

Verdal kommune

# Geoteknisk datarapport

Nytt helsebygg, Verdal  
Grunnundersøkelser



Oppdragsnr.: 5187455 Dokumentnr.: 5187455-RIG-01 Versjon: J01  
2018-12-07

**Oppdragsgiver:** Verdal kommune  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Oddvar Govasmark  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Grandfjæra 24, NO-6415 Molde  
**Oppdragsleder:** Tove Brudevoll Skotheim  
**Fagansvarlig:** Simone Dorigato  
**Andre nøkkelpersoner:** Synne Tveiten, Hilde Risung, Maria Berg Hestad

J01	2018-12-07	For bruk	SyTve	KrAun	TBrSk
<b>Versjon</b>	<b>Dato</b>	<b>Beskrivelse</b>	<b>Utarbeidet</b>	<b>Fagkontrollert</b>	<b>Godkjent</b>

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## Sammendrag

Norconsult er engasjert av Verdal kommune for å utføre grunnundersøkelser i forbindelse med nytt helsebygg i Verdal kommune.

Det er utført grunnundersøkelser i 10 posisjoner. Det er boret mellom 19,8 m og 26,1 m i samtlige posisjoner uten å treffe på berg.

I posisjon 1, 2, 3 og 10 kan løsmassene forenklet fra terrengnivå beskrives som løse til middels fast lagrede masser.

I posisjon 4-9 kan løsmassene forenklet beskrives som middels faste til faste masser.

Omrørt skjærfasthet for opptatte prøver i posisjon 5 ligger i intervallet mellom 2,2-14,4 kPa og materialet kan beskrives som lite til middels sensitivt.

Denne rapporten er en ren datarapport og inneholder ikke prosjektering.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Orientering</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Felt- og laboratorieundersøkelser</b>	<b>6</b>
2.1	Generelt	6
2.2	Prøvetaking og laboratorieundersøkelser	6
<b>3</b>	<b>Grunnforhold</b>	<b>7</b>
3.1	Registrerte grunnforhold	7
<b>4</b>	<b>Boreposisjoner</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	<b>9</b>

### Vedlegg

Innhold			Vedlegg
Geotekniske tegninger, plan og profiler			A
Tegningsforklaring dreietrykkssondering			B
Tegningsforklaring totalsondering			C
Geoteknisk laboratorierapport			D
Tegninger	Format	Målestokk	Tegn. nr.
Boreplan	A3	1:4500	V100
Profiler av enkeltboringer	A3	1:200	V200-202



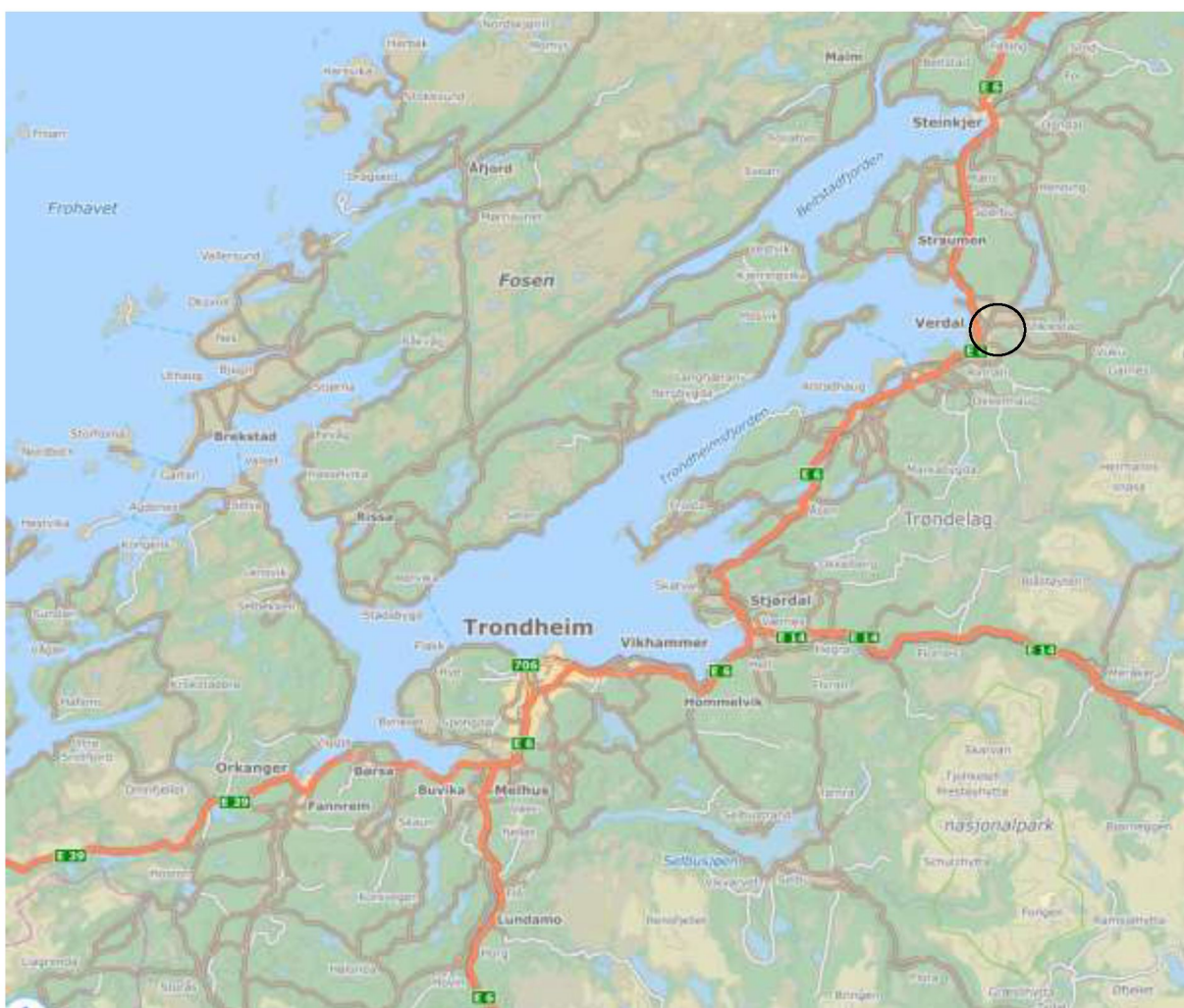
# 1 Orientering

Norconsult er engasjert av Verdal kommune for å utføre grunnundersøkelser i forbindelse med nytt helsebygg i Verdal, se Figur 1. Grunnundersøkelsene er utført for å avklare rasfaren i forbindelse med prosjektets reguleringsplan.

