

# Rapport

Oppdragsgiver: **Anleggsmaskiner AS**

Oppdrag: **Ringvålvegen massedeponi**

Emne: **Grunnundersøkelser  
geoteknisk vurdering**

Dato: **27. februar 2013**

Rev. - Dato

Oppdrag- /  
Rapportnr. **415788-RIG-RAP-001**

Oppdragsleder: **Arne Vik**

Sign.:



Saksbehandler: **Audun Egeland Sanda**

Sign.:



Kontaktperson  
hos Oppdragsgiver: **Trond Skotvoll**

## Sammendrag:

Anleggsmaskiner AS planlegger å etablere et massedeponi ved Ringvålvegen på Heimdal i Trondheim. Multiconsult er engasjert til å utføre grunnundersøkelser samt gjøre en geoteknisk vurdering om området er egnet til deponering.

Det er utført 10 dreietrykksonderinger og tatt opp 54 mm prøveserier i 3 borpunkt. Grunnundersøkelsene har avdekket at området består av humusholding leire (dyrka mark) over hovedsakelig middels fast leire med enkelte silt- og sandlag over berg. Sensitiviteten til leiren i området er fra lite til middels. Antatt berg er mellom 4 – 9 m under dagens terreng i området som skal oppfylles. I sondering 12, som er lokalisert i dalsiden sør for det aktuelle området, er det antatt berg ca. 12 m dybde under terreng.

Ut fra foreliggende resultater fra grunnundersøkelsene konkluderes det med at området kan, uten spesielle geotekniske tiltak eller supplerende undersøkelser, benyttes som massedeponi.

Det er behov for videre medvirkning fra geotekniker i prosjektet i forbindelse med detaljering av planene. Dette gjelder spesielt fyllingsavslutningen mot bekken i vest, og i forhold til bestemmelse av utleggingsprosedyrer av deponimassene for å sikre intern fyllingsstabilitet.

## Innholdsfortegnelse

1.	Innledning .....	3
1.1	Bakgrunn .....	3
1.2	Myndighetskrav .....	3
2.	Topografi.....	3
3.	Grunnundersøkelser .....	5
3.1	Feltundersøkelser.....	5
4.	Grunnforhold.....	5
4.1	Resultat av grunnundersøkelser .....	5
5.	Berg.....	5
6.	Geoteknisk vurdering.....	6
6.1	Sikkerhetsprinsipper .....	6
6.2	Vurdering av stabilitet .....	6
6.3	Vurdering av setninger .....	7
6.4	Utforming deponi .....	7
6.5	Videre arbeid .....	7
7.	Referanser .....	7

## Tegninger

415788-RIG-TEG-000	Oversiktskart.
-001	Borplan.
-010 t.o.m -12	Geotekniske data, PR. 4, PR. 6 og PR. 12.
-20 t.o.m. -29	Dreitrykksonderinger 1, 3 – 9, 11 og 12.
-100 t.o.m -103	Sonderingsresultat, Lengdeprofil A-A, B-B, C-C og D-D.

## Bilag

1. Geotekniske bilag – feltundersøkelser.
2. Geotekniske bilag – laboratorieundersøkelser.
3. Metodestandarder og retningslinjer – feltundersøkelser.
4. Metodestandarder og retningslinjer – laboratorieundersøkelser.

## 1. Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Anleggsmaskiner AS planlegger å etablere et massedeponi langs Ringvålvegen på Heimdal. Multiconsult er engasjert til å utføre grunnundersøkelser samt gjøre en geoteknisk vurdering om tomten er egnet til deponering.

Området ligger ikke innenfor noen kjent kvikkleiresone, men ca. 500 m vest for tomten ligger Rørdal kvikkleiresone som har høy faregrad. Området benyttes i dag som dyrka mark som skal tilbakeføres etter at massedeponeringen er ferdig. Matjorden skal graves av, lagres og bli lagt ut over ferdig fylling.

