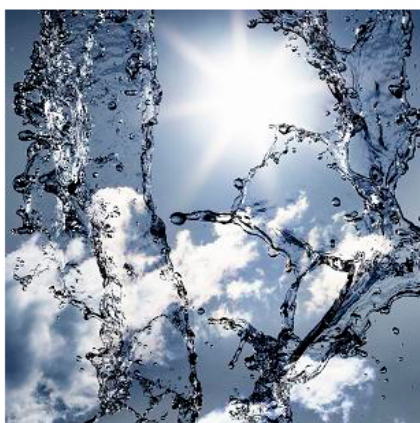
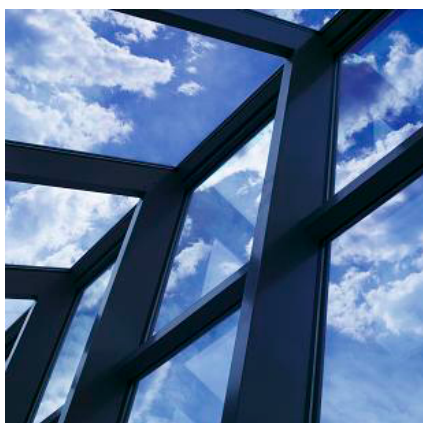

RAPPORT

Planovergang og stasjonstiltak, Hegra stasjon

OPPDRAAGSGIVER
Jernbaneverket

EMNE
Datarapport grunnundersøkelser

DATO / REVISJON: 20. august 2014 / 00
DOKUMENTKODE: 415952-20-RIG-RAP-001



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG	Planovergang og stasjonstiltak, Hegra stasjon	DOKUMENTKODE	415952-20-RIG-RAP-001
EMNE	Datarapport grunnundersøkelser	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Jernbaneverket	OPPDRAAGSLEDER	Knut Johansen
KONTAKTPERSON	Åge Sjømark	UTARBEIDET AV	Lise Føsum Christiansen
KOORDINATER	SONE: 32 V ØST: 6045 NORD: 70387	ANSVARLIG ENHET	3012 Multiconsult AS
GNR./BNR./SNR.	228 / / / Stjørdal kommune		

SAMMENDRAG

Jernbaneverket ønsker å fjerne planovergang ved Km 42,175 på Meråkerbanen ved Hegra stasjon i Stjørdal kommune. I den forbindelse planlegges det å bygge en kulvert under jernbanen ca. 25 meter vest for dagens planovergang samt tilhørende veger. I tillegg planlegges en veg langs jorden for å gi adgang til dyrket mark. Veglinje 62000 er lagt langs bunnen av skråningen og i utkanten av dagens dyrkamark, mens veglinje 63000 etableres i forbindelse med kulverten.

Multiconsult AS er engasjert av Jernbaneverket til å utføre grunnundersøkelser i forbindelse med sanering av planovergangen, etablering av kulvert og bygging av ny veg i foten av skråningen.

Feltundersøkelsene har bestått av 5 totalsonderinger, 3 prøveserier og det er satt ned poretrykksmåler i et punkt.

Laboratorieundersøkelsene omfatter rutineundersøkelser på opptatte prøver, samt treaktsialforsøk.

Løsmassene består av et topplag på 2 til 4 m av sand, silt og planterester over leire. Sondringene er avsluttet på 15 og 20 meters dybde.

Det er påvist kvikkleire på dybde 8 – 9 meter i boringpunkt 2.

00	20.08.2014	Utsendelse av datarapport	Lise Føsum Christiansen <i>LFC</i>	Haakon Kulberg <i>HK</i>	Arne Vik <i>AV</i>
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
1.1	Formål og bakgrunn	5
1.2	Myndighetskrav	5
2	Grunnundersøkelser	5
2.1	Tidligere grunnundersøkelser	5
2.2	Nyere grunnundersøkelser	5
2.2.1	Feltundersøkelser	5
2.2.2	Laboratorieundersøkelser	6
3	Topografi og grunnforhold	6
3.1	Områdebeskrivelse	6
3.2	Kvartærgeologi	7
3.3	Grunnforhold	7
4	Sluttbemerkning	8
5	Referanser	8

Tegninger

415952-70-RIG-TEG	- 000	Oversiktskart
	- 001	Borplan
	- 010	Geoteknisk data, PR. 1
	- 011	Geoteknisk data, PR. 2
	- 012	Geoteknisk data, PR. 5
	- 090.1	Aktivt treaksialforsøk, PR. 2, d=10,35m. Deviatorspenningssti. NTNU-plott
	- 090.2	Aktivt treaksialforsøk, PR. 2, d=10,35m. Poretrykks- og mobiliseringsforløp
	- 090.3	Aktivt treaksialforsøk, PR. 2, d=10,35m. Vannutpressing - volumtøyning
	- 100	Profil A - A
	- 101	Profil B - B

Geoteknisk bilag

1. Geoteknisk informasjon: Terminologi for feltundersøkelser
2. Geoteknisk informasjon: Terminologi for laboratorieundersøkelser
3. Oversikt over metodestandarder – felt- og laboratorieundersøkelser

1 Innledning

1.1 Formål og bakgrunn

Jernbaneverket ønsker å fjerne planovergang ved Km 42,175 på Meråkerbanen ved Hegra stasjon i Stjørdal kommune. I den forbindelse planlegges det å bygge en kulvert ca. 25 m vest for dagens planovergang med tilhørende veger. I tillegg skal det bygges en veg langs jordet nedenfor kulverten for å gi adkomst til dyrket mark.

Multiconsult AS er engasjert av Jernbaneverket til å utføre grunnundersøkelser i forbindelse med sanering av planovergangen, etablering av kulvert og ny veg langs skråningen nedenfor kulverten.

Foreliggende rapport presenterer resultater fra grunnundersøkelsene.

1.2 Myndighetskrav

Oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet er bygd opp med prosedyrer og beskrivelser som er dekkende i henhold til kvalitetsstandard NS-EN ISO 9001:2008 /1/. Oppdraget er også gjennomført i henhold til Eurokode 7 – Del 2 /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

Rambøll AS har tidligere utført undersøkelser i det aktuelle området. Tidligere grunnundersøkelser fremgår av følgende rapport:

Tabell 2-1: Oversikt over tidligere grunnundersøkelser.