Hensikten med datarapporten er å:

- Presentere resultatene fra felt- og laboratoriearbeidet
- Beskrive registrerte grunnforhold

Detaljert prosjektering eller rådgiving er ikke innbefattet her.



Figur 1: Tiltakets lokalitet er vist med svart sirkel (Ref. 1).

## 2 Felt- og laboratorieundersøkelser

Feltarbeidet er utført av Norconsult i uke 46 i 2018 under ledelse av Norconsults boreleder Ole Kristian Hestad.

### 2.1 Generelt

Totalsonderinger og dreietrykkssonderinger gir grunnlag for å bestemme lagdeling i løsmasser og dybder til fast grunn ved å vurdere relativ fasthet i grunnen. Totalsonderinger kan i tillegg gi såkalt sikkert bergpåvisning ved 3 m boring i berg.

Boringene er utført med Geotech 605FM 2018 grunnboringstraktor. Undersøkelsene omfatter totalsonderinger og representativ prøvetaking. Fremgangsmåten ved borearbeidet er i samsvar med standard slik det er beskrevet i Ref. 3-Ref. 6. Resultatene fra feltarbeidet er vist i situasjonsplan (Tegning V100) og profiler av enkeltboringer (Tegninger V200-202). Forklaring til tegningene er vist i Vedlegg A og B.

Alle boreposisjoner er innmålt med CPOS-korrigert GPS og er inntegnet på Tegning V100. Koordinater og kotehøyder ved posisjonene er oppsummert i Tabell 1. Det er benyttet koordinatsystem EUREF89 UTM32 og høydesystem NN2000. Det presiseres at det er koordinatene for utført totalsondering som er spesifisert i Tabell 1. Supplerende prøvetaking ved samme posisjon er utført i henhold til minimumsavstander gitt i Ref. 3.

### 2.2 Prøvetaking og laboratorieundersøkelser

Prøvetaking er utført i posisjon 5 og 9. De opptatte prøvene ankom Norconsult sitt geotekniske laboratorium i uke 46 og ble ferdigstilt i uke 47. Laboratorieanalysene er utført i samsvar med retningslinjer gitt i Ref. 2 og er presentert i egen laboratorierapport, se vedlegg D.

## 3 Grunnforhold

### 3.1 Registrerte grunnforhold

Til sammen er det utført grunnundersøkelser i 10 posisjoner (1-10). Grunnundersøkelsene omfatter 4 totalsonderinger, 6 dreietrykksonderinger og prøvetaking i to utvalgte posisjoner. Det er boret mellom 19,8 og 26,1 m i løsmasser uten å treffe på berg i noen av posisjonene.

#### Totalsonderinger vest for Haugslibekken

Totalsonderinger utført i posisjon 1, 2, 3 og 10 viser at løsmassene fra terrengnivå består av løst til middels fast lagret friksjonsmateriale, antatt sandige masser.

#### Dreietrykksonderinger øst for Haugslibekken

I posisjon 4 og 9 er det hovedsakelig registrert middels faste til fast lagrede løsmasser av friksjonsmateriale, antatt sandige masser.

Ut i fra visuelle observasjoner av opptatte prøver i laboratoriet klassifiseres løsmassene i posisjon 9 fra dybde 1,0-4,0 m som grusig sand og fra dybde 4,0-5,0 m som siltig sand.

I posisjon 5 og 8 kan løsmassene beskrives som middels faste masser, antatt friksjonsmateriale, med mektighet på ca. 10,0 m over faste masser av kohesjonsmateriale, antatt siltig leire. Boremotstanden i kohesjonsmaterialet er jevnt økende med dybden.

Ut i fra opptatte prøver i posisjon 5 beskrives løsmassene hovedsakelig som siltig leire og siltig sand i dybdeintervallet 0,0-10,0 m. Verdier for omrørt skjærfasthet for opptatte prøver ligger i intervallet mellom 2,2-14,4 kPa og materialet kan beskrives som lite til middels sensitivt. For øvrige laboratorieresultater henvises det til vedlagt laboratorierapport.

Sonderinger i posisjon 6 og 7 viser middels fast til fast kohesjonsmateriale, antatt siltig leire, i hele sonderingsdybden. Boremotstand er økende med dybden i begge sonderingene.

## 4 Boreposisjoner

Tabell 1: Boreposisjoner og boreddybder

Borehull	Koordinater i UTM32, NN2000			Metode	Boreddybde	
	X	Y	Z		Løsm.	Fjell
1	7076951,0	623409,4	23,6	Total	21,9	-
2	7076940,0	623551,9	26,1	Total	21,7	-
3	7076915,9	623661,3	13,5	Total	26,1	-
4	7076824,4	623718,4	13,6	DrT	20,0	-
5	7077113,4	623832,1	14,0	DrT, Prøve	20,2	-
6	7077348,1	623753,0	13,2	DrT	20,2	-
7	7077426,1	623785,3	19,8	DrT	20,2	-
8	7077099,3	623952,1	21,1	DrT	20,1	-
9	7076760,6	623827,0	18,8	DrT, Prøve	20,3	-
10	7076776,9	623656,2	5,4	Total	19,8	-

Total: totalsondering    Prøve: prøvetaking    DrT: dreietrykksondering



## 5 Referanser

- Ref. 1 *Gulesider.no: Karttjeneste, Tilgjengelig fra: <https://kart.gulesider.no/> (avlest: 12,09,18)*
- Ref. 2 *Statens vegvesen (2005): Laboratorie-undersøkelser, Håndbok –R210*
- Ref. 3 *Statens vegvesen (1997): Feltundersøkelser, Håndbok – R211*
- Ref. 4 *Norsk Geoteknisk Forening (1994): Veiledning for utførelse av totalsondering, Melding nr, 9*
- Ref. 5 *Norsk Geoteknisk Forening (1997): Veiledning for prøvetaking, Melding nr, 11*
- Ref. 6 *Norsk Geoteknisk Forening (1982): Veiledning for utførelse av dreietrykksondering. Melding nr. 7. Revidert 1989.*
- Ref. 7 *Norsk Standard: Konusflytegrense NS8002 1985*

X:\prosjekter\prosjekt\Borplan\1-3000\T\_Borplan\_1-3000\_T\_Borplan\_1-2000 - RASTER - OVERSIKTSKART 1-5000\_2018-12-07\_MED\_TURENETT\_SIDE\_1.TIFF



