

---

RAPPORT

# Ørnes fergeleie

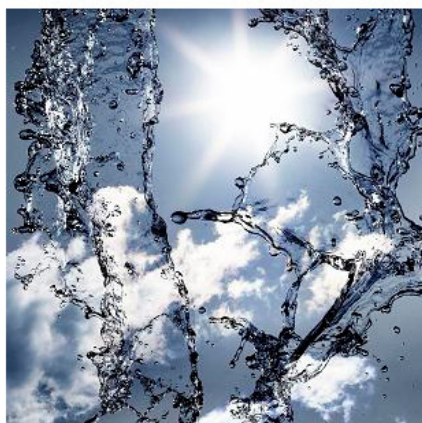
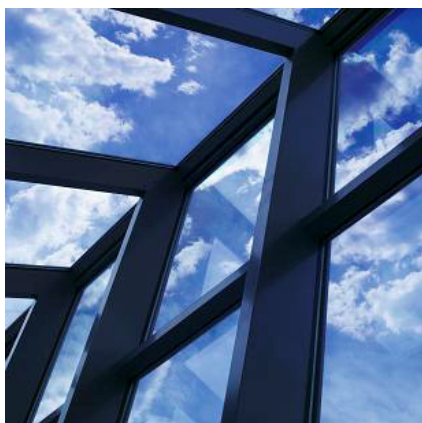
---

OPPDRAAGSGIVER  
Statens Vegvesen

EMNE  
Grunnundersøkelser - Orienterende  
geoteknisk vurdering

DATO / REVISJON: 2.juli 2014 / 00  
DOKUMENTKODE: 712355-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

OPPDRAG	<b>Ørnes fergeleie</b>		DOKUMENTKODE	712355-RIG-RAP-001
EMNE	Grunnundersøkelser - Orienterende geoteknisk vurdering		TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Statens Vegvesen</b>		OPPDRAGSLEDER	Erlend B. Kristiansen
KONTAKTPERSON	Kjetil Løding		UTARBEIDET AV	Tristan Mennessier
KOORDINATER	SONE: UTM 33	ØST: 443170 NORD: 7417185	ANSVARLIG ENHET	4012 Tromsø Geoteknikk
KOMMUNE	Meløy			

## SAMMENDRAG

Statens vegvesen planlegger utdypning ved Ørnes fergeleie i Meløy kommune.

Løsmassemekktigheten varierer mellom 0,1 og 2,9 m

Topplaget på 0,1-1,5 m består av leire/silt/sand/grus. Over berg er det stedvis et inntil 1,5 m tykt lag, med stor sonderingsmotstand.

Det skal mudres tett mot eksisterende kai, samt at det er lokalt nødvendig med sprengning.

På grunn av kaikonstruksjoner er det nødvendig med tiltak for å unngå skader ved sprengning samt undergraving av fot til sprengsteinsfyllingen.

	2.7.14		trim	erbk	erbk
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Utførte undersøkelser.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Grunnforhold.....</b>	<b>5</b>
	3.1 Henvisninger .....	5
	3.2 Områdebeskrivelse .....	5
	3.3 Løsmasser .....	6
<b>4</b>	<b>Orienterende geoteknisk vurdering .....</b>	<b>6</b>

### Tegninger

712355-RIG-TEG	-0	Oversiktskart
	-001	Borplan
	-10	Geotekniske data, borhull 4
	-60	Korngradering, borhull 4
	-100	Profil A og B
	-101	Profil C og D

### Vedlegg

Geoteknisk bilag, felt- og laboratorieundersøkelser

## 1 Innledning

Statens vegvesen planlegger utdypning ved Ørnes fergeleie i Meløy kommune.

Multiconsult AS er engasjert som rådgivende ingeniør i geoteknikk for prosjektet, og har i den forbindelse utført grunnundersøkelser. Foreliggende rapport inneholder resultater fra undersøkelsen samt en orienterende geoteknisk vurdering av prosjektet.

## 2 Utførte undersøkelser

Feltarbeidet ble utført i uke 22 i 2014.

Boringene ble utført med vår borebåt.

Det er foretatt 7 totalsonderinger.

Totalsondering gir informasjon om løsmassenes beskaffenhet og lagringsforhold samtidig som de har god nedtrengningsevne og kan benyttes til bergpåvisning.

I tillegg er det tatt opp 1 prøveserie med 54 mm prøvetakingsutstyr. Prøvene er klassifisert og rutineundersøkt i vårt laboratorium i Tromsø.

Alle høyder i rapportens tekst og tegninger refererer seg til NGO's høydesystem. Borpunktene er innmålt med Trimble DGPS med nøyaktighet i xyz  $\pm 10$  cm.

Det vises for øvrig til rapportens geoteknisk bilag for beskrivelse av felt- og laboratorieundersøkelser.

## 3 Grunnforhold

### 3.1 Henvisninger

Plassering av borpunkt er vist på borplanen, tegning nr. 712355-RIG-TEG-001. Resultat av boringene er vist i profil på tegning nr. 712355-RIG-TEG-100 og -101.

### 3.2 Områdebeskrivelse

Området ligger sørvest for Ørnes, øst for småbåthavna og er ca. 50x50 m<sup>2</sup>.