Oppdrag nr.	Rapport nr.	Utførende	År	Oppdragsgiver	Oppdragsnavn
6130517	01	Rambøll	2013	Hegra Eiendomsforvaltning AS	Hegraneset, Hegra

2.2 Nyere grunnundersøkelser

2.2.1 Feltundersøkelser

Geotekniske feltundersøkelser ble utført i uke 13 i 2014 med borerigg av typen Geotech 607D. Arbeidene ble utført av borleder Bård Einar Krogstad og borlederassistent Oddbjørn Rønning.

Borplan med plassering av borpunkter og type boringer er vist på tegning nr. 415952-20-RIG-TEG-001. Utførte grunnundersøkelser omfatter:

- Totalsondering i 5 punkter
- Opptak av uforstyrrede 54 mm prøveserier og representative skovlprøver i 3 borpunkter (borpunkt 1, 3 og 5)
- Poretrykksmåling ca. 6 m under terreng i borpunkt 5

Borpunktene er satt ut av borleder / klargjører og er senere innmålt med GPS Glonas CPOS. Alle kotehøyder refererer til NGO NN1954.

Plassering av borpunktene er vist på tegning nr. 415952-20-RIG-TEG-001 og boringene er opptegnet i tverrprofil på tegning nr. 100 og -101.

Boringenes utførelse og resultater er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 1, mens oversikt over metodestandarder for utførelse er gitt i geoteknisk bilag 3.

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, tyngdetetthet, samt udrenert og omrørt skjærfasthet i massene. Det er også utført et treaksialforsøk.

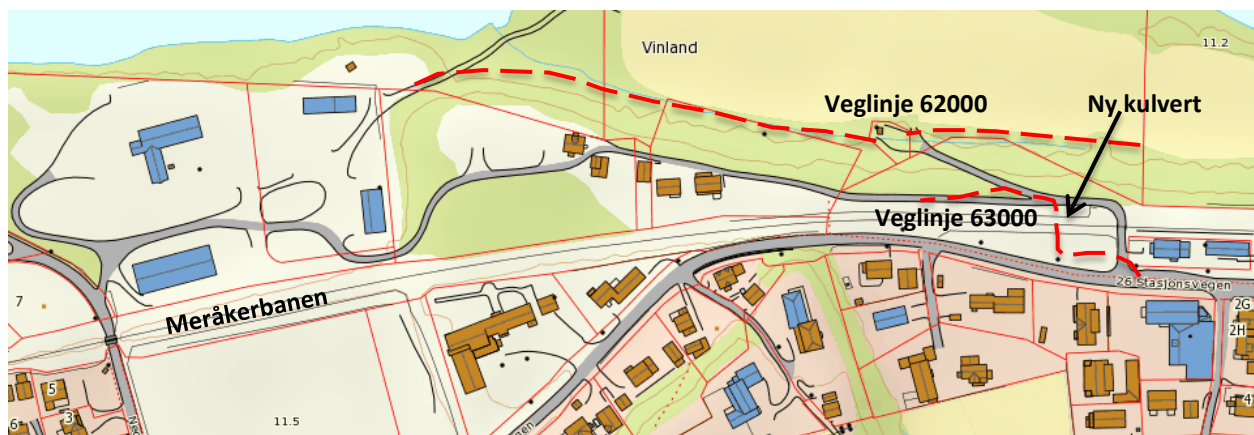
Resultat fra rutineundersøkelsene er presentert som geoteknisk data i borprofil, se tegning nr. 415952-20-RIG-TEG-010 tom. -012. Treaksialforsøket er vist i tegning nr. 090.1 – 090.3

Utførelse av laboratorieundersøkelsene er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 2, mens oversikt over metodestandarder for utførelse er gitt i geoteknisk bilag 3.

3 Topografi og grunnforhold

3.1 Områdebeskrivelse

Det aktuelle området ligger ved Hegra stasjon. Figur 3-1 viser oversiktskart over det aktuelle området.



Figur 3-1: Oversiktskart over Hegra stasjonsområde (www.norgeskart.no).

Ny kulvert planlegges omtrent ved Km 42,150 på Meråkerbanen med tilhørende adkomstveger (veglinje 63000). I tillegg planlegges det en veg, veglinje 62000, langs jordet for å gi adkomst til dyrket mark.

Jernbanen ligger i nivå med eksisterende terreng ved dagens planovergang og der kulvert er planlagt, omtrent på kote +18,5. Tilhørende veglinje 63000 er planlagt i nivå med eksisterende terreng. Jernbanen ligger på et platå med skråning mot nord ned mot dyrket mark og Stjørdalselva. Veglinje 62000 går langs skråningsfoten i ytterkant av dyrket mark, omtrent på kote +9,0. Skråningen har helning på ca. 1:2, stedvis brattere.

3.2 Kvartærgeologi

Kvartærgeologisk kart viser at løsmassene i planområdet består av elveavsetning, se Figur 3-2. Det bemerkes at kvartærgeologisk kart er basert på overflateprøver av løsmassene. Følgelig kan løsmassene i dybden bestå av andre masser.



Figur 3-2: Utsnitt av kvartærgeologisk kart - løsmasser (www.ngu.no).

3.3 Grunnforhold

Utførte sonderinger er avsluttet mellom 15 og 20 m under terreng i faste masser, berg er ikke påtruffet.

Løsmassene består av i hovedsak av et topplag av silt, sand og grus. Lokalt er det påtruffet antatt fyllmasse og enkelte små planterester. Under topplaget er det påtruffet leire med tynne silt- og finsandlag og lokale lommer som trolig består av grus eller sand.

I prøveserien i borpunkt 2 er det påvist kvikkleire på dybde 8 – 9 meter under terreng (kvikkleire i henhold til NVEs retningslinjer nr. 7/2014, ref. /3/). På dybde 10 – 11 meter under terreng er det registrert middels sensitivt materiale med omrørt skjærstyrke på ca. 2 – 4 kPa. I borpunkt 5 er det på dybde 6 – 7 meter under terreng også registrert middels sensitive masser med omrørt skjærstyrke på 5 – 7 kPa.

Sonderingsresultatene indikerer økende fasthet med dybden og noen lokale fastere lag som sannsynligvis består av sand eller grus.

Grunnvann og poretrykksforhold

Det er satt ned en hydraulisk poretrykksmålør i borpunkt 5 i dybde 6 meter under terreng. Målt vannstand er vist i tabellen under.

Tabell 3-1: Poretrykksavlesning i BP. 5.

BP.	Kote terreng	Kote piezometerspiss	Løsmasser ved piezometerspiss	Meter vannsøyle[m]	Grunnvannsstand [kote]	Dato avlest
5	+18,4	+12,4	Leire	0,8	+ 13,2	10.06.2014

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.

