MULTICONSULT

Rapport

Oppdragsgiver:	**STATSBYGG SF**
Oppdrag:	**11867 SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS**
Emne:	**Grunnundersøkelser** **Datarapport**
Dato:	**12. juli 2012**
Rev. - Dato	
Oppdrag– / Rapportnr.	**511716 - 1**

Oppdragsleder:	**Yngvar A. Hanson**	Sign.:	
Saksbehandler:		Sign.:	
Kontaktperson hos Oppdragsgiver:	**Måns Davidsson**		

Sammendrag:

Generelt er det under et topplag med matjord, registrert tørrskorpe og fast leire til fjell der dybdene er mindre enn 4-5m.

Videre ned i de to forsenkningene som er registrert med henholdsvis 12,3 m og 15,0 m løsmasse, er det leire og en blanding av sand/grus og leire. Prøveseriene viser lave uomrørte skjærfastheter på mellom 10- og 20 kPa fra 4 til 8m's dybde. Vanninnholdene varierer mellom 30 og 40 % hvilket indikerer middels til meget kompressible masser. Under 8-10m dybde er vanninnholdet lavt, den ene prøven indikerer mindre enn 20 %.

Ødometerforsøkene bekrefter at det er til dels meget kompressible masser i henholdsvis 3,3 og 6,3m dybde.

Dybdene til fjell varierer fra fjell i dagen til over 15 m.

Innholdsfortegnelse

1. Innledning 3
2. Utførte undersøkelser 3
3. Grunnforhold 3
3.1 Topografi 4
3.2 Berg 5
3.3 Løsmasser 5
3.4 Grunnvannstanden 5

Tegninger

511716	-0	Oversiktskart
	-1a	Borplan
	-2	Fjellkotekart
	-10	Prøveserie v/30
	-11	Prøveserie v/94
	-20 t.o.m. -30	Totalsonderinger 85-94
	-75	Ødometerforsøk (dybde 3,3m)
	-76	Ødometerforsøk (dybde 6,3m)

Vedlegg:

Geotekniske bilag:	Feltundersøkelser
	Laboratorieundersøkelser
	Metodestandarder

1. Innledning

I forbindelse med senter for Husdyrforsøk på Ås er det laget en samspillskontrakt mellom Statsbygg, Skanska AS, Multiconsult AS og Økaw AS Arkitekter MNAL. Det har i samspillet vært lansert mange ulike alternativer for bygningsutforminger og plasseringer, og man har forsøkt å oppnå en best mulig massebalanse ved å se på forskjellige volumer av graving/sprenging/bortkjøring/oppfylling i forhold til valgte gårdsplassnivåer.

På grunn av stor og tettvokst skog og et løsmasselager med mange hauger (traktorbanen), mangler deler av tomta grunnundersøkelser. Rapporten er en sammenstilling av foreliggende informasjon om grunnen. Det må påregnes en ny omgang undersøkelser etter at skogrydding og fjerning av lagrede masser er foretatt for å skaffe tilstrekkelig dokumentasjon for prosjektet.

2. Utførte undersøkelser

Løvlien Georåd AS har utført 7 totalsonderinger og tatt opp 3 prøveserier. Petter Olsen AS har utført 55 fjellkontrollboringer for prosjektet. I tillegg har Multiconsult utført supplerende undersøkelser for søndre bygningsmasse (Melkeku/Stoffskifte/Kvigefjøs) der det ble funnet et område med en antatt forsenkning i fjellet.

De supplerende boringene omfatter:

- 11 totalsonderinger til orientering om grunnens art og relative lagringsfasthet.
- Tatt opp 2 korte prøveserier for laboratorieundersøkelser av grunnens geotekniske data, inkludert ødometerforsøk for bestemmelse av setningsparametre.

Vi viser til geotekniske bilag i vedlegg til denne rapporten for beskrivelse av feltundersøkelser, laboratorieundersøkelser og metodestandarder.

3. Grunnforhold

Plasseringen av alle boringene som er utført innenfor området er vist på borplanen, tegning nr. 511716-1a. Resultatet av totalsonderingene er vist på tegninger 511716-20 t.o.m. 30 og prøveseriene på tegning 511716-10 og 11. Et fjellkotekart som er interpolert mellom boringene er vist på tegning nr. 511716-2. Resultatene for ødometerforsøkene er vist på egne tegninger nr. 511716-75 og -76.

På grunn av stor skog i vestre og nordvestre del av det aktuelle tomteområdet er det ikke gjort grunnundersøkelser i denne del av tomteområdet, men vestre del av ravinedalen som eksisterende Syverudveien går i, har mye fjell i dagen.

- **Sammendrag fra rapport 10-282, nr.1, utført av Løvlien Georåd.**

Løvlien Georåd boret 7 punkter hvor det ikke ble registrert fjell dypere enn 5,7m. For detaljer fra disse boringene henvises til deres rapport 10-282 nr.1 av 12.01.2011.

Kortfattet består grunnen av et topplag av matjord og tørrskorpesilt/leire til 2-3m dybde. Derunder er det leire med vanninnhold 25-30 %, hvilket indikerer liten til middels kompressibilitet.

Fra Løvliens undersøkelser foreligger kun to skjærstyrkeverdier, og begge disse har delvis forstyrret uomrørt verdi. Verdiene for uomrørt skjærstyrke er derfor svært lave (rundt 10 kPa), men kan av samme grunn ikke benyttes til beregninger. Omrørt verdi synker fra 15kPa i 3,5m dybde til 3 kPa i 4,5m dybde. Grunnvannstanden er registrert til kote 83,2 ved søndre del (4,1m under terreng).

3.1 Topografi

Området for senteret er preget av en traktorbane i nord, stor skog mot vest med en ravinedal som skjærer inn sentralt i vestre del, mens resten stort sett er relativt flate eller svakt skrånende jordbruksarealer. Syverudveien går fra sydvest og ned i ravinedalen mot vest.

Bildet viser lagrede masser i nordre del på innsiden av traktorbanen.

Bildet er tatt fra traktorbanen mot sør/sørøst

Bildet er tatt fra nordøstre hjørnet av området mot vest, og viser nordsiden av området med traktorbanen til venstre.

3.2 Berg

Berggrunnen i området består i følge NGU's berggrunnskart av diorittisk til granittisk gneis, og dybdene til bergoverflaten forventes å være små bortsett fra et par større fordypninger i bergoverflaten hvor det er registrert 12,3m og 15,0m dybde, henholdsvis kote 72,0 (Plansilo) og 63,8 (Melkekufjøs) respektive. De fleste av de resterende boringene viser mindre enn 5 m løsmasse, og flere steder er det registrert fjell i dagen.

Topografien og de utførte boringene indikerer at ravinedalens fjellformasjon fortsetter med en kløft/forsenkning mot sørøst under området for det planlagte Melkekufjøset og sørvestre del av Kvigefjøset. Skogdekt og vanskelig tilgjengelig område hindrer foreløpig å få verifisert/undersøkt dette.

3.3 Løsmasser

Generelt er det under et topplag med matjord, registrert tørrskorpe og fast leire til fjell der dybdene er mindre enn 4-5m.

Videre ned i de to forsenkningene som er registrert med henholdsvis 12,3 m og 15,0 m løsmasse, er det leire og en blanding av sand/grus og leire. Prøveseriene viser lave uomrørte skjærfastheter på mellom 10- og 20 kPa fra 4 til 8m's dybde. Vanninnholdene varierer mellom 30 og 40 % hvilket indikerer middels til meget kompressible masser. Under 8-10m dybde er vanninnholdet lavt, den ene prøven indikerer mindre enn 20 %.

Ødometerforsøkene bekrefter at det er til dels meget kompressible masser i henholdsvis 3,3 og 6,3m dybde.

Dybdene til fjell varierer fra fjell i dagen til over 15 m.

3.4 Grunnvannstanden

Grunnvannstanden er ikke målt, men Løvlien registrerte grunnvann 4m under terreng i et høyereliggende område i syd, men grunnvannstanden er antagelig noe høyere på de flate jordene som utgjør hoveddelen av tomteområdet. Generelt vil grunnvannstanden variere med årstid og nedbørsforhold.

Arkivreferanser:

Fagområde:	Geoteknikk		
Stikkord:			
Land/Fylke:	Østfold	Kartblad:	
Kommune:	ÅS	UTM koordinater, Sone:	32V
Sted:	Syverudveien 26	Øst: 599365	Nord: 6616650

Distribusjon:

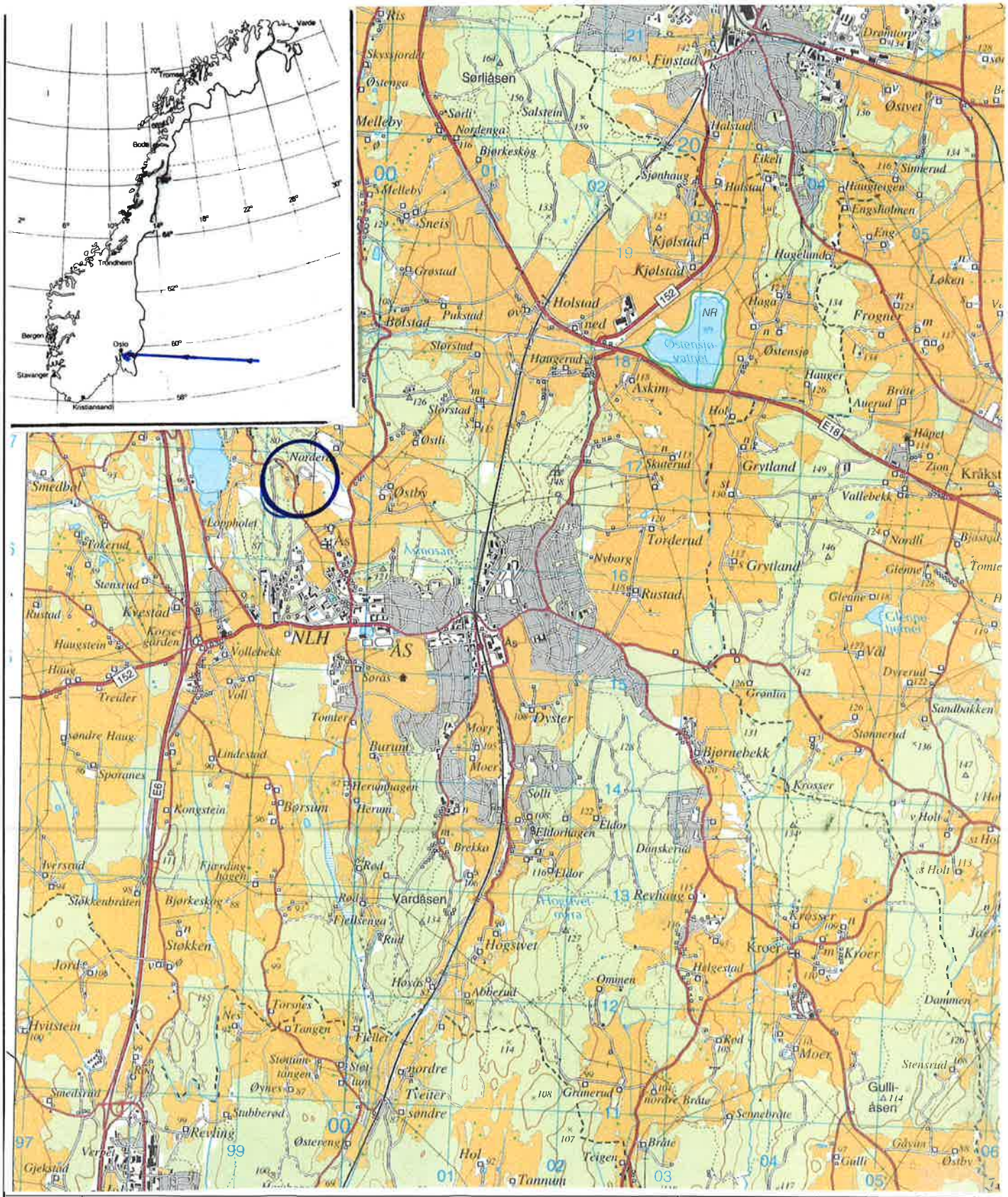
☒ Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)
☐ Intern
☐ Fri

Dokumentkontroll:

		Dokument 12. juli 2012		Revisjon 1		Revisjon 2		Revisjon 3	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutset-ninger	Utarbeidet	12.07.12							
	Kontrollert	12.07.12							
Grunnlags-data	Utarbeidet	12.07.12							
	Kontrollert	12.07.12							
Teknisk innhold	Utarbeidet	12.07.12							
	Kontrollert	12.07.12							
Format	Utarbeidet	12.07.12							
	Kontrollert	12.07.12							

Anmerkninger

Godkjent for utsendelse (Oppdragsansvarlig)	Dato: 12/7-2012	Sign.: AF



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

OVERSIKTSKART

Original format

Fag

Tegningens filnavn

STATSBYGG SF
SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS

Målestokk

1:50 000

MULTICONSULT

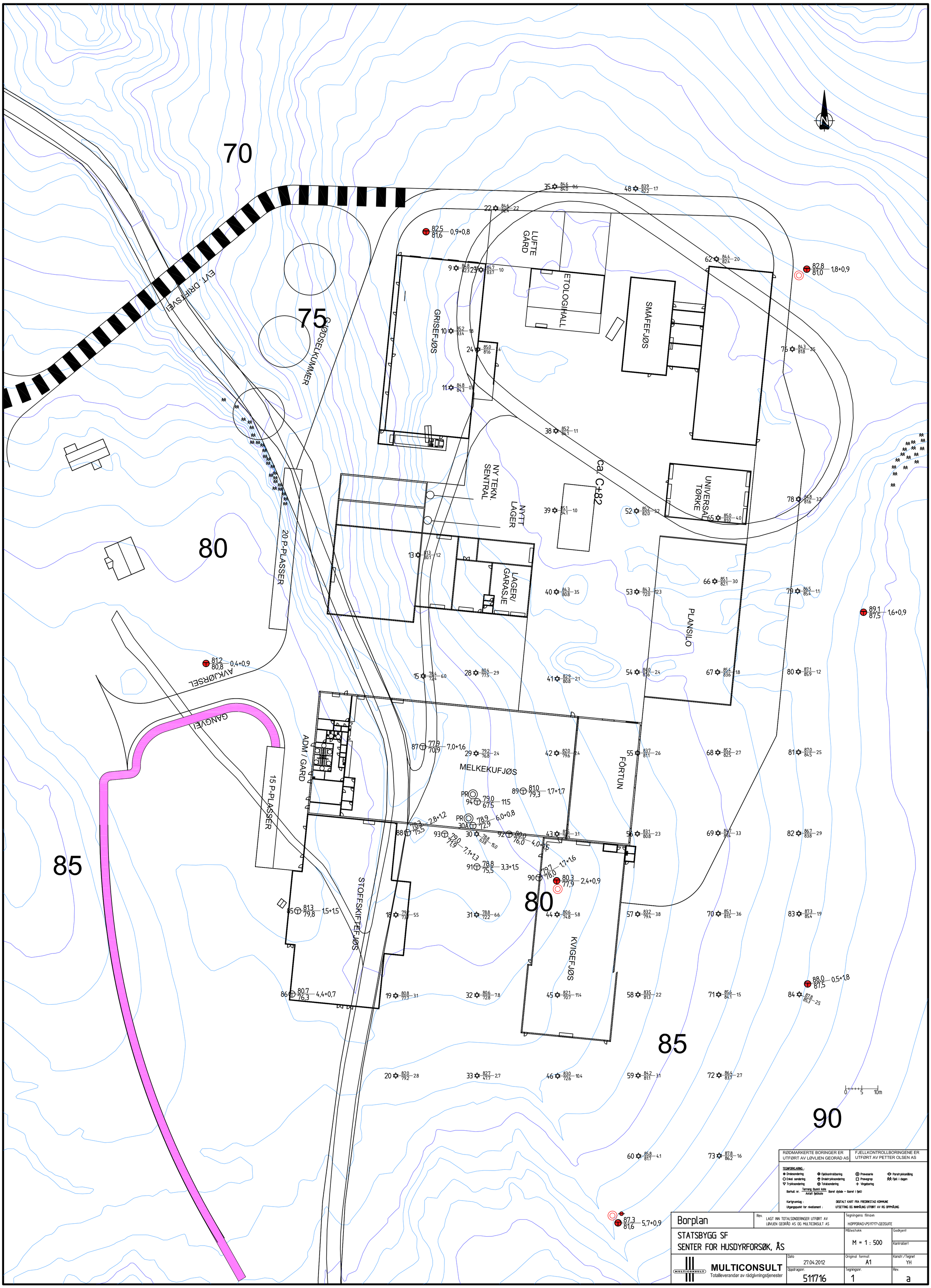
MULTICONSULT

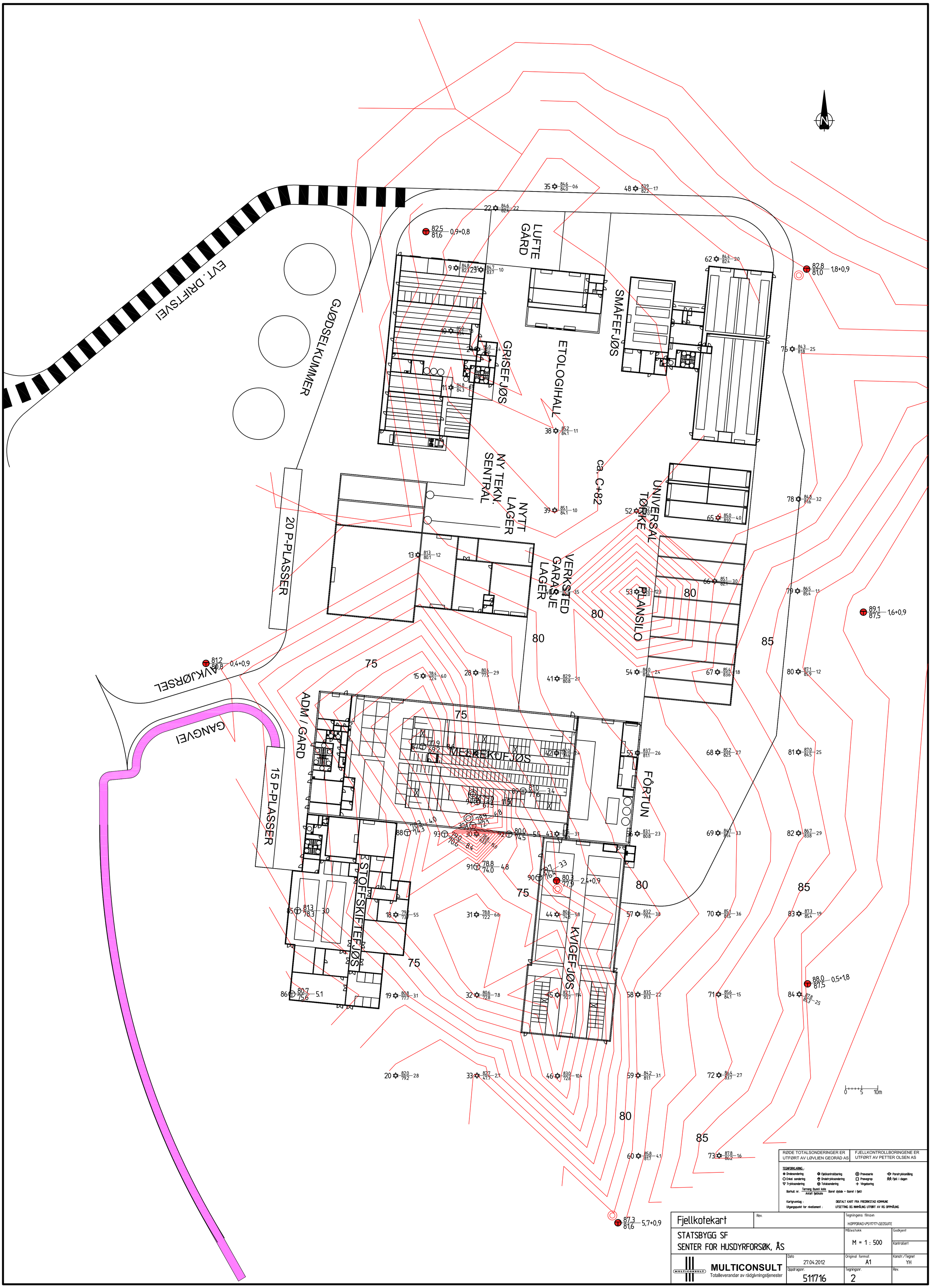
Storgata 35 – 1607 Fredrikstad
Tlf. 69 38 39 00 - Fax: 69 38 39 99

