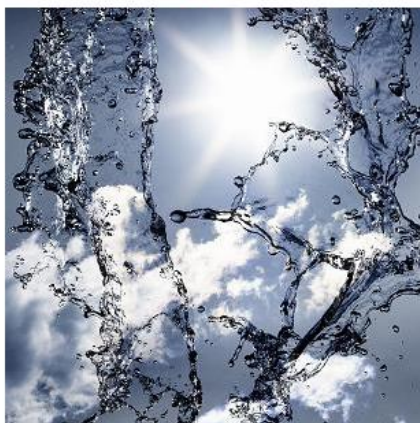
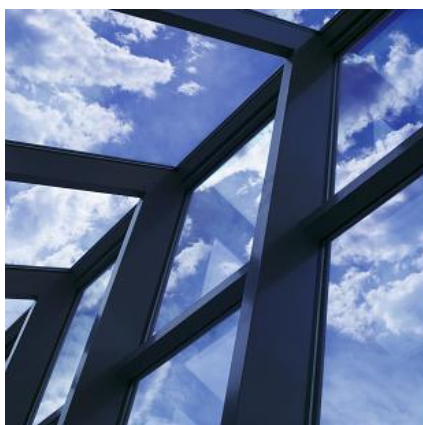

RAPPORT

Øvre Rotvoll

OPPDRAUGSGIVER
Rotvoll Eiendom AS

EMNE
Geoteknisk datarapport

DATO / REVISJON: 25. november 2015 / 01
DOKUMENTKODE: 417451-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	Øvre Rotvoll	DOKUMENTKODE	417451-RIG-RAP-001
EMNE	Geoteknisk datarapport	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Rotvoll Eiendom AS	OPPDRAGSLEDER	Håvard Narjord
KONTAKTPERSON	Aase Sætran	UTARBEIDET AV	Amund Quitzau Growen
KOORDINATER	SONE: 32V ØST: 5739 NORD: 70341	ANSVARLIG ENHET	3012 Midt Geoteknikk
GNR./BNR./SNR.	16 / 510, 511,512 / Trondheim		

SAMMENDRAG

Rotvoll Eiendom AS arbeider med områderegulering for Øvre Rotvoll i Trondheim, og har i den forbindelse engasjert Multiconsult for geoteknisk bistand.

Multiconsult har tidligere (uke 33/2015) utført geotekniske grunnundersøkelser på området som omfattet 7 stk. totalsonderinger (borpunkt 1-7).

De 7 totalsonderingene viser at løsmassene i området stort sett består av fine og faste masser.

Sonderingen i borpunkt 4 viser lag av noe grovere masser. Sonderingene i borpunkt 1 og 2 ble avsluttet etter 3 meter boring i berg, og viser en bergkote på henholdsvis +36,1 og +45,5. Øvrige boringer er avsluttet i ca. 24 til 43 m dybde uten at berg er påtruffet.

Supplerende boringer ble utført på felt G og H i uke 41/2015. Det ble utført 6 totalsonderinger og tatt opp prøver for 2 borehull. Disse totalsonderingene er boret til ca. 20 m under terreng og er avsluttet med stopp i faste masser.

Prøveseriene i borpunkt 8 og 12 er avsluttet i henholdsvis 5 og 7 m under terreng og viser at massene består av matjord, tørrskorpeleire og leire.

			Jin K. Melhus	Håvard Narjord	Arne Vik
01	25.11.2015	Supplerende boringer, borpunkt 8-13	Jin. K. Melhus	Håvard Narjord	Arne Vik
00	07.09.2015	Geoteknisk datarapport	Amund Q. Growen	Håvard Narjord	Arne Vik
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn.....	5
1.2	Myndighetskrav	5
2	Grunnundersøkelser	6
2.1	Feltundersøkelser	6
2.2	Laboratorieundersøkelser	6
3	Terreng og grunnforhold	7
3.1	Områdebeskrivelse	7
3.2	Kvartærgeologi	8
3.3	Grunnforhold – løsmasser	8
4	Referanser	9
5	Vedlegg.....	10
5.1	A – Koordinater borpunkt	10
5.2	B – Koordinater borpunkt	10

TEGNINGER

417451-RIG-TEG	-000	Oversiktskart
	<i>-001_rev01</i>	<i>Borplan</i>
	<i>-010</i>	<i>Geotekniske data PR-8</i>
	<i>-011</i>	<i>Geotekniske data PR-12</i>
	<i>-150</i>	<i>Sonderinger BP.1 og BP.2</i>
	<i>-151</i>	<i>Sonderinger BP.3 og BP.4</i>
	<i>-152</i>	<i>Sonderinger BP.5 og BP.6</i>
	<i>-153</i>	<i>Sondering BP.7</i>
	<i>-154</i>	<i>Sondering BP.8 og BP.9</i>
	<i>-155</i>	<i>Sondering BP.10 og BP.11</i>
	<i>-156</i>	<i>Sondering BP.12 og BP.13</i>

VEDLEGG

Vedlegg A – Koordinater undersøkelser august 2015

Vedlegg B – Koordinater undersøkelser oktober 2015

GEOTEKNISKE BILAG

Geotekniske bilag; Feltundersøkelser

Geotekniske bilag; Laboratorieundersøkelser

Geotekniske bilag; Metodestandarder og retningslinjer – felt- og laboratorieundersøkelser

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Rotvoll Eiendom AS arbeider med områderegulering for Øvre Rotvoll i Trondheim, og har i den forbindelse engasjert Multiconsult for geoteknisk bistand.

Multiconsult har i forkant av arbeidet beskrevet en vurdering av behovet for grunnundersøkelser basert på tidligere utførte undersøkelser. Disse innledende geotekniske vurderingene fremkommer av notat 417451-RIG-NOT-001.

I foreliggende rapport er resultater fra supplerende undersøkelser tatt inn, og endringer fra revisjon 00 er vist med kursiv.

Delfelt G og H er unntatt krav om detaljregulering og det er derfor utført supplerende grunnundersøkelser som grunnlag for byggesak (borpunkt 8-13).

Grunnundersøkelsene ble samordnet med miljøgeologiske undersøkelser som er presentert i egen rapport.

Foreliggende rapport fremstiller resultatene av de utførte geotekniske grunnundersøkelsene.

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. Oppdraget er også gjennomført i henhold til Eurokode EN-1997, del 2 (ref. /1/) og tilhørende tilgjengelige metodestandarder. I tillegg er feltundersøkelsene utført i henhold til Norsk Geoteknisk Forenings meldinger. Se for øvrig bilag nr. 3 og 4 for samlet oversikt over utvalgte metodestandarder.

2 Grunnundersøkelser

2.1 Feltundersøkelser

Feltarbeidet for geotekniske grunnundersøkelser, borpunkt 1-7, ble utført i uke 33/2015. Boringene ble utført med en Geotech 607 H beltegående borerigg.

Feltundersøkelsene omfattet 7 stk. totalsonderinger.

Feltarbeidet for supplerende geotekniske grunnundersøkelser, borpunkt 8-13, ble utført i uke 41/2015. Boringene ble utført med en Geotech 607 H beltegående borerigg.

Feltundersøkelsene omfattet 6 stk. totalsonderinger og opptak av prøveserier borpunkt 8 og 12.

Totalsonderinger gir informasjon om løsmassenes beskaffenhet og lagringsforhold, samtidig som metoden har god nedregningsevne og kan benyttes til bergpåvisning.

Borpunkt er satt ut og innmålt med DGPS utstyr (Trimble GeoExplorer 6000 series GeoXR). Oversikt over koordinater finnes i Vedlegg A og vedlegg B.

Alle høyder/kotenivå oppgitt i denne rapporten, har NN2000 som høydereferanse og koordinatsystemet er i UTM sone 32V.

Plassering av borpunktene er vist på borplan, tegning nr. 417451-RIG-TEG-001.

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

2.2 Laboratorieundersøkelser

De opptatte prøvene er undersøkt i vårt geotekniske laboratorium i Trondheim med tanke på klassifisering og identifisering av jordartene, samt bestemmelse av prøvenes mekaniske egenskaper. Ved denne undersøkelsen er prøvene geoteknisk klassifisert og beskrevet med måling av vanninnhold og tyngdetetthet. Der det lar seg gjøre er det også målt udrenert og omrørt skjærfasthet i massene.

Resultat fra rutineundersøkelsen er presentert som geotekniske data i tegning nr. 417451-RIG-TEG-010-011.

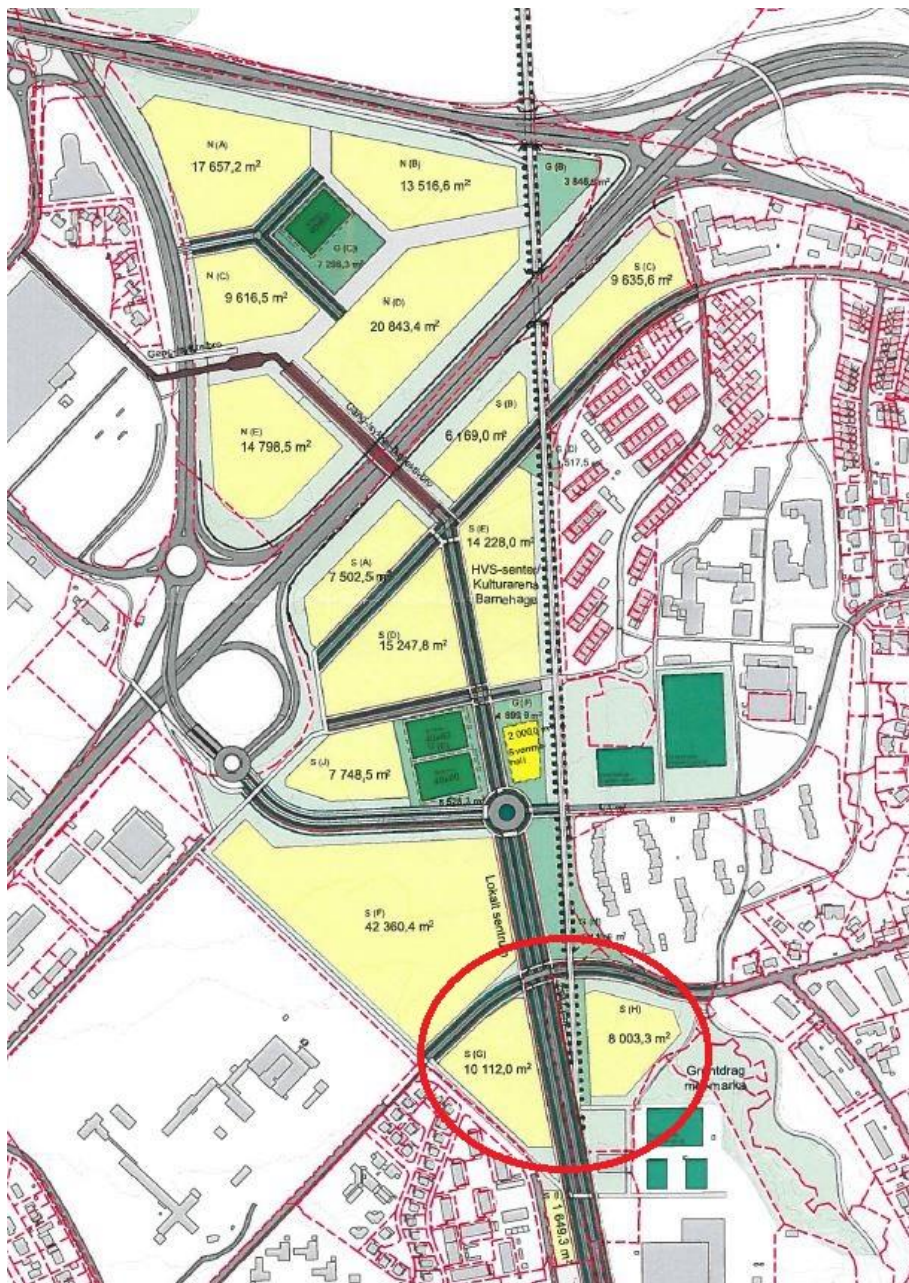
Utførelsen av laboratorieundersøkelsene er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 2.