### 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 og 4 for samlet oversikt over utvalgte metodestandarder.

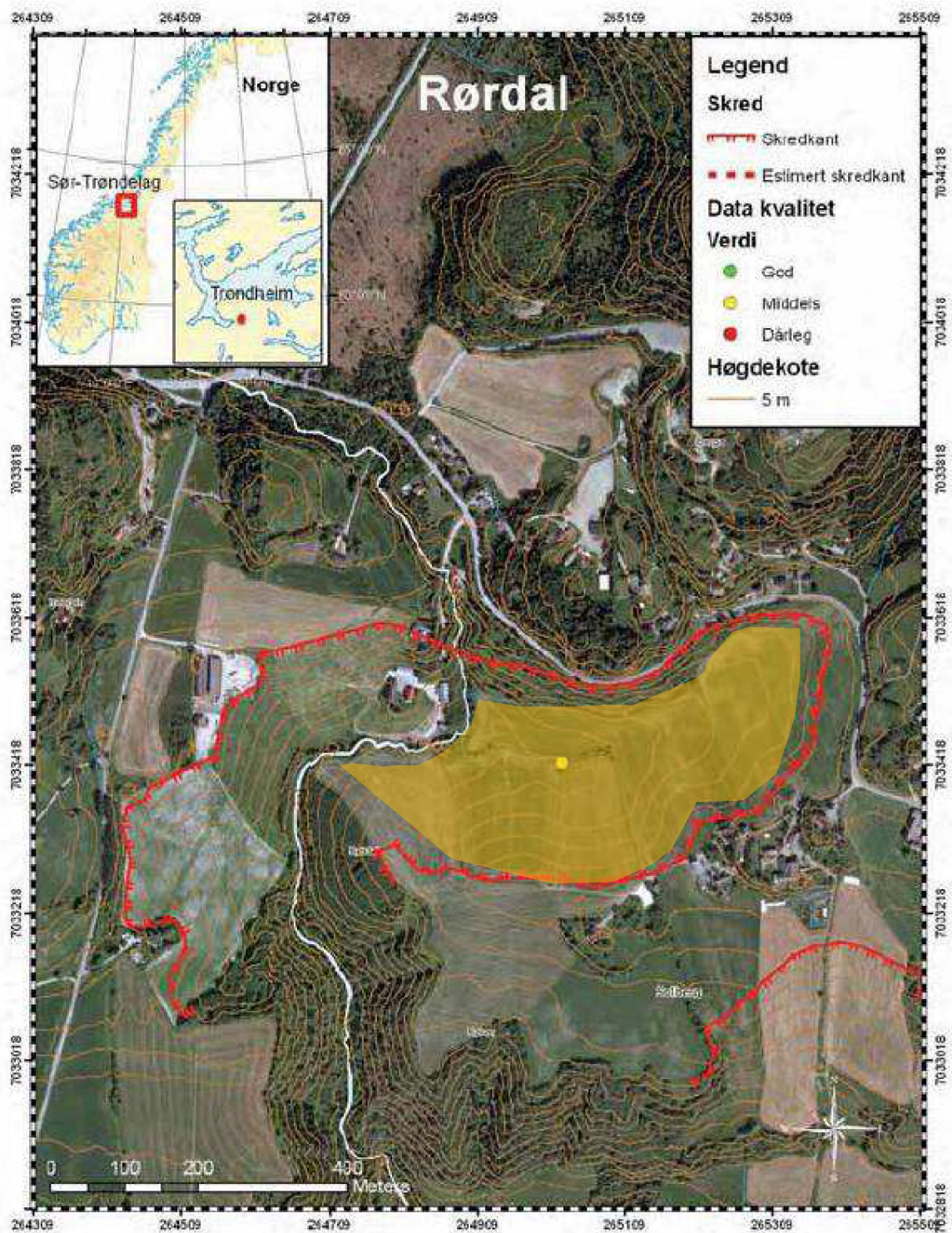
## 2. Topografi

Området består av et større dalsøkk med utløp ned mot Storbekken. Høydeforskjellen fra Ringvålvegen til Storbekken er ca. 45 m. Helningen langs dalen varierer fra 1:10 i øvre halvdel til 1:17 i nedre del. Dalsidene opp mot Ringvålvegen i nord er stedvis bratt med terrenghelning på opptil 1:1.7 på nordre side, mens det er noe slakere på søndre side mot gårdsbrukene Røran og Solberg med helning på ca. 1:5. Tomten er en tidligere skreddgrop med antatt skreddkant gående på langs Ringvålvegen, se figur 1.

Det har tidligere gått en mindre bekk langs hele dalen. Denne har blitt lagt i rør gjennom øvre halvdel, mens den renner åpnet i nedre del.

Løsmassekart fra NGU antyder at området består av tykk havavsetning.





Figur 1 Utstrekning av tidligere skredd i Rørdal [5]. Gult området er tenkt å benyttes til oppfylling.



### 3. Grunnundersøkelser

#### 3.1 Feltundersøkelser

Feltarbeidet ble utført mellom uke 2 og 3 i 2013. Undersøkelsene ble ledet av Multiconsult v/borleder Bjørn Solem. Feltundersøkelsene omfattet 10 dreietrykksonderinger og 3 prøvetakinger. Borpunkt 2 og 10 ble ikke gjennomført hhv. fordi det ved punkt 2 var allerede prøvegravd til berg og punkt 10 pga. glatt føre og hellende terreng gjorde det umulig for boreriggen å gjennomføre sonderingen.

Prøvepunktene ble satt ut og målt inn av Multiconsult med sanntids Trimble R8 GPS med nøyaktighet 1-2 cm i horisontalplanet og 4-5 cm i vertikalplanet. Alle kotehøyder refererer til NGO NN1954.

Plassering av borpunktene er vist på borplanen, tegning nr. 415788-RIG-TEG-001.

Resultat av sonderingene er opptegnet på tegning nr. 415788-RIG-TEG-100 t.o.m. 103.

Resultat av prøvetakninger er vist i tegning nr. 415788-RIG-TEG-10 t.o.m. 13.

Boringenes utførelse og tilhørende resultater er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 1.

### 4. Grunnforhold

#### 4.1 Resultat av grunnundersøkelser

Sonderingene 1 – 4 og 7 er utført i øvre del av dalen. Borpunkt 2 ble ikke boret da berg allerede var funnet ved forgraving av oppdragsgiver ved ca. 1.5 – 2 m dybde.

Dreietrykksonderingene er avsluttet i faste masser/antatt berg inntil 10 m dybde. Det er ingen indikasjon på sensitiv leire ut i fra sonderingene. Fra borpunkt 4 er det fra prøvetakning funnet humusholdig leire (matjord) fra 0 – 2 m. Videre fra 3 - 8 m er det funnet leire med enkelte finsand- og siltlag. Fra rutineundersøkelser er skjærfastheten målt til mellom 20 – 50 kPa med stigende fasthet med dybde. Sensitiviteten varierer mellom 7 -11 (lite til middels sensitiv).

Sonderingene 5 – 12 er utført på nedre del av området. Av disse er dreietrykksonderingene 6, 8 og 12 er utført i sidene, mens 5, 9 og 11 er utført i bunn av dalen. Samtlige punkter unntatt 12 er endt i faste masser/antatt berg i mindre enn 10 m dybde.

I punkt 6 er det tatt prøver til 4 m dybde. Det er funnet leire med enkelte tynne siltlag og enkelte planterester. Skjærfasten til leiren er målt mellom 25 – 35 kPa med sensitivitet mellom 4 – 8 (lite til middels sensitiv).

Ved borpunkt 8 indikerer høy sonderingsmotstand lag av fast leire. Sonderingen er stoppet ved ca. 8 m dybde i faste masser.

Borpunkt 9 og 11 er utført i enden av dalen ved Storbekken. Antatt berg er påtruffet ved 5 m i borpunkt 11, mens det er stopp i faste masser ved 4 m i borpunkt 9. Det er ingen indikasjon fra sonderingene på sensitive masser. Fra oppdragsgiver har vi blitt informert om at Storbekken går på berg i dagen.

Oppsummert viser grunnundersøkelsene at det er grunt til antatt berg langs hele ravinedalen. Prøvetakningen indikerer at grunnforholdene er også like med hovedsakelig middels fast leire med middels til liten sensitivitet. Det er i midlertidig påvist et lag med bløt leire over berg i øvre del av dalen ved borpunkt 4. Det er antas lignende grunnforhold i punkt 1, 3 og 7.

### 5. Berg

Antatt berg er påtruffet i alle borpunkt unntatt 8 og 9 hvor sonderingen er endt i faste masser.

## 6. Geoteknisk vurdering

### 6.1 Sikkerhetsprinsipper

#### Geotekniske problemstillinger:

Geotekniske problemstillinger for prosjektet er hovedsakelig relatert til

- Lokal- og områdestabilitet på grunn av oppfylling.

Stabiliteten må ivaretas både i anleggsfasen og i permanent fase.

#### Konsekvensklasse og pålitelighetsklasse:

Etter NS-EN 1990:2002+NA:2008, "Eurokode 0", vurderes konsekvensklassen til CC1 og pålitelighetsklassen til RC1 «Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg ved enkle og oversiktlige grunnforhold», dvs. at svikt eller brudd medfører liten konsekvens i form av tap av menneskeliv og/eller små eller uvesentlige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser.

#### Bruddmekanisme:

Basert på utførte grunnundersøkelser som avdekket middels fast til fast leire, vurderes at grunnen i området har nøytral bruddutvikling.

#### Sikkerhetsnivå:

Med konsekvensklasse "CC1 – mindre alvorlig" og bruddmekanisme "nøytral" settes krav til beregningsmessig partialkoeffisient på  $\gamma_M \geq 1,3$  for effektivspenningsanalyser og  $\gamma_M \geq 1,4$  for totalspenningsanalyser.

#### Geoteknisk kategori:

Prosjektet plasseres i geoteknisk kategori 2.