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
12.07.2012	YH	DEJ	

Oppdrag nr.	Tegning nr.	Rev.
511716	0	

c:\Users\yh\Yngvar\A4 ark.docx


70
75
80
85
90
EVT. DREINSVEI
GJØDSELKUMMER
GRISEFJØS
ETOLOGIHALL
LUFTE GÅRD
SMÅFEFJØS
NY TEKN. SENTRAL
NYTT LAGER
ca. C+82
UNIVERSAL TØRKE
LAGER/ GARASJE
20 P-PLASSER
PLANSILO
AVKJØRSEL
GANGVEI
ADM / GARD
15 P-PLASSER
MELKEKUFJØS
FÖRTUN
STOFFSKIFTEFJØS
KVIGEFJØS
RØDMARKERTE BORINGER ER UTFØRT AV LØVLIEN GEORÅD AS
FJELLKONTROLLBORINGENE ER UTFØRT AV PETTER OLSEN AS
TEGNFORKLARING :
Dreiesondering
Enkel sondering
Trykksondering
Fjellkontrollboring
Dreietrykksondering
Totalsondering
Prøveserie
Prøvegrop
Vingeboring
Poretrykksmåling
Fjell i dagen
Borhull nr.
Terreng (bunn) kote
Antatt fjellkote
Borret dybde + (borret i fjell)
Kartgrunnlag :
DIGITALT KART FRA FREDRIKSTAD KOMMUNE
Utgangspunkt for nivellement :
UTSETTING OG INNMÅLING UTFØRT AV RG OPPMÅLING
Borplan
Rev.
LAGT INN TOTALSONDERINGER UTFØRT AV LØVLIEN GEORÅD AS OG MULTICONSULT AS
Tegningens filnavn
HOPPDRAG\P511717\GEOSUITE
STATSBYGG SF
SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS
Målestokk
M = 1 : 500
Godkjent
Kontrollert
MULTICONSULT
Totalleverandør av rådgivningstjenester
Dato
27.04.2012
Original format
A1
Konstr./Tegnet
YH
Oppdragsnr.
511716
Tegningsnr.
1
Rev.
a



RØDE TOTALSONDERINGER ER UTFØRT AV LØVLIEN GEORÅD AS	FJELLKONTROLLBORINGENE ER UTFØRT AV PETTER OLSEN AS

TEGNFORKLARING :

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- Trykksondering
- Fjellkontrollboring
- Dreietrykksondering
- Totalsondering
- Prøveserie
- Prøvegrop
- Vingeboring
- Poretrykksmåling
- Fjell i dagen

Borhull nr. Terreng (kunn) kote / Antall fjellkote Boret dybde + (boret i fjell)

Kartgrunnlag : DIGITALT KART FRA FREDRIKSTAD KOMMUNE

Utgangspunkt for nivellement : UTSETTING OG INNMÅLING UTFØRT AV RG OPPMÅLING

Fjellkotekart	Rev.	Tegningens filnavn H:\OPPDRAG\511717\GEOSUITE	
STATSBYGG SF SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS		Målestokk M = 1 : 500	Godkjent Kontrollert
MULTICONSULT Totalleverandør av rådgivningstjenester	Dato 27.04.2012	Original format A1	Konstr./Tegnet YH
	Oppdragsnr. 511716	Tegningsnr. 2	Rev.

Dybde (m)	Beskrivelse (kt. 78.8)	Prøve	Test	Vanninnhold (%) 10 30 50 70 90	ρ (g/cm³)	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa) 20 40 60 80	S_t (-)
	TØRRSK.LEIRE, Siltig			○			0,5		
	LEIRE, Siltig forvitret			○			0,4		
	LEIRE, Siltig m/tørrskorpeflekker			○	1.89	49.6	spor	▼ ▽	4
	LEIRE, Siltig m/sand og gruskorn		Ø	○	1.90	49.2	0.0	▼ ▽	9
	LEIRE, Siltig m/sand og gruskorn			○	1.97	45.1	0.0	▼ ▽	3
5									
10									
15									
20									

Symboler

○ Vanninnhold

Plastisitetsindeks, I_p

15–0–5 / 10 Enaksialforsøk (strek angir deformasjon (%) ved brudd)

▼ Omrørt konus

▽ Uomrørt konus

ρ = Densitet

S_t = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk

Ø = Ødometerforsøk

K = Korngradering

ρ_s: 2.75 g/cm³

Grunnvannstand: 0 m

Borbok: 25872

Lab-bok: 1925

BORPROFIL

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

STATSBYGG SF

SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS

Tegnet: ÅS

Kontrollert:

MULTICONSULT

Dato: 2012-07-11

Borhull: PR1 v tot 30

Godkjent:

Oppdragsnummer: 511716

Tegningsnr.: 10

Rev nr.:

Dybde (m)	Beskrivelse (kt. 79)	Prøve	Test	Vanninnhold (%)	ρ (g/cm³)	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)	S_t (-)
5	LEIRE, Siltig m/sand og grus				1.81	53.8			9
	LEIRE, Siltig m/noe sandkorn		Ø		1.90	49.4			4
	LEIRE, Siltig m /siltsjikt og sand og grus				2.32	24.9	0.0		6
10									
15									
20									

Symboler

- ○ Vanninnhold
- ⊢⊣ Plastisitetsindeks, I_p
- 15–0–5 / 10 Enaksialforsøk (strek angir deformasjon (%) ved brudd)
- ▼ Omrørt konus
- ▽ Uomrørt konus
- ρ = Densitet
- S_t = Sensitivitet
- T = Treaksialforsøk
- Ø = Ødometerforsøk
- K = Korngradering

ρ_s: 2.75 g/cm³
Grunnvannstand: 0 m
Borbok: 25872
Lab-bok: 1925

BORPROFIL

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

STATSBYGG SF

SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS

Tegnet: ÅS

Kontrollert: DEJ

MULTICONSULT

Dato: 2012-07-11

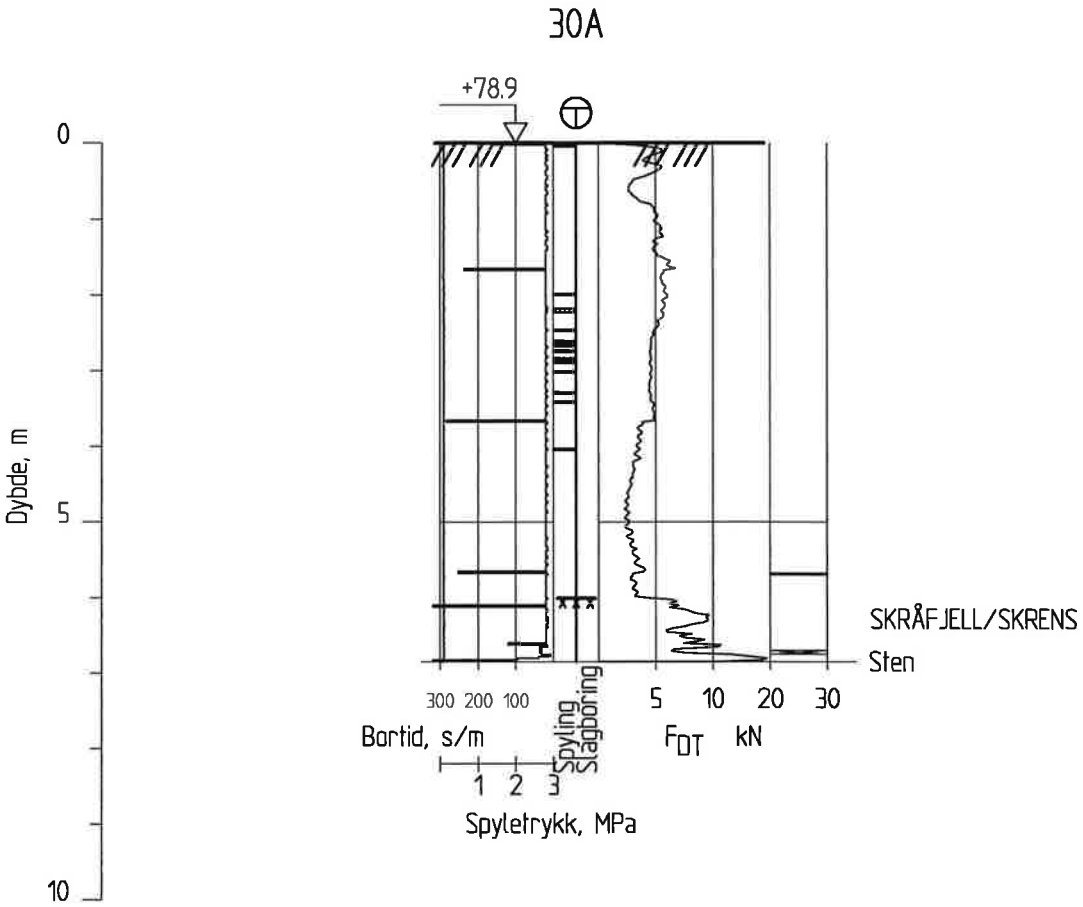
Borhull: PR.2 v tot94

Godkjent:

Oppdragsnummer: 511716

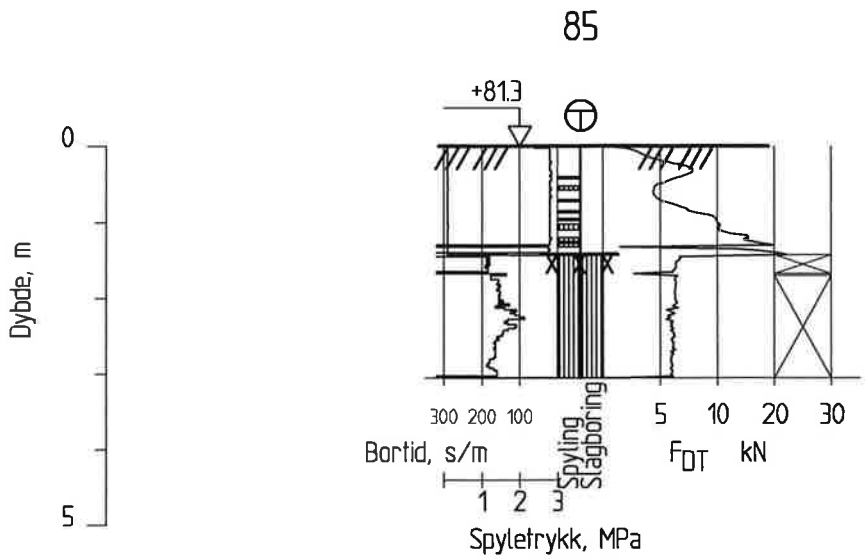
Tegningsnr.: 11

Rev nr.:



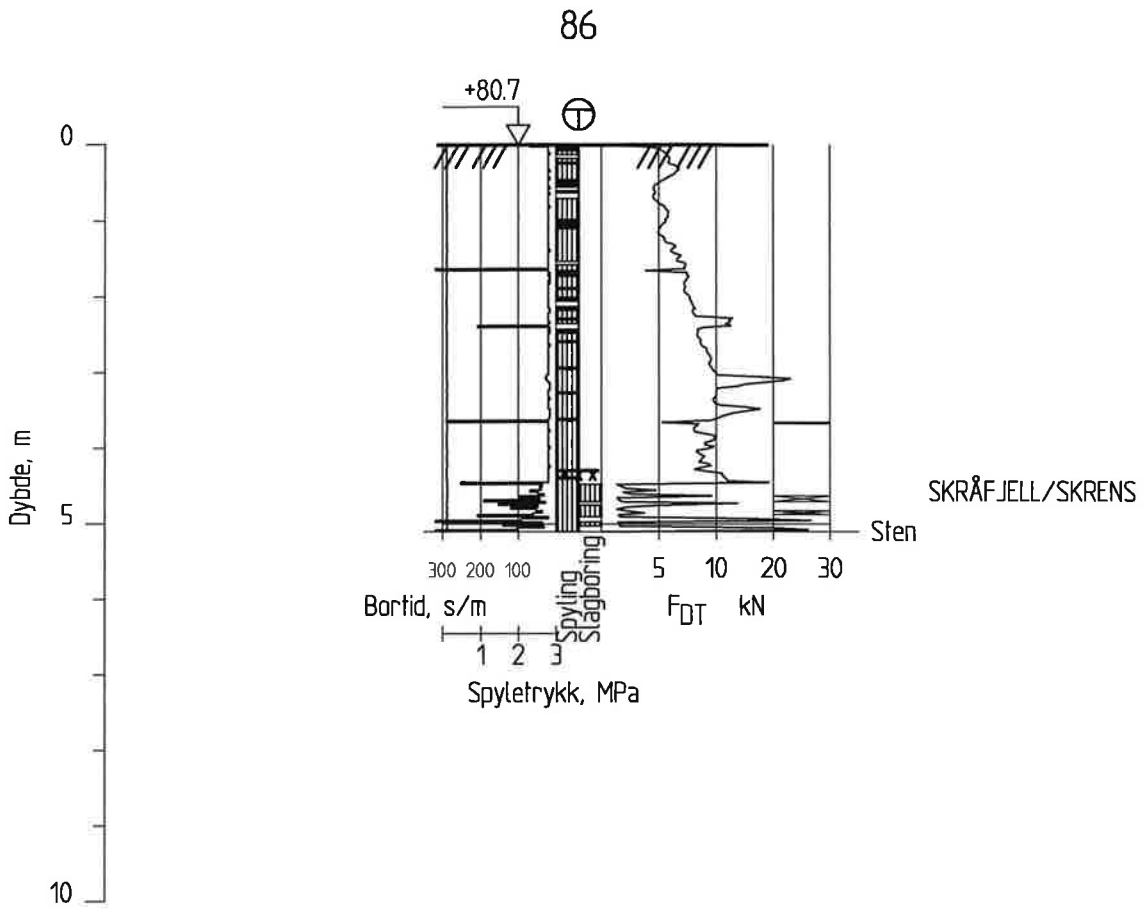
Dato boret :22.06.2012 Posisjon: X 6616668.31 Y 599310.32

Totalsondering 30A		Tegningens filnavn H:OPPDRAG\511716\GEOSUITE	
STATSBYGG SF SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS		Målestokk M = 1 : 100	Godkjent Kontrollert
MULTICONSULT Totalleverandør av rådgivningstjenester	Dato 25.06.2012	Original format A4	Konstr./Tegnet YH
	Oppdragsnr. 511716	Tegningsnr. 20	Rev.



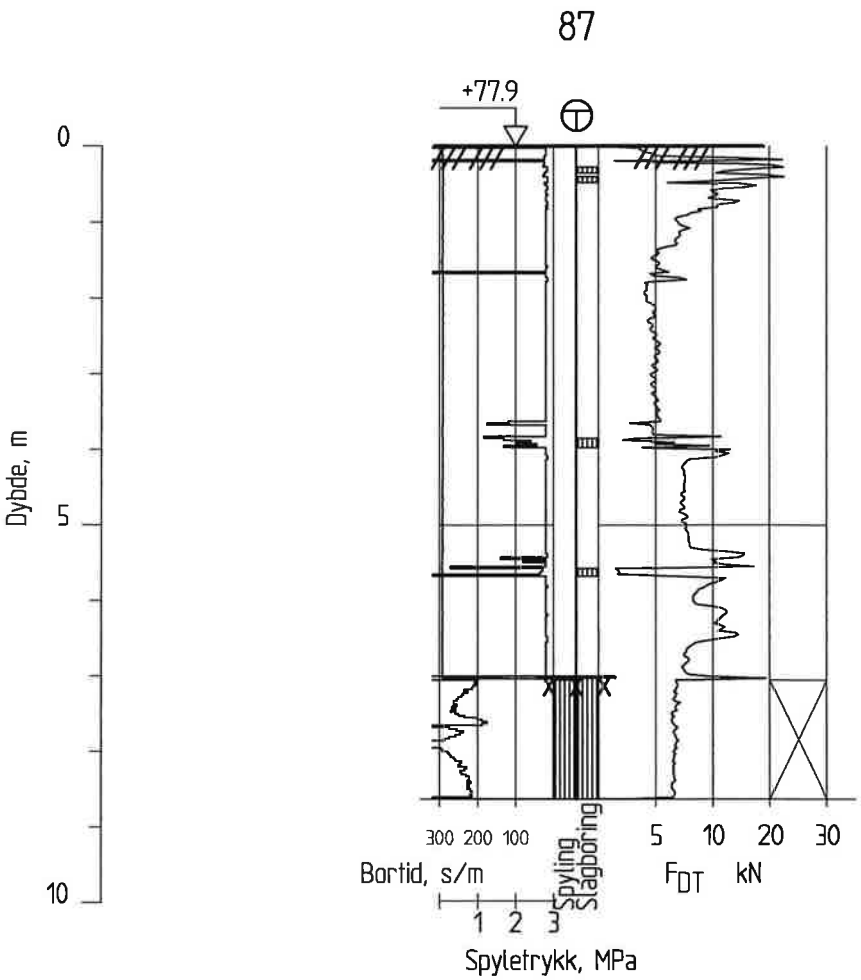
Dato boret :22.06.2012 Posisjon: X 6616641.92 Y 599255.94

Totalsondering 85		Tegningens filnavn H:OPPDRAG\511716\GEOSUITE	
STATSBYGG SF SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS		Målestokk M = 1 : 100	Godkjent Kontrollert
MULTICONSULT Totalleverandør av rådgivningstjenester	Dato 25.06.2012	Original format A4	Konstr./Tegnet YH
	Oppdragsnr.	Tegningsnr. 21	Rev.



Dato boret :22.06.2012 Posisjon: X 6616616.10 Y 599254.16

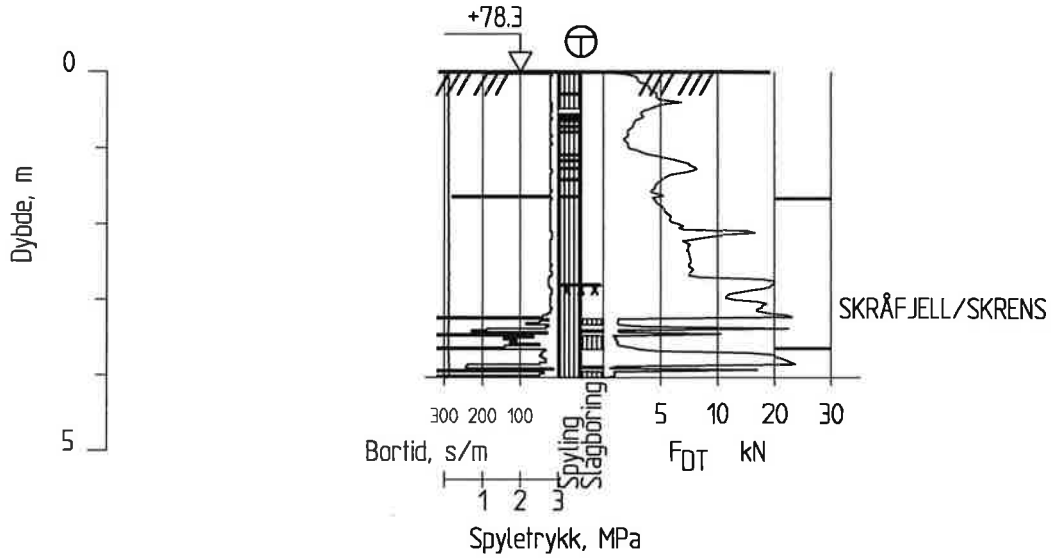
Totalsondering 86		Tegningens filnavn H:OPPDRAG\511716\GEOSUITE	
STATSBYGG SF SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS		Målestokk M = 1 : 100	Godkjent Kontrollert
MULTICONSULT Totalleverandør av rådgivningstjenester	Dato 25.06.2012	Original format A4	Konstr./Tegnet YH
	Oppdragsnr.	Tegningsnr. 22	Rev.