3 Terreng og grunnforhold

3.1 Områdebeskrivelse

Det aktuelle området er ligger på begge sider av Omkjøringsveien, mellom Tunga og Charlottenlund i Trondheim. Området er fram til nå benyttet til jordbruk. Terrenget stiger fra nord på ca. kote +54, til sør ca. på kote +95.

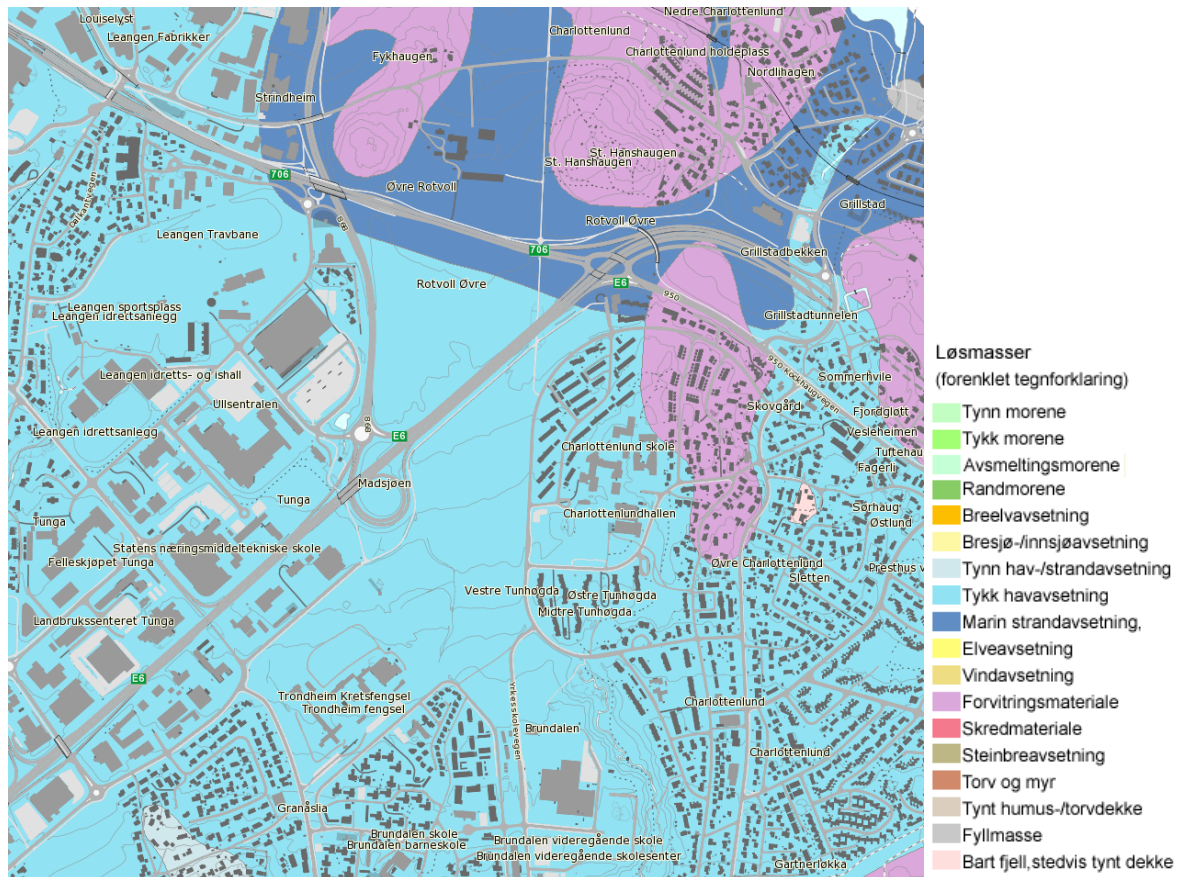
Se figur 3-1 for oversikt over delfeltområder.



Figur 3-1: Delfelt kart. Supplerende boringer (8-13), er avmerket med rød ring.

3.2 Kwartærgeologi

Kwartærgeologisk kart viser at løsmassene i området består av tykk havavsetning. Dette er løsmasser som normalt består av silt og leire. Det eksisterer ingen kjente kvikkleiresoner i nærheten av området.



Figur 3-2: Utsnitt fra kvartærgeologisk kart. Det aktuelle området er omtrent midt i kartet (kilde: www.ngu.no).

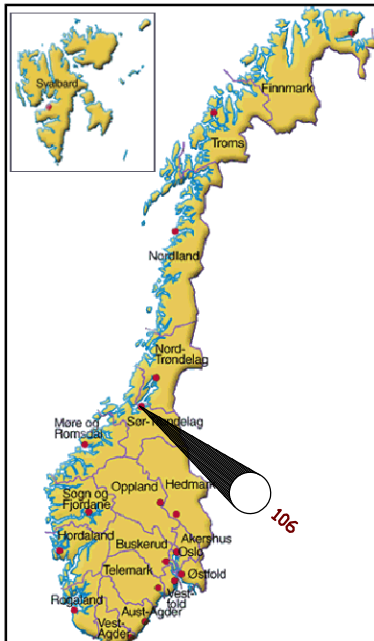
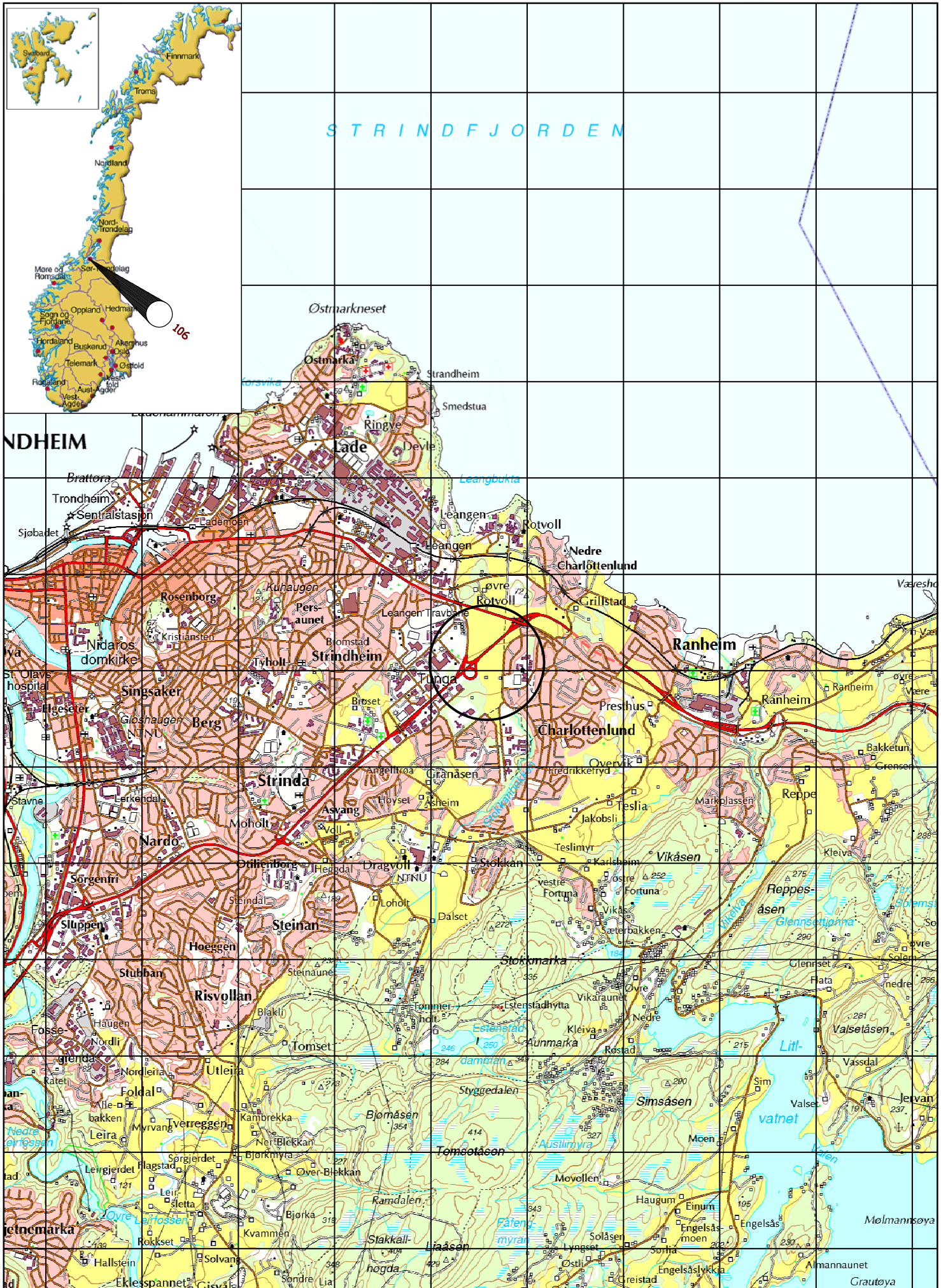
3.3 Grunnforhold – løsmasser

De 7 totalsonderingene bekrefter tidligere antatt grunnforhold i området med faste leirmasser. Noe mer varierte forhold er det i punkt 7 hvor de miljøgeologiske undersøkelsene viser fyllmasser med mektighet 2-3 m over de originale faste massene. Sonderingen i borpunkt 4 viser lag av noe grovere masser. Sonderingene i borpunkt 1 og 2 ble avsluttet etter 3 meter boring i berg, og viser en bergkote på henholdsvis +36,1 og +45,5.