### 6.2 Vurdering av stabilitet

Vi anser de utførte grunnundersøkelsene til å gi en god oversikt over grunnforholdene i området som planlegges oppfylt. Det har ikke blitt påvist verken kvikkleire eller sprøbruddsmateriale i noen av prøvetakningene og det er heller ikke noen indikasjoner på dette i noen av dreietrykksonderingene. Videre er løsmassene funnet på området hovedsakelig middels fast leire med liten sensitivitet, med unntak av noe bløt leire funnet i borpunkt 4. Vi anser i midlertidig ikke at dette vil medføre stabilitetsproblemer ved utlegging av fyllingen. Antatt berg har blitt funnet grunt, inntil ca. 4 m under terreng i bunn og inntil 9 m i toppen av dalen.

Vår vurdering, ut ifra utførte undersøkelser, er at oppfyllingen skal kunne gjennomføres uten spesielle geotekniske tiltak. Oppfyllingen vil i utgangspunktet medføre en forbedring av stabiliteten av skråningen på siden av dalen.

### 6.3 Vurdering av setninger

Det må påregnes setninger både i grunnen og egensetninger i deponimassene. Siden løsmassene har liten mektighet over berg kan en regne med at disse setningene sannsynligvis vil komme innen kort tid etter oppfylling. Egensetningene i deponimassene vil avhenge av hva som deponeres.

Vi anser ikke setninger til å være en styrende faktor for dette prosjektet. Eventuelle differansesetninger kan utjevnes når det legges ut matjord over fyllmassene.

### 6.4 Utforming deponi

Deponiet skal etter planen bygges opp seksjonsvis gjennom dalen med etablering av dyrka mark på ferdig seksjoner. Geoteknisk sett er det hensiktsmessig å starte oppfyllingen i bunn dalen ved Storbekken, men vi anser det som et likestilt alternativ å begynne oppfyllingen fra øvre del av området ved Ringvålvegen. Fyllingsfronten på alle seksjoner må bygges opp med slak helning for å sikre egenstabiliteten til oppfyllingen. Vi anbefaler at fyllingsfronten anlegges med helning 1:3 eller slakere, avhengig av hvilke type masser som blir deponert. Ved avslutningen av oppfylling mot Storbekken kan det etableres en steinsjete for å øke oppfyllingsmengden samt sikre stabiliteten av fyllingen.

Det må sørges for tilstrekkelig drenering gjennom hele oppfyllingen. Det kan også være aktuelt å legge inn drenerende lag opp i selve fyllingen for å hindre oppbygging av poretrykk i de oppfylte massene samt av anleggstekniske årsaker.

Det går i dag en bekk gjennom området. Den ligger i rør i øvre halvdel og går åpent i terrenget for nedre del. Denne må legges om før området kan benyttes til oppfylling. Oppdragsgiver har gitt uttrykk for at den skal flyttes høyere opp i terrenget langs Ringvålvegen.

### 6.5 Videre arbeid

Det er behov for videre medvirkning fra geotekniker i forbindelse med detaljering av planene for massedeponeringen. Dette gjelder spesielt knyttet til fyllingsavslutning ut mot bekken i vest, og i forhold til maksimale høydeforskjeller under utlegging av masser for å ivareta intern fyllingsstabilitet.

## 7. 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] (NVE) Norges vassdrags- og energidirektorat, "Flaum- og skredfare i arealplanar," NVE, Oslo, NVVE retningslinjer Retningslinjer nr. 2-2011, Apr. 2011.
- [5] (NGU) Norges geologiske undersøkelser, «Utstrekning og utløpsdistanse for kvikkleireskred basert på katalog over skredhendelser i Norge», (L'Heureux, Solberg), 21.11.2012



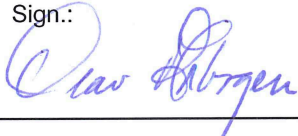
**Arkivreferanser:**

Fagområde:	geoteknikk		
Stikkord:	datarapport, kvikkleire		
Land/Fylke:	Sør-Trøndelag	Kartblad:	16214
Kommune:	Trondheim	UTM koordinater, Sone:	32V
Sted:	Ringvålvegen	Øst: 5653	Nord: 70256

**Distribusjon:**

- Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)  
 Intern  
 Fri

**Dokumentkontroll:**

		Dokument 27. februar 2013		Revisjon 1		Revisjon 2		Revisjon 3	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutsetninger	Utarbeidet	25.02.13	Aes						
	Kontrollert	27.02.13	aw						
Grunnlagsdata	Utarbeidet	25.02.13	Aes						
	Kontrollert	27.02.13	aw						
Teknisk innhold	Utarbeidet	25.02.13	Aes						
	Kontrollert	27.02.13	aw						
Format	Utarbeidet	25.02.13	Aes						
	Kontrollert	27.02.13	aw						
Anmerkninger									
Godkjent for utsendelse (Oppdragsansvarlig)				Dato: 27.02.2013		Sign.: 			