Koordinatsystem EUREF89 UTM32 og høydesystem NN2000

⊕ TOTALSONDERING      ⊙ PRØVESERIE      ◆ DREIETRYKKSONDERING

BORHULL ID. ○ KOTE TERRENG ELLER SJØBUNN      BORET DYBDE I LØSMASSE + (BORET I FJELL)  
 EVT. KOTE ANTATT FJELL

Tegningsnummer	Revisjon
V100	J01

Rev.	Dato	For bruk	KrAun	AktLyn	TBRsk
J01	2018-12-07	For bruk			

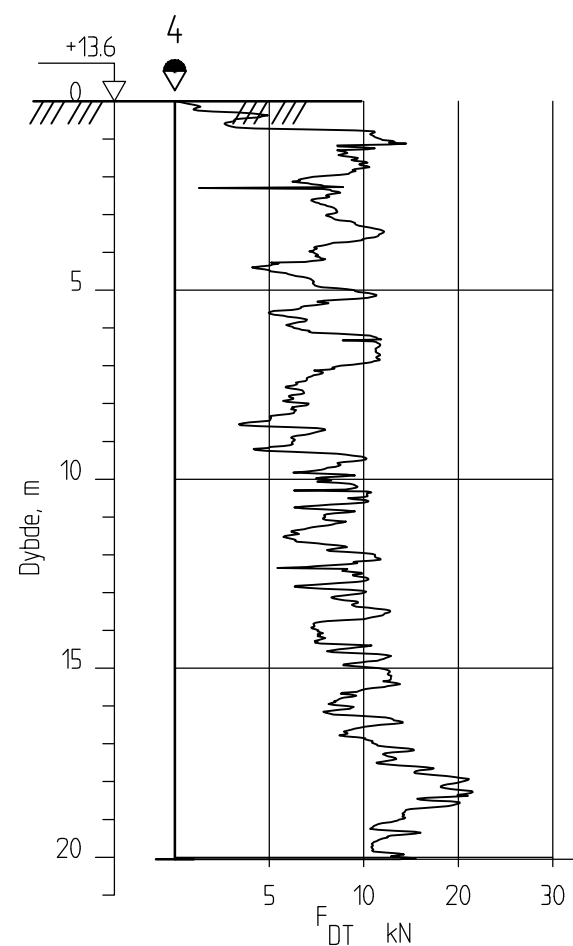
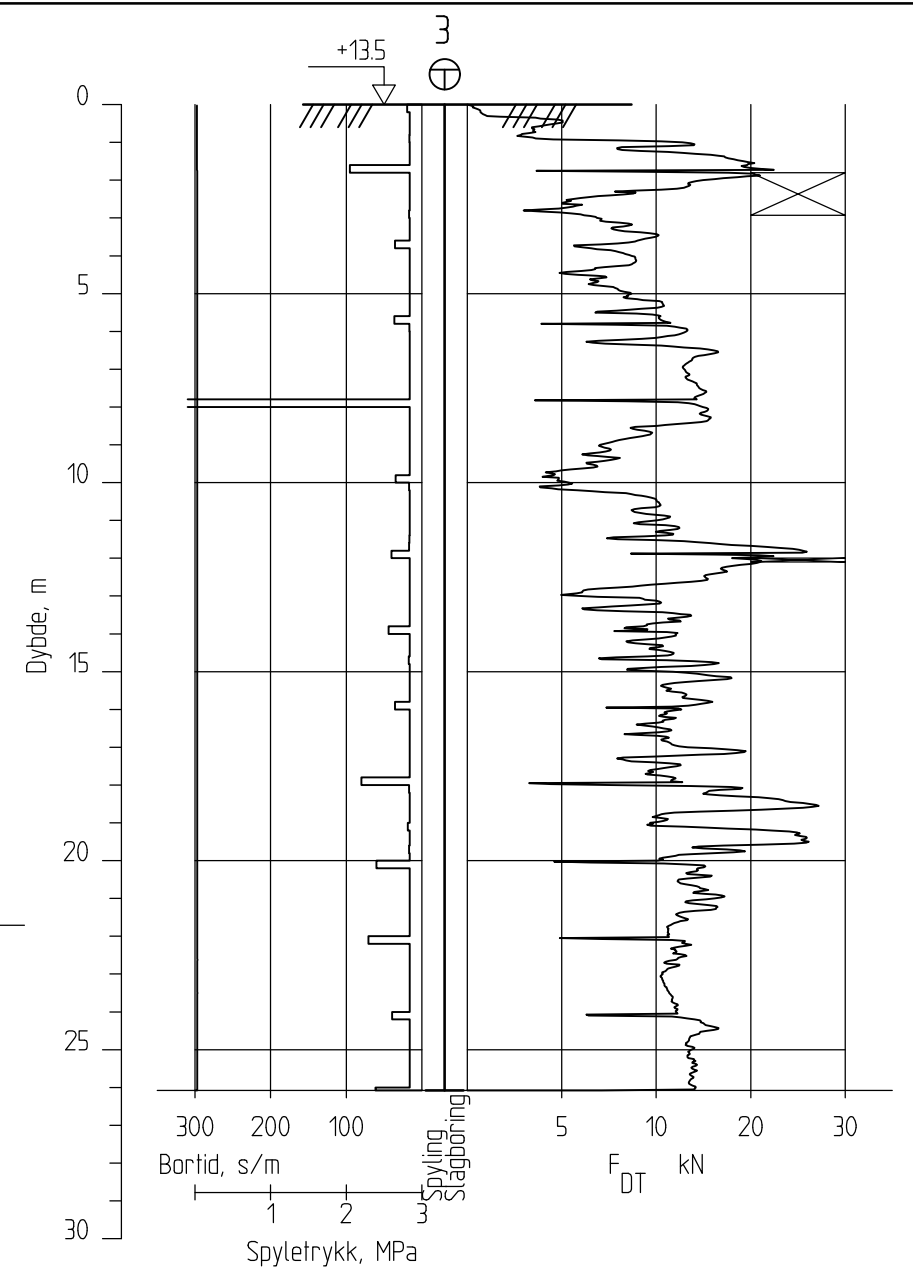
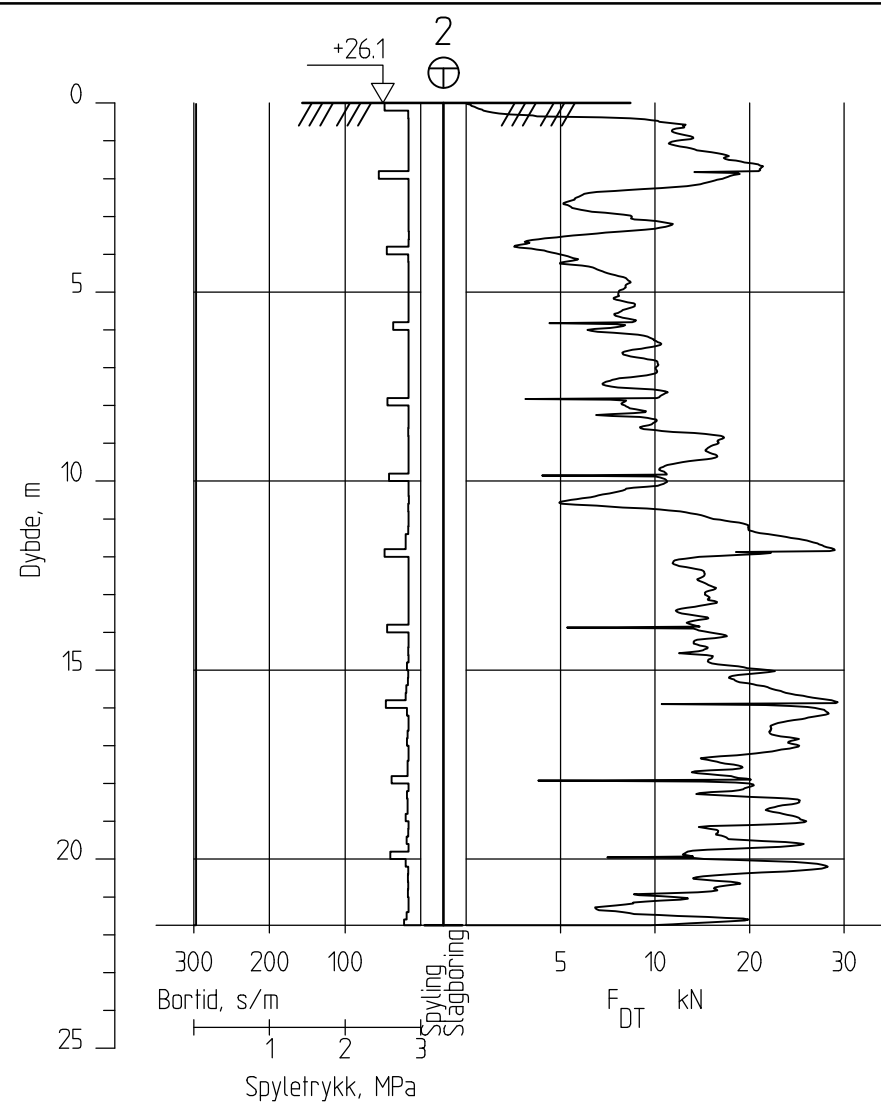
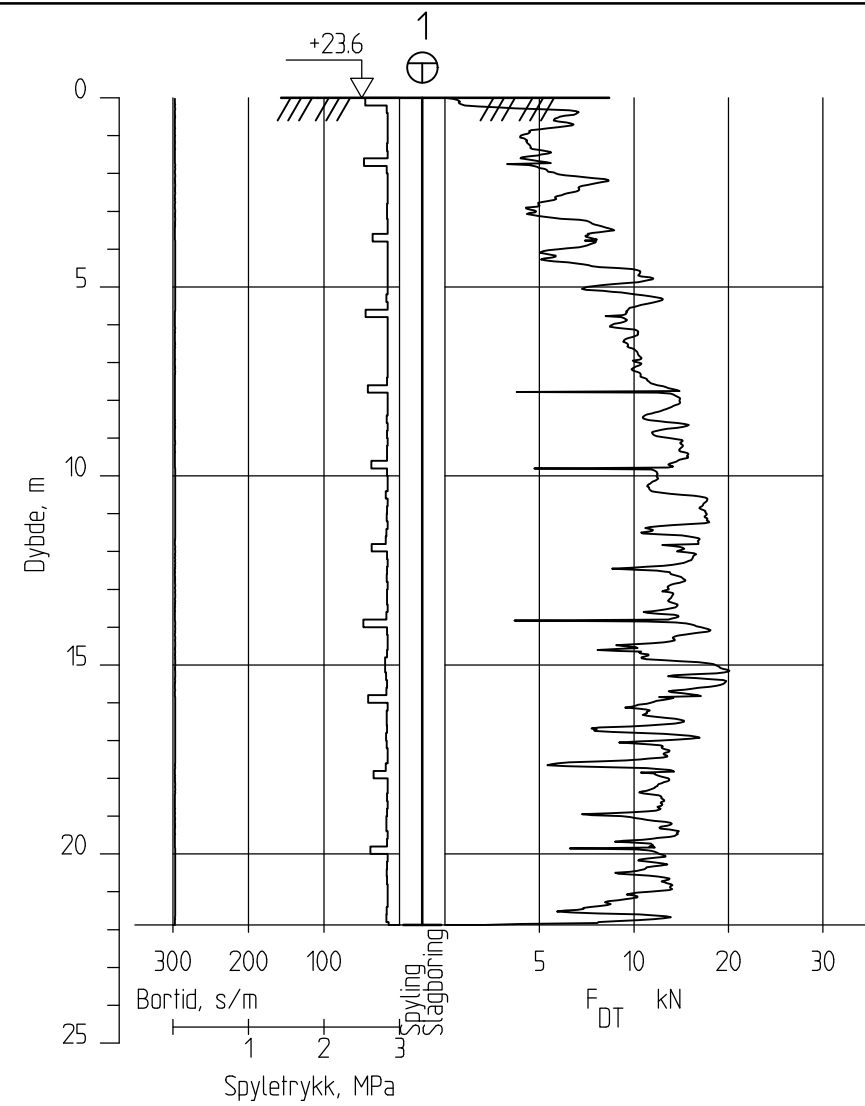
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrækning enn formålet tilsier.