De supplerende boringene (8-13), er avsluttet uten påvisning av berg. Sonderingene indikerer faste leirmasser. Sonderingen i borpunkt 12, viser lag av noe grovere masser 10-15 m under terreng.

4 Referanser

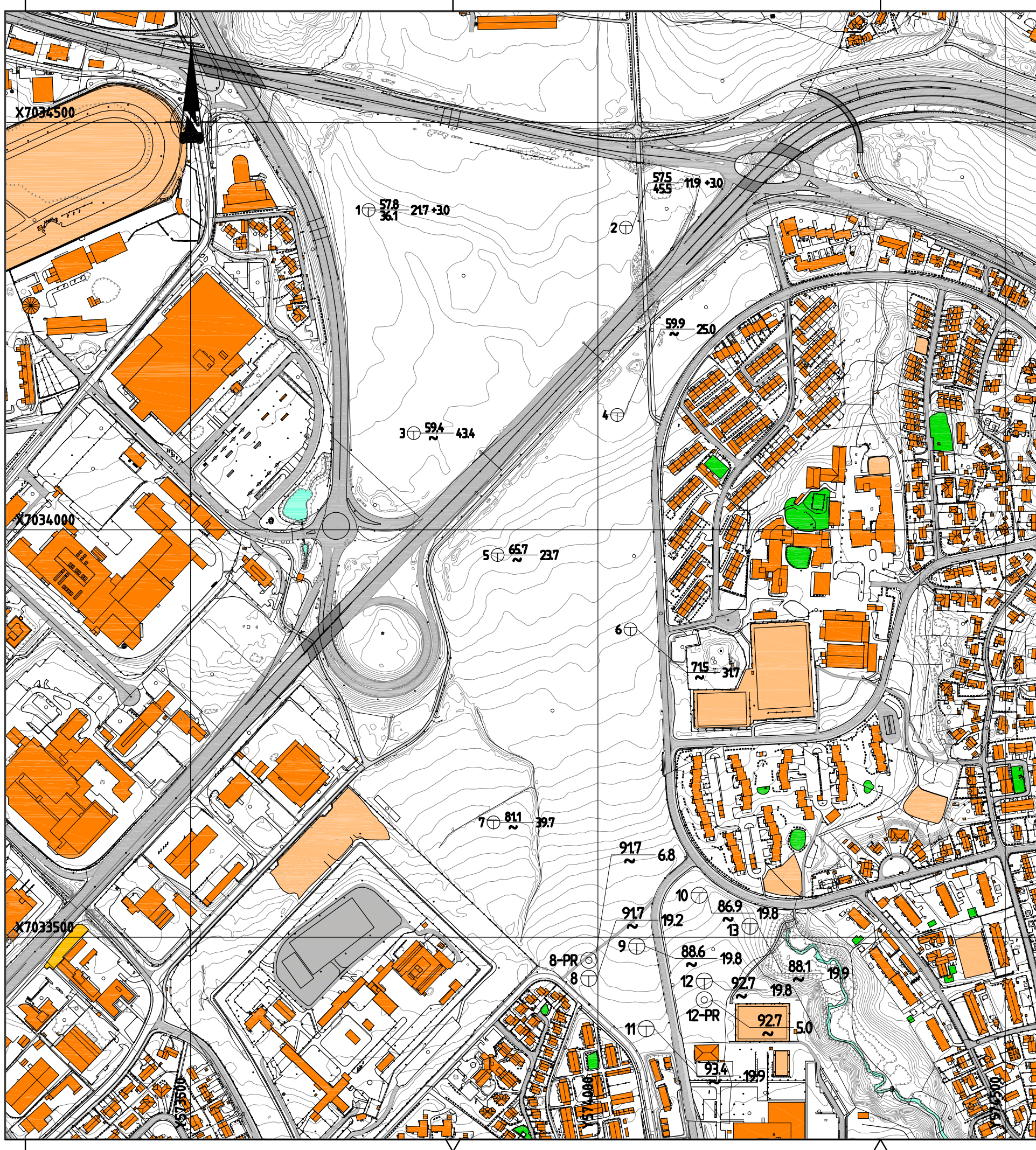
- /1/ Standard Norge, "Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver," Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1997-2:2007/AC:2010+NA:2008, Mar. 2007.



Multiconsult
www.multiconsult.no

Øvre Rotvoll
Oversiktskart

Status	Utsendt	Fag	Geoteknikk	Original format	A4	Dato	21.08.2015
Konstr./Tegnet	AMG	Kontrollert	HAN	Godkjent	ARV	Målestokk	1:50000
Oppdragsnr.	417451	Tegningsnr.	RIG-TEG-000			Rev.	00



TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGROP
- ◆ DREI TRYKKSONDERING
- ⊠ SKRUPLATEFORSØK
- + VINGEBORING
- ⊖ PORETRYKKMÅLING
- ⊕ KJERNEBORING
- ⊠ FJELLKONTROLLBORING
- ⊠ BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG: Digitalt kart fra oppdragsgiver
 KOORDINATSYSTEM: UTM Sone 32V
 HØYDEREFERANSE: NN 2000
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: GPS GLONAS CPOS
 BORBOK NR: Digital

TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE
 EKSEMPEL BP 1 $\frac{430}{28.2}$ 14.8 +2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG
 ANTATT BERGKOTE

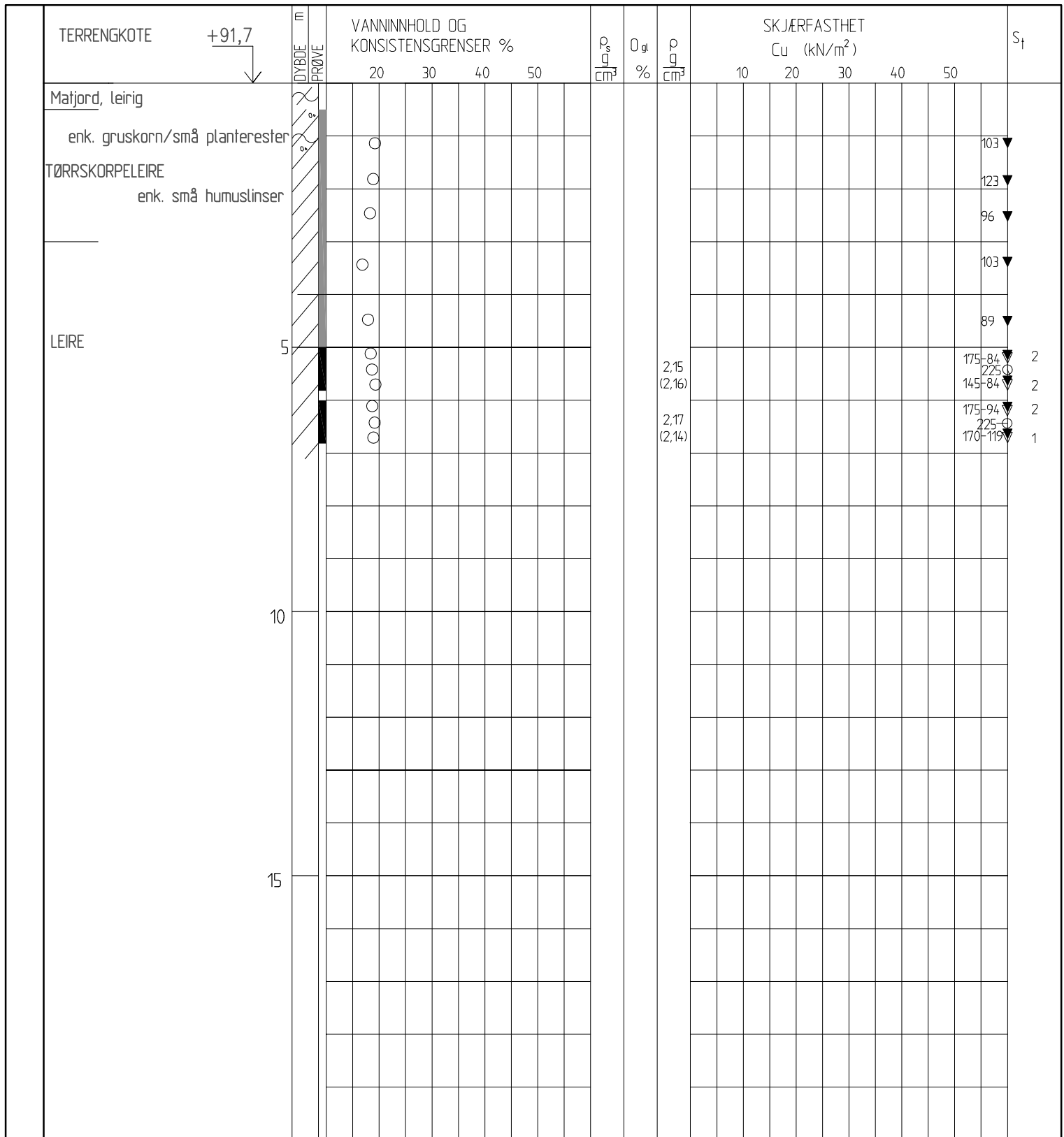
TIDLIGERE BORINGER:
 1-7: BORINGER FRA MULTICONSULT RAPPORT NR. 417415 (2015)-ØVRE ROTVOLL

