
Rapport

Hegsbroveien 70-72 AS

OPPDRAK

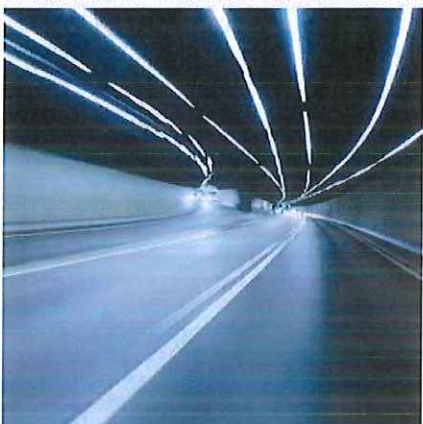
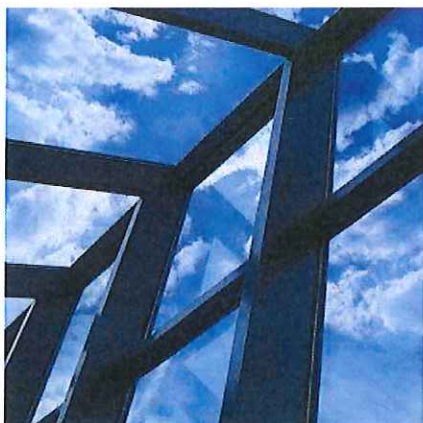
Detaljregulering for Lierbyen, felt B14 og FK1

EMNE

Grunnundersøkelser og geoteknisk rådgivning

DOKUMENTKODE

813791 Rapport 01



Med mindre annet er skriftlig avtalt, tilhører alle rettigheter til dette dokument Multiconsult.

Innholdet – eller deler av det – må ikke benyttes til andre formål eller av andre enn det som fremgår av avtalen. Multiconsult har intet ansvar hvis dokumentet benyttes i strid med forutsetningene. Med mindre det er avtalt at dokumentet kan kopieres, kan dokumentet ikke kopieres uten tillatelse fra Multiconsult.

RAPPORT

OPPDRAAG	Detaljregulering for Lierbyen, felt B14 og FKI	DOKUMENTKODE	813791 Rapport 01
EMNE	Grunnundersøkelser og geoteknisk rådgivning	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Hegsbroveien 70-72 AS	ANSVARLIG ENHET	2013 Multiconsult AS
KONTAKTPERSON	Sverre Nedberg		28. september 2013

SAMMENDRAG


00	28.09.13	Geoteknisk rapport	Kne <i>Kne</i>	JR
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV
				KnE <i>KnE</i>
				GODKJENT AV

INNHALDSFORTEGNELSE

TEGNINGER.....	4
VEDLEGG	4
BILAG.....	4
1 Formål og omfang.....	5
2 Grunnundersøkelser	5
3 Topografi og grunnforhold.....	5
4 Stabilitetsforhold.....	6
5 Fundamentering av nybygg.....	6
6 Jordskjelvsberegninger	6

TEGNINGER

Tegning 813791-RIG-TEG-000:	Oversiktsplan, m 1:7500
Tegning 813791-RIG-TEG-001:	Borplan for grunnundersøkelser, m 1:1000
Tegning 813791-RIG-TEG-10:	Prøveserie ved TS 1
Tegning 813791-RIG-TEG-150-153:	Totalsonderinger TS 1-TS 4, m 1:250
Tegning 813791-RIG-TEG-21-23:	Skovleboringer ved TS 2, TS 3 og TS 4 (ikke med her, men er med i miljørapporten)

VEDLEGG

Flomsonekart for Lier, kartblad Lierbyen.

BILAG

Geotekniske bilag for feltundersøkelser, laboratoriearbeider og metodestandarder.

1 Formål og omfang

Multiconsult AS er engasjert av utbyggingselskapet Hegsbroveien 70-72 AS ved daglig leder Sverre Nedberg for å utføre grunnundersøkelser og bistå med geoteknisk rådgivning i forbindelse med detaljregulering av feltene kalt B14 og FKI i Lierbyen sentrum.

Vi viser til vårt tilbud på grunnundersøkelser og geoteknisk rådgivning av 24. juni 2013. Arbeidene ble senere bestilt pr. telefon.

Eiendommen er vist på vår borplan, tegning 813791-001 og består av eiendommene 94/20, 52/105 og 52/155. Eiendommen er i dag en næringseiendom som grenser inntil Lierelva.

Tomt 52/155 er i dag ubebygget, og her ønsker oppdragsgiver å oppføre et nytt boligbygg. Forøvrig er det i fremtiden planer om å rive de eldste deler av eksisterende bygningsmasse og oppføre ny.

2 Grunnundersøkelser

Det er visst utført noen grunnundersøkelser for graving av en ny hovedledning gjennom det aktuelle området. Det var Lierkommune som sto for disse arbeidene og NGI utførte grunnboringene.

Forøvrig kjenner vi ikke til at det er utført andre grunnundersøkelser innenfor det aktuelle området.

Multiconsult utførte i 2004 grunnundersøkelser for en boligblokk på andre siden av Hegsbroveien for Byggholt.

Multiconsult har utført grunnundersøkelser i august i år. De har bestått av 4 totalsonderinger, opptak av en prøveserie med uforstyrrede jordprøver og 3 maskinelle skovlboring med opptak av forstyrrede jordprøver for laboratorieanalyser. Skovlboringene ble i første rekke utført for miljøanalyser.

3 Topografi og grunnforhold

Eiendommen ligger i innersving på en relativt flat terrasse av avsatte sandmasser fra Lierelven.

Terrenget er ganske flatt og ligger på kote 10-11,5.

Øvre lag består av fyllmasser og opprinnelige elveavsatte masser bestående av lagdelt sand og silt ned til ca 2-5 m.

Grunnvannstanden i de permeable toppmassene av sand og silt følger generelt elvenivået.

Flomvannstand for 200-års flom ligger her på kote 12,0 så området blir oversvømmet ved en slik flom.

Under dette topplaget av sandige masser er det registrert en mektig marin leireavsetning.

Den opptatte prøveserien i borpunkt 1 viser at leira er meget fast, med udrenert skjærfasthet i intervallet $su = 40-100$ kPa.

Leira er stort sett lite sensitiv bortsett fra i et tynt lag på ca 1 m i dybde ca 9 m under terreng. Her er det registrert sensitivitet, St omkring 23-25, men leira er heller ikke her kvikk.