I forbindelse med grunnundersøkelsene ble grunnvannstanden peilet i borpunkt 1, 2 og 5, se tabellen under. Metoden med grunnvannspeiling i borhull er usikker, da grunnvannet måles kort tid etter sondering og som regel ikke har rukket å stabilisere seg ennå. Målingene gir likevel en indikasjon på hvor omtrent grunnvannet kan tenkes å ligge i grunnen.

Tabell 3-2: Peilet grunnvannsstand.

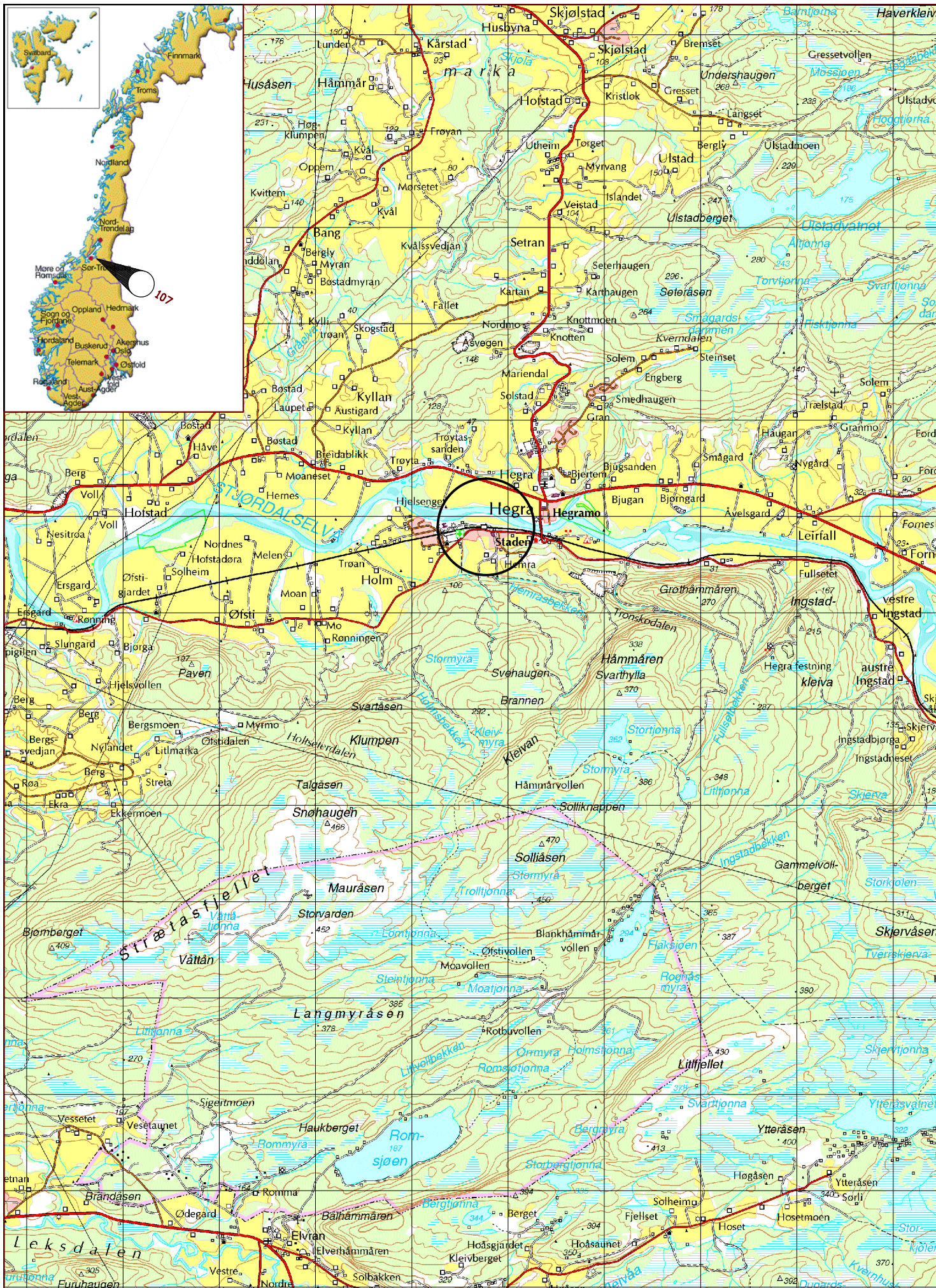
BP.	Kote terreng	Peilet grunnvannsstand [kote]	Dato utført
1	+9,8	Ca. +8,8	26.03.2014
2	+18,7	Ca. +16,7	25.03.2014
5	+18,4	Ca. +14,6	25.03.2014

4 Sluttbemerkning

Det påpekes av 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/ Standard Norge, «Systemer for kvalitetsstyring – Krav», Standard Norge, Norsk standard (ISO) NS-EN ISO 9001:2008, Des. 2008
- /2/ Standard Norge (2007) Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver. NS-EN 1997-2:2007+NA2008.
- /3/ NVE (2014) *Sikkerhet mot kvikkleireskred*. NVE veileder nr. 7/2014.



Multiconsult www.multiconsult.no	Planovergang og stasjonstiltak, Hegra st. Oversiktskart	Status	Fag	Original format	Dato
		Konstr./Tegnet	Geoteknikk	A4	02.07.2014
		LFC	Kontrollert	ROS	Målestokk
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	ARV	1:50000
		415952-20	RIG-TEG-000		Rev.
				00	

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK				
GEOTEKNISKE DATA			Boring nr. 1	Tegningens filnavn 415952–RIG–TEG–010.dwg
Jernbaneverket Planovergang og stasjonstiltak, Hegra stasjon Grunnundersøkelse			Borplan nr.	
			Boret dato: 31.03.2014	
 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Dato 12.05.2014	Tegnet truk	Kontrollert ros	Godkjent arv
	Oppdragsnr. 415952–20	Tegningsnr. RIG–TEG–010		Rev.