Dato boret :22.06.2012 Posisjon: X 6616692.81 Y 599294.76

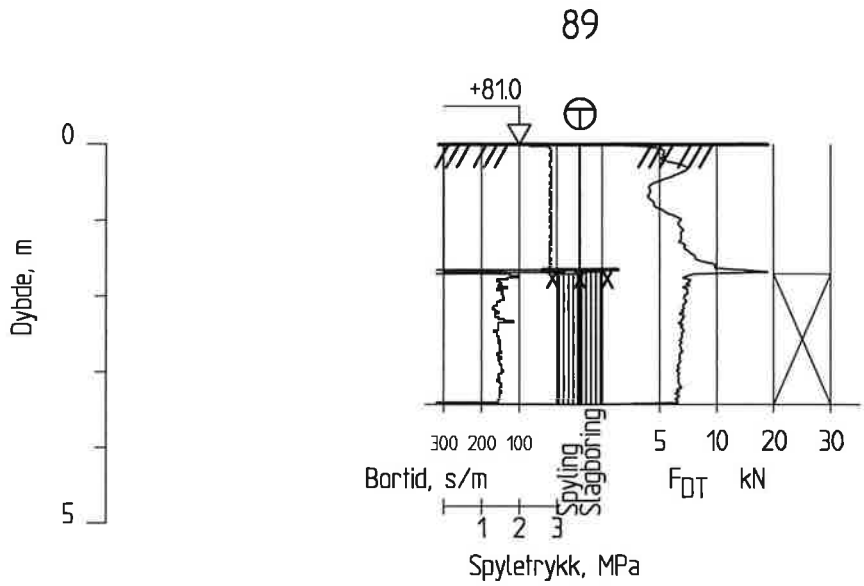
Totalsondering 87		Tegningens filnavn H:OPPDRAG\511716\GEOSUITE	
STATSBYGG SF SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS		Målestokk M = 1 : 100	Godkjent Kontrollert DEO
MULTICONSULT Totalleverandør av rådgivningstjenester	Dato 25.06.2012	Original format A4	Konstr./Tegnet YH
	Oppdragsnr.	Tegningsnr. 23	Rev.

88



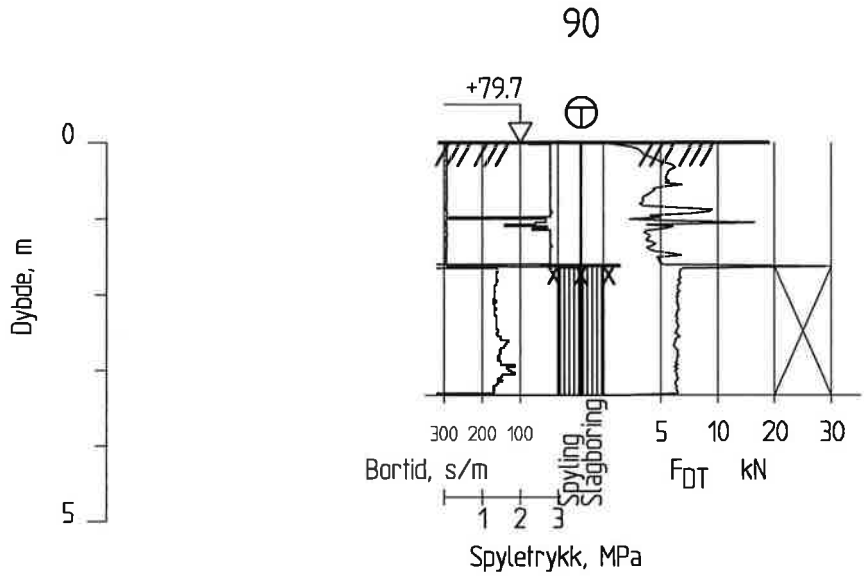
Dato boret :22.06.2012 Posisjon: X 6616666.13 Y 599290.01

Totalsondering 88		Tegningens filnavn H:OPPDRAG\511716\GEOSUITE	
STATSBYGG SF SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS		Målestokk M = 1 : 100	Godkjent Kontrollert
MULTICONSULT Totalleverandør av rådgivningstjenester	Dato 25.06.2012	Original format A4	Konstr./Tegnet YH
	Oppdragsnr.	Tegningsnr. 24	Rev.



Dato boret :22.06.2012 Posisjon: X 6616679.04 Y 599325.90

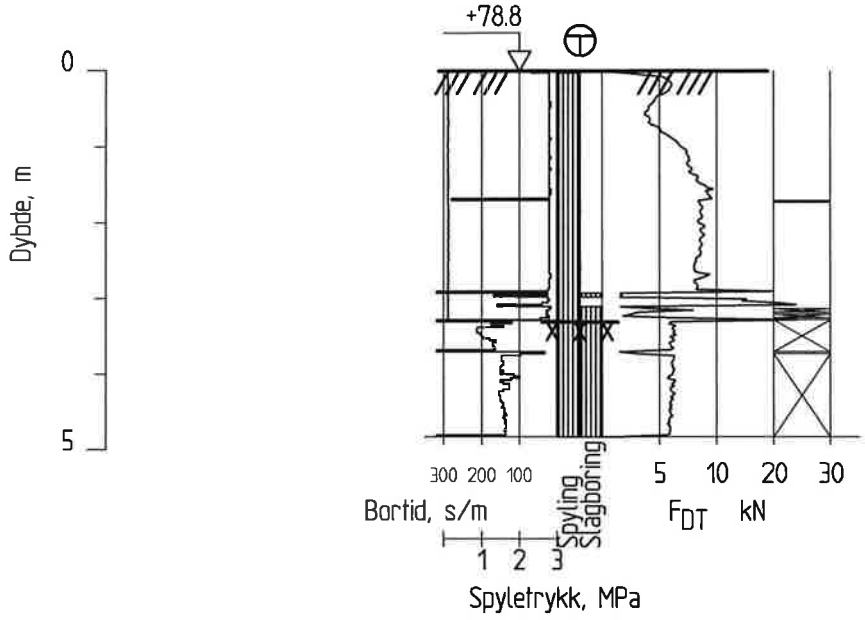
Totalsondering 89		Tegningens filnavn H:OPPDRAG\511716\GEOSUITE	
STATSBYGG SF SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS		Målestokk M = 1 : 100	Godkjent Kontrollert
MULTICONSULT Totalleverandør av rådgivningstjenester	Dato 25.06.2012	Original format A4	Konstr./Tegnet YH
	Oppdragsnr.	Tegningsnr. 25	Rev.



Dato boret :22.06.2012 Posisjon: X 6616652.17 Y 599330.79

Totalsondering 90		Tegningens filnavn H:OPPDRAG\511716\GEOSUITE	
STATSBYGG SF SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS		Målestokk M = 1 : 100	Godkjent Kontrollert
MULTICONSULT Totalleverandør av rådgivningstjenester	Dato 25.06.2012	Original format A4	Konstr./Tegnet YH
	Oppdragsnr.	Tegningsnr. 26	Rev.

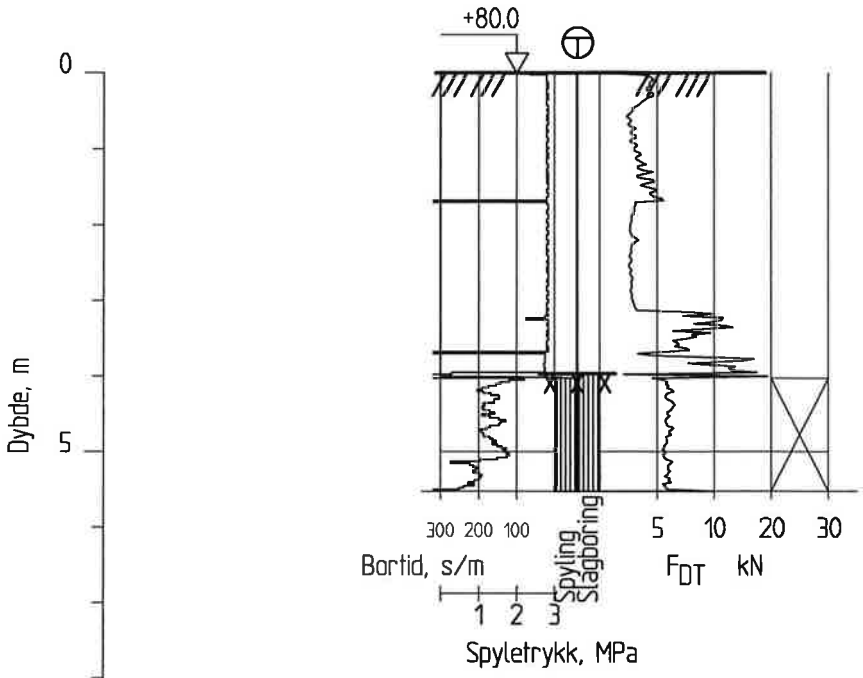
91



Dato boret :22.06.2012 Posisjon: X 6616655.54 Y 599311.54

Totalsondering 91		Tegningens filnavn H:OPPDRAG\511716\GEOSUITE	
STATSBYGG SF SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS		Målestokk M = 1 : 100	Godkjent Kontrollert
MULTICONSULT Totalleverandør av rådgivningstjenester	Dato 25.06.2012	Original format A4	Konstr./Tegnet YH
	Oppdragsnr.	Tegningsnr. 27	Rev.