Verdal kommune Målestokk (gjelder A1)  
1:2000

Nytt helsebygg, Verdal

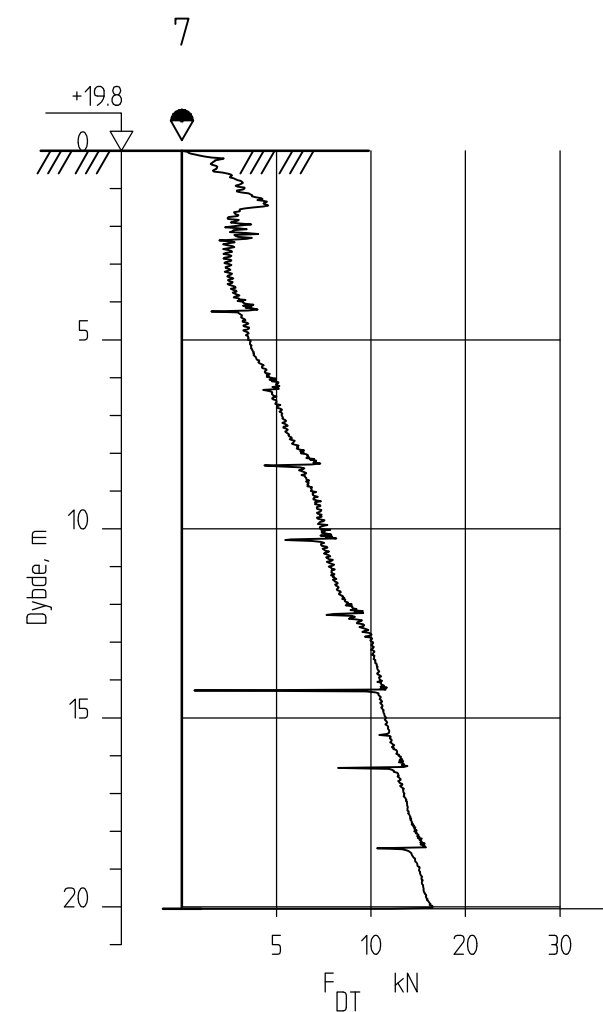
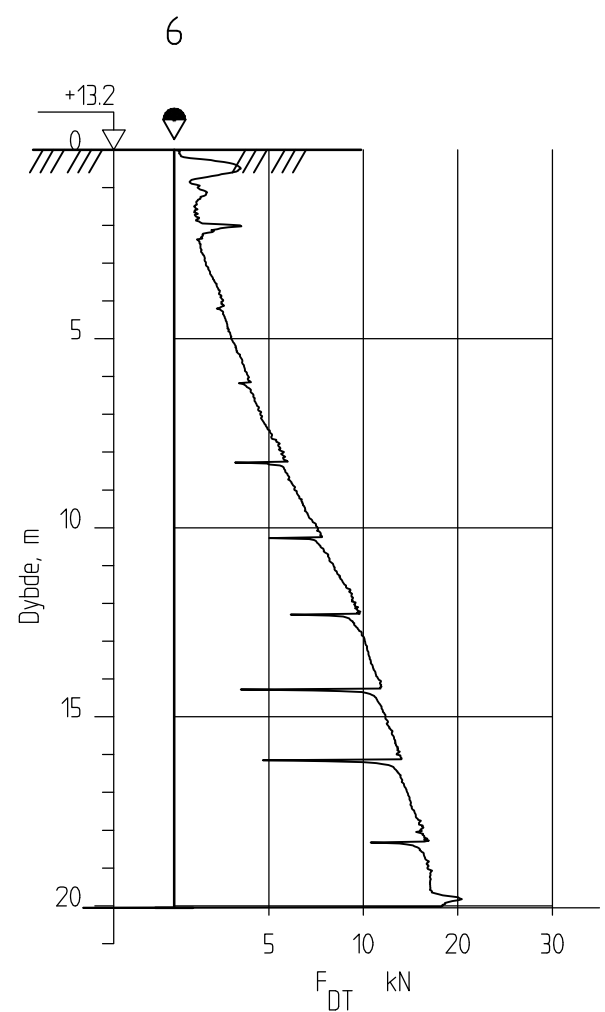
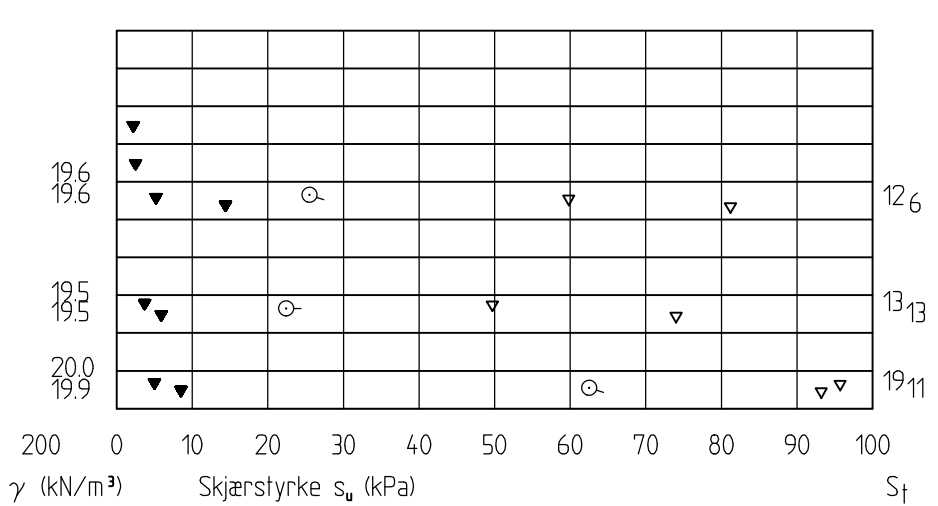
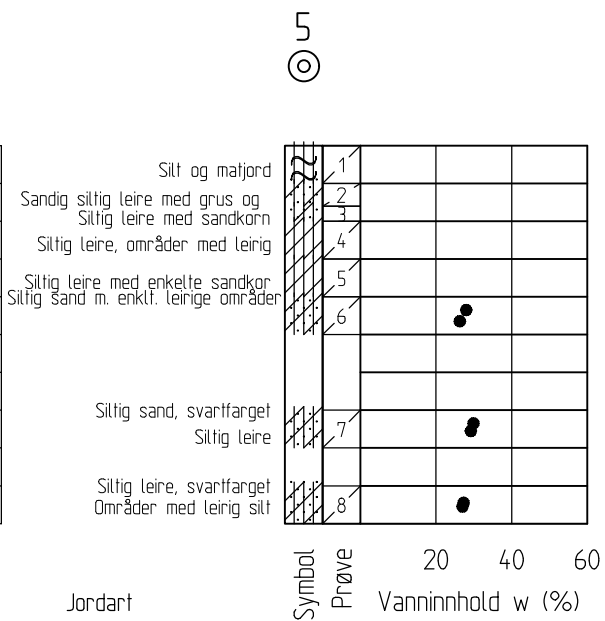
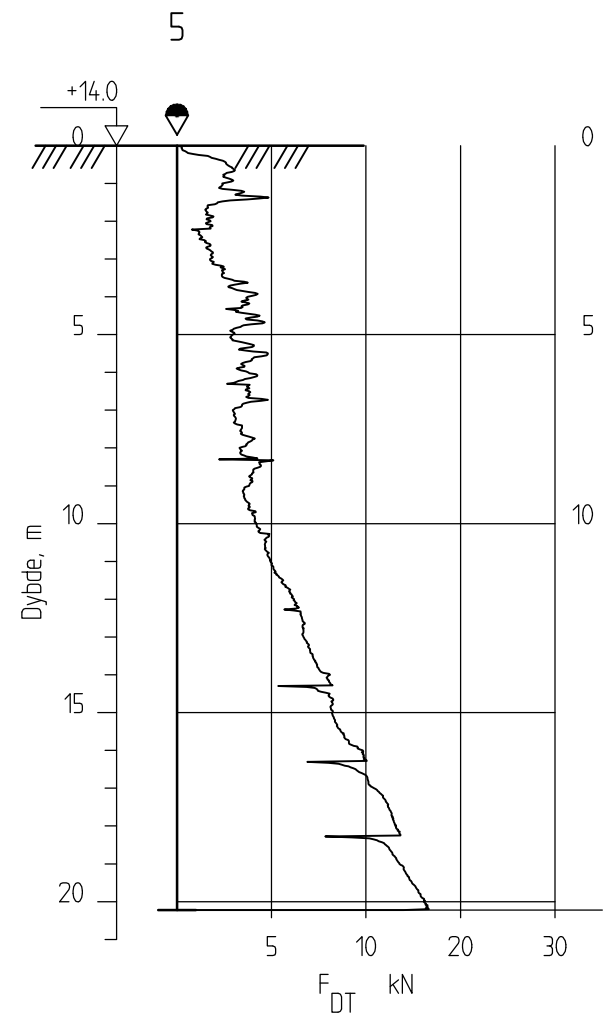
Borplan