TERRENGKOTE	+18,7 ↓	DYBDE PRØVE	VANNINNHold OG KONSISTENSGRENSER %					n %	U _g %	ρ _g g/cm ³	SKJÆRFASTHET S _u (kN/m ²)					S _t			
			20	30	40	50	10				20	30	40	50					
GRUS,sandig		0	06%																
SILT,leirig				○															
				○															
SILT og SAND fin, leirig				○															
LEIRE,tynne siltlag				○							2,09 (2,07)		▼						
SILT,leirig				○															
LEIRE,siltig		5		○									▼						
SILT og SAND fin, leirig				○															
LEIRE,tynne silt-/finsandlag				○									▼						
KVIKLEIRE,enk.tynne siltlag				○ ○ ○							2,09 (2,07)	▼0,3 ▼0,3						84 85 69	280 230
?				○															
LEIRE,tette tynne siltlag,enk. siltlinser		10		○ ○							2,08 (2,07)	▼ ▼						114 115 117	27 15 17
LEIRE,enk,tynne finsandlag,enk. gruskorn				○ ○ ○							2,11 (2,09)		▼ ▼					98 85 80	4 2
LEIRE,lagdelt m/tynne finsandlag		15		○ ○							2,05 (2,09)		▼ ▼					88 139 108	3 5

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

LAB.BOK NR.: 3016

○ NATURLIG VANNINNHold
— W_L FLYTEGRENSE
— W_F — " — KONUSMETODE
— W_P PLASTISITETSGRENSER

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

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

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

GEOTEKNISKE DATA

Jernbaneverket, Hegra stasjon
Planovergang og stasjonstiltak
Grunnundersøkelse

Boring nr.
2

Tegningens filnavn
415952-RIG-TEG-011.dwg

Borplan nr.

Boret dato:
27.03.2014

Multi
consult

Multiconsult

Dato 12.05.2014

Tegnet truk

Kontrollert ros

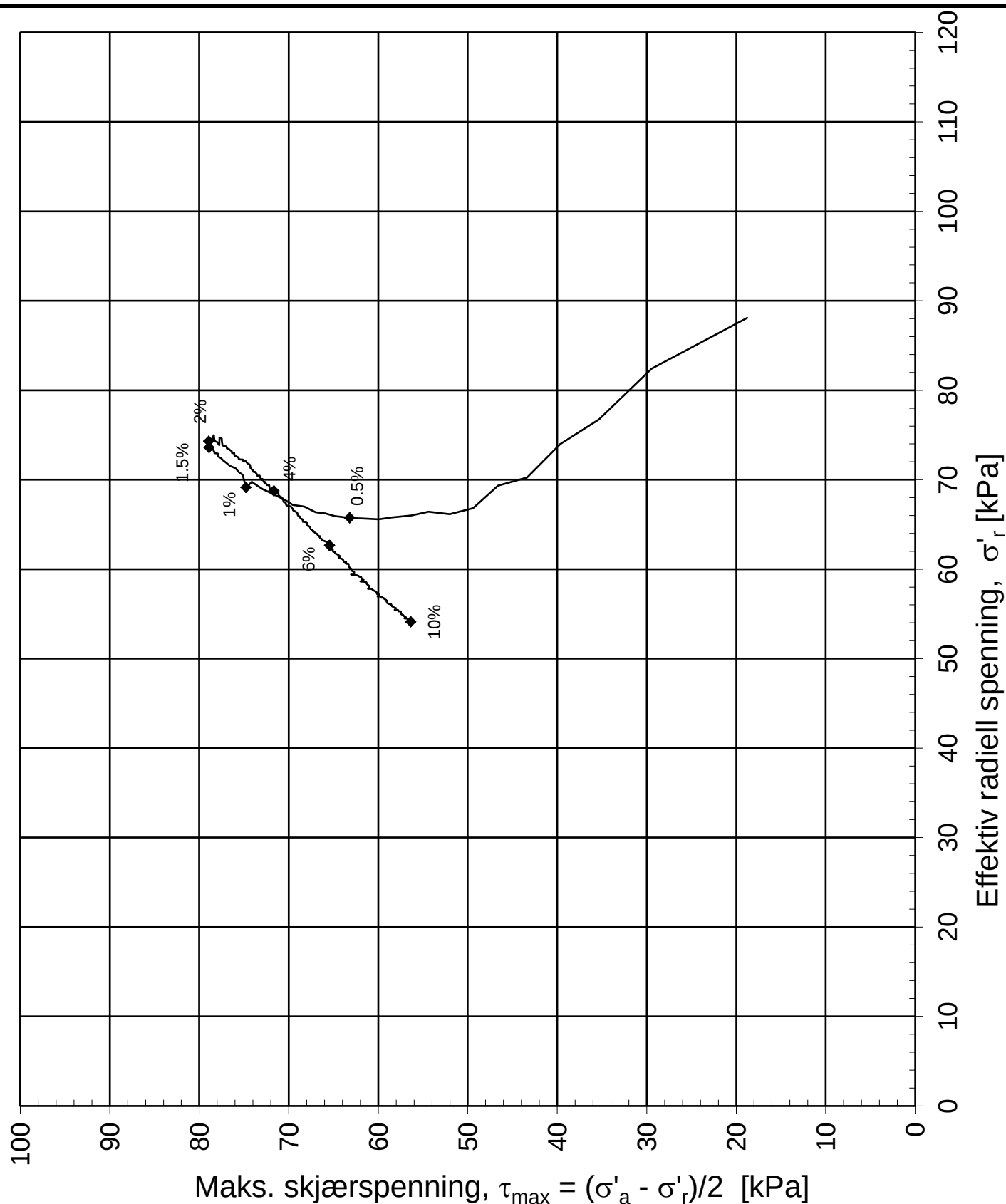
Godkjent arv

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

Oppdragsnr.
415952-20

Tegningsnr.
RIG-TEG-011

Rev.



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	125,63
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	88,10
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,73
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0,82
Vanninnhold w_i (%):	24,20	Densitet ρ_i (g/cm ³): 2,07