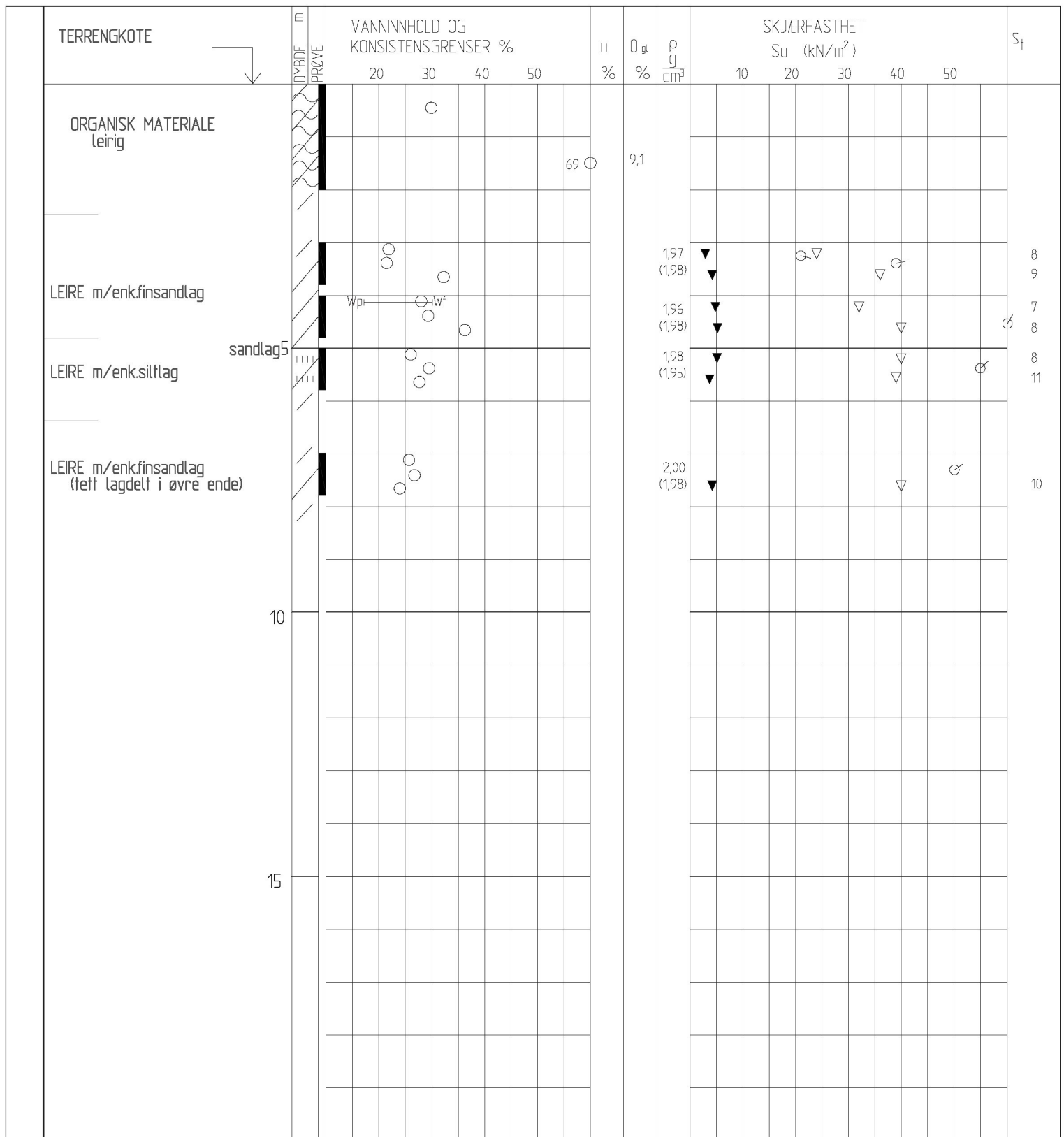


OVERSIKTSKART		Borplan nr.	
		-1	
Anleggsmaskiner AS		Målestokk	
Ringvålvegen massedeponi		1:50 000	
MULTICONSULT AS	Dato	Tegnet	Kontrollert
	21.02.13	AES	ARV
	Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Godkjent
	415788	0	OAA
7486 Trondheim Tlf: 73 10 62 00 - Faks: 73 10 62 30/70			Rev.









PR = PRØVESERIE  
SK = SKOVLEBORING  
PG = PRØVEGRUPP  
VB = VINGEBORING  
BORBOK NR.: 25792  
LAB.BOK NR.: 2189

○ NATURLIG VANNINNHOOLD  
— W<sub>L</sub> FLYTEGRENSE  
— W<sub>f</sub> — " — KONUSMETODE  
— W<sub>p</sub> PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET  
D<sub>Na</sub> = HUMUSINNHOOLD  
D<sub>gl</sub> = GLØDETAP  
ρ = DENSITET

▼ KONUSFORSØK  
▼ ØMRØRT SKJÆRFASTHET  
○ TRYKKFORSØK  
15 ○ 5 % DEFORMASJON VED BRUDD  
+ VINGEBORING  
S<sub>t</sub> SENSITIVITET

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

## GEOTEKNISKE DATA

Anleggsmaskiner AS  
Ringvål massedeponi  
Grunnundersøkelser

Boring nr.

Tegningens filnavn

4

415788-RIG-TEG-010\_h4.dwg

Borplan nr.

-1

Boret dato:

10.01.2013



**MULTICONSULT AS**

Dato 14.02.2013

Tegnet truk

Kontrollert ARV

Godkjent OAA

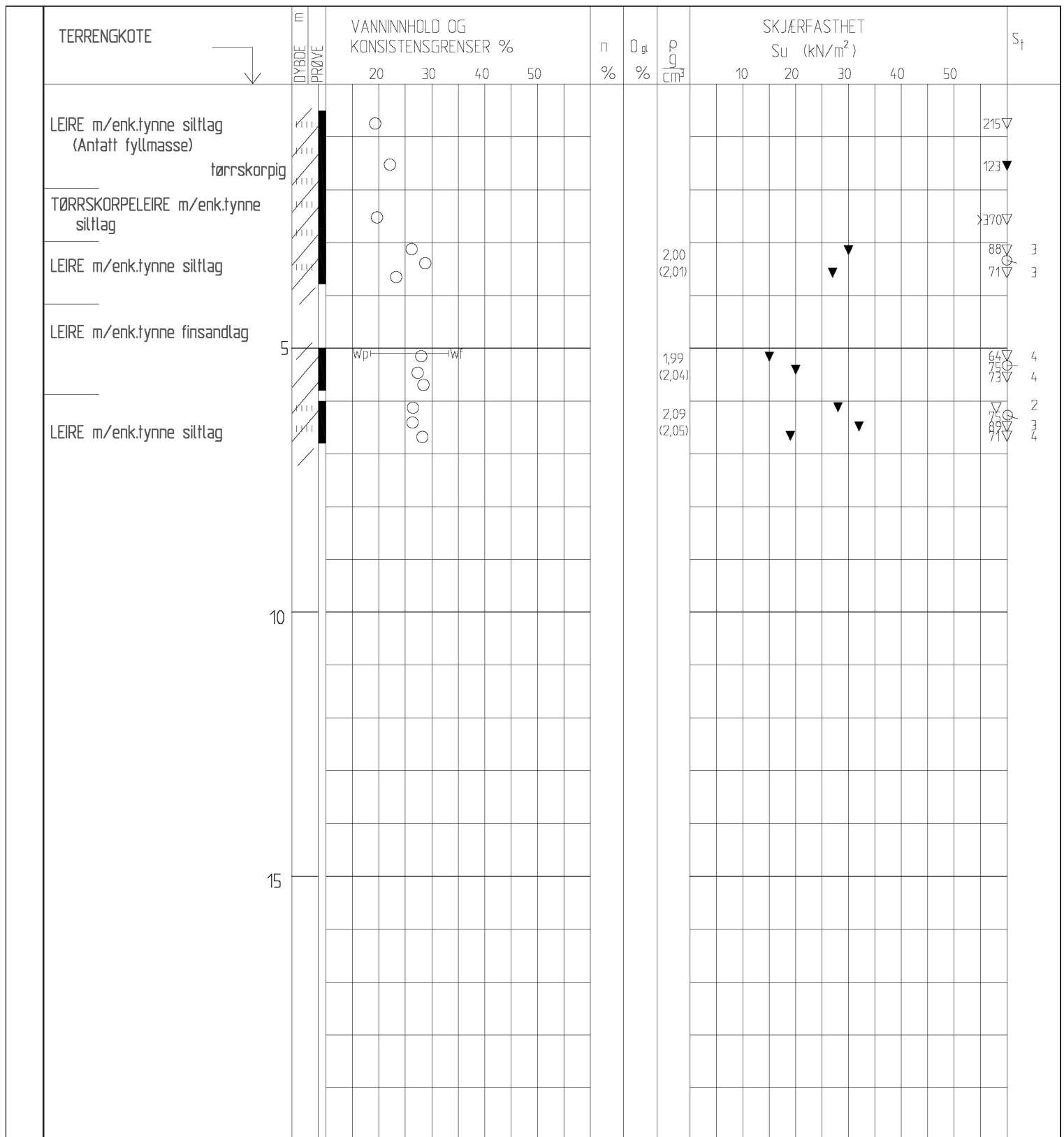
Oppdragsnr. 415788

Tegningsnr. RIG-TEG-010

Rev. 00

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





PR = PRØVESERIE  
SK = SKOVLEBORING  
PG = PRØVEGROP  
VB = VINGEBORING  
BORBOK NR.: 25792  
LAB.BOK NR.: 2189

○ NATURLIG VANNINNHOOLD  
— W<sub>L</sub> FLYTEGRENSE  
W<sub>F</sub> — " — KONUSMETODE  
— W<sub>p</sub> PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET  
D<sub>Na</sub> = HUMUSINNHOOLD  
D<sub>gl</sub> = GLØDETAP  
ρ = DENSITET

