn:

CAUp H2, dybde 7,25m

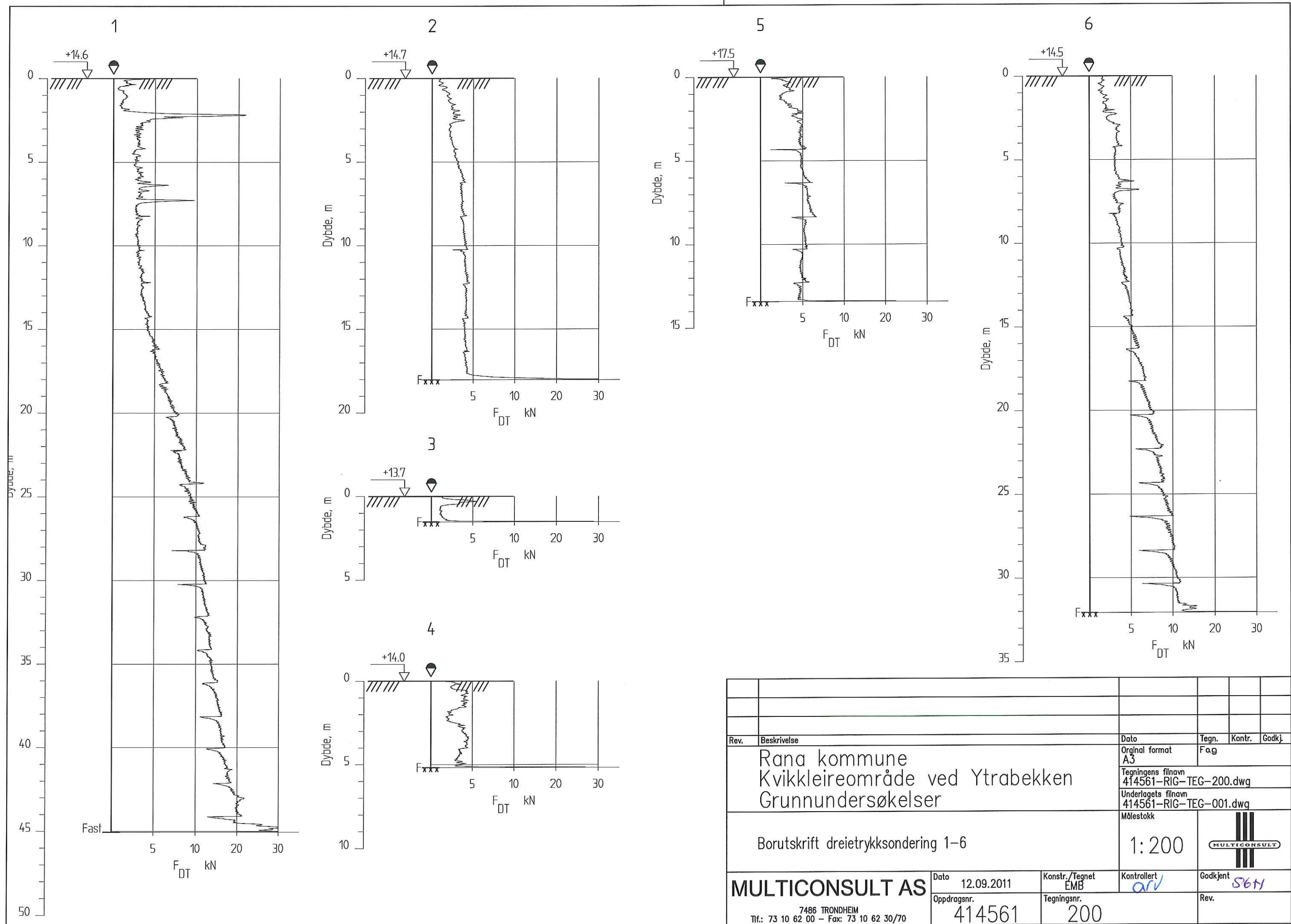


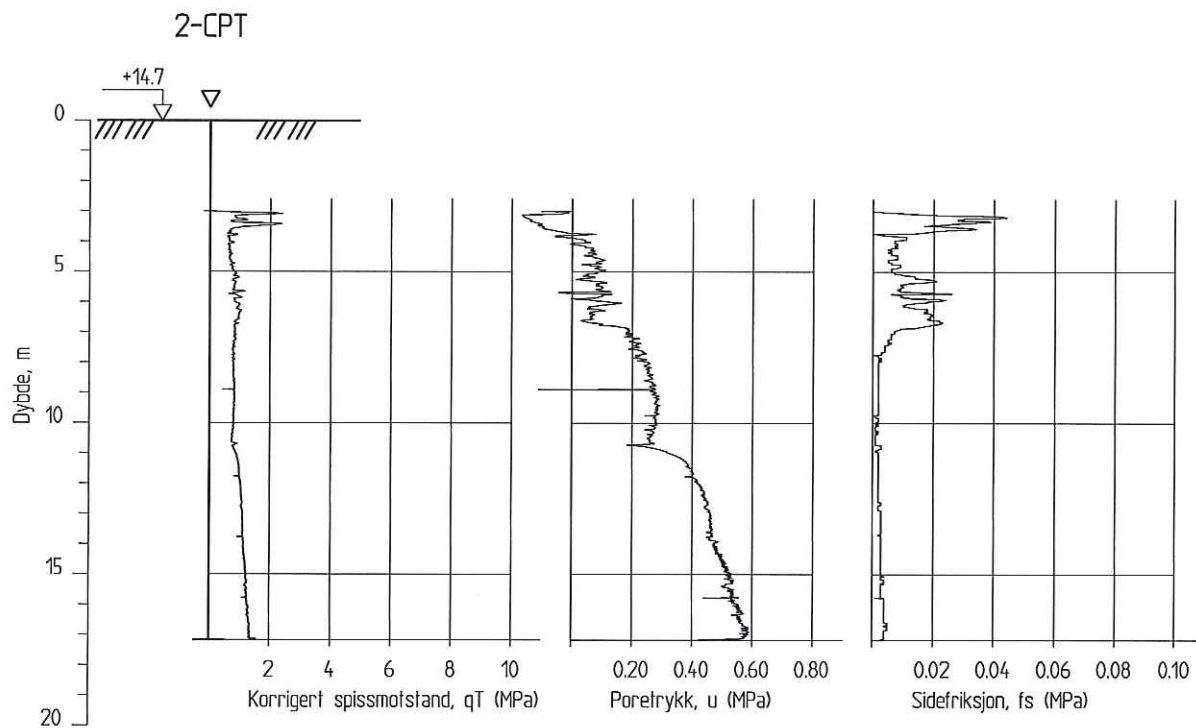
Godkjent:

SgtH

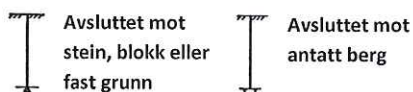
Programrevisjon:

02.02.2011

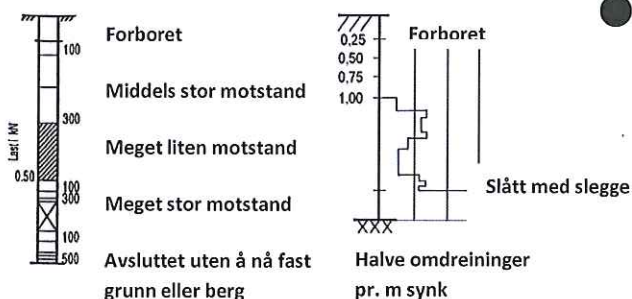




Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Rana kommune	Original format	Fag		
	Kvikkleireområde ved Ytrabekken	A3			
	Grunnundersøkelser	Tegningens filnavn			
		414561-RIG-TEG-200.dwg			
		Underlagets filnavn			
		414561-RIG-TEG-001.dwg			
	Borutskrift CPT 2	Målestokk			
		1:200			
MULTICONCONSULT AS	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
	12.09.2011	EMB	Arv	SBH	
	Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.	
	414561	201			