NYE BORINGER:
 8-13

01	Supplerende boriger 8-13	19.11.2015	JKM	HAN	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
			Fag	Format	
			Geoteknikk	A3	
			Dato	30.09.2015	
			Format/Målestokk:	1:5000	

Rotvoll Eiendom AS
 Øvre Rotvoll
 Borplan

Multiconsult www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Oppdragsnr. 417451	AMG	HAN	ARV
	Tegningsnr. RIG-TEG-001			Rev. 01



PR = PRØVESERIE SYLINDER
 PP = POSEPRØVE
 ○ NATURLIG VANNINNHOOLD
 — W_f FLYTEGRENSE V/KONUSFORSØK
 — W_p PLASTISITETSGRENSE
 0_{gl} GLØDETAP
 ρ_s KORNDENSITET
 □ KLASSIFISERT FELT
 ■ PRØVESERIE SYLINDER
 ■ POSEPRØVE
 ▽ KONUS UFORSTYRRET PRØVE
 (▽) KONUS FORSTYRRET PRØVE
 ▼ KONUS OMRØRT PRØVE
 ⊕ ENAKS UFORSTYRRET PRØVE
 ⊙ ENAKS FORSTYRRET PRØVE
 15-5 % TØYNING VED BRUDD
 S_t SENSITIVITET
 ρ DENSITET

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

GEOTEKNISKE DATA

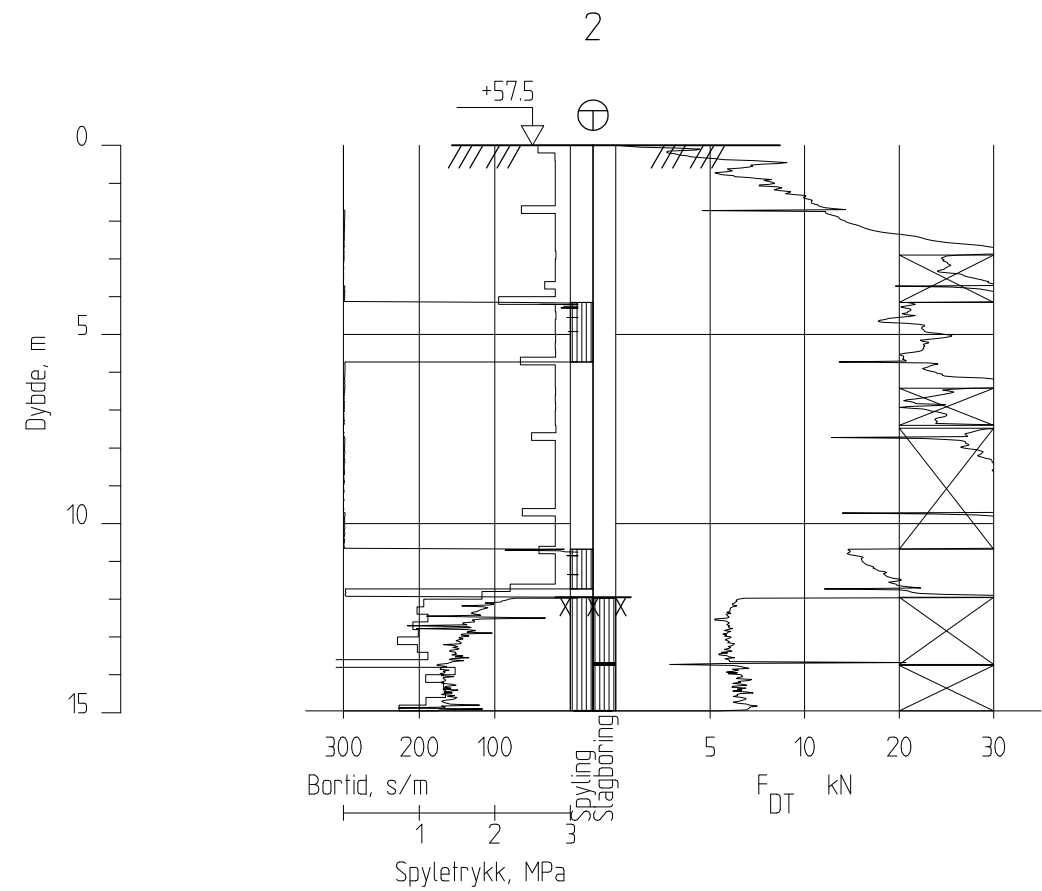
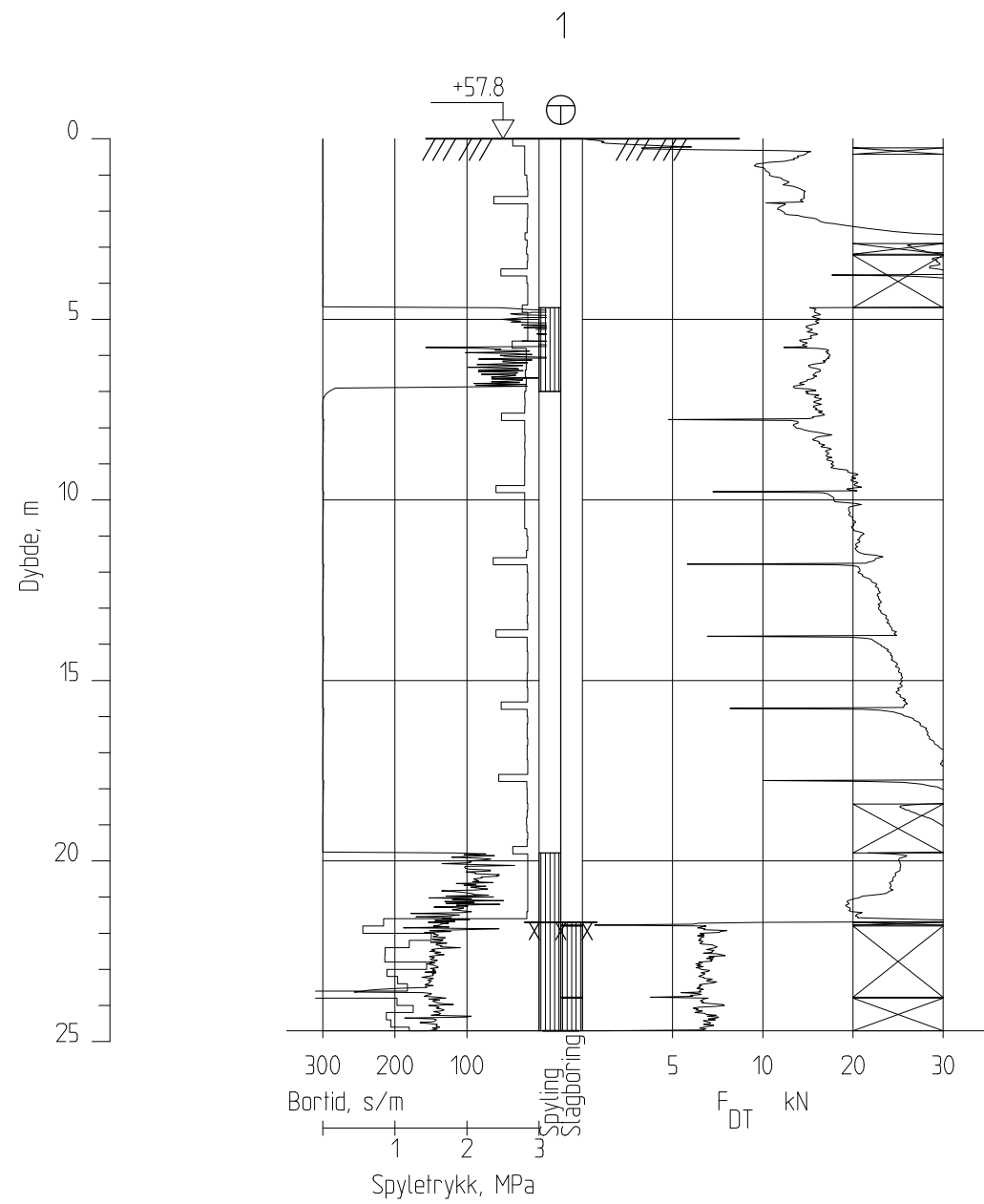
Rotvoll Eiendom AS
 Øvre Rotvoll
 Grunnundersøkelser

Boring nr. 8
 Tegningens filnavn 417451-RIG-TEG-010_h8.dwg
 Borplan nr. -001
 Boret dato: 14.10.2015