<b>Norconsult</b>	Oppdragsnummer 5187455	Tegningsnummer V100	Revisjon J01
-------------------	---------------------------	------------------------	-----------------



\*X:\neroppdrag\Mede2\5187455\BIM\Geoteknik\AUTOGRAF\RTI\enkeltboringer.dwg - SyTve - Plottet: 2018-11-27, 15:04:26 - LAYOUT = V200\*

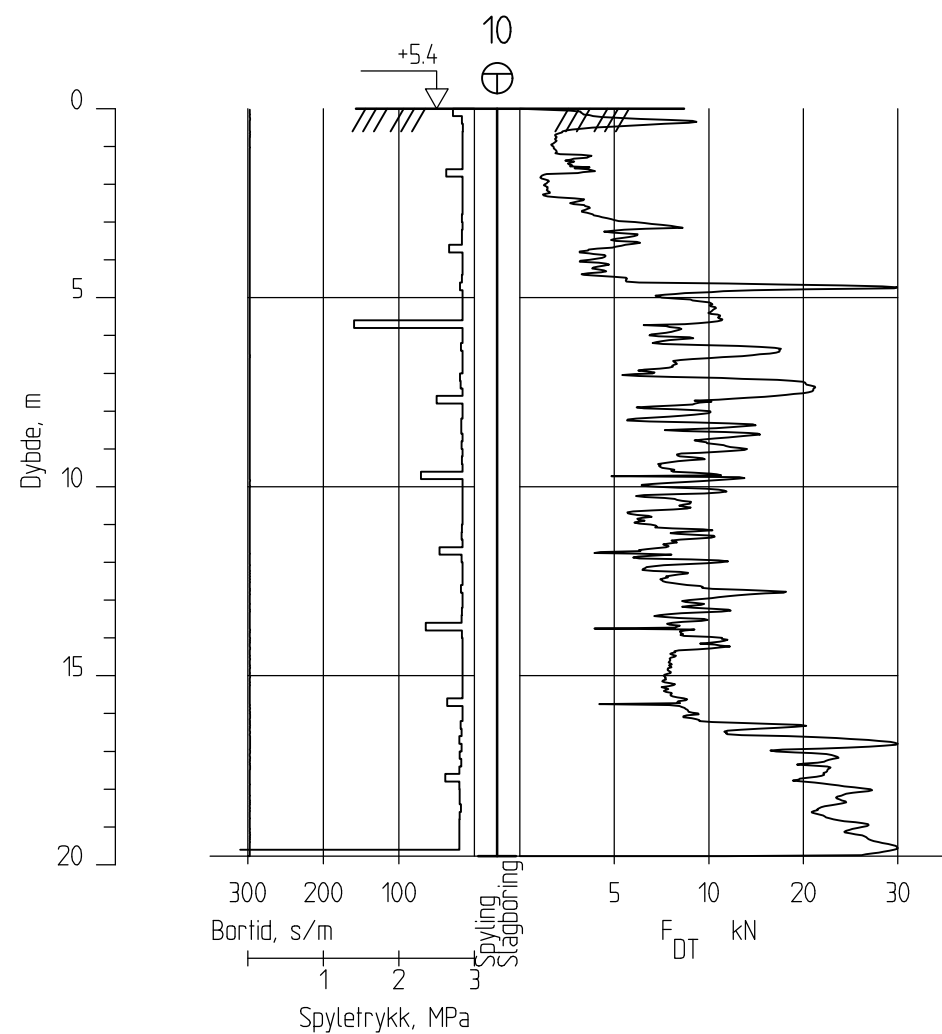
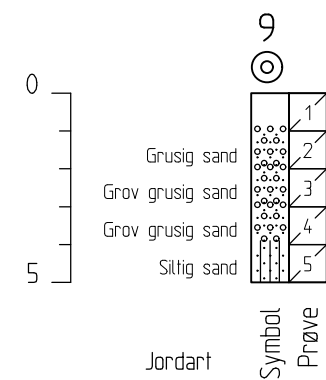
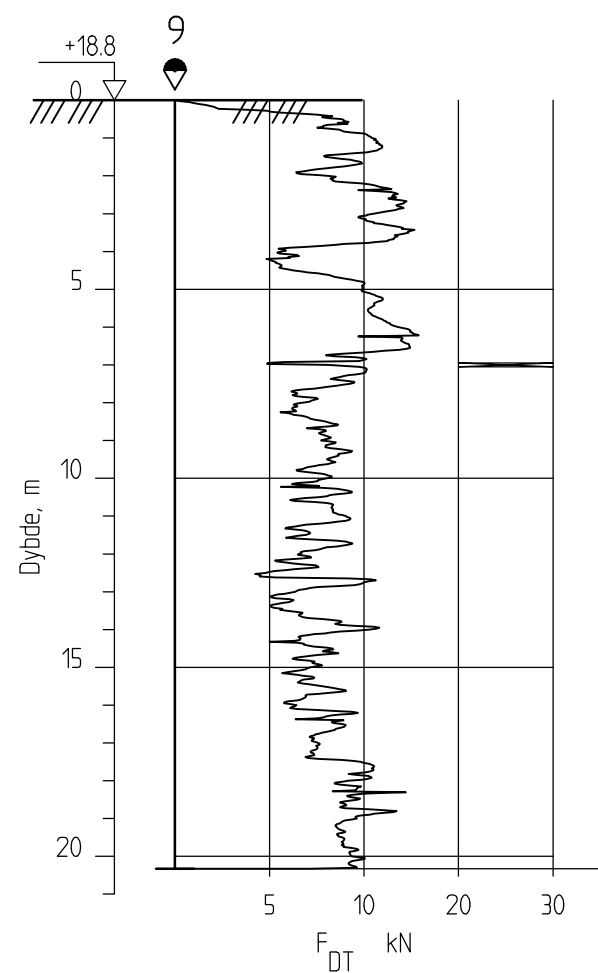
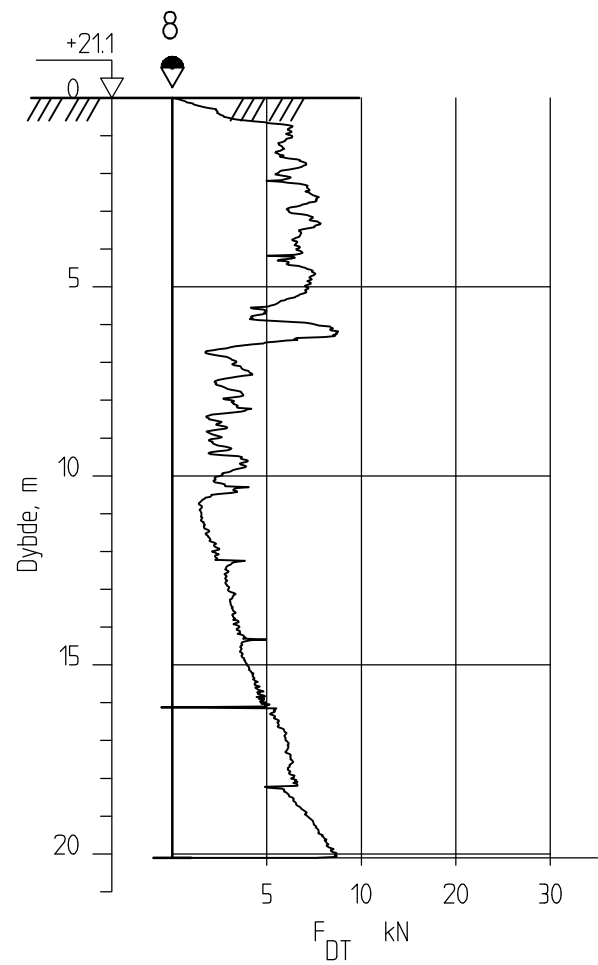
J01	2018-11-27	For bruk	SyTve	AkLyn	TBRsk
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
<small>Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsværen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.</small>					Målestokk (gender A3)
Verdal kommune					1:200
Nytt helsebygg, Verdal					
Grunnundersøkelser					
Profil av enkeltboringer					
<b>Norconsult</b>		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		5187455	V200	J01	