Det er således ikke registrert noe kvikkeleire ved de utførte grunnboringene.

Vanninnholdet er relativt konstant mellom 20-30 %, og romvekten er generelt meget høy, omkring 20 kN/m³. Dette tyder på at dette er en lite setningsfarlig grunn.

Det er imidlertid registrert noe organisk innhold av humusholdig materiala tre- og planterester nede i overgangen mellom de elveavsatte sandmassene og havavsetningen av leire. Dette materialet ligger imidlertid under normal grunnvannstand, slik at det er lite sannsynlig at dette utgjør noen risiko for setninger av betydning.

4 Stabilitetsforhold

Ut fra de registrerte grunnforhold ser vi ingen stabilitetsproblemer knyttet til eksisterende og planlagt ny bebyggelse her, men dette forhold vil bli nærmere vurdert i forbindelse med det planlagte byggeprosjektet.

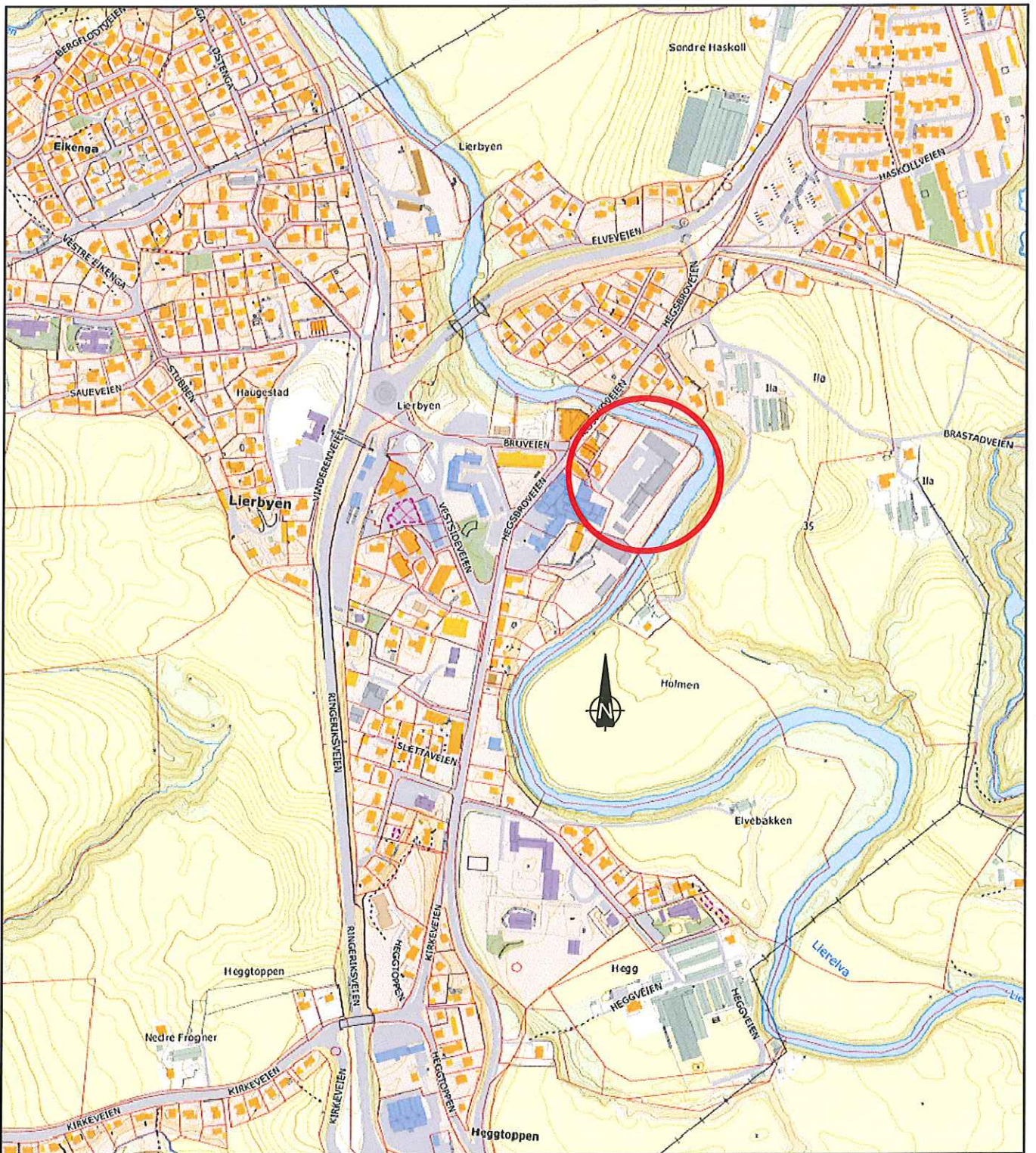
5 Fundamentering av nybygg


Dersom det graves ut for en normal kjelleretasje, slik planene tyder på pr dato, er det ut fra de registrerte, gode grunnforholdene synes det mulig å fundamenteret et opptil 5 etasjers bygg på en hel bunnplate i en vanntett kjelleretasje uten bruk av peler, uten at det oppstår skadelige setninger/skjevsetninger.