▽ KONUSFORSØK  
▼ OMRØRT SKJÆRFASTHET  
○ TRYKKFORSØK  
15-5 % DEFORMASJON VED BRUDD  
+ VINGEBORING  
S<sub>t</sub> SENSITIVITET

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

## GEOTEKNISKE DATA

Anleggsmaskiner AS  
Ringvål massedeponi  
Grunnundersøkelser

Boring nr.

12

Tegningens filnavn

415788-RIG-TEG-012\_h12.dwg

Borplan nr.

-1

Boret dato:

10.01.2013



**MULTICONSULT AS**

Dato 14.02.2013

Tegnet truk

Kontrollert ARV

Godkjent OAA

Oppdragsnr. 415788

Tegningsnr. RIG-TEG-012

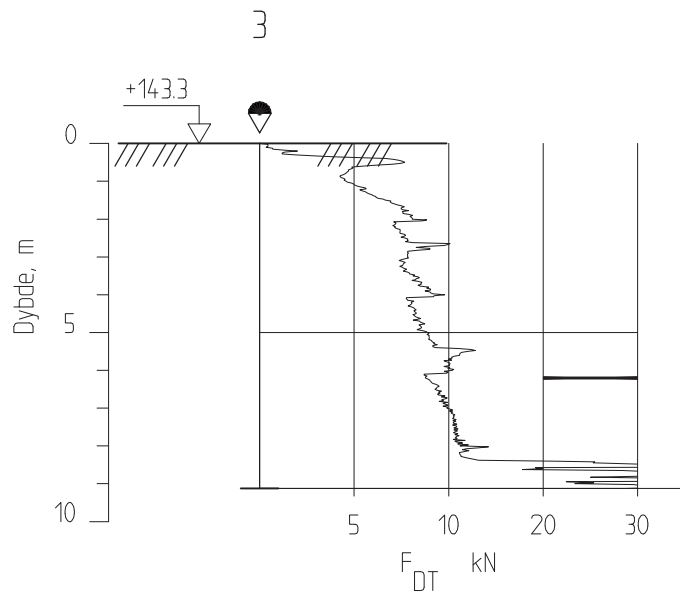
Rev.

00

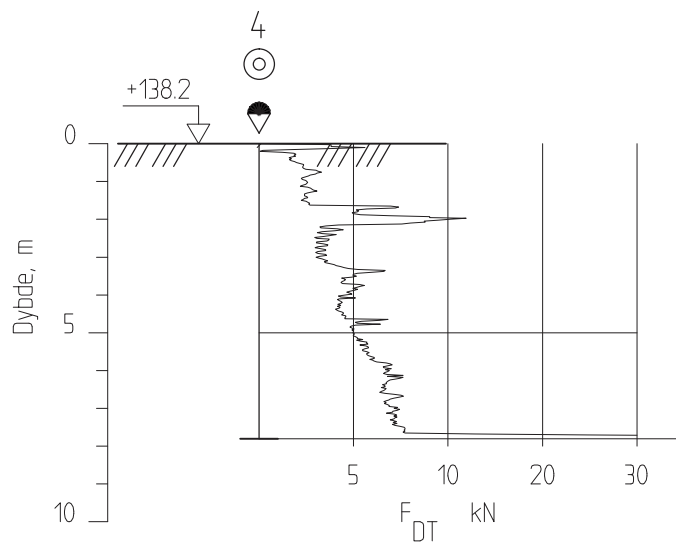
7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70




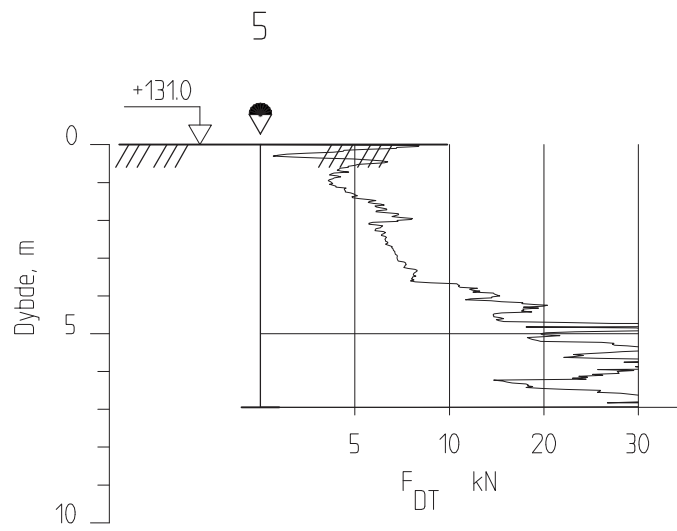




Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Anleggsmaskiner AS Ringvålvegen massedeponi Grunnundersøkelser	Original format A4	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn 415788-RIG-TEG-Dreietrykk.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
	Dreietrykksondering 3	Målestokk 1:200			
<b>MULTICONSULT AS</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Dato 21.02.13	Konstr./Tegnet AES	Kontrollert ARV	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 415788	Tegningsnr. RIG-TEG-021		Rev.

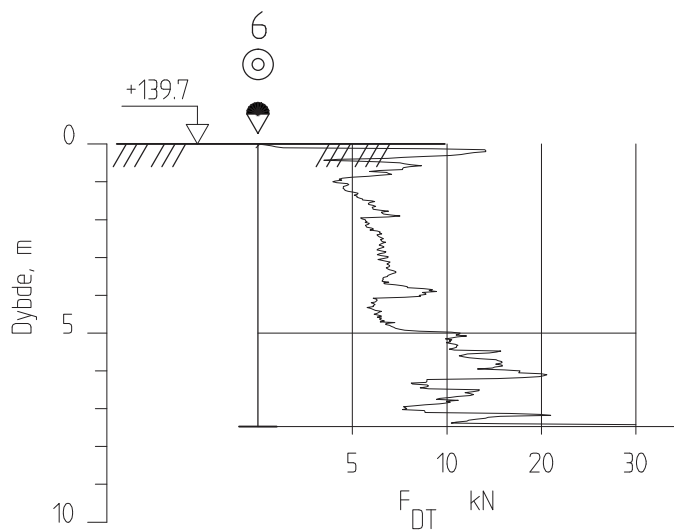



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Anleggsmaskiner AS Ringvålvegen massedeponi Grunnundersøkelser	Original format A4	Fag Geoteknikk		
	Dreietrykksondering 4	Tegningens filnavn 415788-RIG-TEG-Dreietrykk.dwg Underlagets filnavn *.dwg	Målestokk 1:200		
<b>MULTICONSULT AS</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Dato 21.02.13	Konstr./Tegnet AES	Kontrollert ARV	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 415788	Tegningsnr. RIG-TEG-022	Rev.	