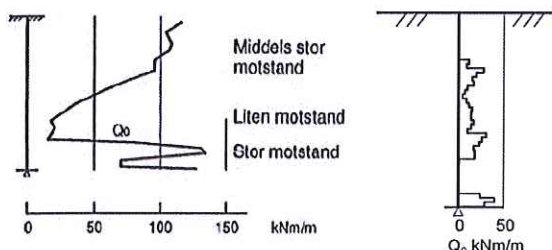
Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



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 tverrstreker 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.

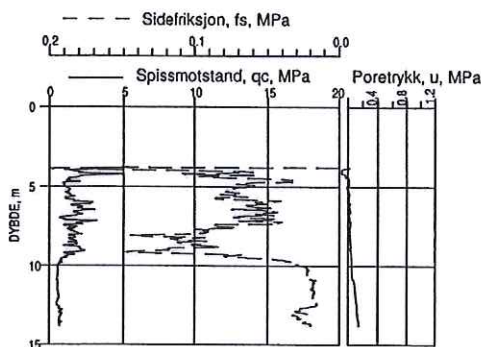


RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)

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.

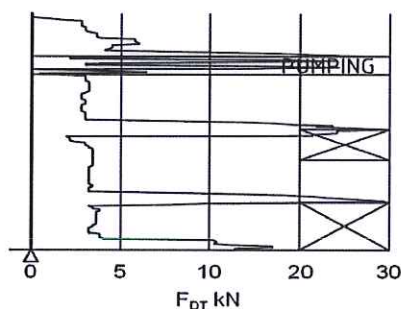
Q_0 = loddets tyngde * fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)



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).

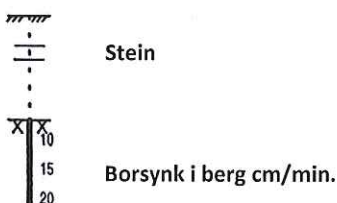


DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)

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.

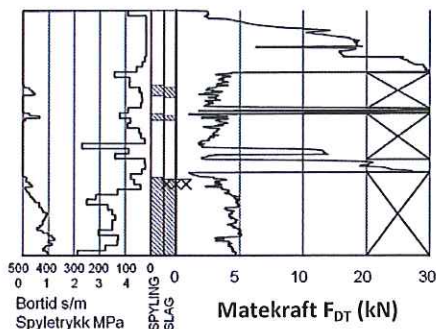
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.

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.



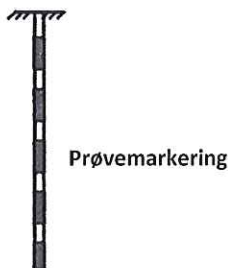
TOTALSONDERING (NGF MELDING 9)

Kombinerer metodene dreietrykkssondering og bergkontrollboring. Det benyttes $\phi 45$ mm skjøtbare borstenger og $\phi 57$ mm stiftborkrone med tilbakeslagsventil. Under nedboring i bløte lag benyttes dreietrykksmodus, 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

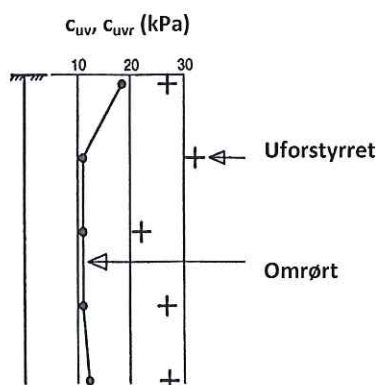
Utføres med hul borstang påsveis et metallspiral med fast stige høyde (auger). Med borrhjelp kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet mellom spiralskivene. Det er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



PRØVETAKING (NGF MELDING 11)

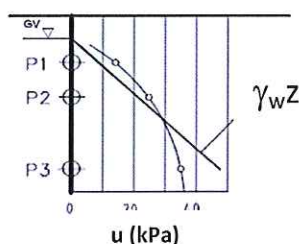
Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet. Vanligvis benyttes stempelprøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylinderen kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På ønsket dybde blir prøvesylinderen 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 (poretrykksmåler). 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).