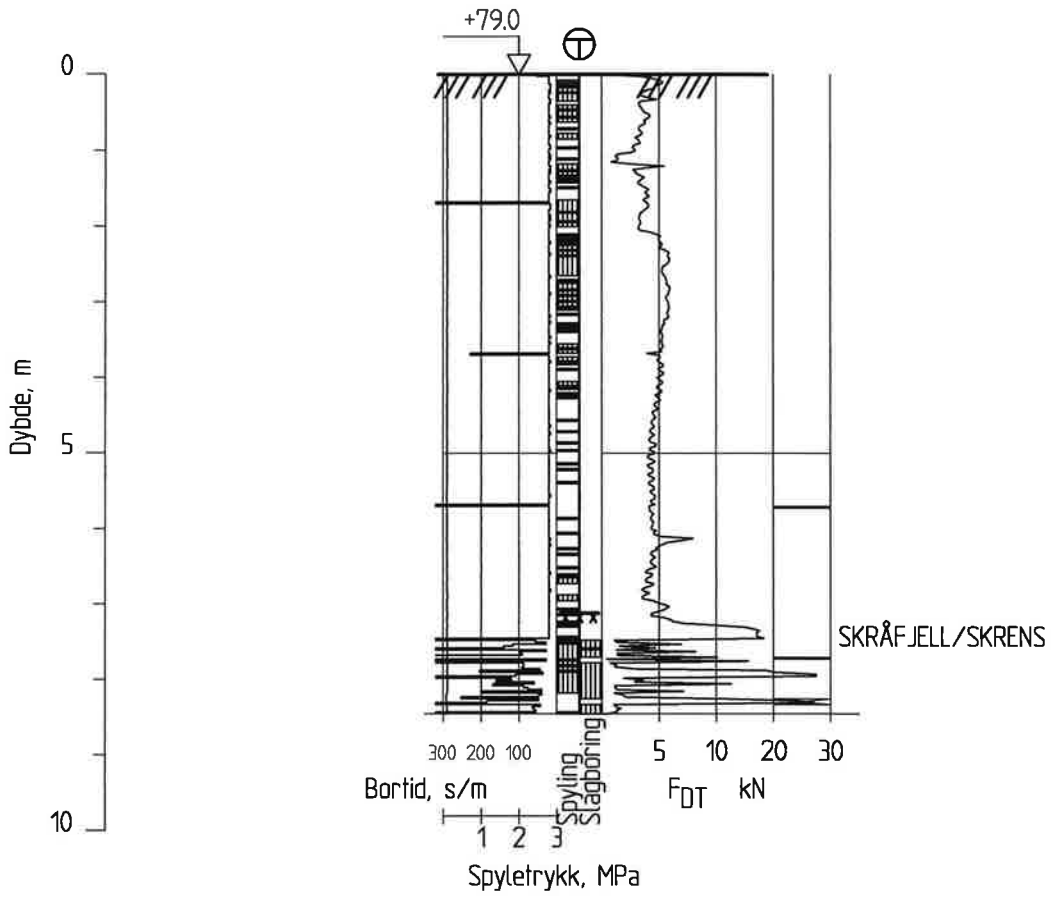
92



Dato boret :22.06.2012 Posisjon: X 6616665.65 Y 599321.51

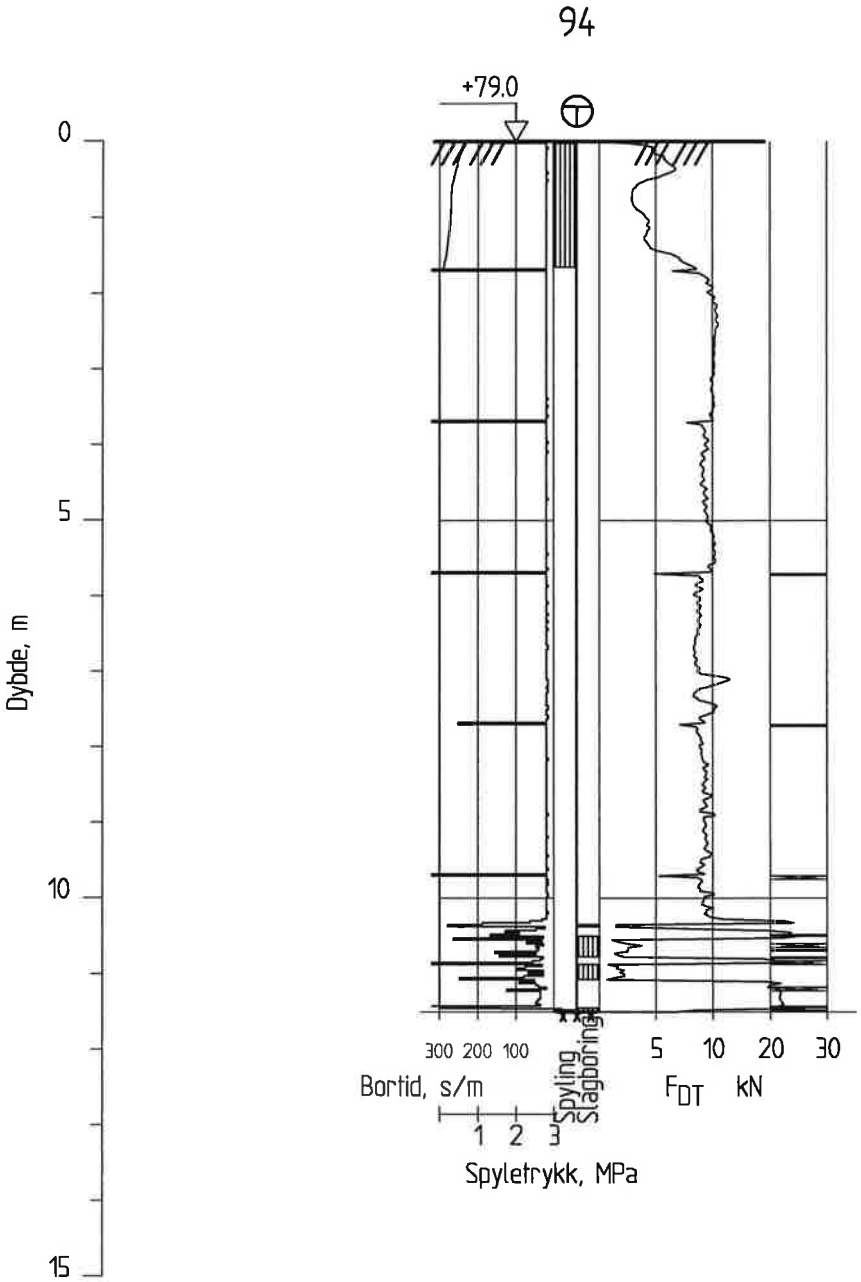
Totalsondering 92		Tegningens filnavn H:OPPDRAG\511716\GEOSUITE	
STATSBYGG SF SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS		Målestokk M = 1 : 100	Godkjent Kontrollert
MULTICONSULT Totalleverandør av rådgivningstjenester	Dato 25.06.2012	Original format A4	Konstr./Tegnet YH
	Oppdragsnr.	Tegningsnr. 28	Rev.

93



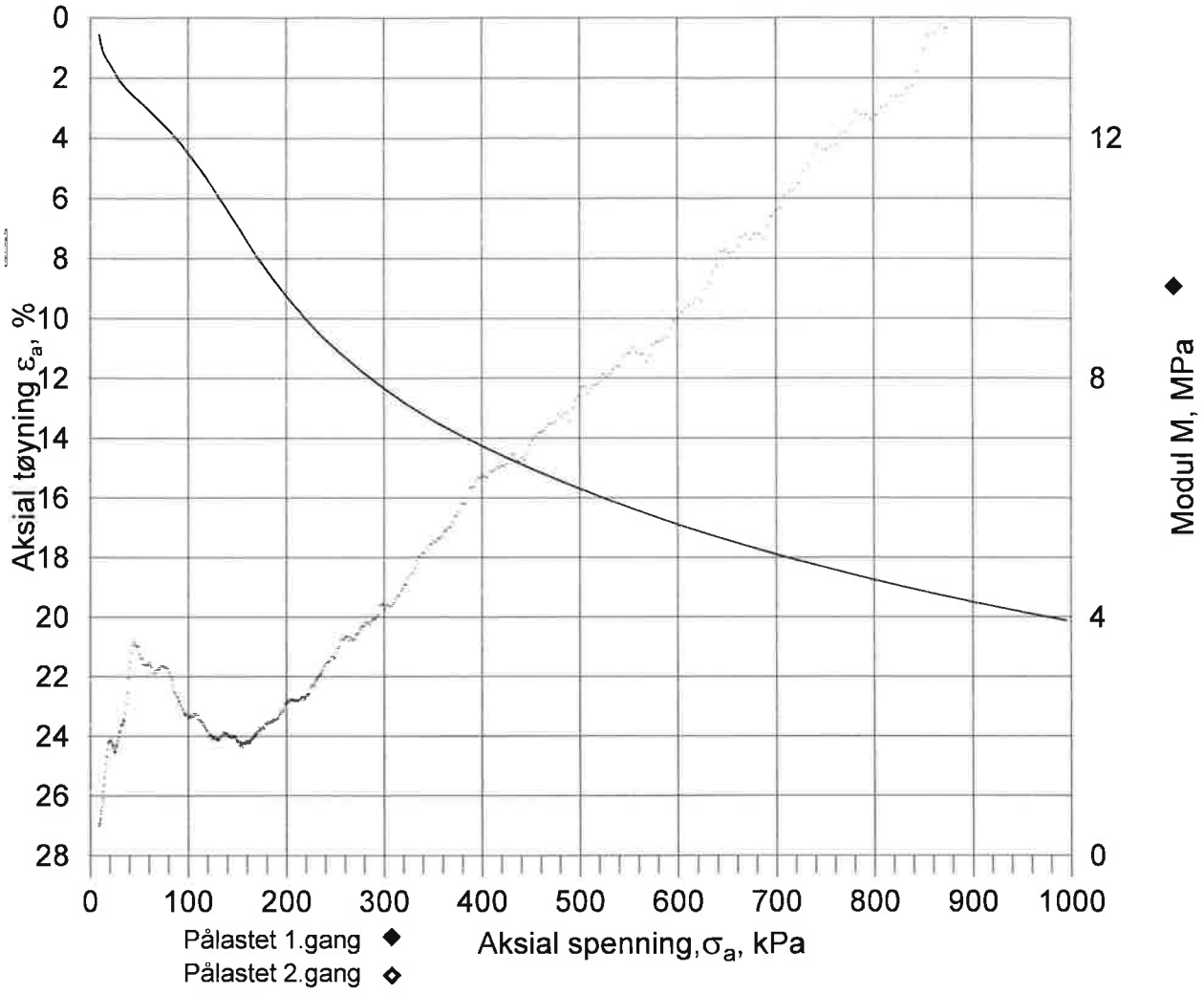
Dato boret :22.06.2012 Posisjon: X 6616665.70 Y 599301.55