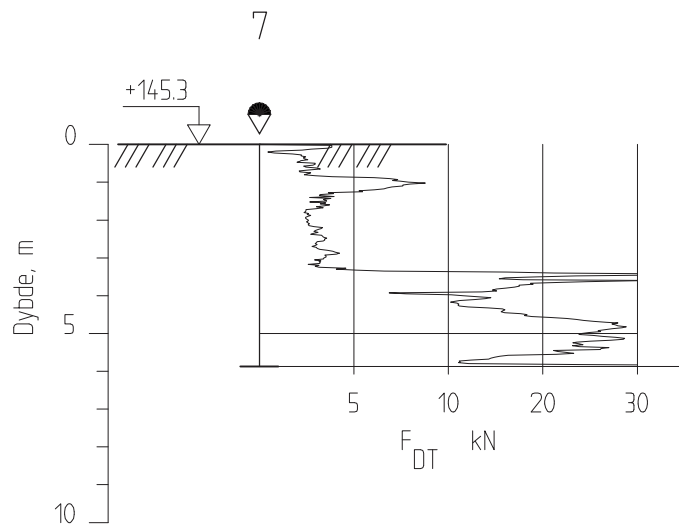


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Anleggsmaskiner AS Ringvålvegen massedeponi Grunnundersøkelser	Original format A4	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn 415788-RIG-TEG-Dreietrykk.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
	Dreietrykksondering 5	Målestokk 1:200			
<b>MULTICONSULT AS</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Dato 21.02.13	Konstr./Tegnet AES	Kontrollert ARV	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 415788	Tegningsnr. RIG-TEG-023		Rev.

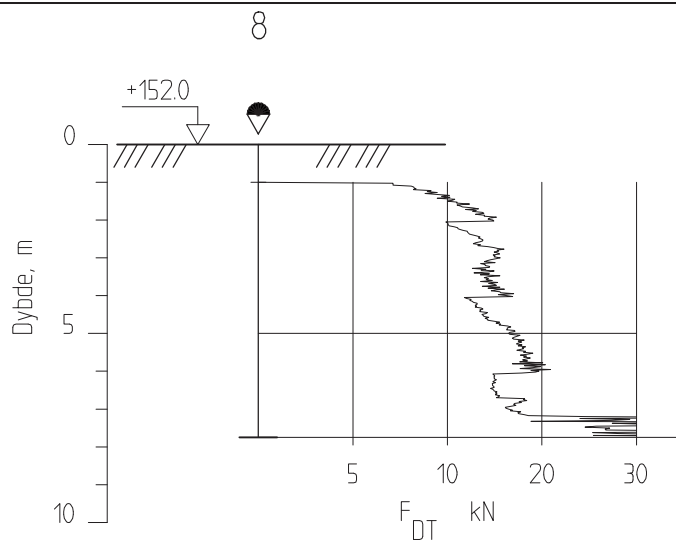





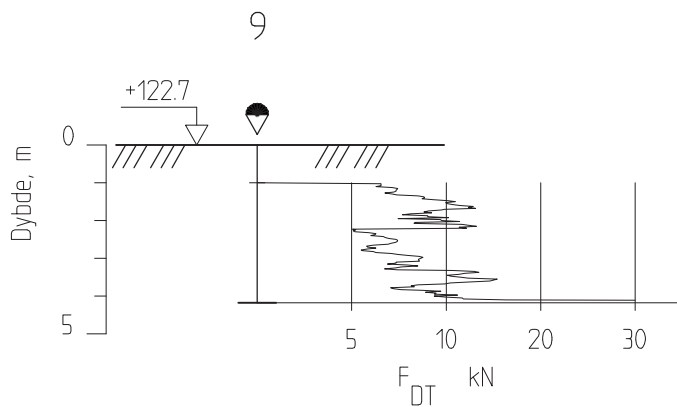
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Anleggsmaskiner AS Ringvålvegen massedeponi Grunnundersøkelser	Original format A4	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn 415788-RIG-TEG-Dreietrykk.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
	Dreietrykksondering 6	Målestokk 1:200			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 21.02.13	Konstr./Tegnet AES	Kontrollert ARV	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 415788	Tegningsnr. RIG-TEG-024	Rev.	




Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Anleggsmaskiner AS Ringvålvegen massedeponi Grunnundersøkelser	Original format A4	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn 415788-RIG-TEG-Dreietrykk.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
	Dreietrykksondering 7	Målestokk 1:200			
<b>MULTICONSULT AS</b> 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Dato 21.02.13	Konstr./Tegnet AES	Kontrollert ARV	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 415788	Tegningsnr. RIG-TEG-025	Rev.	

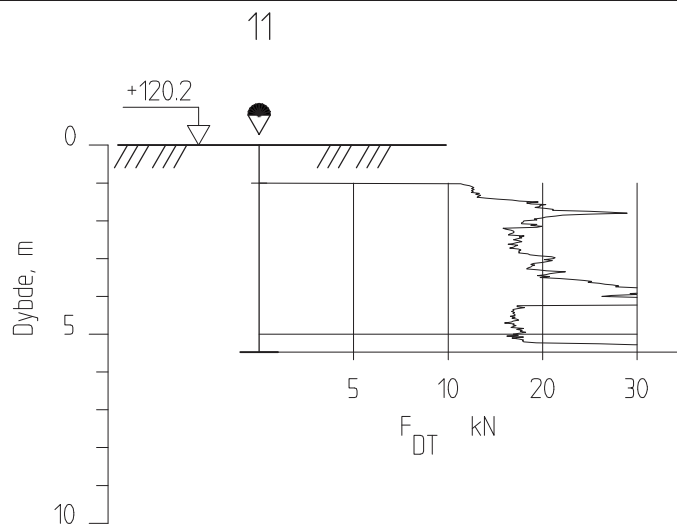



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Anleggsmaskiner AS Ringvålvegen massedeponi Grunnundersøkelser	Original format A4	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn 415788-RIG-TEG-Dreietrykk.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
	Dreietrykksondering 8	Målestokk 1:200			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 21.02.13	Konstr./Tegnet AES	Kontrollert ARV	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 415788	Tegningsnr. RIG-TEG-026		Rev.