JBV

Planovergang og stasjonstiltak, Hegra stasjon

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

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

Forsøksdato:
28.03.2014

Forsøk nr.:
1

Oppdrag nr.:
415952-20

Dybde, z (m):
10,35

Tegnet:
truk kjt

Tegning nr.:
RIG-TEG-090.1

Borpunkt nr.:
2

Kontrollert:
hk

Prosedyre:
CAUa

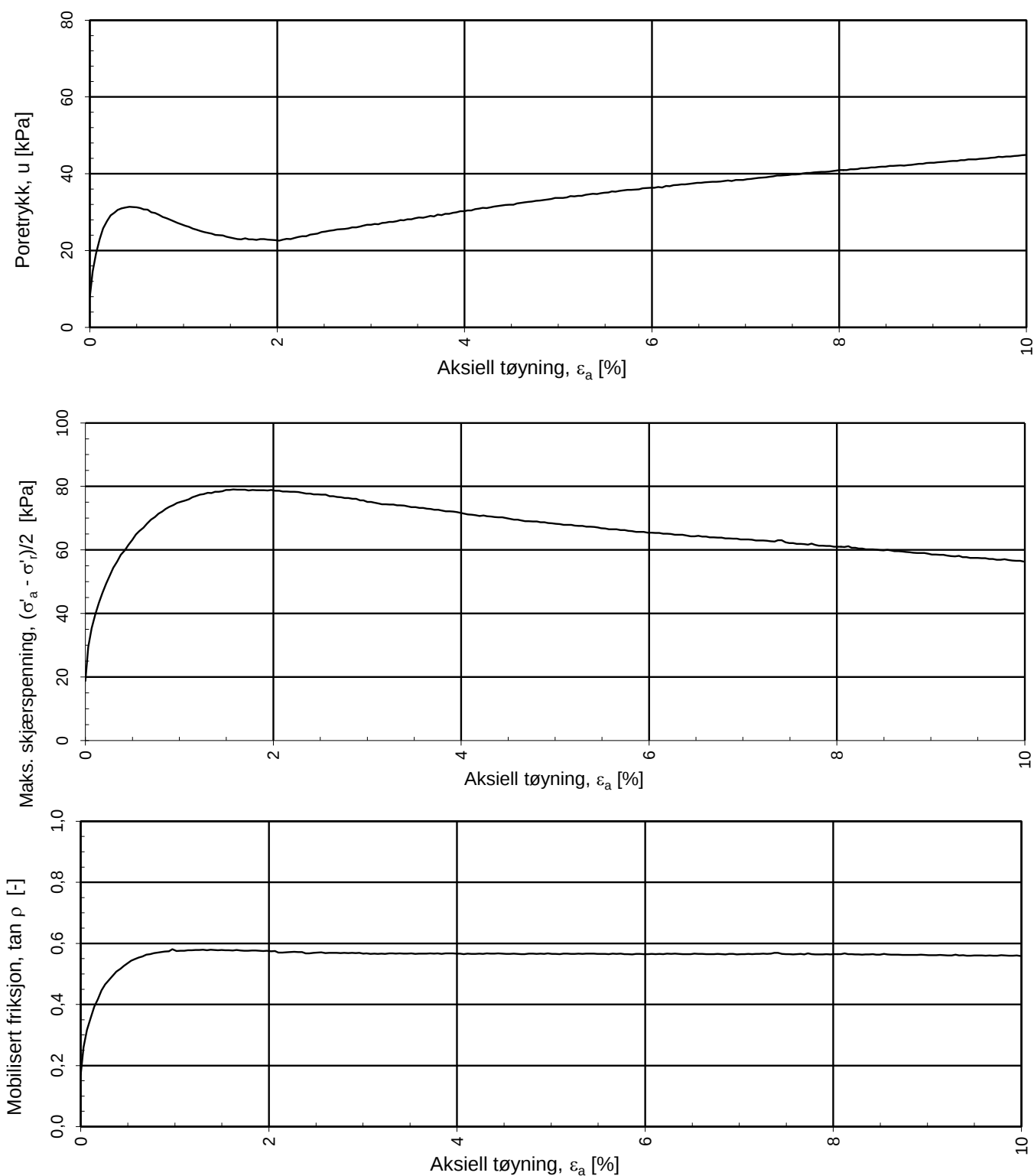
Tegningens filnavn:

415952-RIG-TEG-090_h2,10.35m

Multi
consult

Godkjent:
arv

Programrevisjon:
05.01.2014



a = 5 kPa benyttet for tolkning av tan ρ

JBV

Planovergang og stasjonstiltak, Hegra stasjon

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Multiconsult

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

Forsøksdato:
28.03.2014

Forsøk nr.:
1

Oppdrag nr.:
415952-20

Dybde, z (m):
10,35

Tegnet:
truk kjt

Tegning nr.:
RIG-TEG-090.2

Borpunkt nr.:
2

Kontrollert:
hk

Prosedyre:
CAUa

Tegningens filnavn:

415952-RIG-TEG-090_h2,10.35m

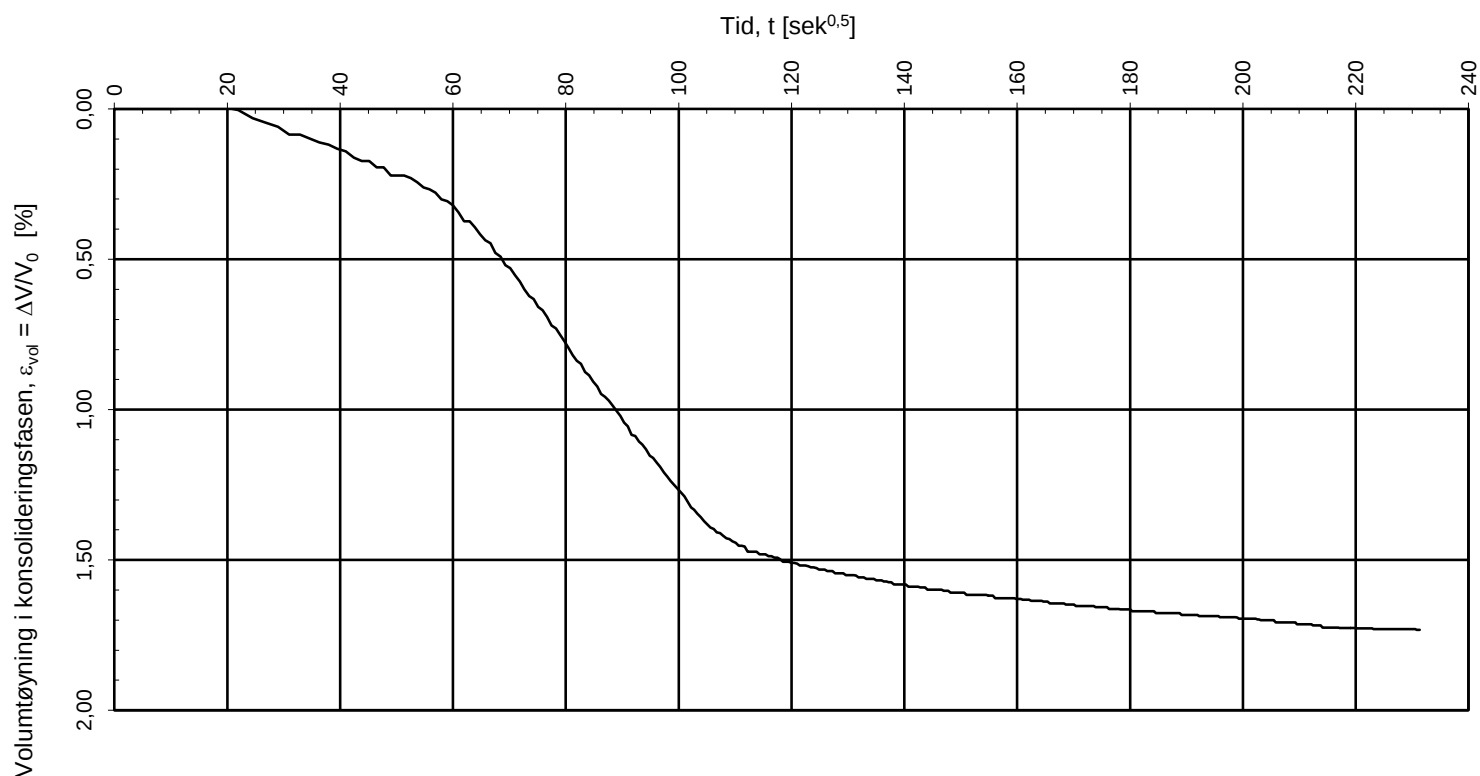
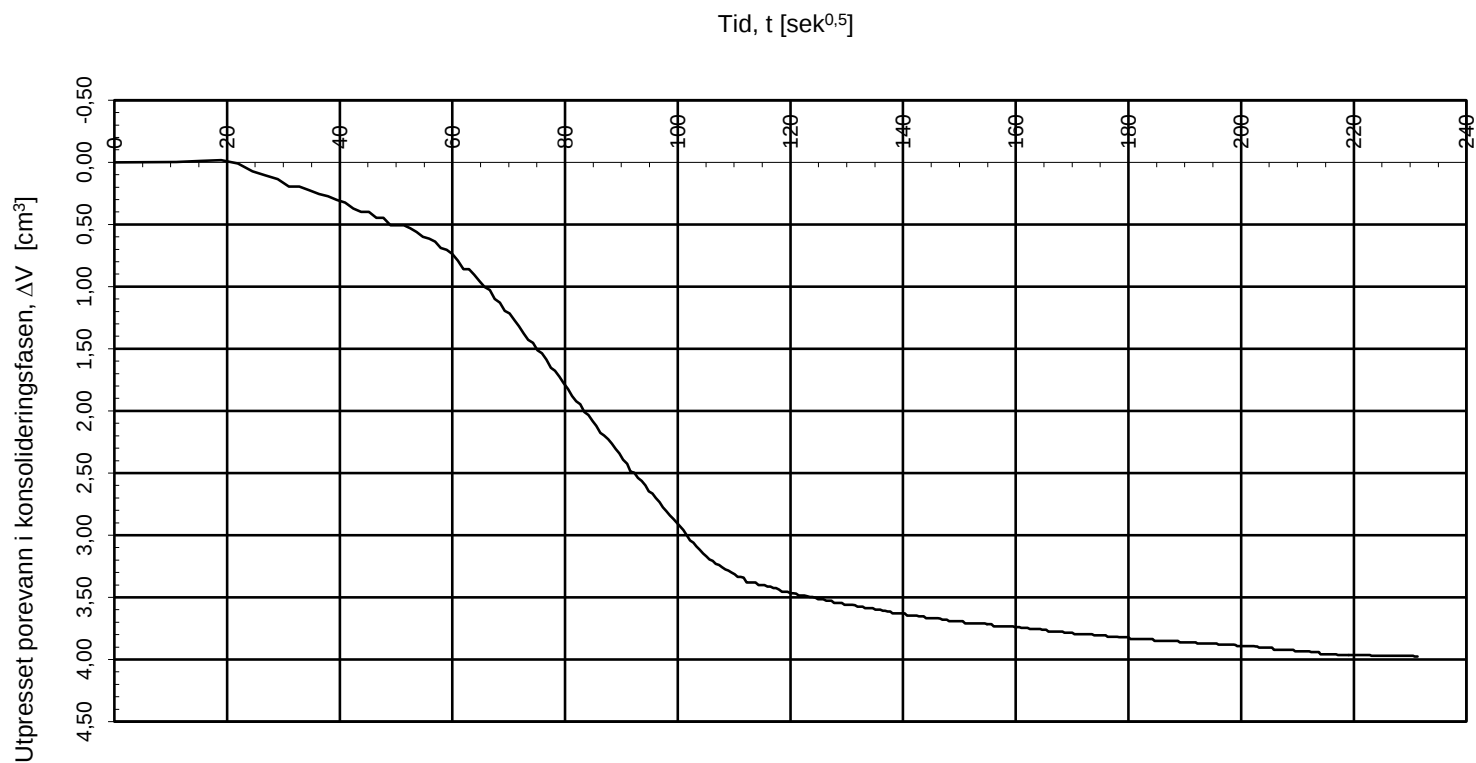
Multi
consult

Godkjent:

arv

Programrevisjon:

05.01.2014



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	125,63
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	88,10
Volumtøyning i konsolideringsfase:	$\varepsilon_{vol} (\%) = \Delta V/V_0$:	1,73
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0,82
Vanninnhold w_i (%):	24,20	Densitet ρ_i (g/cm ³): 2,07

JBV

Planovergang og stasjonstiltak, Hegra stasjon

Treaksialforsøk. Vannutpressing - tid, konsolideringsfase.

Multiconsult

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

Forsøksdato:

28.03.2014

Forsøk nr.:

1

Oppdrag nr.:

415952-20

Dybde, z (m):

10,35

Tegnet:

truk kjt

Tegning nr.:

RIG-TEG-090.3

Borpunkt nr.:

2

Kontrollert:

hk

Prosedyre:

CAUa

Tegningens filnavn:

415952-RIG-TEG-090_h2,10.35m

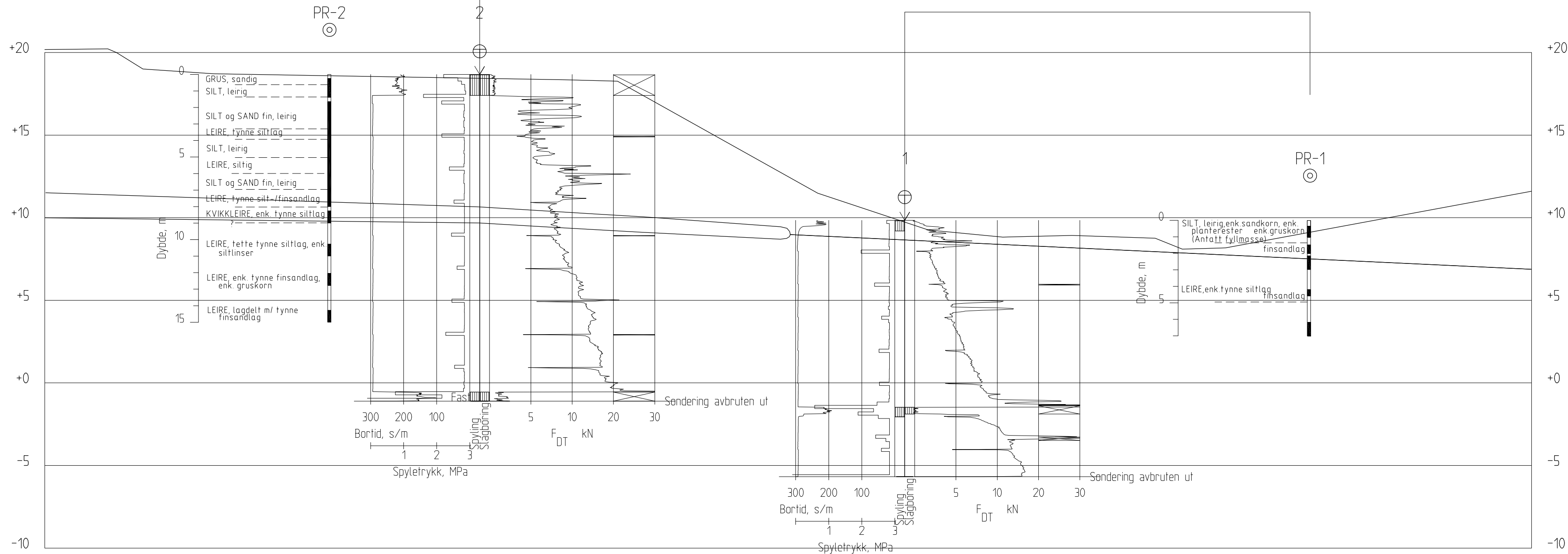
Multi
consult

Godkjent:

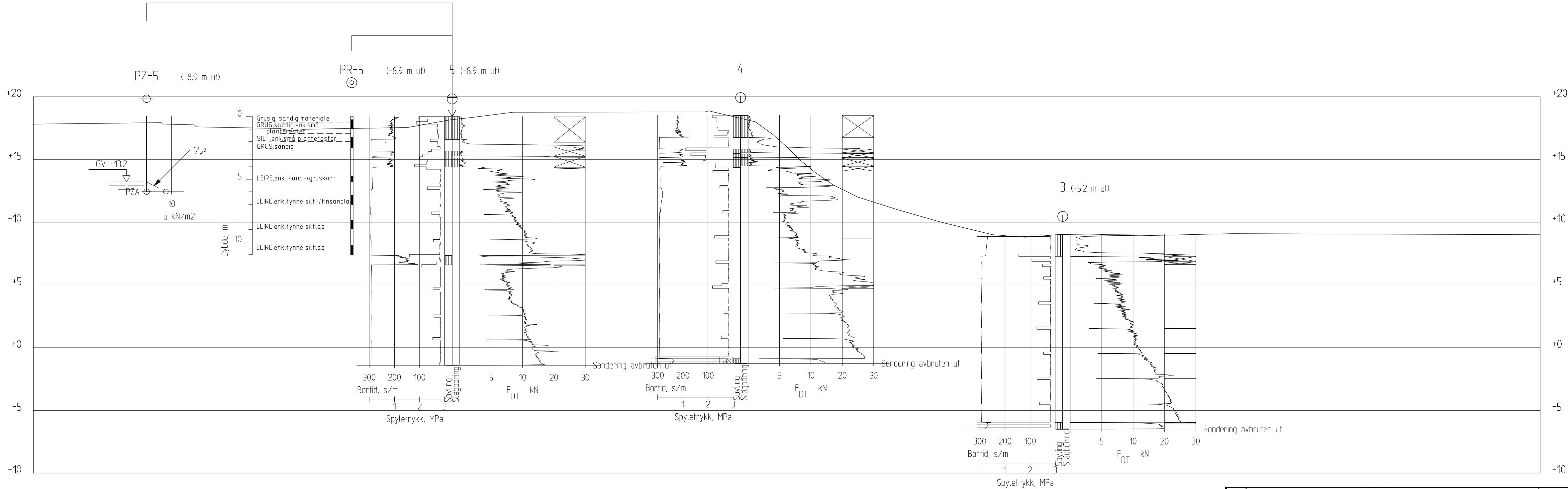
arv

Programrevisjon:

05.01.2014



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Jernbaneverket Planovergang og stasjonstiltak, Hegra stasjon Grunnundersøkelser Profil A			Fag Geoteknikk	Format A3	
			Dato 13.08.2014		
			Format/Målestokk: 1:200		
Multiconsult www.multiconsult.no		Status Utsendt	Konstr./Tegnet lfc	Kontrollert hk	Godkjent arv
		Oppdragsnr. 4 15952-20	Tegningsnr. RIG-TEG-100		Rev. 00



Rev.	Beskrivelse					Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Jernbaneverket Planovergang og stasjonstiltak, Hegra stasjon							Fag Geoteknikk	Format A3L	
							Dato 13.08.2014		
Grunnundersøkelser Profil B - B							Format/Målestokk: 1:200 -		
Multiconsult www.multiconsult.no			Status Utsendt		Konstr./Tegnet lfc	Kontrollert hk	Godkjent arf		
			Oppdragsnr. 415952-20		Tegningsnr. RIG-TEG-101				Rev. 00

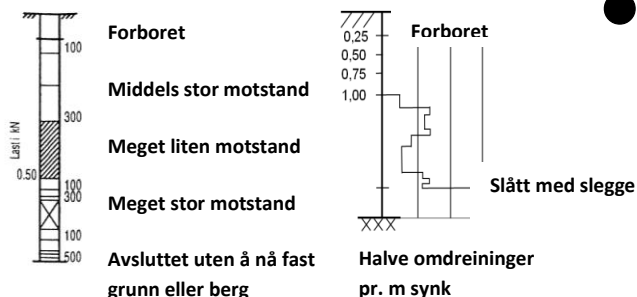
BILAG 1

Geotekniske bilag - feltundersøkelser

(2 sider)



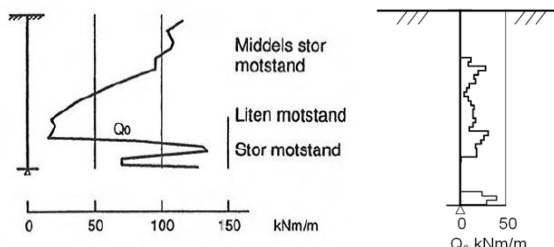
Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



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.