Fergeleiet er avgrenset av en sprengsteinsfylling både i øst og i nord som faller i sjøen med helning ca. 1:1,4. Det vises til ortofoto på neste side.

Sjøbunnen ved fergeleie varierer mellom kote minus 5 og kote minus 8 og faller mot sør/sørvest med helning mellom 1:5 og 1:16. Videre utover i sjøen faller sjøbunnen mot sørøst med gjennomsnittlig helning 1:5.



Figur 1 - Området

### 3.3 Løsmasser

Alle sonderinger er avsluttet i berg. Bergoverflaten i borpunktene varierer mellom kote minus 9,2 og kote minus 5,3.

Løsmassemektigheten varierer mellom 0,1 og 2,9 m og er størst i den innerste delen av fergeleiet.

Grunnen består i hovedsak av 2 lag.

Topplaget på 0,1-1,5 m har lav sonderingsmotsand. Over berg er det stedvis et inntil 1,5 m tykt lag med stor sonderingsmotstand.

Det er tatt opp prøveserie ved borhull 4. Det vises til tegning nr. 712355-RIG-TEG-10. Prøveserien er avsluttet ca. 1,2 m under sjøbunn. Den viser 0,3 m med grusig sand over sandig, siltig, leirig material. Vanninnholdet er 20-25 %.

Typiske korngraderingskurver er vist på tegning nr. 712355-RIG-TEG-60.

## 4 Orienterende geoteknisk vurdering

Det skal mudres til kote minus 7,4 i området. Dette medfører en utdypning på inntil 2,5 m.

Området viser varierende forhold. I den sørlige delen samt i nordøst kommer berg over utdypningsnivået og det skal derfor sprenges. I resten av området antas topplaget å være lett mudderbart med de fleste typer av godt mudringsutstyr. For det faste laget over berg vil mudringsutbyttet blir lavt selv med godt og kraftig hydraulisk graveutstyr med fast arm.

I nordvest kan utdypningen føre til undergravningen av foten til eksisterende sprengsteinsfylling. Fyllingen kan sikres med reetablering av fyllingen og fundamentering av foten på berg. Alternativt kan det etableres erosjonssikring under kaia.

I sørvest kommer berg over utdypningsnivået og skal sprenges. Det skal sprenges forsiktig/med sikkerhetsavstand med tanke på både stabiliteten av fyllingsfoten og stabiliteten av eksisterende kaikonstruksjoner/peler.

Mudringen må detaljprosjekteres.



Z:\0712\712355\712355-03 ARBEIDSOmrÅDE 712355-01 RIG\712355-04 TEGNINGER\712355-RIG-TEG-001\_rev00.dwg. - Plottet av: trim, Dato: 2014.06.27 kl 12:39