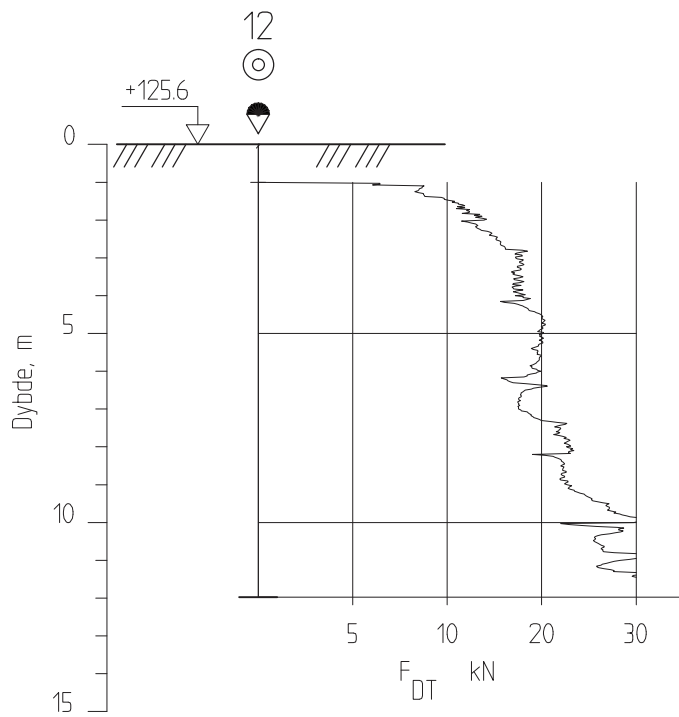



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Anleggsmaskiner AS Ringvålvegen massedeponi Grunnundersøkelser	Original format A4	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn 415788-RIG-TEG-Dreietrykk.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
	Dreietrykksondering 9	Målestokk 1:200			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 21.02.13	Konstr./Tegnet AES	Kontrollert ARV	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 415788	Tegningsnr. RIG-TEG-027		Rev.
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70					





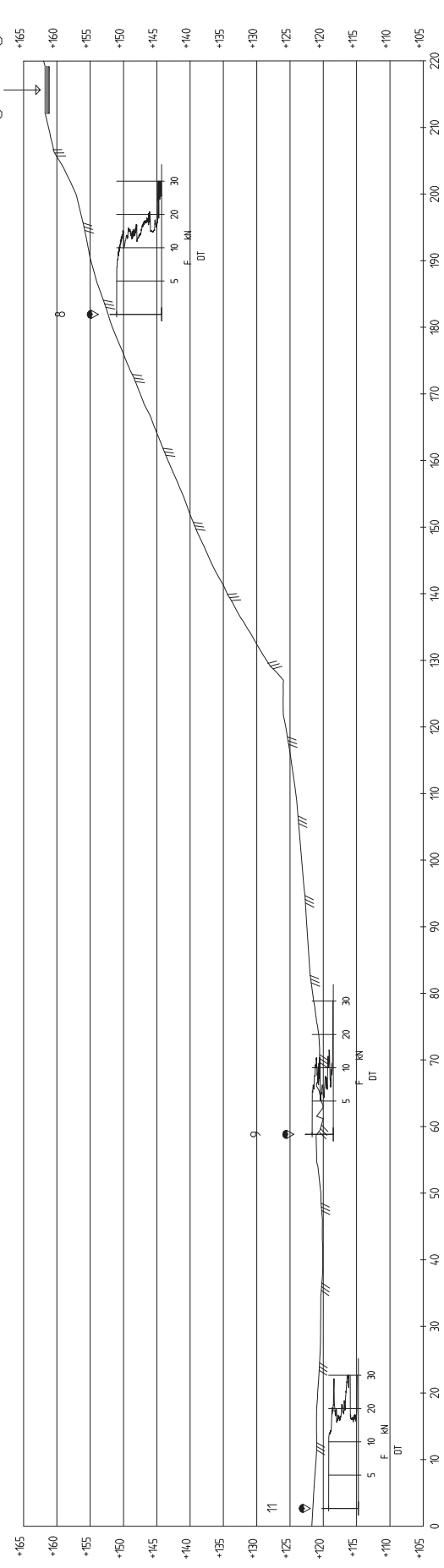
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Anleggsmaskiner AS Ringvålvegen massedeponi Grunnundersøkelser	Original format A4	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn 415788-RIG-TEG-Dreietrykk.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
	Dreietrykksondering 11	Målestokk 1:200			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 21.02.13	Konstr./Tegnet AES	Kontrollert ARV	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 415788	Tegningsnr. RIG-TEG-028		Rev.



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Anleggsmaskiner AS Ringvålvegen massedeponi Grunnundersøkelser	Original format A4	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn 415788-RIG-TEG-Dreietrykk.dwg			
		Underlagets filnavn *.dwg			
	Dreietrykksondering 12	Målestokk 1:200			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato 21.02.13	Konstr./Tegnet AES	Kontrollert ARV	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 415788	Tegningsnr. RIG-TEG-029	Rev.	



Ringvålvegen



Profil B-B  
1 : 500

Rev.	Beskrivelse	Dato	Yegn.	Kontr.	Godk.
	Anleggsmaskiner AS Ringvålvegen massedeponi Grunnundersøkelser	20.02.2013	Fog A.3. fortløst		
	Profil B-B		Utskrift fra * C/ING		
	Målestokk	1:500			
	MULTICONSULT AS	Dato 20.02.2013	Kontr./Tegnet	Godkjent	
	766 MIDNØTTVEIEN 8 1111 TRONDHEIM	Oppdragnr. 415788	ARV	ØAA	
	Tlf: 73 10 82 20 - Fax: 73 10 82 10/70		Tegningnr. RIG-IEG-101	Rev.	

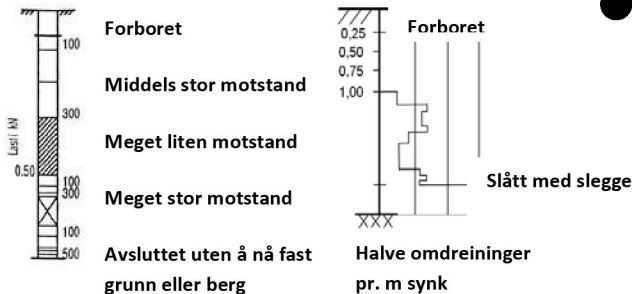








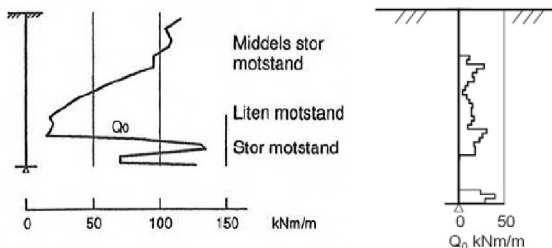
**Sonderinger** utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



### 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 vertikallast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.

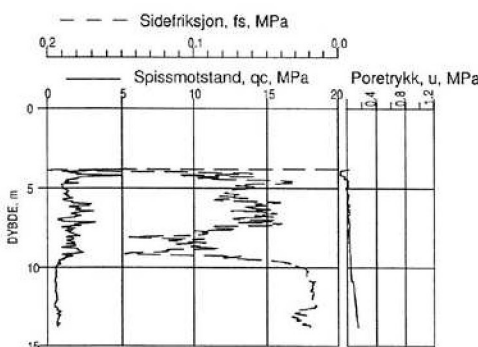


### RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)

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.