Rev.	Dato	Beskrivelse	SyTve	AkLyn	TBRsk
			Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
Verdal kommune					Målestokk (gjelder A3) 1:200
Nytt helsebygg, Verdal					
Grunnundersøkelser					
Profil av enkeltboringer					
Norconsult		Oppdragsnummer 5187455	Tegningsnummer V201	Revisjon J01	

\*X:\neroppdrag\Mede2\5187455\BIM\Geoteknikk\AUTOGRAF\_RTI\enkeltboringer.dwg - SyTve - Plottet, 2018-11-27, 15:05:01 - LAYOUT = V201\*





J01	2018-11-27	For bruk	SyTve	AkLyn	TBrSk
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
<small>           Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsvåren beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.         </small>					Målestokk (gjelder A3)
Verdal kommune					1:200
Nytt helsebygg, Verdal					
Grunnundersøkelser					
Profil av enkeltboringer					
<b>Norconsult</b>		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		5187455	V202	J01	

Verdal kommune

# Nytt helsebygg Verdal

## Laboratorieundersøkelser



Oppdragsnr.: 5187455 Dokumentnr.: LAB01 Versjon: J01  
2018-11-21

**Oppdragsgiver:** Verdal kommune  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Kristian Aune  
**Oppdragsleder:** Tove Brudevoll Skotheim  
**Fagansvarlig:** Synne Tveiten  
**Andre nøkkelpersoner:** Hilde Risung og Maria Berg Hestad

J01	2018-11-21		mbhes	HiRis	mbhes
<b>Versjon</b>	<b>Dato</b>	<b>Beskrivelse</b>	<b>Utarbeidet</b>	<b>Fagkontrollert</b>	<b>Godkjent</b>

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

---

## Innhold

<b>1</b>	<b>Generelt</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Forsøksresultater</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Enaksiale trykkforsøk</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Bilder</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Rapportering av laboratorieresultater</b>	<b>12</b>

# 1 Generelt

Norconsult er i forbindelse med prosjektet Nytt helsebygg Verdal engasjert av Verdal kommune for å utføre laboratorieforsøk på prøver fra det aktuelle området.

Feltarbeidet er utført av Norconsult AS under ledelse av boretleder Ole Kristian Hestad. Prøvetakingen er utført i uke 46 og prøvene ankom til Norconsult sitt geoteknisk laboratorium 15.11.2018.

Kristian Aune er geotekniker på prosjektet.