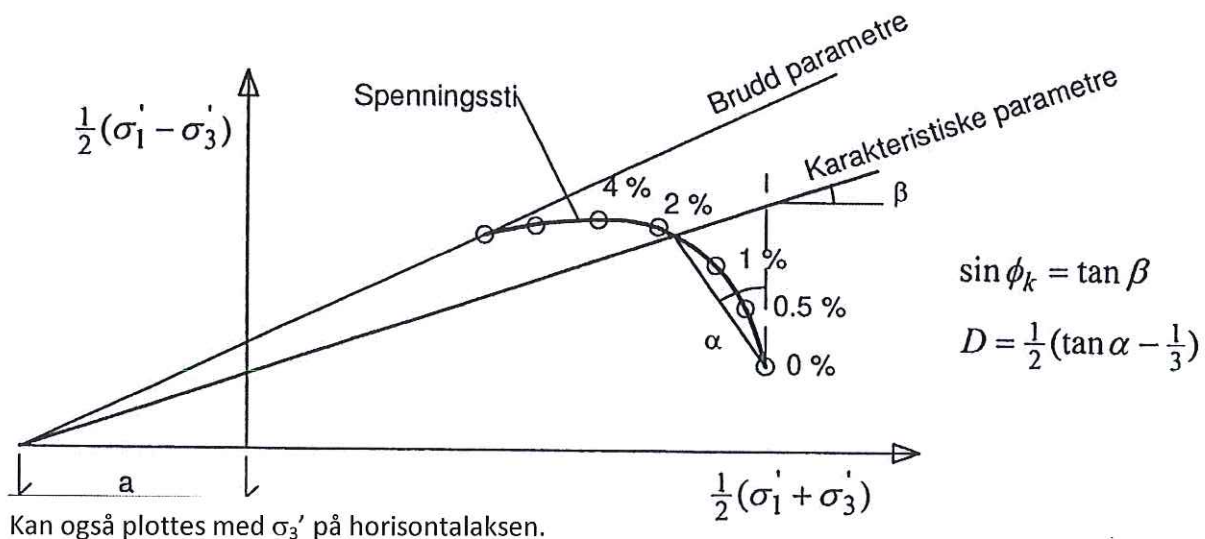
Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre a , c , ϕ ($\tan\phi$) (kPa, kPa, °, (-))

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 poretrykkparametrene 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_{uA}) (NS8016), konusforsøk (c_{uK} , c_{uKf}) (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) ($c_{u(CPTU)}$) 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 ($c_r < 0,5$ kPa), og viser derfor som regel meget høye sensitivitetsverdier.

VANNINNHOOLD (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

TYNGDETETTHETER

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

PORETALL OG PORØSITET (NS 8014)

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

KORNFORDELINGSANALYSER (NS 8005)

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

DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER (NS 8017 & 8018)

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

Modell	Moduluttrykk	Jordart - spenningsområde
Konstant modul	$M = m_{oc}\sigma_a$	OC leire, $\sigma' < \sigma'_c$ (σ'_c = prekonsolideringsspenningen)
Lineært økende modul	$M = m(\sigma' \pm \sigma_r)$	Leire, fin silt, $\sigma' > \sigma'_c$
Parabolisk økende modul	$M = mV(\sigma'_a)$	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 mineral-kornene. 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_s som funksjon av innbyggingsvanninnhold w_i . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås (ρ_{dmax}) benyttes ved spesifisering av krav til utførelsen av komprimeringsarbeidet. 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).

HUMUSINNHOOLD

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