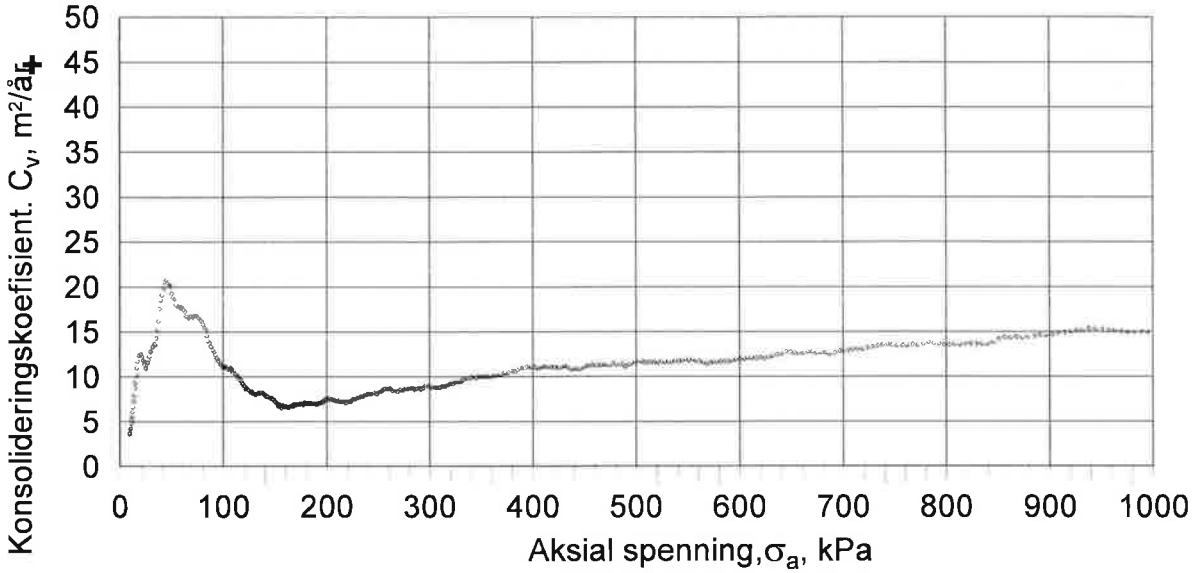
Totalsondering 93		Tegningens filnavn H:OPPDRAG\511716\GEOSUITE	
STATSBYGG SF SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS		Målestokk M = 1 : 100	Godkjent Kontrollert
MULTICONSULT Totalleverandør av rådgivningstjenester	Dato 25.06.2012	Original format A4	Konstr./Tegnet YH
	Oppdragsnr.	Tegningsnr. 29	Rev.



Dato boret :22.06.2012 Posisjon: X 6616675.72 Y 599311.64

Totalsondering 94		Tegningens filnavn H:OPPDRAG\511716\GEOSUITE	
STATSBYGG SF SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS		Målestokk M = 1 : 100	Godkjent Kontrollert
MULTICONSULT Totalleverandør av rådgivningstjenester	Dato 25.06.2012	Original format A4	Konstr./Tegnet YH
	Oppdragsnr.	Tegningsnr. 30	Rev.





Boring nr.	Prøve nr.	Dybde m	W %	ε-vol %	P'_o kPa	P'_c kPa	P'_r kPa	m	m_r	M
PR30	30A	3,3	35,3	0,95						

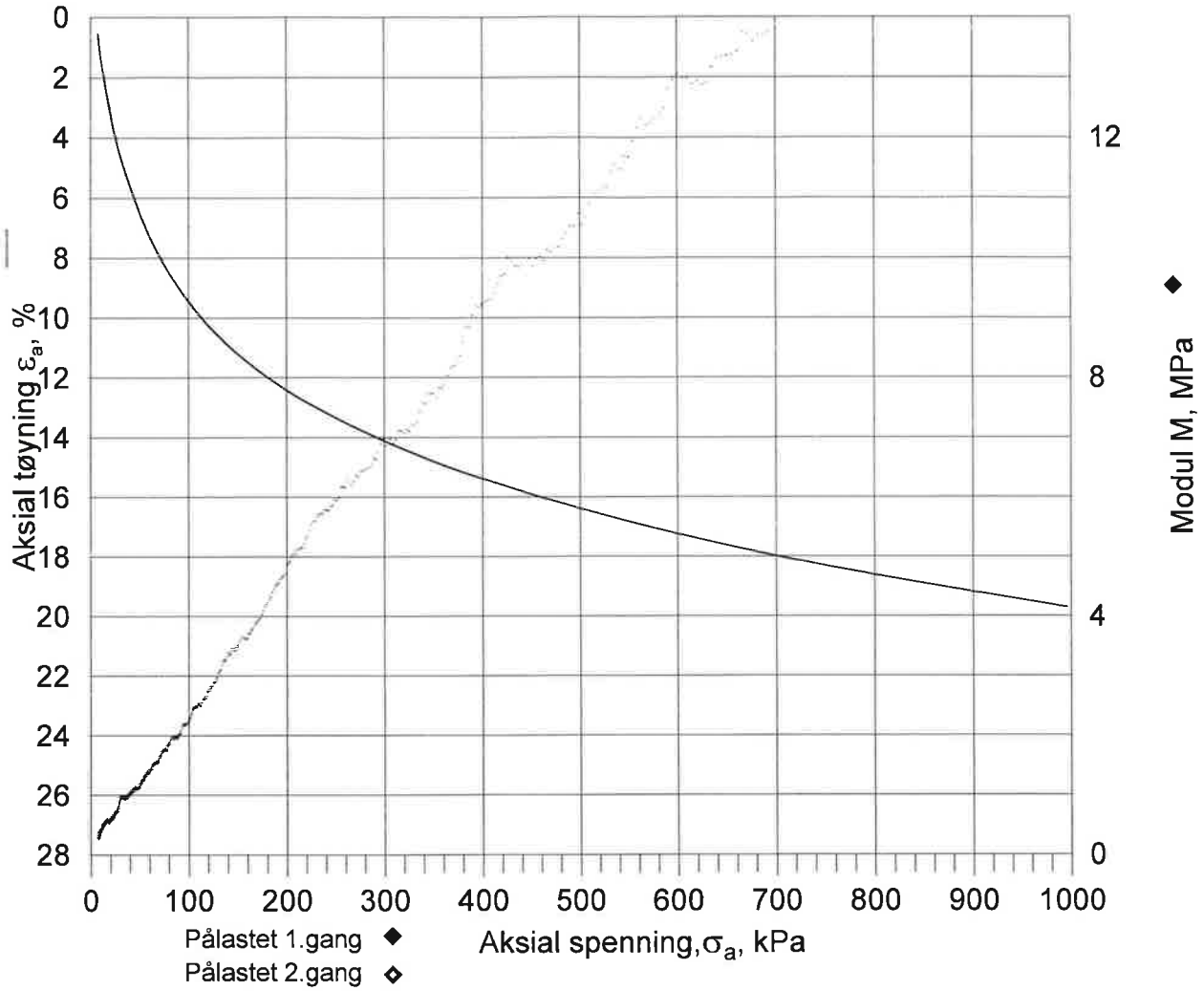
KONTINUERLIG ØDOMETER (CRS)

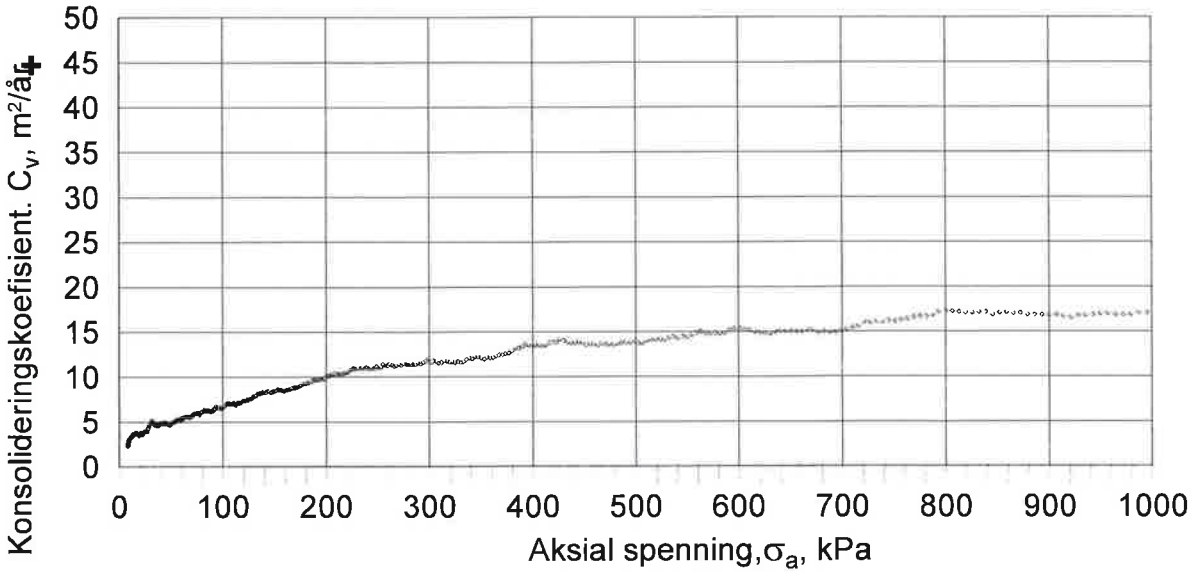
STATSBYGG SF
SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS

MULTICONSULT AS
Nedre Skøyen vei 2 - pb. 265 SKØYEN - 0213 OSLO
Tlf: 22 51 54 00 - Fax: 22 51 54 01

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
10.07.2012	EL	DEJ	
Oppdrag nr.	Tegningsnr.		Rev.
511716	75		

Fil: d:\grapher\cpt1.grf





Boring nr.	Prøve nr.	Dybde m	W %	ε-vol %	P'_o kPa	P'_c kPa	P'_r kPa	m	m_r	M
PR94	94A	6,3	36,4	0,96						

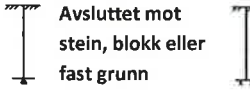
KONTINUERLIG ØDOMETER (CRS)

STATSBYGG SF
SENTER FOR HUSDYRFORSØK, ÅS

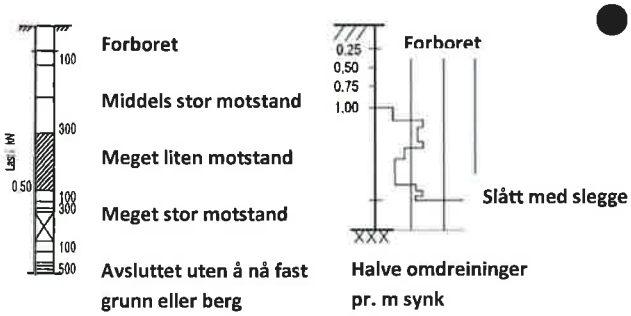
MULTICONSULT AS
Nedre Skøyen vei 2 - pb. 265 SKØYEN - 0213 OSLO
Tlf: 22 51 54 00 - Fax: 22 51 54 01

Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
10.07.2012	EL		
Oppdrag nr. 511716	Tegningsnr. 76		Rev.