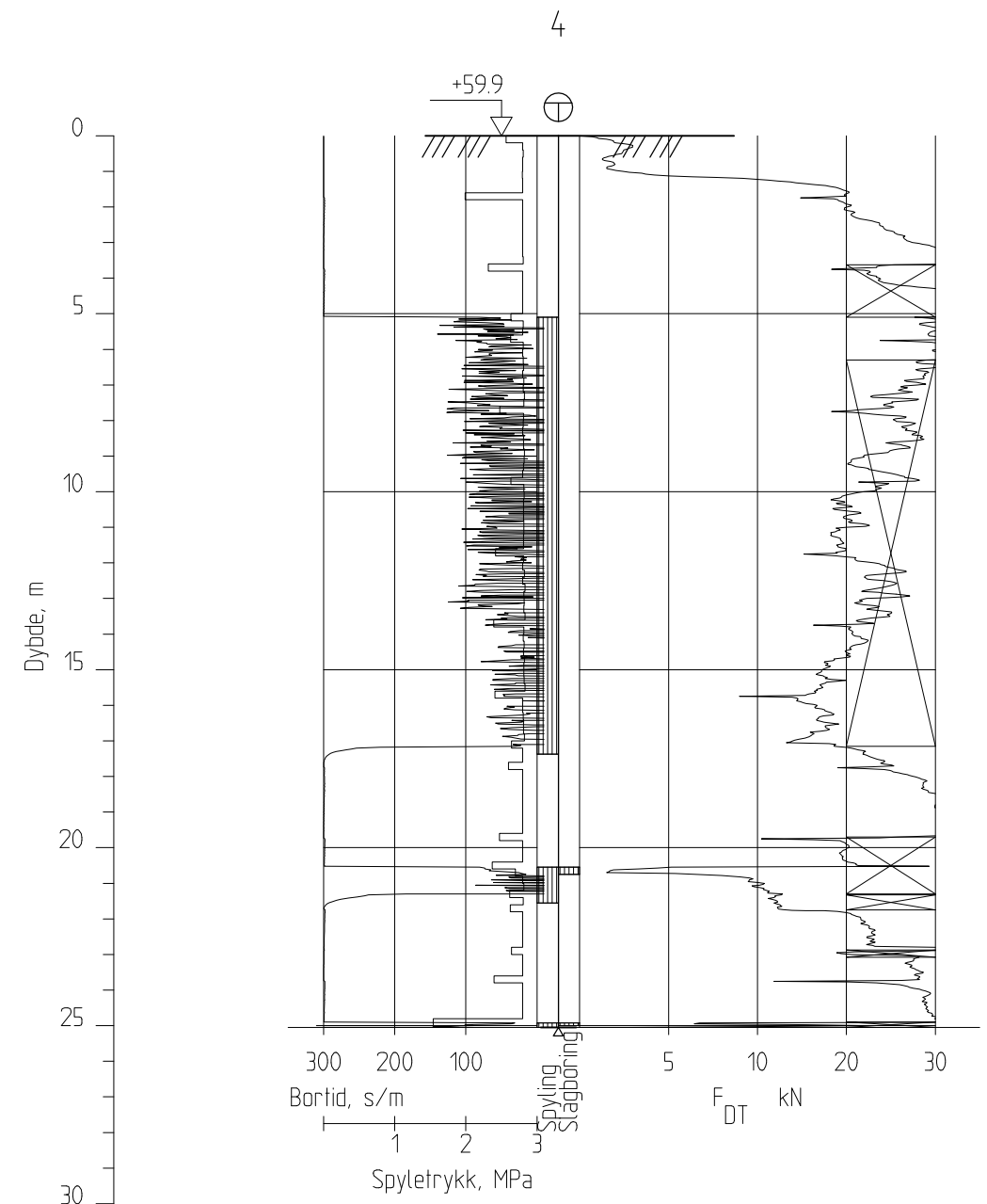
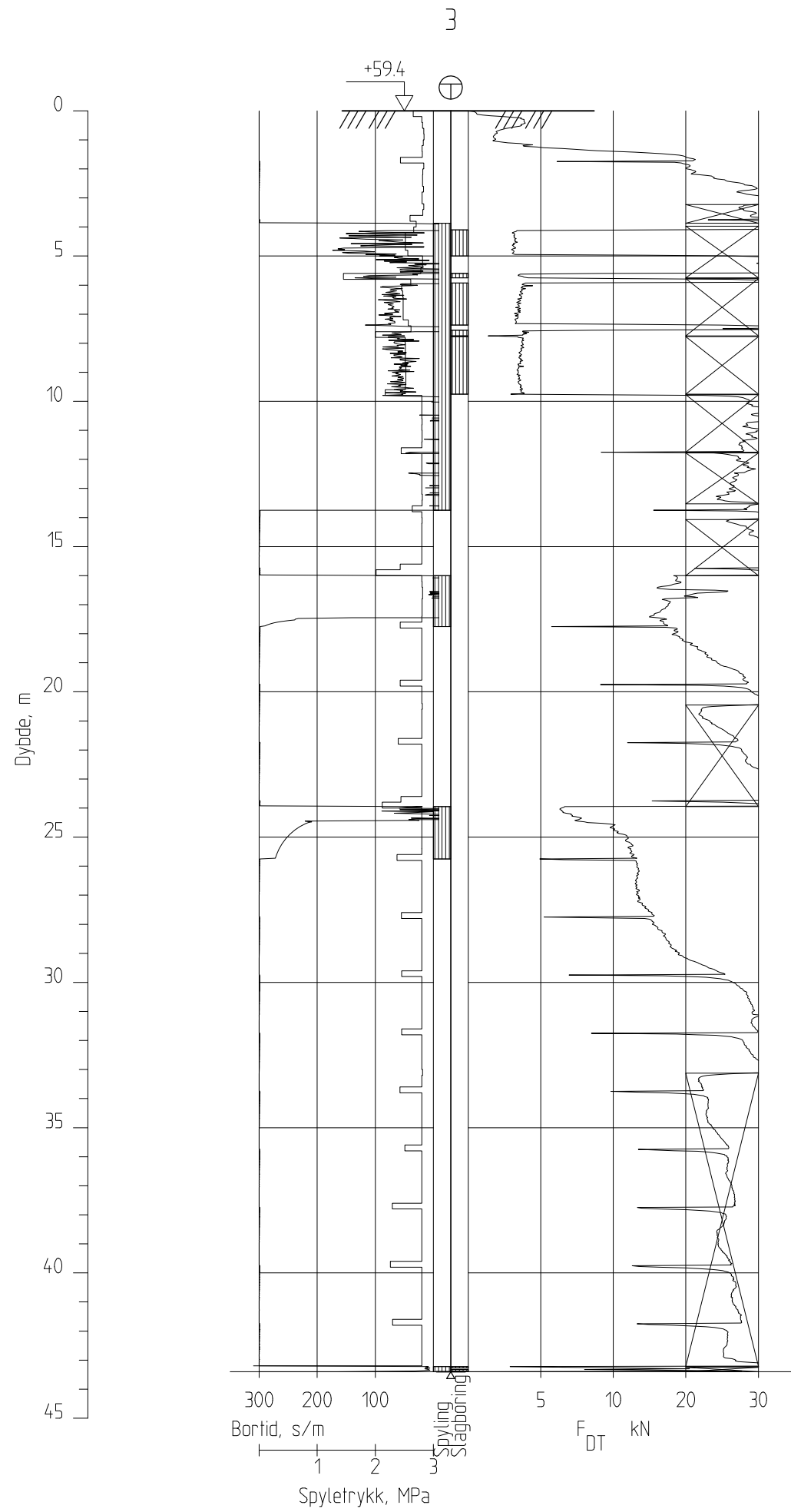


Multiconsult
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70

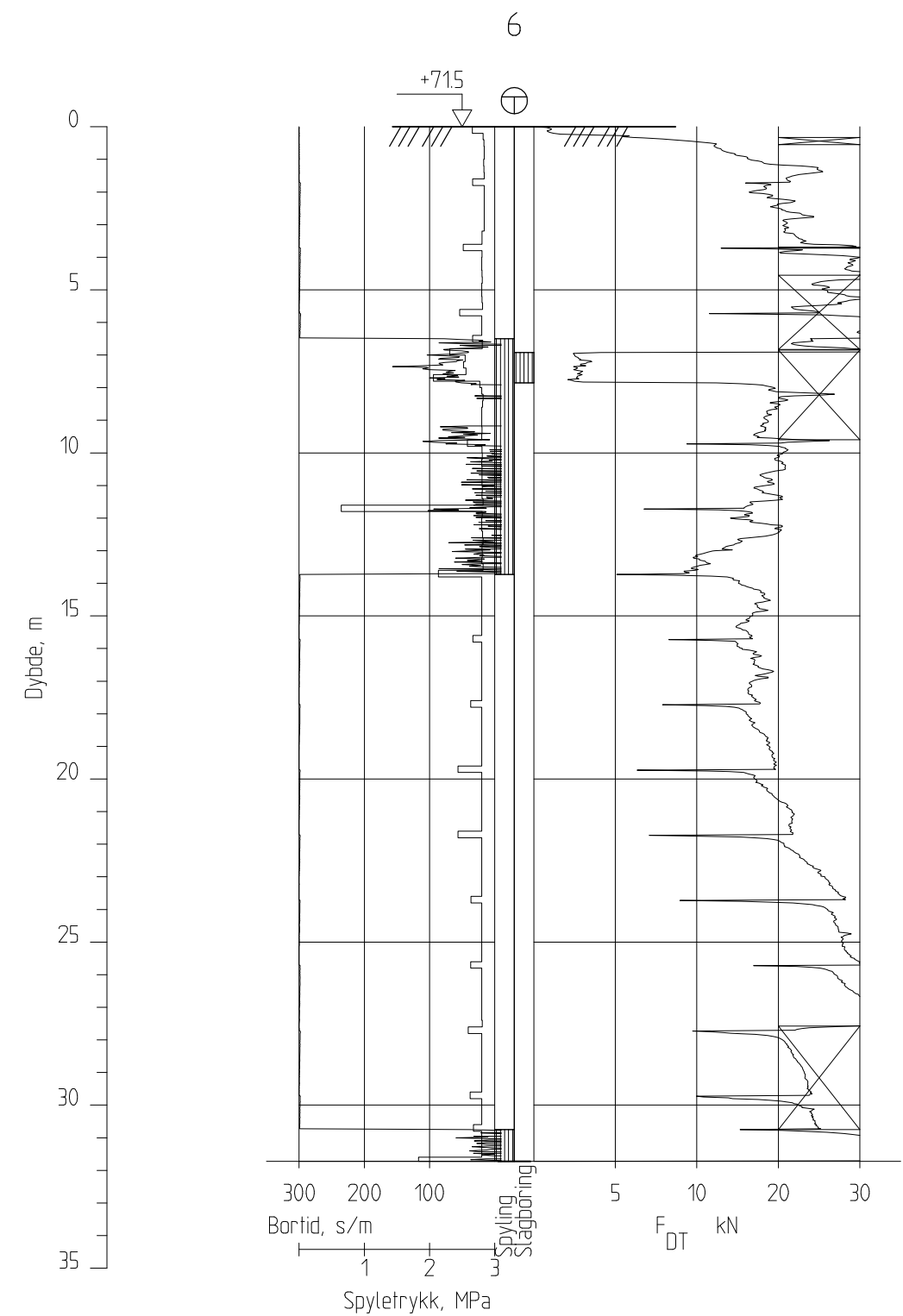
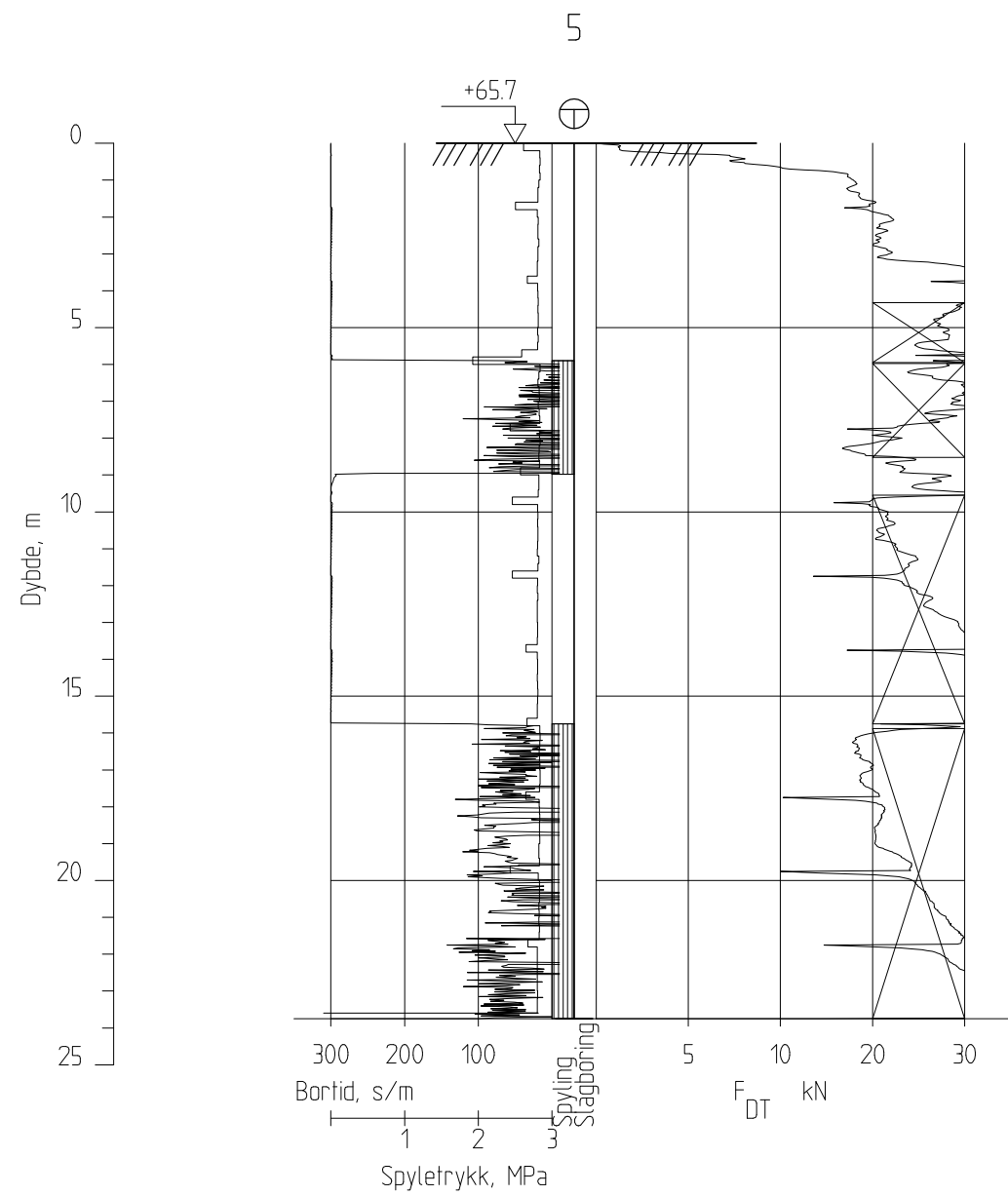
Dato 18.11.2015
 Oppdragsnr. 417451
 Tegnet/kontrollert lab vt/kjt
 Tegningsnr. RIG-TEG-010
 Kontrollert HAN
 Godkjent ARV
 Rev. 00