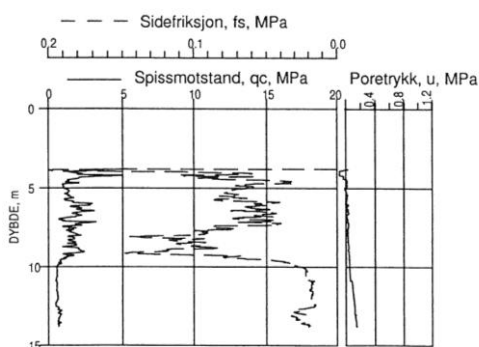


RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)

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.

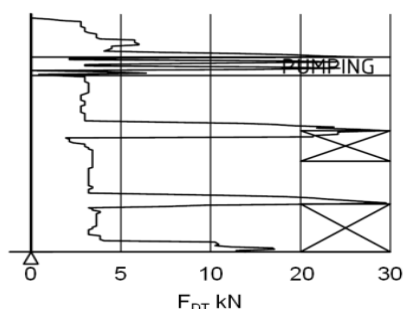
Q_0 = loddets tyngde * fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)



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).

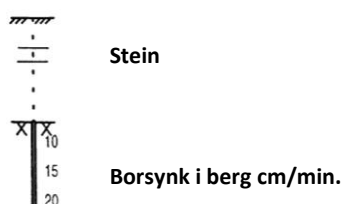


DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)

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.

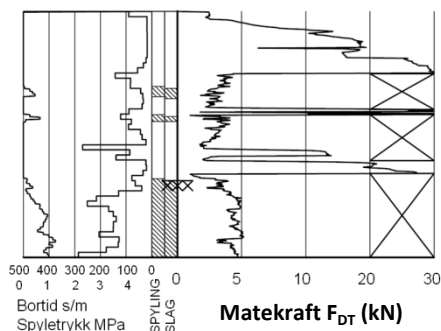
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.

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.



Prøvemarkering



MASKINELL NAVERBORING

Utføres med hul borstang påsveis et metallspiral med fast stigehøyde (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.



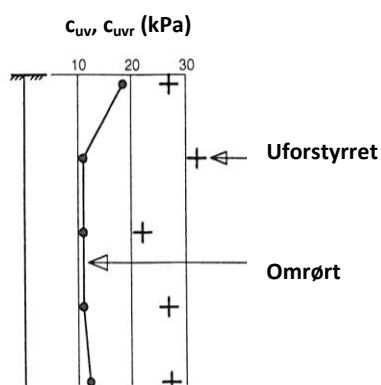
Prøvemarkering



PRØVETAKING (NGF MELDING 11)

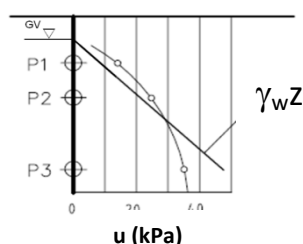
Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet. Vanligvis benyttes stempelprøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylinderen kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På 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 piezometerrør presses ned i grunnen til ønsket dybde. Stabilt poretrykk registreres fra vannets stigehøyde 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 borchullet.

BILAG 2

Geotekniske bilag - laboratorieundersøkelser

(2 sider)

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).

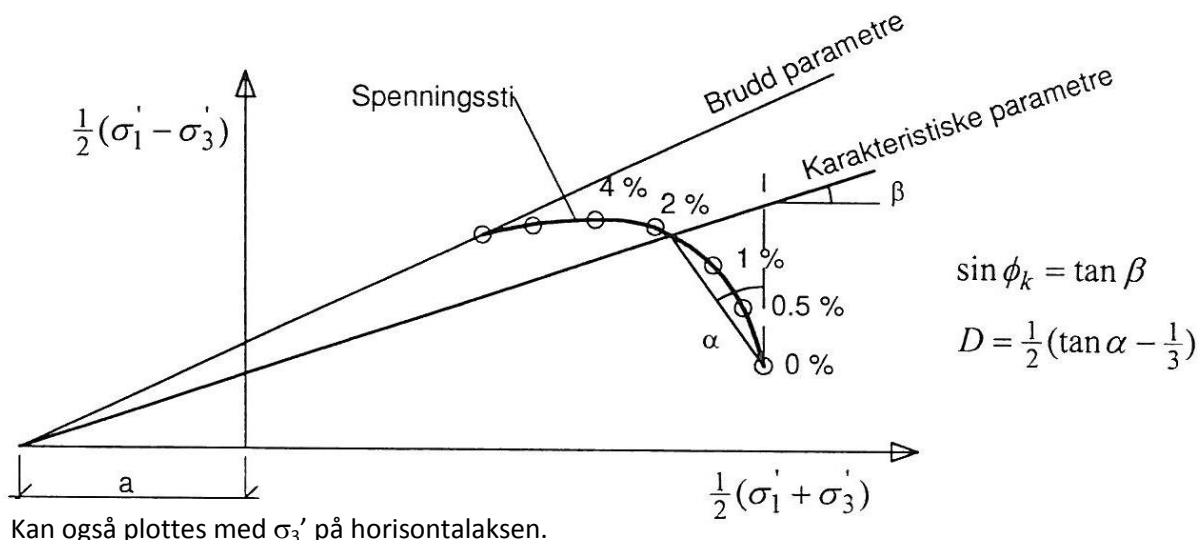
Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre a , c , ϕ ($\tan\phi$) (kPa, kPa, °, (-))

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_{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 poretrykksmåling (CPTU) (c_{ucptu}) eller vingebor (c_{uv} , c_{ur}).



SENSITIVITET S_t (-)

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

VANNINNHold (w %) (NS 8013)

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

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

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

DENSITETER (NS 8011 & 8012)

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

TYNGDETETHETER

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

PORETALL OG PORØSITET (NS 8014)

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

KORNFORDELINGSANALYSER (NS 8005)

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

DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER (NS 8017 & 8018)

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

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

PERMEABILITET (k cm/sek eller m/år)

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

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av 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_r som funksjon av innbyggingsvanninnhold w_i . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås (ρ_{dmax}) benyttes ved spesifikasjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider. Det tilhørende vanninnhold benevnes optimalt vanninnhold (w_{opt}).

TELEFARLIGHET

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

HUMUSINNHold

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

BILAG 3

Metodestandarder og retningslinjer – felt- og laboratorieundersøkelser

(2 sider)

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)	Vinge boring
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