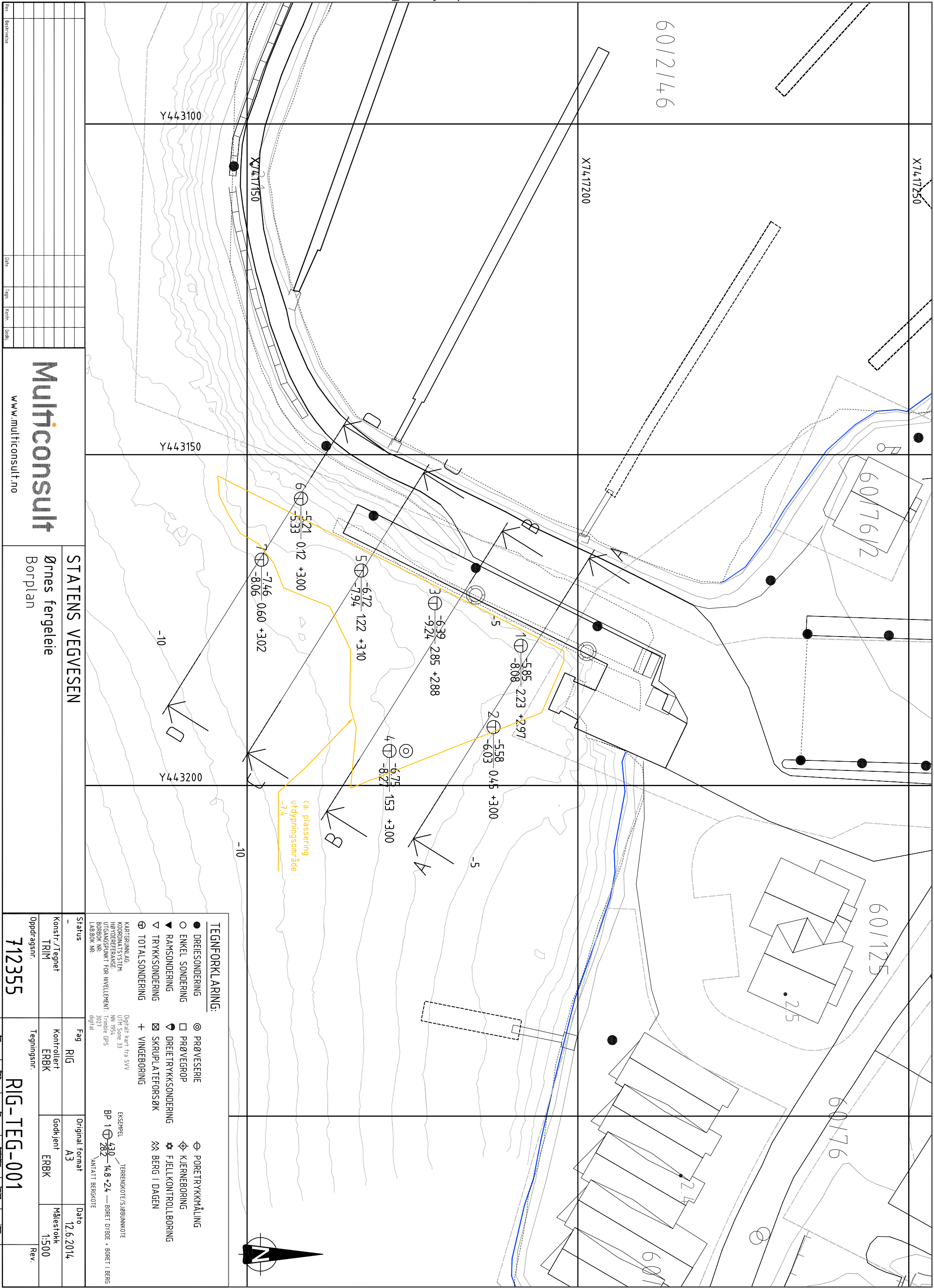


**Multiconsult**  
www.multiconsult.no

**STATENS VEGVESEN**  
Ørnes ferjeleie  
Situasjonskart

Status	-	Fag	RIG	Original format	A4	Dato	12.6.2014
Konstr./Tegnet	frim	Kontrollert	erbk	Godkjent	erbk	Målestokk	1:50000
Oppdragsnr.	712355	Tegningsnr.	RIG-TEG-000	Rev.			

Prosjekt: Ørnes ferjeleie



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kont.	Godk.

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no

**STATENS VEGVESEN**  
Ørnes fergeteie  
Borplan

<b>TEGNEFORKLARING:</b>		<b>TEGNEFORKLARING:</b>	
● DREIESONDERING	○ ENKEL SONDERING	○ PRØVESERIE	⊕ PORETRYKKMÅLING
▲ RAMSONDERING	▽ TRYKSONDERING	□ PRØVEGRØP	⊕ KJERNEBORING
⊕ TOTALSONDERING	+	☒ DREITRYKSONDERING	⊕ FJELLKONTROLLBORING
		☒ SKRUPPLATEFORSØK	⊕ BERG I DAGEN
		+	VINGEBORING

KARTGRUNNLAG: KORDINATSYSTEM: HØYDEFERANSE: UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: BORBOK NR: LABBOK NR:	Digitalt kart fra SVV UTM Sone 33 NN 1954 Trimble GPS 3027 digital	EKSEMPEL BP 1 ⊕ 430 282 4,8 +24 — BORET DV/BDE + BORET I BERG NAVIATT BERGKOTE
--	---	--

<b>Status</b>	<b>Fag</b>	<b>Original format</b>	<b>Dato</b>
—	RIG	A3	12.6.2014
<b>Konstr./Tegnet</b>	<b>Kontrollert</b>	<b>Godkjent</b>	<b>Målestokk</b>
TRIM	ERBK	ERBK	1:500
<b>Oppdragsnr.</b>	<b>Tegningsnr.</b>		<b>Rev.</b>
712355	RIG-TEG-001		



Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					$S_t$ (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
5	SAND, grusig _____ skjellrester																
	_____ sandig, siltig, leirig, MATERIAL		K														
10																	
15																	
20																	

**Symboler**



Enaksialforsøk (strek angir deformasjon (%) ved brudd)



Vanninnhold



Omrørt konus

$\rho$  = Densitet

T = Treaksialforsøk

$\rho_s$ : 2.75 g/cm<sup>3</sup>



Plastisitetsindeks,  $I_p$



Uomrørt konus

$S_t$  = Sensitivitet

$\emptyset$  = Ødometerforsøk

Grunnvannstand:

K = Korngradering

Lab-bok: 3027

**PRØVESERIE**

Tegningens filnavn:

Z:\012128571235-41\ARBEIDSGAR\CE71235-41\R071235-07.FLT.00\_LABREGISTRER\KPL\4071235-RIG-TEG-10.plt

Statens vegvesen

Ørnes Fergeleie

Tegnet: **HANNEK**

Kontrollert: **TRIM**

**Multiconsult**

Dato: 2014-06-27

Borhull: 4

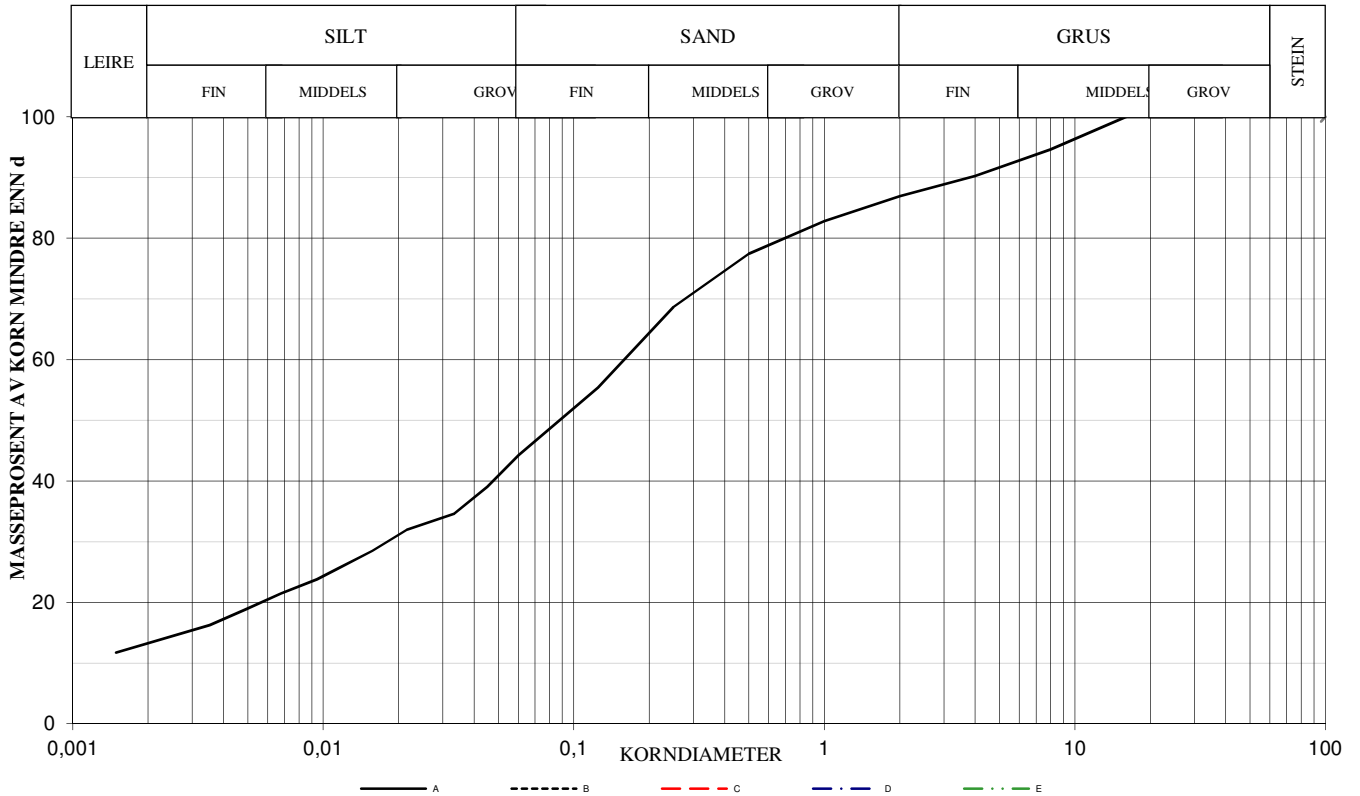
Godkjent: **TRIM**

Oppdragsnummer: 712355

Tegningsnr.: RIG-TEG-10

Rev nr.:

SYM BOL	SERIE NR.	DYBDE (kote)	BESKRIVELSE	ANMERKNINGER	METODE		
					TS	VS	HYD
A	4	0,8 - 1,3 m	Sandig, siltig, leirig materiale		X	X	X
B							
C							
D							
E							



SYMBOL:

Ogl. = Glødetap (%)

Ona. = Humusinnhold (%)

Perm. = Permeabilitet (m/s)

$$C_z = \frac{D_{20}^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

METODE:

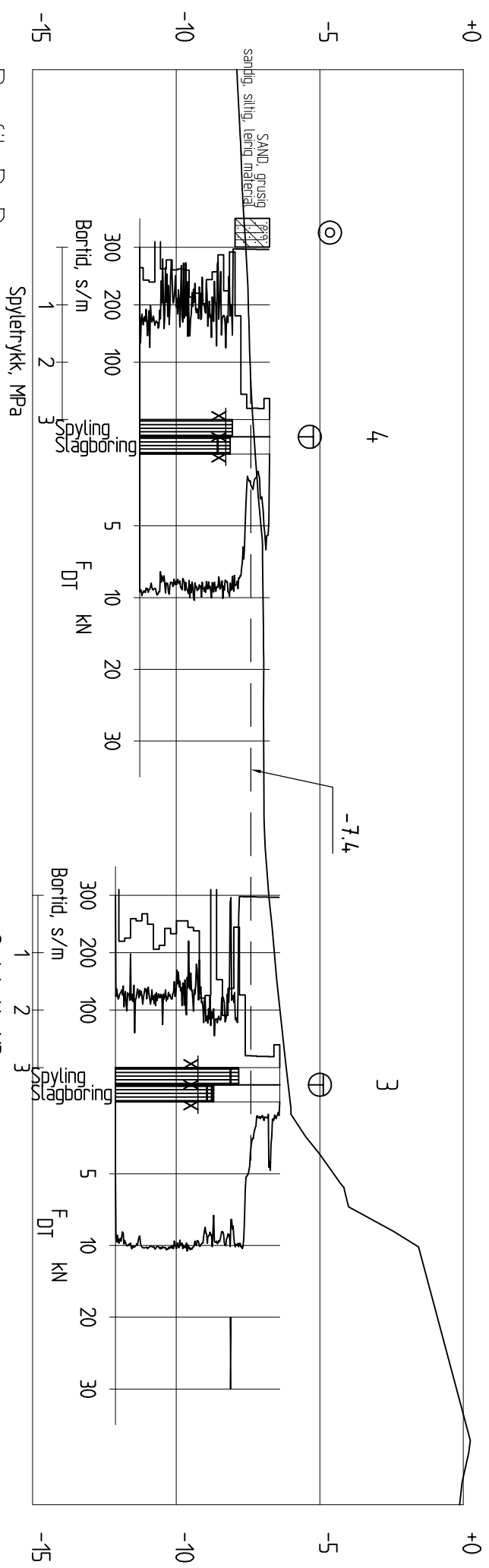
TS = Tørr sikt

VS = Våt sikt

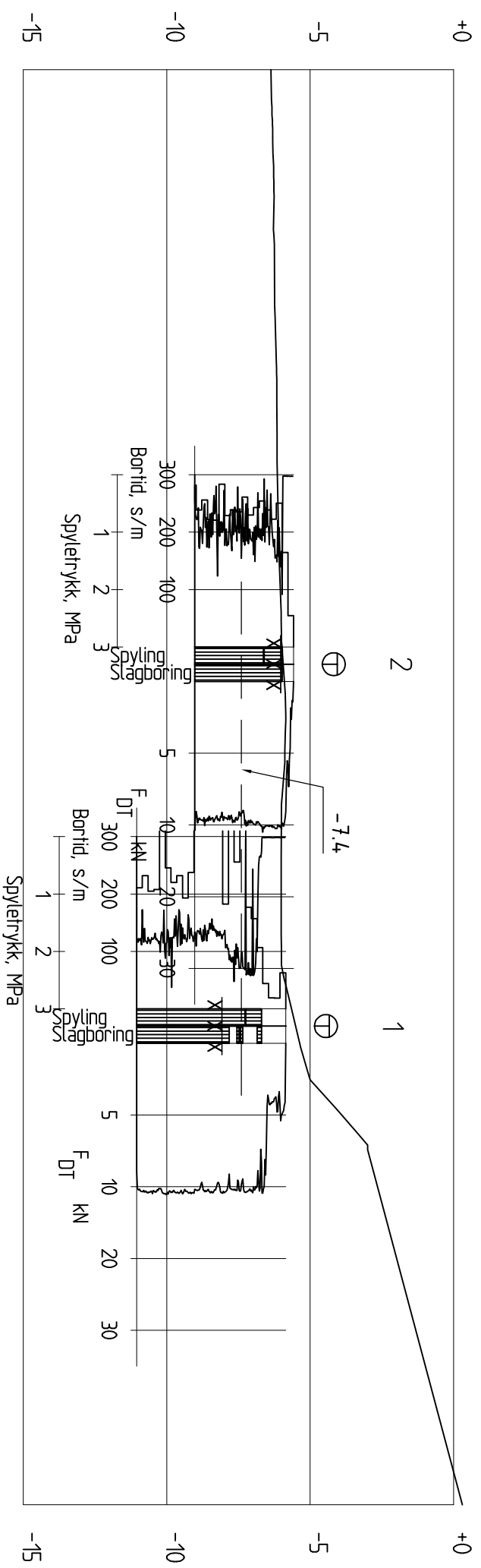
HYD = Hydrometer

SYM BOL	Vanninnhold %	Telegruppe	< 0,063 mm %	< 0,02 mm %	$C_z$	$C_u$	$D_{10}$ mm	$D_{30}$ mm	$D_{50}$ mm	$D_{60}$ mm
A	22,8	T4		31,1				0,018	0,105	0,182
B										
C										
D										
E										

<b>KORNGRADERING</b>				
Statens Vegvesen Ørnes Fergeleie Meløy		Kontrollert	Godkjent	Multiconsult
		Dato	27.06.2014	
MULTICONSULT AS Fiolveien 13, 9016 TROMSØ Tlf.: 77 60 69 40 - Faks: 77 60 69 41		Oppdragsnummer	Tegnings nr.	Rev.
		712355	60	