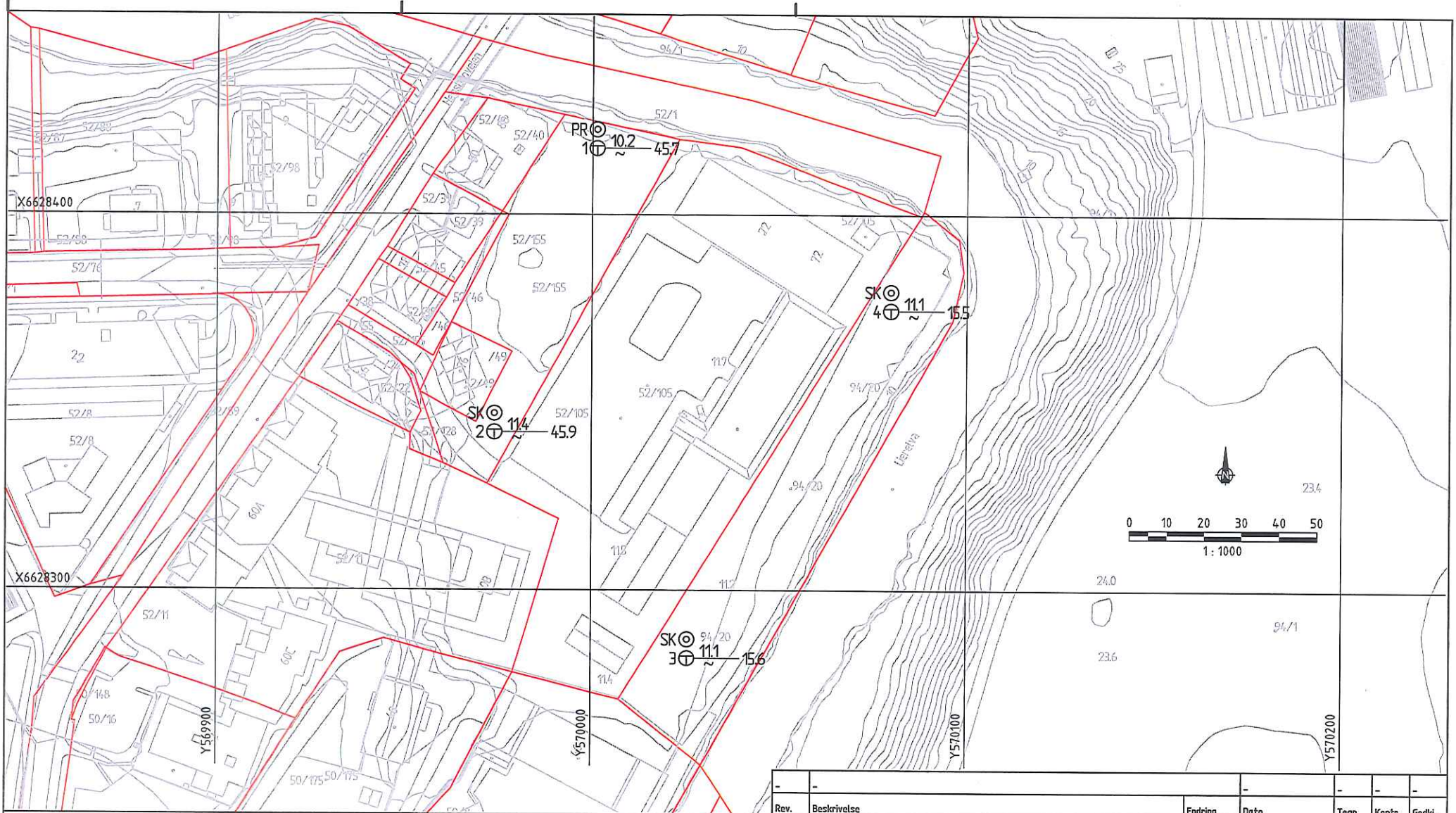
Dette kommer imidlertid litt an på hvor jevne belastningen fra byggene ned på grunnen blir og om man kan slippe peling må derfor utredes nærmere senere i forprosjekt og detaljprosjekt-fasene.

6 Jordskjelvsberegninger

Preliminære jordskjelvsberegninger er utført og presentert i separat Notat 813971 RIG-01, datert 23. september 2013. Grunnen er her klassifisert til type C med forsterkningsfaktor $S = 1,4$.



Rev.	Beskrivelse	Endring	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	Hegsbroveien 70-72 AS Hegsbroveien 70-72		Original format A3	Fag RIG		
			Tegningens filnavn			
			Underlagets filnavn			
	Grunnundersøkelser Oversiktsplan		Målestokk 1:7500			
	MULTICONSULT AS	Dato 23.09.2013	Konstr./Tegnet OJ	Kontrollert KnE	Godkjent KnE	
		Oppdragsnr. 813791	Tegningsnr. RIG-TEG-000		Rev.	



- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⊖ Dreiestrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingebooring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Borboknr. : 026310, Multiconsult 28.08.2013
 Kartgrunnlag : SOSI fra ARK, 31.05.2013
 Innmåling : Siv. ing. Stener Sørensen AS, 26.08.2013
 Labboknr. : 2173, Multiconsult, 19.06.2013

Rev.	Beskrivelse	Endring	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Hegsbroveien 70-72 AS			Original format A3	Fag RIG	
	Hegsbroveien 70-72			Tegningens filnavn		
	Grunnundersøkelser		Målestokk	Underlagets filnavn		
	Borplan		1:1000			
MULTICONSULT AS			Dato 23.09.2013	Konstr./Tegnet OJ	Kontrollert KnE	Godkjent KnE <i>[Signature]</i>
			Oppdragsnr. 813791	Tegningsnr. RIG-TEG-001		
			Rev.			

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm ³)	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udreneret skjærfasthet (kPa)					S _t (-)		
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50			
5	FINSAND, siltig noe humusholdig, gråbrun	[Diagram of soil layers: FINSAND, siltig; SAND, siltig; LEIRE, siltig; overgang; siltlag; siltlag]																	
	SAND, siltig gruskorn, humusholdig, tre- og planterester																		
	LEIRE, siltig																		
	overgang																		
	siltlag								2.03	41									6
10	mer silt i øvre del av prøven	siltlag																5	
		siltlag																5	
																		5	
																		5	
																			25
15	enkelte siltsjikt, enkelte sandkorn																	23	
																		3	
																			3
20	enkelte tynne siltsjikt																	3	
																		3	
																			5

Symboler

- Vanninnhold
- ▽ Omrørt konus
- ▽ Uomrørt konus
- Enaksialforsøk (strek angir deformasjon (%) ved brudd)
- Plastisitetsindeks, I_p
- ρ = Densitet
- S_t = Sensitivitet
- T = Treaksialforsøk
- Ø = Ødometerforsøk
- K = Korngradering
- ρ_s: 2.75 g/cm³
- Grunnvannstand: 3,0 m
- Borbok:
- Lab-bok: 2173