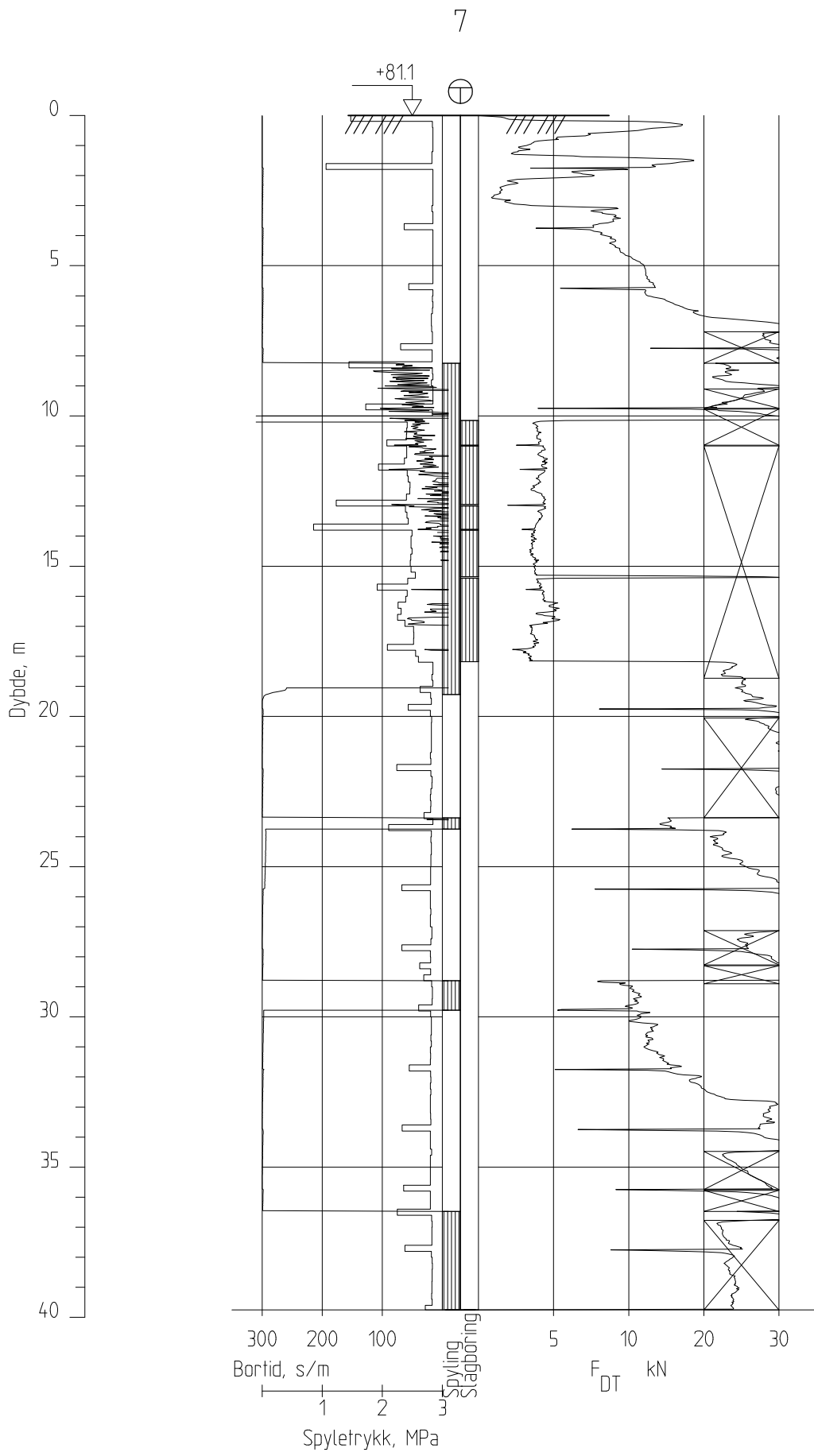
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Rotvoll Eiendom AS		Fag		Format
	Øvre Rotvoll		Geoteknikk		A3
	Sonderinger		Dato		21.08.2015
	BP.1 og BP.2		Format/Målestokk:		1:200
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Oppdragsnr.	417451	AMG	HAN	ARV
	Tegningsnr.	RIG-TEG-150		Rev.	00