Fil: d:\grapher\cpt1.grf



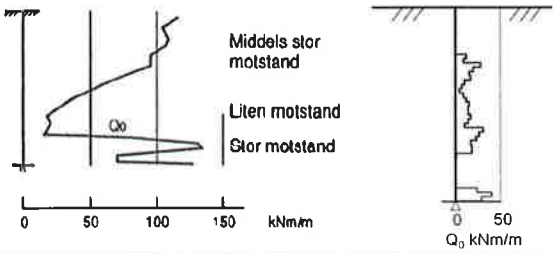
Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



DREIESONDERING (NGF MELDING 3)

Utføres med skjøtbare ϕ22 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 ½-omdreininger pr. 0,2 m synk registreres.

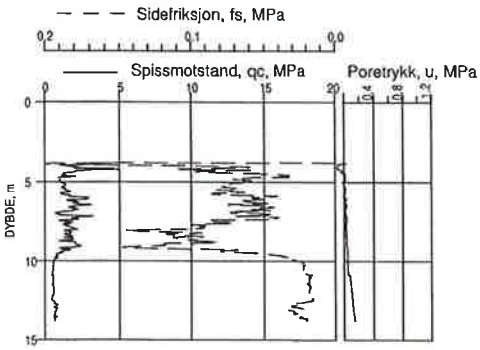
Boremotstanden presenteres i diagram med vertikal dybdeskala og tverrstrek for hver 100 ½-omdreininger. Skravur angir synk uten dreiing, med påført vertikallast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.



RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)

Boringen utføres med skjøtbare ϕ32 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_o pr. m nedramming.

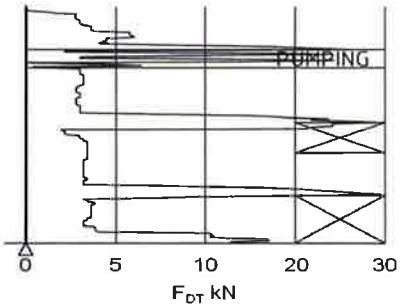
Q_o = loddets tyngde * fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)



TRYKKSONDERING (CPT - CPTU) (NGF MELDING 5)

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

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

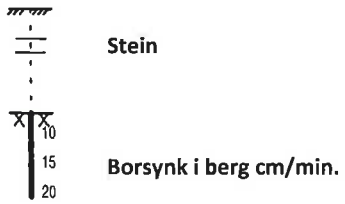


DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)

Utføres med glatte skjøtbare ϕ36 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.

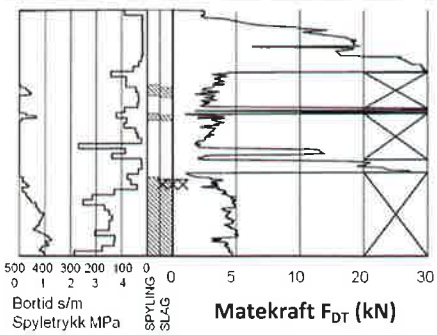
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.

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



BERGKONTROLLBORING

Utføres med skjøtbare ϕ45 mm stenger og hardmetall borkrone med tilbakeslagsventil. Det benyttes tung slagborhammer og vannspyling med høyt trykk. Boring gjennom lag med ulike egenskaper, for eksempel grus og leire, kan registreres, likedan penetrasjon av blokker og større steiner. For verifisering av berginntrengning bores 3 m ned i berget, eventuelt med registrering av borsynk for sikker påvisning.

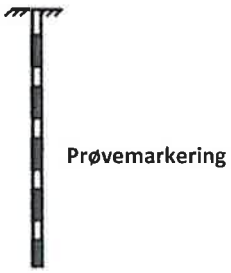


TOTALSONDERING (NGF MELDING 9)

Kombinerer metodene dreietrykksondering og berg-kontrollboring. Det benyttes ϕ45 mm skjøtbare borstenger og ϕ57 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

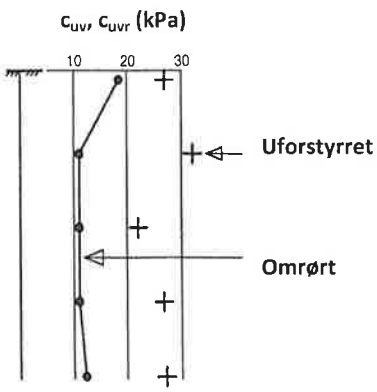
Utføres med hul borstang påsveiset en metallspiral med fast stigehøyde (auger). Med borrigg kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet mellom spiralskivene. Det er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



PRØVETAKING (NGF MELDING 11)

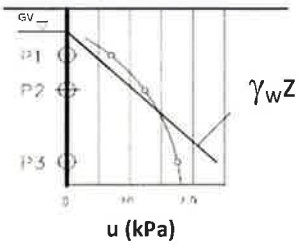
Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet. Vanligvis benyttes stempel-prøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylinderen kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. 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 ϕ54 mm (vanligst) og ϕ95 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 Kvalitets-klasse 1-2 for leire.



VINGEBORING (NGF MELDING 4)

Utføres ved at et vingekors med dimensjoner b x h = 55x110 mm eller 65x130 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 overlagringstrykk i måledybden, samt for jordartens plastisitet.



PORETRYKKSMÅLING (NGF MELDING 6)

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

Grunnvannstand observeres eller peiles direkte i 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.
• *Fibrig torv*	Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke.
• *Delvis fibrig torv, mellomtorv*	Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene.
• *Amorf torv, svarttorv*	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 (tanϕ) (effektivspenningsanalyse) eller c_u (c_{uA}, c_{uD}, c_{uP}) (totalspenningsanalyse).

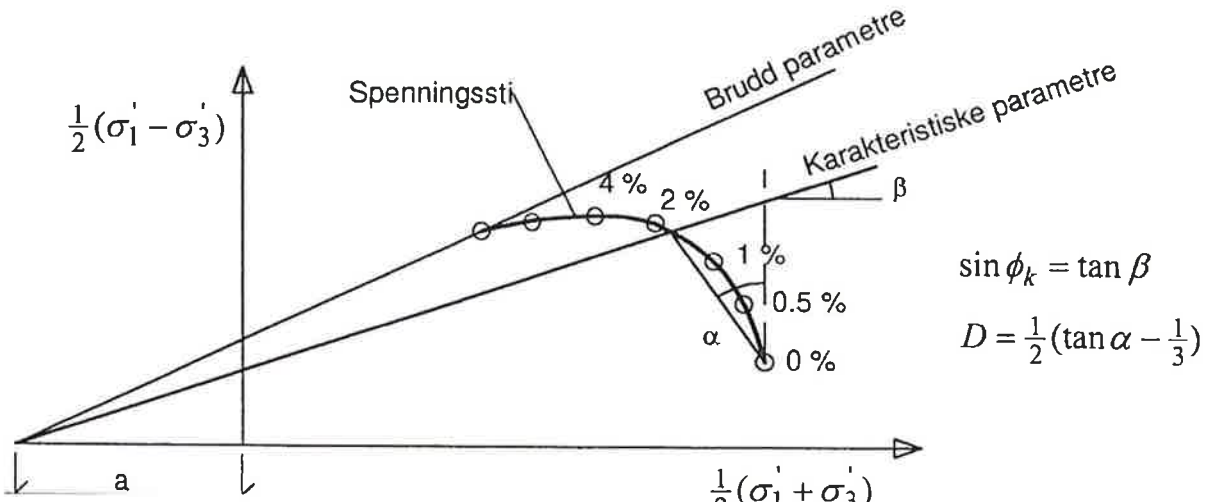
Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre a, c, ϕ (tanϕ) (kPa, kPa, °, (-))

Effektive skjærfasthetsparametre a (attraksjon), tanϕ (friksjon) og eventuelt c = atanϕ (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 tøyningsutvikling 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 poretrykksparametrene A, B og D bestemmes fra forsøksresultatene.

Totalspenningsanalyse: Udrenert skjærfasthet, c_u (kPa)

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



Kan også plottes med σ_3' på horisontalaksen.

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

TYNGDETETTHETER

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

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. Sammenhørende verdier for last og deformasjon (tøyning ε) registreres, og materialets deformasjonsmodul (stivhet) kan beregnes som $M = \Delta\sigma'/\Delta\varepsilon$. 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, $\sigma' > \sigma_c'$
Parabolsk økende modul	$M = mV(\sigma'\sigma_a)$	Sand, grov silt, $\sigma' > \sigma_c'$

PERMEABILITET (k cm/sek eller m/år)

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

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av 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 stigehøyde 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.

PUBLIKASJONER OG STANDARDER – FELTUNDERSØKELSER

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

NGF Melding/NS standard	Tema
NGF 1	SI Enheter
NGF 2, rev.1	Symboler og terminologi
NGF 3	Dreiesondering
NGF 4	Poretrykks- og grunnvannsmåling
NGF 5, rev.3	Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU)
NGF 6	Vingeboring
NGF 7	Dreietrykksondering
NGF 8	Kommentarkoder for feltundersøkelser
NGF 9	Totalsondering
NGF 10	Beskrivelsestekster for grunnundersøkelser
NGF 11 rev.1 NS-EN ISO 22475-1	Prøvetaking
Statens vegvesen håndbok 014	Feltundersøkelser

PUBLIKASJONER OG STANDARDER - LABORATORIEUNDERSØKELSER

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

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