PRØVESERIE

Tegningens filnavn:
C:\Saga\Inl\Saga A4 0-20m.grf

HEGSBROVEIEN 70-72 AS

Hegsbroveien 70-72

Tegnet:
evl

Kontrollert:
fe



Dato:
2013-09-19

Oppdragsnummer:
813791

Borhull:
PR. v/1

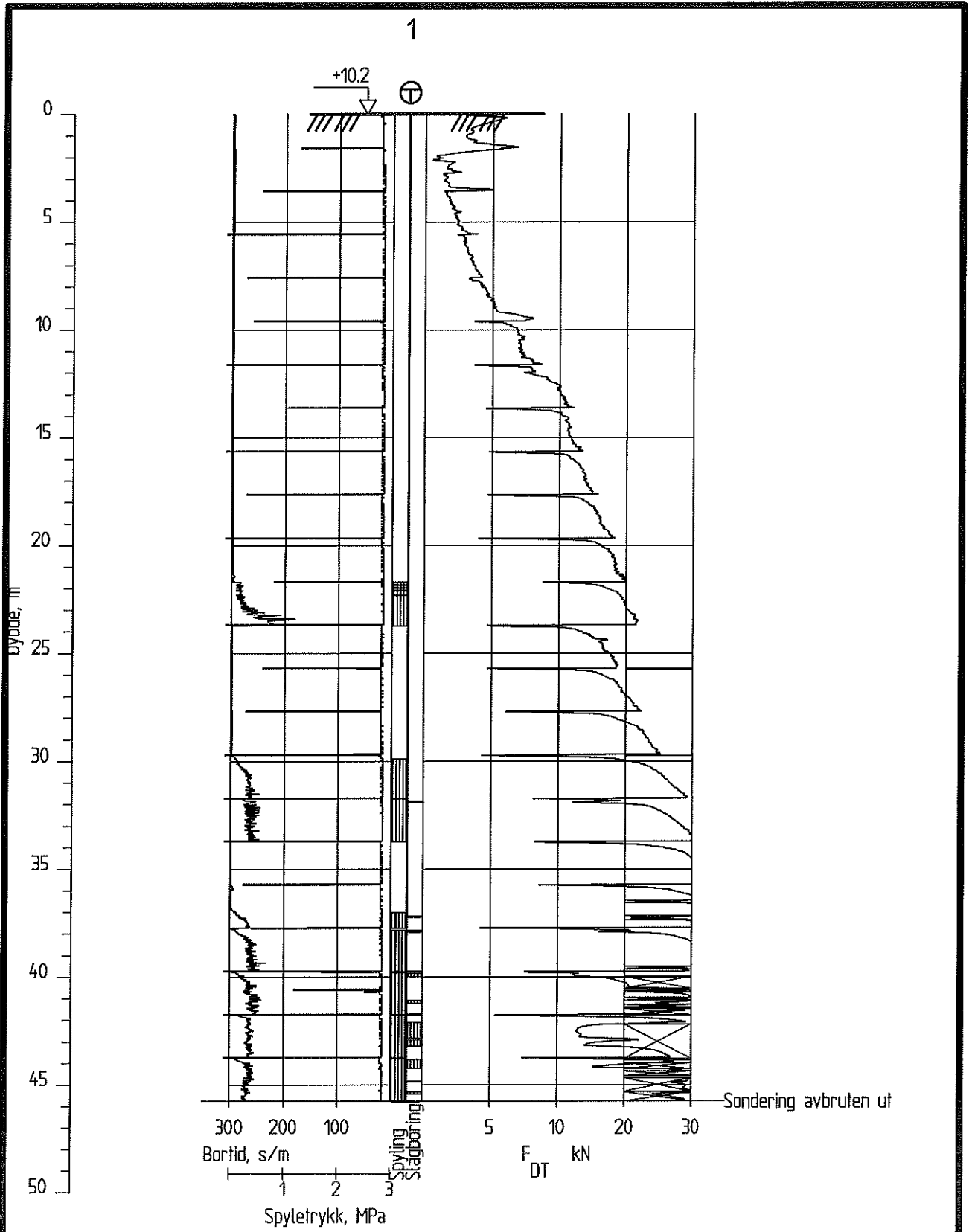
Tegningsnr.:
RIG-TEG-010

Godkjent:
[Signature]

Rev nr.:

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm ³)	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					S _t (-)		
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50			
25	enkelte tynne siltsjikt							2.03	42										
	enkelte tynne siltsjikt							2.02	42										579
30																			
35																			
40																			

Symboler		15--5	Enaksialforsøk (strek angir deformasjon (%) ved brudd)	ρ_s : 2.75 g/cm ³
	Vanninnhold		Omrørt konus	T = Treaksialforsøk
	Plastisitetsindeks, I _p		Uomrørt konus	Ø = Ødometerforsøk
				K = Korngradering
			ρ = Densitet	Grunnvannstand: 0 m
			S _t = Sensitivitet	Borbok: 2173
				Lab-bok: 2173
PRØVESERIE		Tegningens filnavn: C:\Sagalmi\Saga A4 20-40m.grf		
HEGSBROVEIEN 70-72 AS		Tegnet: evl		
Hegsbroveien 70-72		Kontrollert: fe		
		Dato: 2013-09-19	Borhull: PR. v/1	Godkjent:
		Oppdragsnummer: 813791	Tegningsnr.: RIG-TEG-010	Rev nr.:



Dato boref :20.08.2013

Posisjon: X 6628417.66 Y 570001.21

Totalsondering 1

Tegningens filnavn

Hegsbroveien 70-72 AS

Målestokk

Godkjent

Hegsbroveien 70-72

M = 1 : 250

KnE

Kontrollert

KnE



MULTICONSULT
Totalleverandør av rådgivningstjenester

Dato

23.09.2013

Original format

A4

Konstr./Tegnet

OJ

Oppdragsnr.