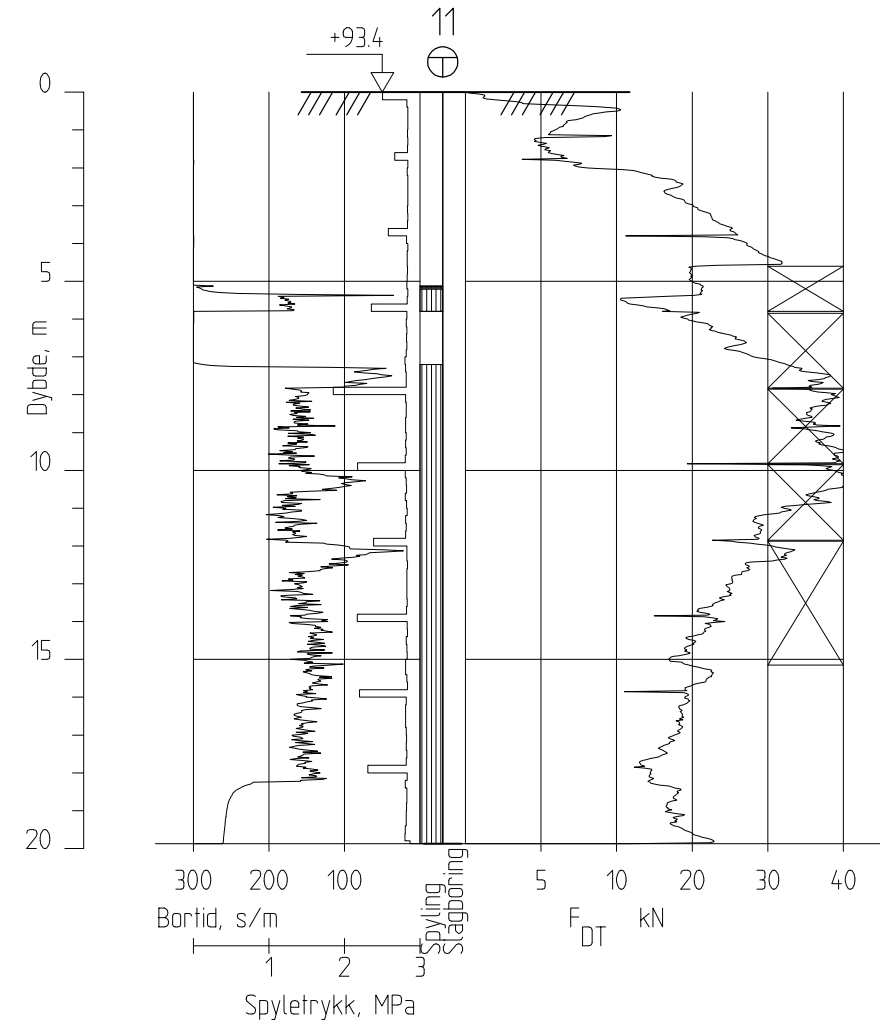
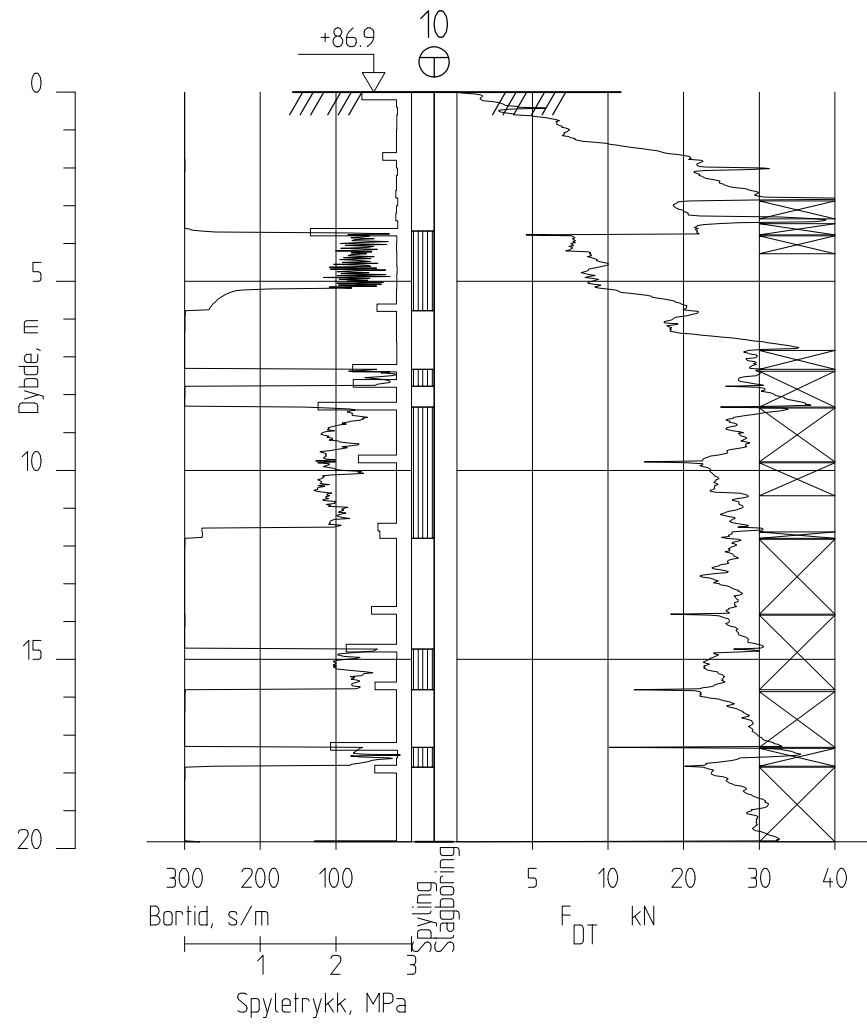


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Rotvoll Eiendom AS		Fag	Format	
	Øvre Rotvoll		Geoteknikk	A3	
	Sonderinger		Dato	21.08.2015	
	BP.3 og BP.4		Format/Målestokk:	1:200	
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		Utfendt	AMG	HAN	ARV
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		417451	RIG-TEG-151	00	

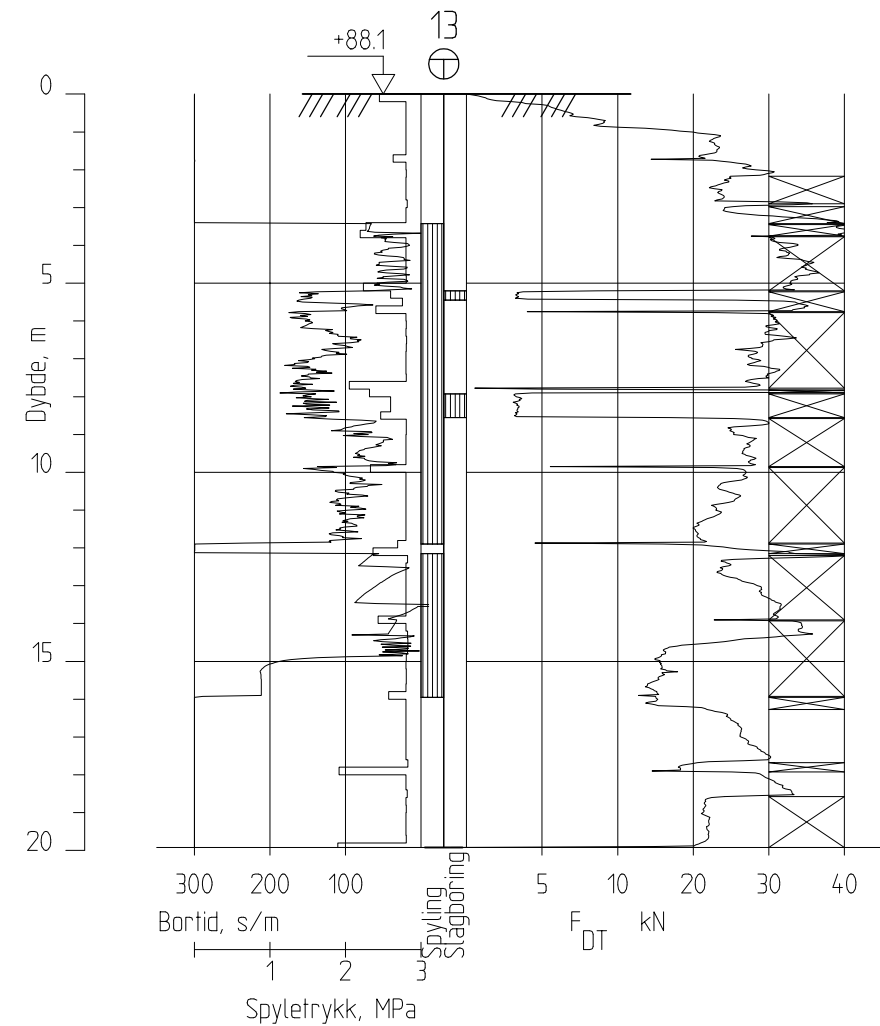
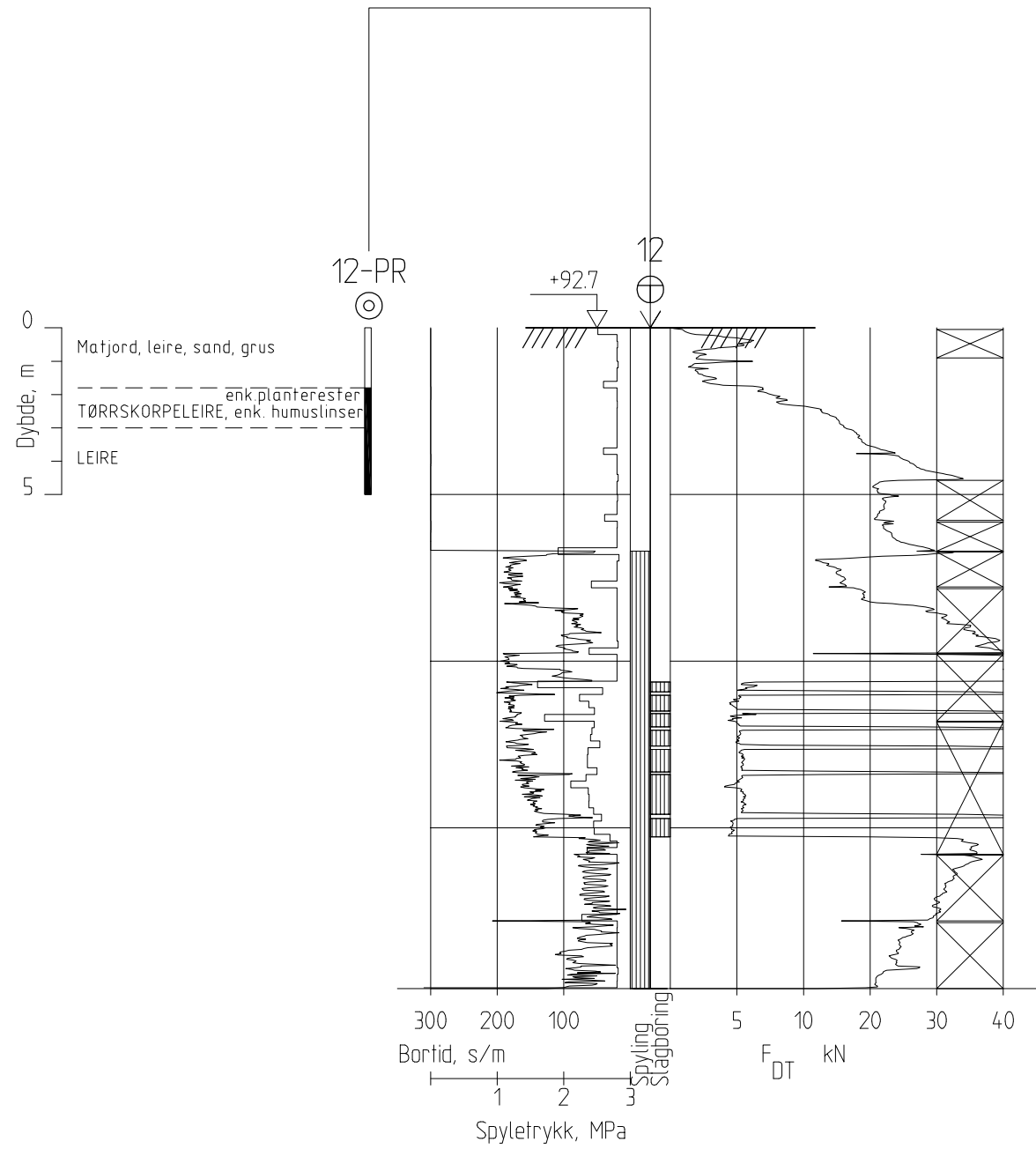


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Rotvoll Eiendom AS		Fag		Format
	Øvre Rotvoll		Geoteknikk		A3
	Sonderinger		Dato		
	BP.5 og BP.6		21.08.2015		
			Format/Målestokk:		
			1:200		
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		Utsendt	AMG	HAN	ARV
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
		417451	RIG-TEG-152		00





Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Rotvoll Eiendom AS		Fag	Format	
	Øvre Rotvoll		Geoteknikk	A3	
	Sonderinger		Dato		
	BP.10 og BP.11		19.11.2015		
			Format/Målestokk:		
			1:200		
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		Oppdragsnr.	JKM	HAN	ARV
		417451	Tegningsnr.		Rev.
			RIG-TEG-155		00



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Rotvoll Eiendom AS		Fag		Format
	Øvre Rotvoll		Geoteknikk		A3
	Sonderinger		Dato	19.11.2015	
	BP.12 og BP.13		Format/Målestokk:	1:200	
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Oppdragsnr.	JKM	HAN	ARV	
	417451	Tegningsnr.	RIG-TEG-156	Rev.	
				00	

5 Vedlegg

5.1 A – Koordinater borpunkt

Tabell-1: Oversikt over innmålte koordinater (UTM 32V).