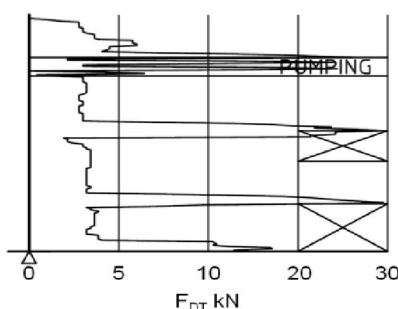
$Q_0$  = loddets tyngde \* fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)



### 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).

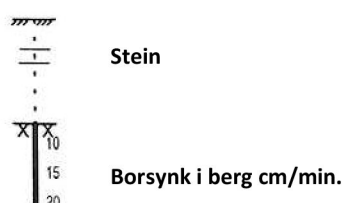


### DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)

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.

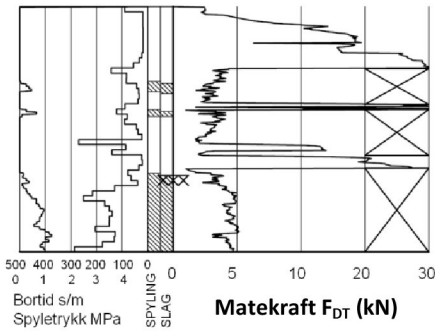
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften  $F_{DT}$  (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.

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.



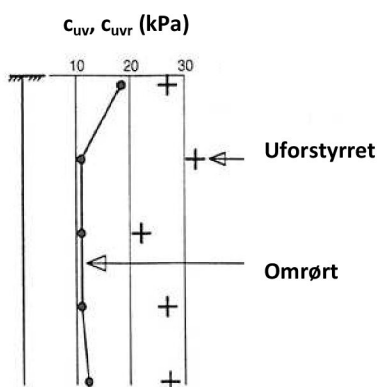
**T TOTALSONDERING (NGF MELDING 9)**  
Kombinerer metodene dreietrykkssondering og bergkontrollboring. Det benyttes  $\phi 45$  mm skjøtbare borstenger og  $\phi 57$  mm stiftborkrone med tilbakeslagsventil. Under nedboring i bløte lag benyttes dreietrykkmodus, og boret presses ned i bakken med konstant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



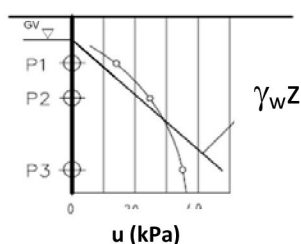
**⊙ MASKINELL NAVERBORING**  
Utføres med hul borstang påsveisert en metallspiral med fast stige høyde (auger). Med borrhigg kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet 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. 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  $65 \times 130$  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  $S_s = c_{uv}/c_{ur}$  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 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
<b>Torv</b>	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.
<b>Gytje og dy</b>	Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske bestanddeler.
<b>Humus</b>	Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold.
<b>Mold og matjord</b>	Sterkt omvandlet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det øvre jordlaget.

**SKJÆRFASTHET**

Skjærfastheten uttrykkes ved jordens skjærfasthetsparametre  $a$ ,  $c$ ,  $\phi$  ( $\tan\phi$ ) (effektivspenningsanalyse) eller  $c_u$  ( $c_{uA}$ ,  $c_{uD}$ ,  $c_{uP}$ ) (totalspenningsanalyse).

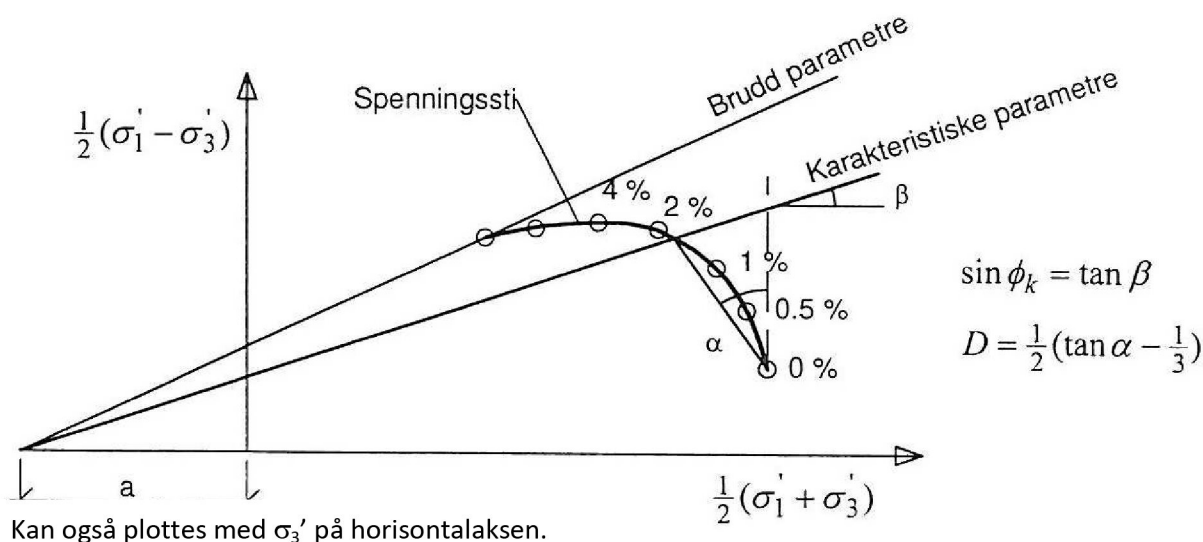
**Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre  $a$ ,  $c$ ,  $\phi$  ( $\tan\phi$ ) (kPa, kPa, °, (-))**

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 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<sub>l</sub> %) OG PLASTISITETSGRENSE (w<sub>p</sub> %) (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)

<b>Densitet</b> ( $\rho$ , g/cm <sup>3</sup> )	Masse av prøve pr. volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del.
<b>Korndensitet</b> ( $\rho_s$ , g/cm <sup>3</sup> )	Masse av fast stoff pr. volumenhet fast stoff
<b>Tørr densitet</b> ( $\rho_d$ , g/cm <sup>3</sup> )	Masse av tørt stoff pr. volumenhet

### TYNGDETETHETER

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

### PORETALL OG PORØSITET (NS 8014)

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

### KORNFORDDELINGSANALYSER (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  $\epsilon$ ) registreres, og materialets deformasjonsmodul (stivhet) kan beregnes som  $M = \Delta\sigma'/\Delta\epsilon$ . Denne presenteres som funksjon av vertikalspenningen  $\sigma'$ . 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, $\sigma' < \sigma'_c$ ( $\sigma'_c = \text{prekonsolideringsspenningen}$ )
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  $\rho_r$  som funksjon av innbyggingsvanninnhold  $w_i$ . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås ( $\rho_{dmax}$ ) 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:

<b>NGF Veiledninger</b> <b>Norske standarder NS</b>	<b>Tema</b>
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:

<b>Norske standarder NS</b>	<b>Tema</b>
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