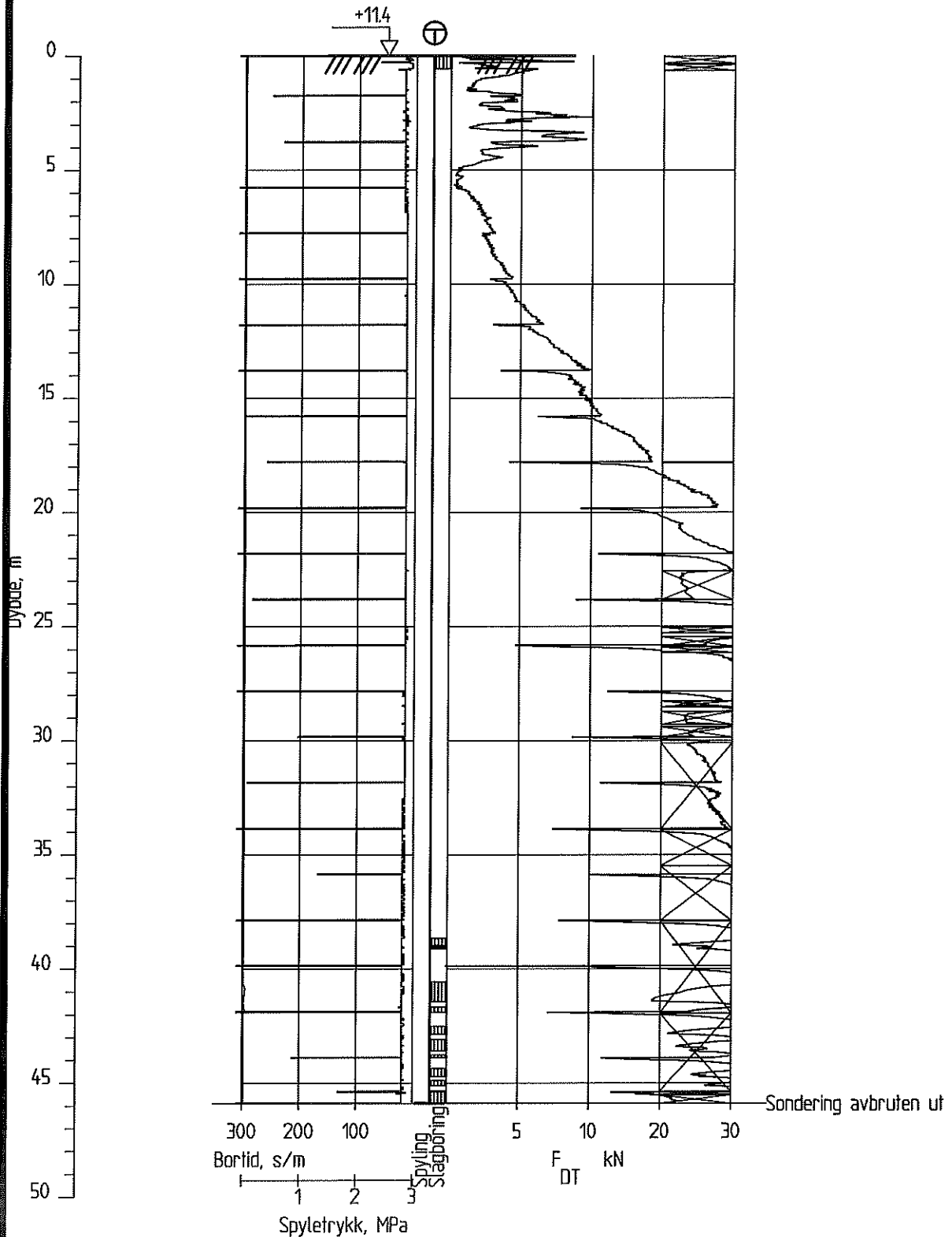
813791

Tegningsnr.

RIG-TEG-150

Rev.

2



Dato boret :20.08.2013

Posisjon: X 6628342.03 Y 569974.18

Totalsondering 2

Tegningens filnavn

Hegsbroveien 70-72 AS

Målestokk

Godkjent

Hegsbroveien 70-72

M = 1 : 250

KnE

Kontrollert

KnE



MULTICONSULT
Totalleverandør av rådgivningstjenester

Dato

23.09.2013

Original format

A4

Konstr./Tegnet

OJ

Oppdragsnr.

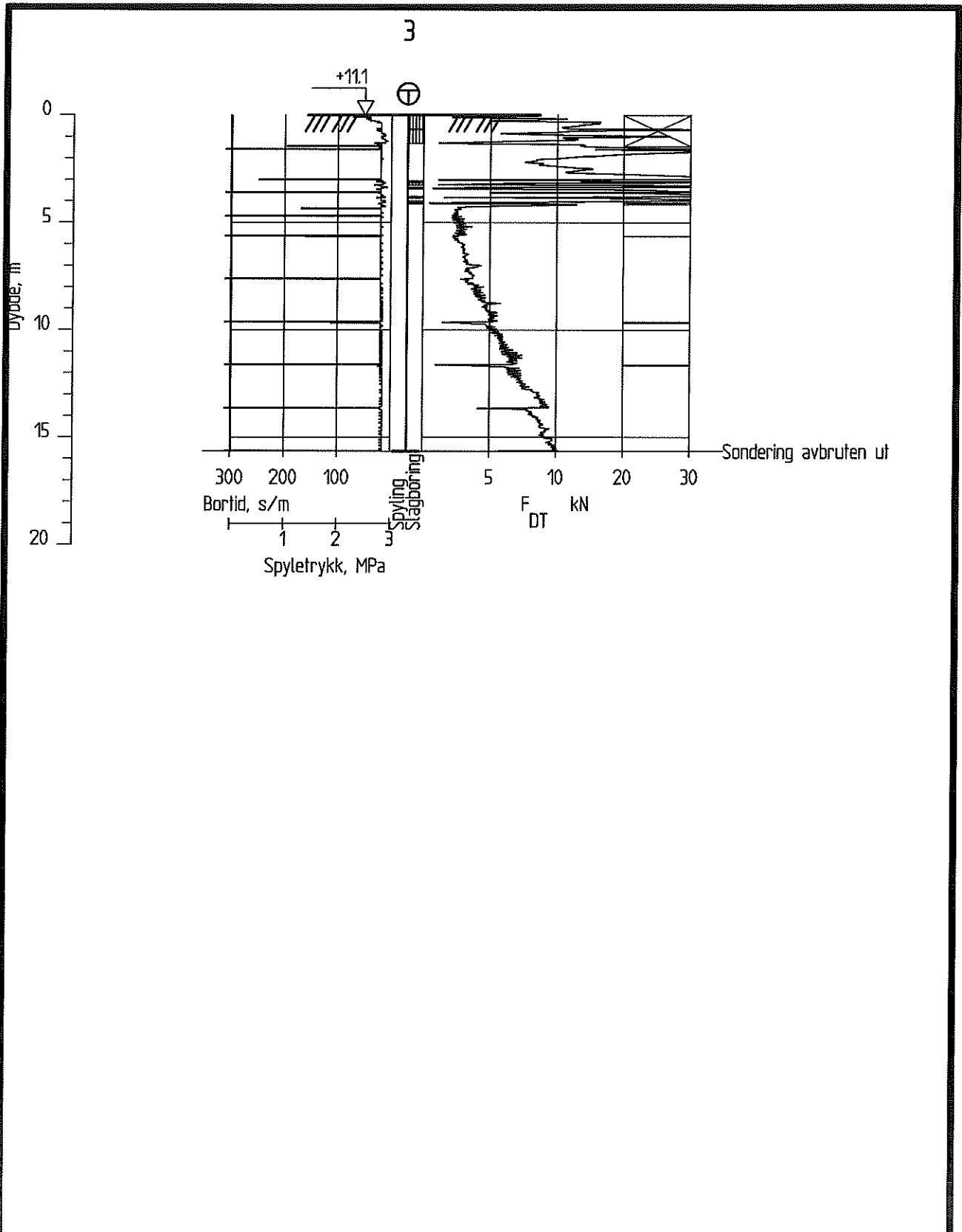
813791

Tegningsnr.