Profil B-B  
1 : 200



Profil A-A  
1 : 200

Rev.	Bakrevisje	Dato	Tegn.	Kontrollert	Godkjent

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no

**STATENS VEGVESEN**  
Ørnes fergeleie  
Profiler A og B

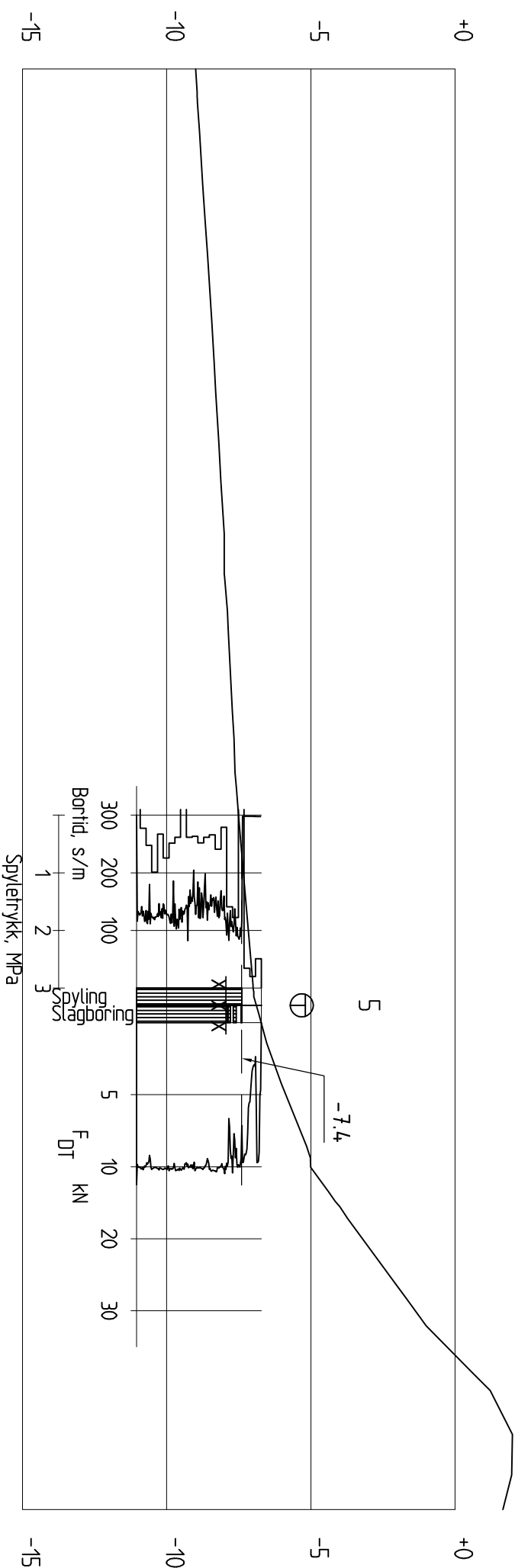
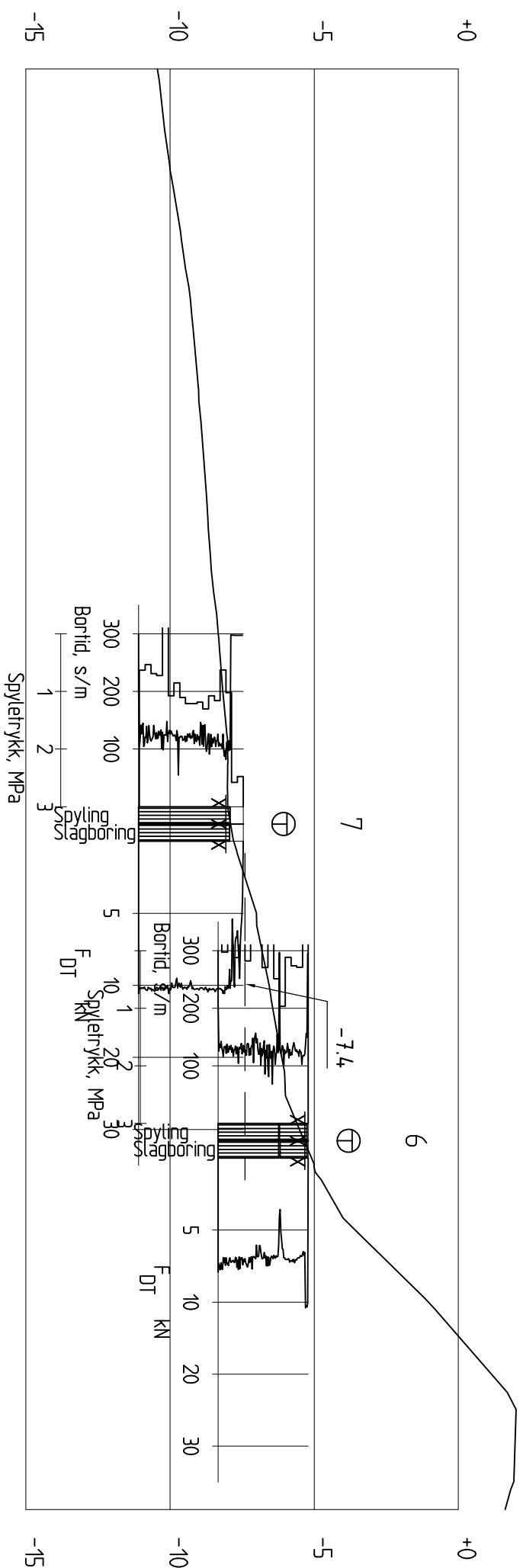
Status	Fag	Original format	Dato
-	RIG	A3	14.05.2014
Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Målestokk
trim	erdk	erdk	1:200
Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
712355			
	RIG-TEG-100		

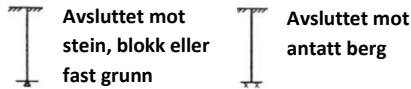
Rev.	Bakrevisje	Dato	Tegn.	Kontrollert	Godkjent

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no

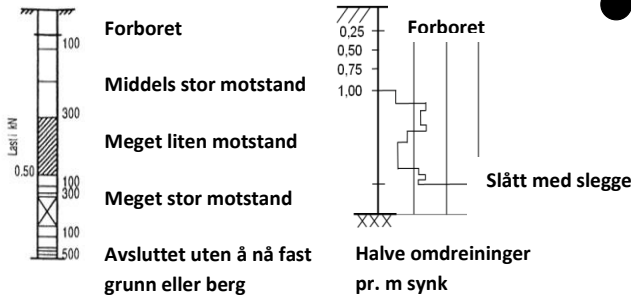
**STATENS VEGVESEN**  
Ørnes fergeleie  
Profiler C og D