Punkt	Type	N	E	Høyde (NN2000)
1	Totalsondering	7034392.638	573718.544	57.822
2	"	7034370.930	574034.384	57.496
3	"	7034118.675	573773.982	59.355
4	"	7034141.030	574023.712	59.916
5	"	7033969.151	573876.897	65.706
6	"	7033877.871	574039.935	71.532
7	"	7033640.939	573871.833	81.102

5.2 B – Koordinater borpunkt

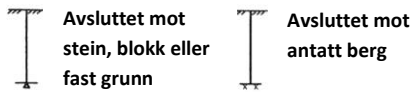
Tabell-2: Oversikt over innmålte koordinater (UTM 32V).

Punkt	Type	N	E	Høyde (NN2000)
8	Totalsondering	7033449.596	573988.856	91.705
8-PR	Prøveserie	7033449.596	573988.856	91.705
9	"	7033489.022	574047.675	88.641
10	"	7033551.530	574124.247	86.928
11	"	7033387.765	574059.206	93.409
12	"	7033446.171	574130.512	92.704
12-PR	Prøveserie	7033446.171	574130.512	92.704
13	"	7033513.534	574186.662	88.131

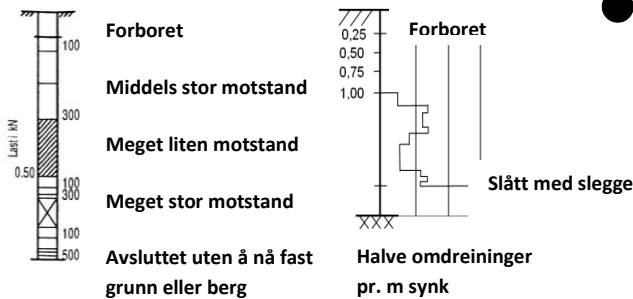
BILAG 1

Geotekniske bilag - feltundersøkelser

(2 sider)



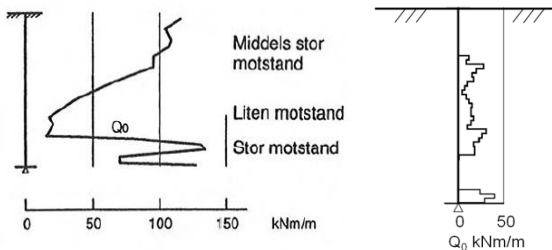
Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



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 $\frac{1}{2}$ -omdreinger pr. 0,2 m synk registreres.

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

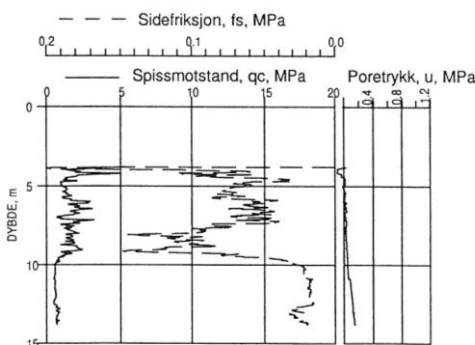


RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)

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.

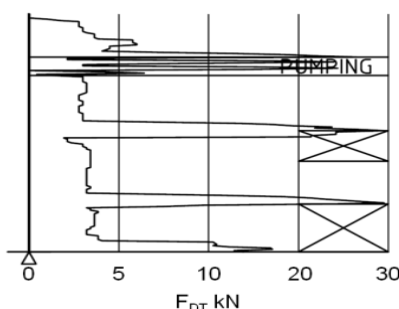
$Q_0 = \text{loddets tyngde} \cdot \text{fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)}$



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).

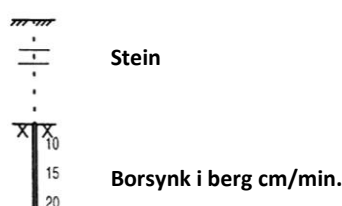


DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)

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 omdreinger/min.

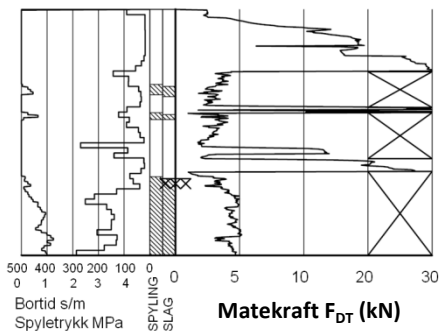
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.

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



BERGKONTROLLBORING

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



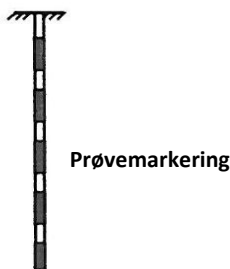
T TOTALSONDERING (NGF MELDING 9)

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



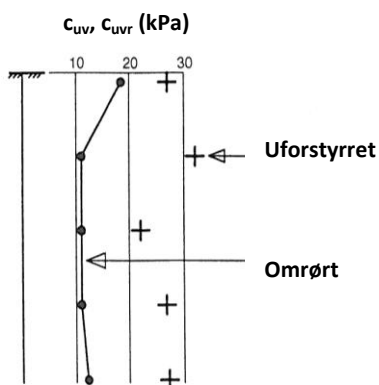
⊙ MASKINELL NAVERBORING

Utføres med hul borstang påsveiset 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.



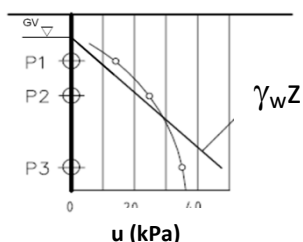
⊙ PRØVETAKING (NGF MELDING 11)

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 65×130 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.



⊖ PORETRYKKS MÅLING (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.

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).

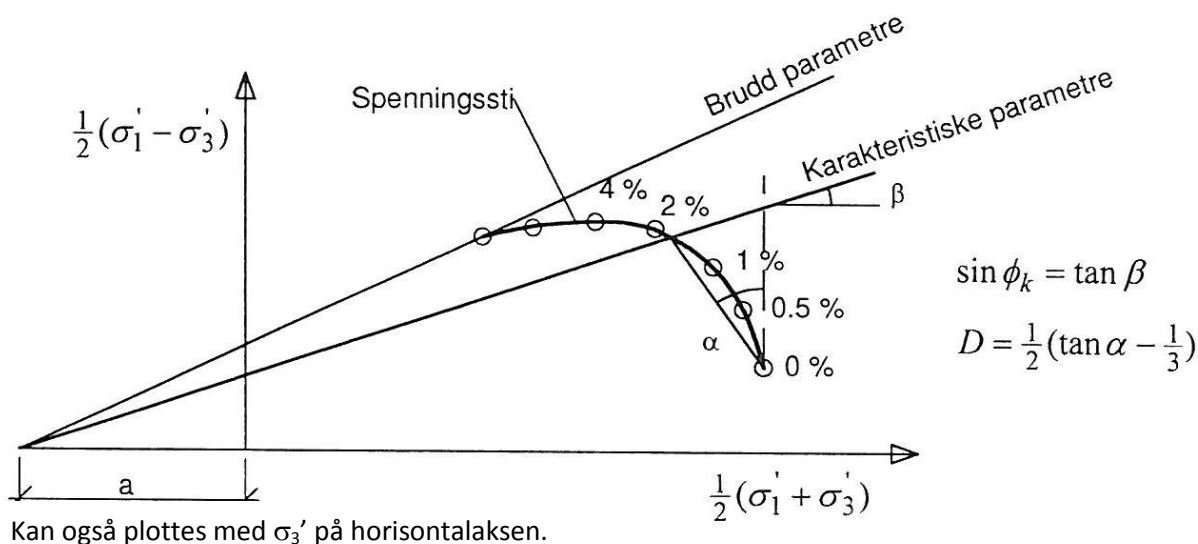
Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre a , c , ϕ ($\tan\phi$) (kPa, kPa, °, (-))

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



SENSITIVITET S_t (-)

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

VANNINNHOLD (w %) (NS 8013)

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

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

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

DENSITETER (NS 8011 & 8012)

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

TYNGDETETHETER

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

PORETALL OG PORØSITET (NS 8014)

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

KORNFORDELINGSANALYSER (NS 8005)

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

DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER (NS 8017 & 8018)

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

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

PERMEABILITET (k cm/sek eller m/år)

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

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineralkornene. Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Standard eller Modifisert Proctor). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet ρ_r som funksjon av innbyggingsvanninnhold w_i . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås (ρ_{dmax}) benyttes ved spesifikasjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider. Det tilhørende vanninnhold benevnes optimalt vanninnhold (w_{opt}).

TELEFARLIGHET

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

HUMUSINNHOLD

Humusinnholdet bestemmes ved kolorimetri og bruk av natronlut (NaOH-forbindelse). Metoden angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala. Andre metoder, som glødning av jordprøve i varmeovn og våt-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)	Vingeboring
NGF 5, rev.3 (2010)	Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU)
NGF 6 (1989)	Grunnvanns- og poretrykksmåling
NGF 7, rev. 1 (1989)	Dreietrykksondering
NGF 8 (1992)	Kommentarkoder for feltundersøkelser
NGF 9 (1994)	Totalsondering
NGF 10, rev.1 (2009)	Beskrivelsestekster for grunnundersøkelser
NGF 11 rev.1 (2012) NS-EN ISO 22475-1 (2006)	Prøvetaking
Statens vegvesen Geoteknisk felthåndbok 280 (2010)	Feltundersøkelser

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – LABORATORIEUNDERSØKELSER

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

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