RIG-TEG-151

Rev.

U:\0813\813791\813791-03 ARBEIDSSOMRÅDE\813791-01 RIG\813791-04 TEGNINGER\Egne tegninger\Enkeltboringer.dwg, Model



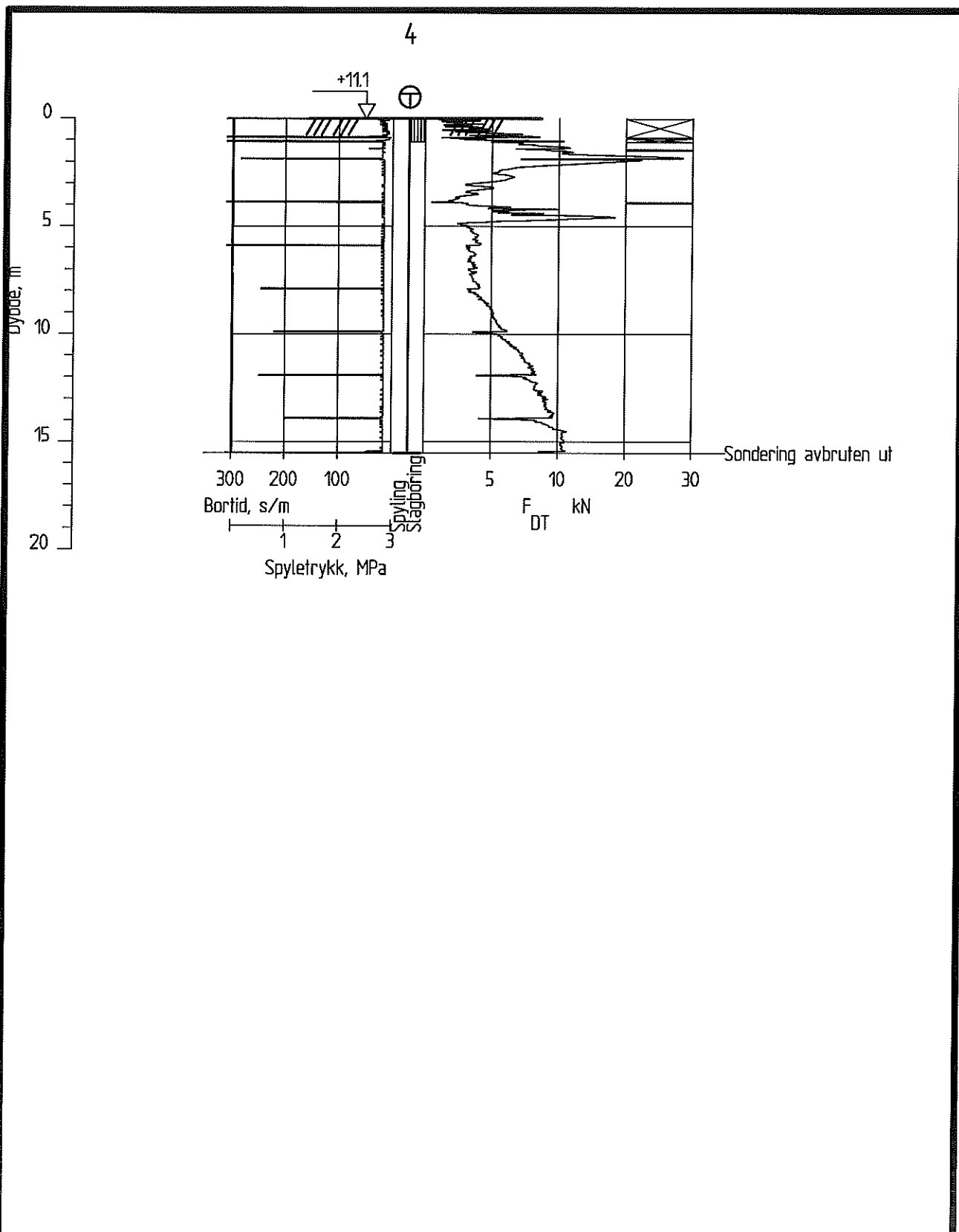
Dato boret :22.08.2013

Posisjon: X 6628281.91 Y 570025.60

Totalsondering 3		Tegningens filnavn	
Hegsbroveien 70-72 AS		Målestokk	Godkjent
Hegsbroveien 70-72		M = 1 : 250	KnE
			Kontrollert
			KnE
		Dato	Original format
		23.09.2013	A4
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.
		813791	RIG-TEG-152
			Rev.



MULTICONSULT
Totalleverandør av rådgivningstjenester



Dato boret :22.08.2013

Posisjon: X 6628374.54 Y 570079.68

Totalsondering 4

Tegningens filnavn

Hegsbroveien 70-72 AS
Hegsbroveien 70-72

Målestokk

M = 1 : 250

Godkjent

KnE

Kontrollert

KnE



MULTICONSULT
Totalleverandør av rådgivningstjenester

Dato

23.09.2013

Oppdragsnr.

813791

Original format

A4

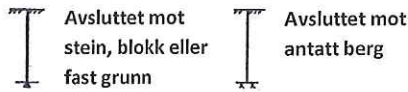
Tegningsnr.

RIG-TEG-153

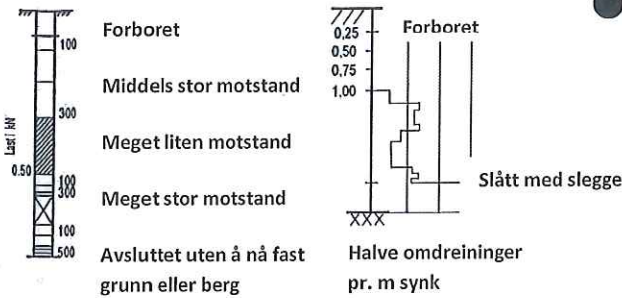
Konstr./Tegnet

OJ

Rev.