Status	Fag	Original format	Dato
-	RIG	A3	14.05.2014
Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Målestokk
trim	erdk	erdk	1:200
Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
712355	RIG-TEG-101		



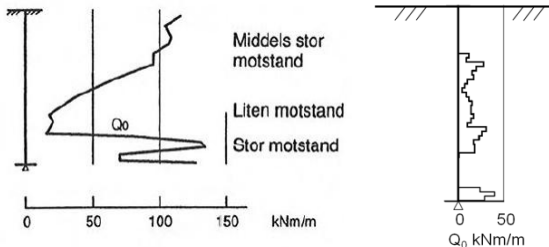


**Sonderinger** utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



**DREIESONDERING (NGF MELDING 3)**  
 Utføres med skjøtbare  $\phi 22$  mm borstenger med 200 mm vridd spiss. Boret dreies manuelt eller maskinelt ned i grunnen med inntil 1 kN (100 kg) vertikalbelastning på stengene. Hvis det ikke synker for denne lasten, dreies boret maskinelt eller manuelt. Antall  $\frac{1}{2}$ -omdreininger pr. 0,2 m synk registreres.

Boremotstanden presenteres i diagram med vertikal dybdeskala og tverrstrek for hver 100  $\frac{1}{2}$ -omdreininger. Skravur angir synk uten dreining, med påført vertikalast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.

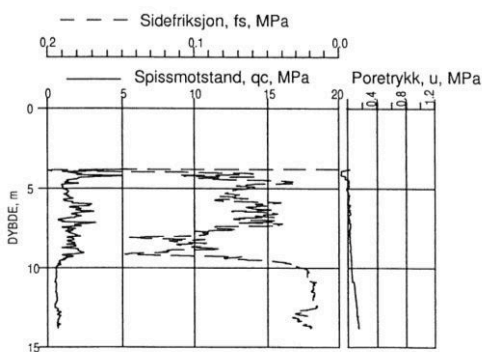


**RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)**

Boringen utføres med skjøtbare  $\phi 32$  mm borstenger og spiss med normert geometri. Boret rammes med en rammeenergi på 0,38 kNm. Antall slag pr. 0,2 m synk registreres.

Boremotstanden illustreres ved angivelse av rammemotstanden  $Q_0$  pr. m nedramming.

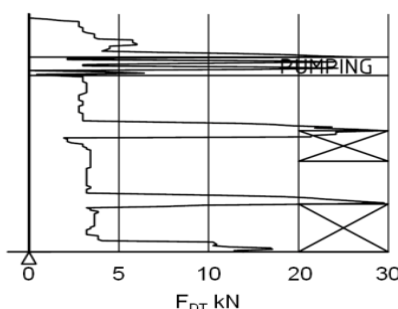
$Q_0 = \text{loddets tyngde} \cdot \text{fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)}$



**TRYKKSONDERING (CPT - CPTU) (NGF MELDING 5)**

Utføres ved at en sylindrisk, instrumentert sonde med konisk spiss presses ned i grunnen med konstant penetrasjonshastighet 20 mm/s. Under nedpressingen måles kraften mot konisk spiss og friksjonshylse, slik at spissmotstand  $q_c$  og sidefriksjon  $f_s$  kan bestemmes (CPT). I tillegg kan poretrykket  $u$  måles like bak den koniske spissen (CPTU). Målingene utføres kontinuerlig for hver 0,02 m, og metoden gir derfor detaljert informasjon om grunnforholdene.

Resultatene kan benyttes til å bestemme lagdeling, jordart, lagringsbetingelser og mekaniske egenskaper (skjærfasthet, deformasjons- og konsolideringsparametre).

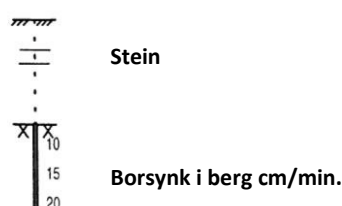


**DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)**

Utføres med glatte skjøtbare  $\phi 36$  mm borstenger med en normert spiss med hardmetallsveis. Borstengene presses ned i grunnen med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min.

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

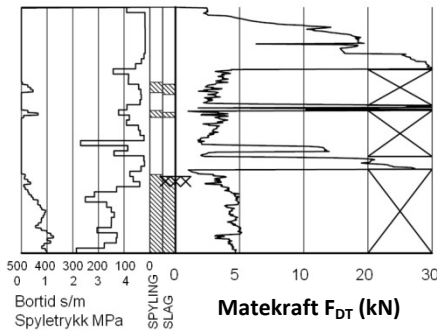
Metoden er spesielt hensiktsmessig ved påvisning av kvikkleire i grunnen, men den gir ikke sikker dybde til bergoverflaten.