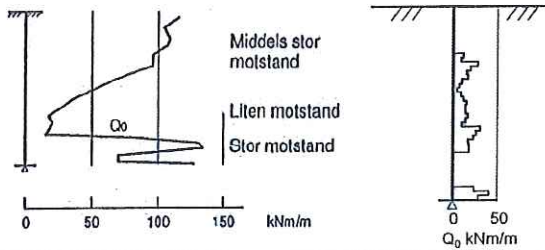
Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



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.

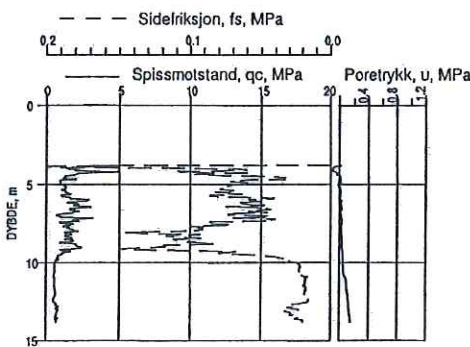
Boremotstanden presenteres i diagram med vertikal dybdeskala og tverrstrek for hver 100 $\frac{1}{2}$ -omdreininger. Skravur angir synk uten dreining, med påført vertikallast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.



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.

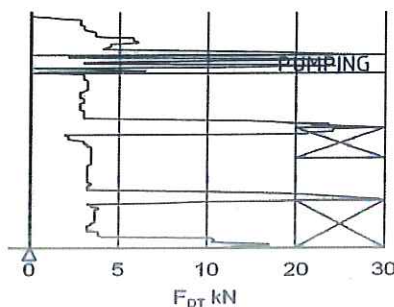
Q_0 = loddets tyngde * fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)



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 siderfriksjon 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).

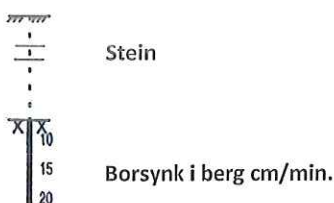


DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)

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.

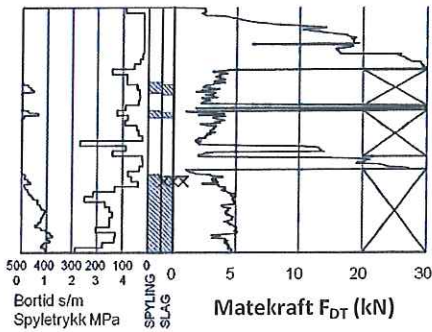
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.

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 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 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

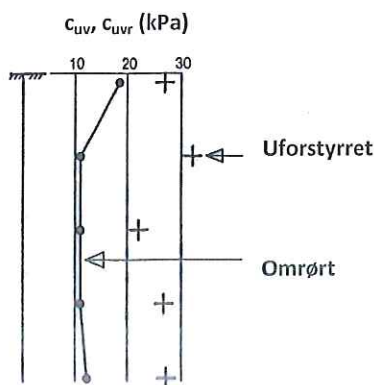
Utføres med hul borstang påsveiset en metallspiral med fast stighøyde (auger). Med borrhgg kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet mellom spiralskivene. Det er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



⊙ PRØVETAKING (NGF MELDING 11)

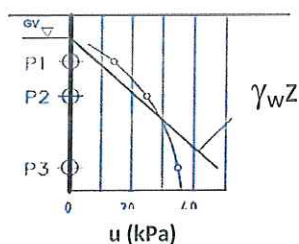
Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet. Vanligvis benyttes stempelprøvetaking med innvendig stempel for optak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylinderen kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På ønsket dybde blir prøvesylinderen presset ned mens innerstangen med stampelet holdes i ro. Det skjæres derved ut en jordprøve som trekkes opp til overflaten, der den blir forseglet for transport til laboratoriet. Prøvediameteren kan variere mellom $\phi 54$ mm (vanligst) og $\phi 95$ mm. Det er også mulig å benytte andre typer prøvetakere, som for eksempel ramprøvetakere og blokkprøvetakere.

Prøvekvaliteten inndeles i Kvalitetsklasse 1-3, der 1 er høyeste kvalitet. Stempelprøvetaking gir vanligvis prøver i Kvalitetsklasse 1-2 for leire.



+ VINGEBORING (NGF MELDING 4)

Utføres ved at et vingekorset med dimensjoner $b \times h = 55 \times 110$ mm eller 65×130 mm presses ned i grunnen til ønsket målenivå. Her blir vingekorset påført et økende dreiemoment til jorden rundt vingen når brudd. Det tilhørende dreiemomentet blir registrert. Dette utføres med jorden i uforstyrret ved første gangs brudd og omrørt tilstand etter 25 gjentatte omdreininger av vingekorset. Udrenert skjærfasthet c_{uv} og c_{ur} beregnes ut fra henholdsvis dreiemomentet ved brudd og etter omrøring. Fra dette kan også sensitiviteten $S_t = c_{uv}/c_{ur}$ bestemmes. Tolkede verdier må vanligvis korrigeres empirisk for opptredende effektivt overlagingstrykk i måledybden, samt for jordartens plastisitet.



⊖ PORETRYKKSÅLING (NGF MELDING 6)

Målingene utføres med et standrør med filterspiss eller med hydraulisk (åpent)/elektrisk piezometer (poretrykksmåler). Filteret eller piezometerspissen påmontert piezometerør presses ned i grunnen til ønsket dybde. Stabilt poretrykk registreres fra vannets stighøyde i røret, eller ved avlesning av en elektrisk trykkmåler i spissen. Valg av utstyr vurderes på bakgrunn av grunnforhold og hensikten med målingene. Grunnvannstand observeres eller peiles direkte i borhullet.

MINERALSKE JORDARTER (NS-EN ISO 14688-1 & 2)

Ved prøveåpning klassifiseres og identifiseres jordarten. Mineralske jordarter klassifiseres vanligvis på grunnlag av korngraderingen. Betegnelse og kornstørrelser for de enkelte fraksjoner er:

Fraksjon	Leire	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse (mm)	<0,002	0,002-0,063	0,063-2	2-63	63-630	>630

En jordart kan inneholde en eller flere av fraksjonene over. Jordarten benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den fraksjon som har dominerende betydning for jordartens egenskaper og adjektiv for medvirkende fraksjoner (for eksempel siltig sand). Leirinnholdet har størst betydning for benevnelse av jordarten. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle fraksjoner fra leire til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen etter egne benevningsregler, for eksempel grusig morene.