**BERGKONTROLLBORING**

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

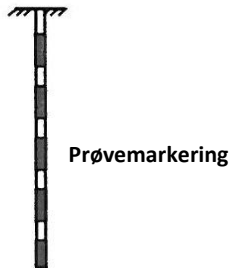




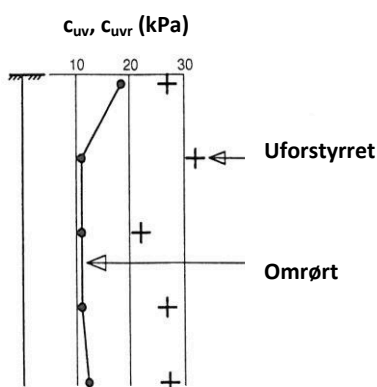
**T TOTALSONDERING (NGF MELDING 9)**  
Kombinerer metodene dreietrykkssondering og bergkontrollboring. Det benyttes  $\phi 45$  mm skjøtbare borstenger og  $\phi 57$  mm stiftborkrone med tilbakeslagsventil. Under nedboring i bløte lag benyttes dreietrykkmodus, og boret presses ned i bakken med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min. Når faste lag påtreffes økes først rotasjonshastigheten. Gir ikke dette synk av boret benyttes spyling og slag på borkronen. Nedpressingskraften  $F_{DT}$  (kN) registreres kontinuerlig og vises på diagrammets høyre side, mens markering av spyletrykk, slag og bortid vises til venstre.



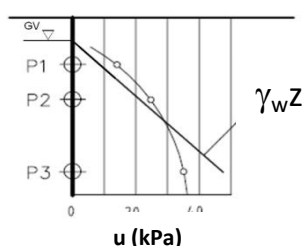
**⊙ MASKINELL NAVERBORING**  
Utføres med hul borstang påsveisert en metallspiral med fast stige høyde (auger). Med borrhigg kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet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



**⊙ PRØVETAKING (NGF MELDING 11)**  
Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet. Vanligvis benyttes stempelprøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylindere kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På ønsket dybde blir prøvesylindere presset ned mens innerstangen med stempelet holdes i ro. Det skjæres derved ut en jordprøve som trekkes opp til overflaten, der den blir forseglet for transport til laboratoriet. Prøvediameteren kan variere mellom  $\phi 54$  mm (vanligst) og  $\phi 95$  mm. Det er også mulig å benytte andre typer prøvetakere, som for eksempel ramprøvetakere og blokkprøvetakere. Prøvekvaliteten inndeles i Kvalitetsklasse 1-3, der 1 er høyeste kvalitet. Stempelprøvetaking gir vanligvis prøver i Kvalitetsklasse 1-2 for leire.



**+ VINGEBORING (NGF MELDING 4)**  
Utføres ved at et vingekorset med dimensjoner  $b \times h = 55 \times 110$  mm eller  $65 \times 130$  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  $S_t = c_{uv}/c_{ur}$  bestemmes. Tolkede verdier må vanligvis korrigeres empirisk for opptredende effektivt overlagingstrykk i måledybden, samt for jordartens plastisitet.



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

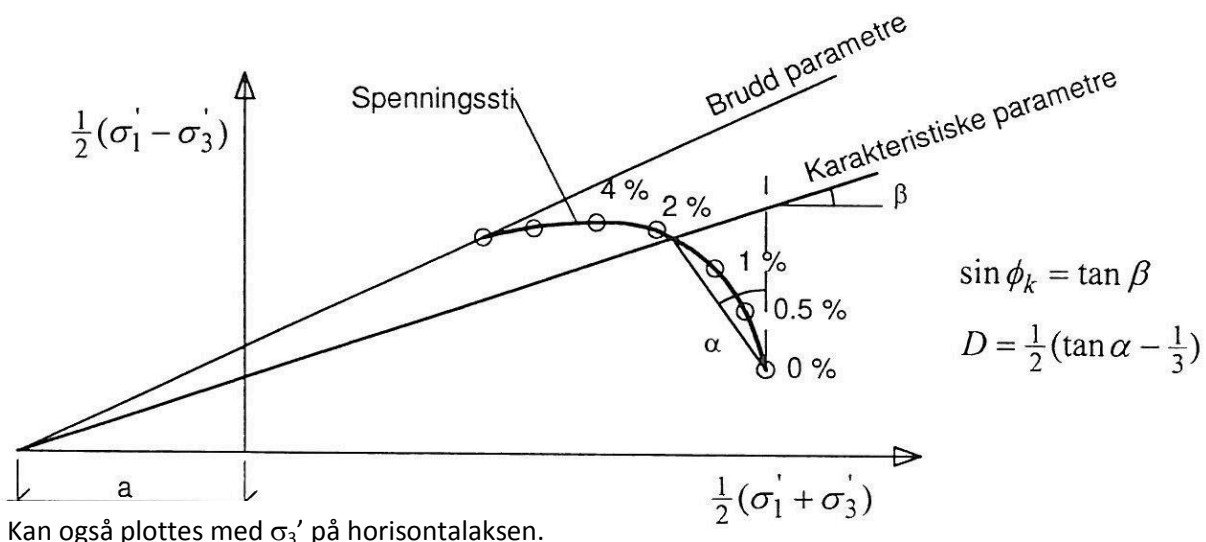
**Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre  $a$ ,  $c$ ,  $\phi$  ( $\tan\phi$ ) (kPa, kPa, °, (-))**

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

### KORNFORDELINGSANALYSER (NS 8005)

En kornfordelingsanalyse utføres ved våt eller tørr sikting av fraksjonene med diameter  $d > 0,063$  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, $\sigma' < \sigma'_c$ ( $\sigma'_c$ = 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-oksydasjon med hydrogenperoksyd, kan også benyttes.