ORGANISKE JORDARTER (NS-EN ISO 14688-1 & 2)

Organiske jordarter klassifiseres på grunnlag av jordartens opprinnelse og omdanningsgrad. De viktigste typer er:

Benevnelse	Beskrivelse
Torv	Myrplanter, mer eller mindre omdannet.
• <i>Fibrig torv</i>	Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke.
• <i>Delvis fibrig torv, mellomtorv</i>	Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene.
• <i>Amorf torv, svarttorv</i>	Ingen synlig plantestruktur, svampig konsistens.
Gytje og dy	Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske bestanddeler.
Humus	Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold.
Mold og matjord	Sterkt omvandlet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det øvre jordlaget.

SKJÆRFASTHET

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

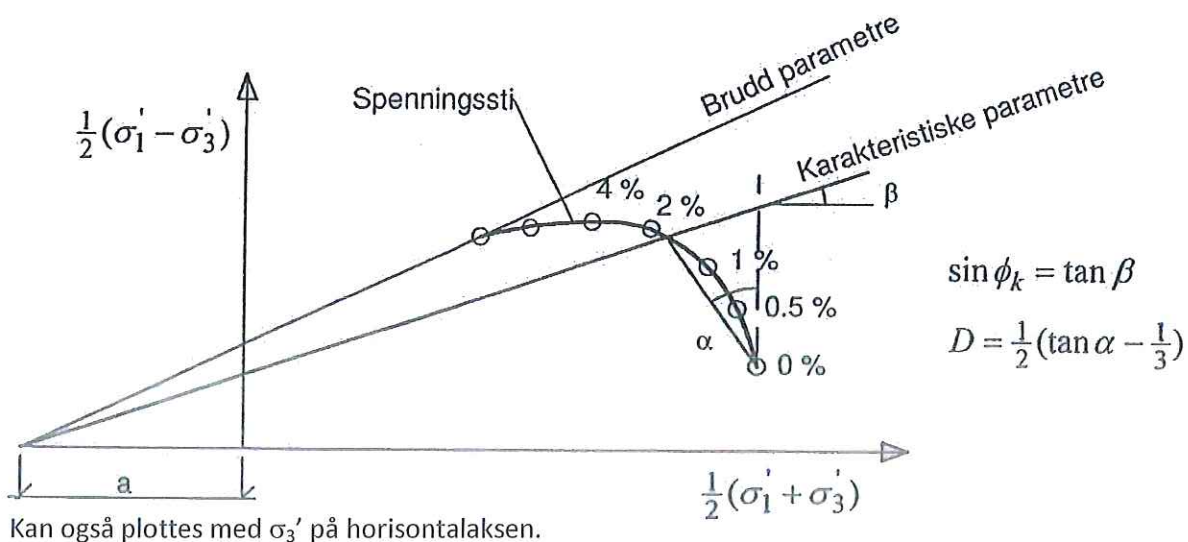
Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre a , c , ϕ ($\tan\phi$) (kPa, kPa, °, (-))

Effektive skjærfasthetsparametre a (attraksjon), $\tan\phi$ (friksjon) og eventuelt $c = a \tan\phi$ (kohesjon) bestemmes ved treaksiale belastningsforsøk på uforstyrrede (leire) eller innbyggede prøver (sand). Skjærfastheten er avhengig av effektiv normalspenning (totalspenning – poretrykk) på kritisk plan. Forsøksresultatene fremstilles som spenningsstier som viser spenningsutvikling og tilhørende tøyingsutvikling i prøven frem mot brudd. Fra disse, samt fra annen informasjon, bestemmes karakteristiske verdier for skjærfasthetsparametre for det aktuelle problemet.

For korttids effektivspenningsanalyse kan også poretrykkparametrene A , B og D bestemmes fra forsøksresultatene.

Totalspenningsanalyse: Udrenert skjærfasthet, c_u (kPa)

Udrenert skjærfasthet bestemmes som den maksimale skjærspenning et materiale kan påføres før det bryter sammen. Denne skjærfastheten representerer en situasjon med raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk. I laboratoriet bestemmes denne egenskapen ved enaksiale trykkforsøk (c_{u1}) (NS8016), konusforsøk (c_{uk} , c_{ukr}) (NS8015), udrenerte treaksialforsøk (c_{uA} , c_{uP}) og direkte skjærforsøk (c_{uD}). Udrenert skjærfasthet kan også bestemmes i felt ved for eksempel trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) ($c_{u(CPTU)}$) eller vingebor (c_{uv} , c_{ur}).



SENSITIVITET S_t (-)

Sensitiviteten $S_t = c_u/c_r$ uttrykker forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og omrørt tilstand. Denne størrelsen kan bestemmes fra konusforsøk i laboratoriet (NS 8015) eller ved vingeborforsøk i felt. Kvikkleire har for eksempel meget lav omrørt skjærfasthet c_r ($S_t < 0,5$ 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 $g = 10$ 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

KORNFORDDELINGSANALYSER (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 trinnsvis eller kontinuerlig økende last. Sammenhørende 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	Modultrykk	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 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-oksidasjon med hydrogenperoksyd, kan også benyttes.

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – FELTUNDERSØKELSER

Feltundersøkelsesmetoder beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på følgende norske veiledninger fra NGF (Norsk Geoteknisk Forening), norske standarder (NS) og andre referansedokumenter:

NGF Veiledninger Norske standarder NS	Tema
NGF 1 (1982)	SI Enheter
NGF 2, rev.1 (2012)	Symboler og terminologi
NGF 3, rev. 1 (1989)	Dreiesondering
NGF 4 (1981)	Vingeboring
NGF 5, rev.3 (2010)	Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU)
NGF 6 (1989)	Grunnvanns- og poretrykksmåling
NGF 7, rev. 1 (1989)	Dreietrykksondering
NGF 8 (1992)	Kommentarkoder for feltundersøkelser
NGF 9 (1994)	Totalsondering
NGF 10, rev.1 (2009)	Beskrivelsestekster for grunnundersøkelser
NGF 11 rev.1 (2012)	Prøvetaking
NS-EN ISO 22475-1 (2006)	
Statens vegvesen	Feltundersøkelser
Geoteknisk felthåndbok 280 (2010)	

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)	Svinggrense
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