## 2 Forsøksresultater

Tabell 1: Opptatte prøver og laboratoriearbeid

Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	C <sub>ufc</sub> [kPa]	C <sub>urfc</sub> [kPa]	C <sub>uuc</sub> [kPa]	ε <sub>a</sub> [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
5	P	0,0-1,0	Silt og matjord						
5	P	1,0-1,6	Sandig siltig leire med grus og røtter						
5	P	1,6-2,0	Siltig leire med sandkorn						
5	P	2,0-3,0	Siltig leire, områder med leirig silt			2,2			
5	P	3,0-4,0	Siltig leire med enkelte sandkorn			2,5			
5	54	4,0-5,0	Siltig sand med enkelte leirige områder						19,6
		4,1-4,2							
		4,2-4,3							
		4,3-4,4		28,0			25,5	6,0	19,6
		4,4-4,5			59,8	5,2			
		4,5-4,6							
		4,6-4,7		26,3	81,2	14,4			
5	54	7,0-8,0	Siltig sand, svartfarget						19,5
		7,1-7,2							
		7,2-7,3			49,7	3,7			
		7,3-7,4		29,9			22,4	5,2	19,5
		7,4-7,5							
		7,5-7,6		29,2	74,0	5,9			
		7,6-7,7	Siltig leire						

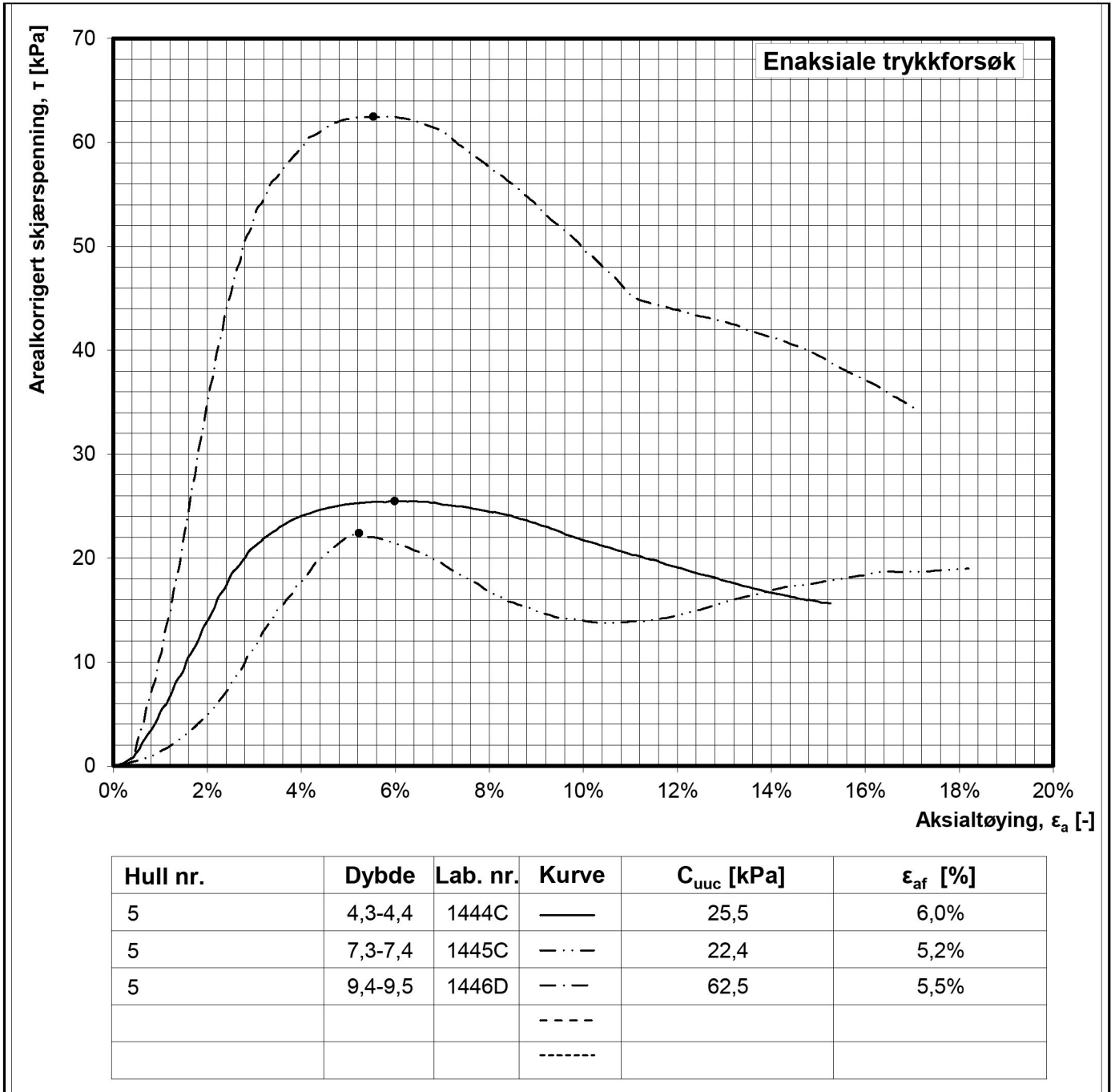
Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	C <sub>ufc</sub> [kPa]	C <sub>urfc</sub> [kPa]	C <sub>uuc</sub> [kPa]	ε <sub>a</sub> [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
5	54	9,0-10,0	Siltig leire, svartfarget						20,0
		9,1-9,2							
		9,2-9,3	områder med leirig silt						
		9,3-9,4			95,7	5,0			
		9,4-9,5		27,3			62,5	5,5	19,9
		9,5-9,6		27,0	93,2	8,5			
		9,6-9,7							
9	P	0,0-1,0							
9	P	1,0-2,0	Grusig sand						
9	P	2,0-3,0	Grov grusig sand						
9	P	3,0-4,0	Grov grusig sand						
9	P	4,0-5,0	Siltig sand						

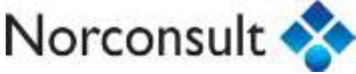
Jordartsklassifisering er visuelt klassifisert.

**Symboler:**

54 mm	Uforstyrret 54 mm sylindertest
P	Poseprøve (representativ)
W	Naturlig in-situ vanninnhold
C <sub>ufc</sub>	Intakt skjærfasthet (konus)
C <sub>urfc</sub>	Omrørt skjærfasthet (konus)
C <sub>uuc</sub>	Intakt skjærfasthet (enaks)
ε <sub>a</sub>	Aksial bruddtøyning (enaks)
γ	Tyngdetetthet

### 3 Enaksiale trykkforsøk



<b>GRU – Nytt helsebygg Verdal</b>			
Grunnundersøkelser - laboratorierapport			
Figur 1 Enaksiale trykkforsøk i posisjon 5		Oppdragsnr. 5187455	Format A4

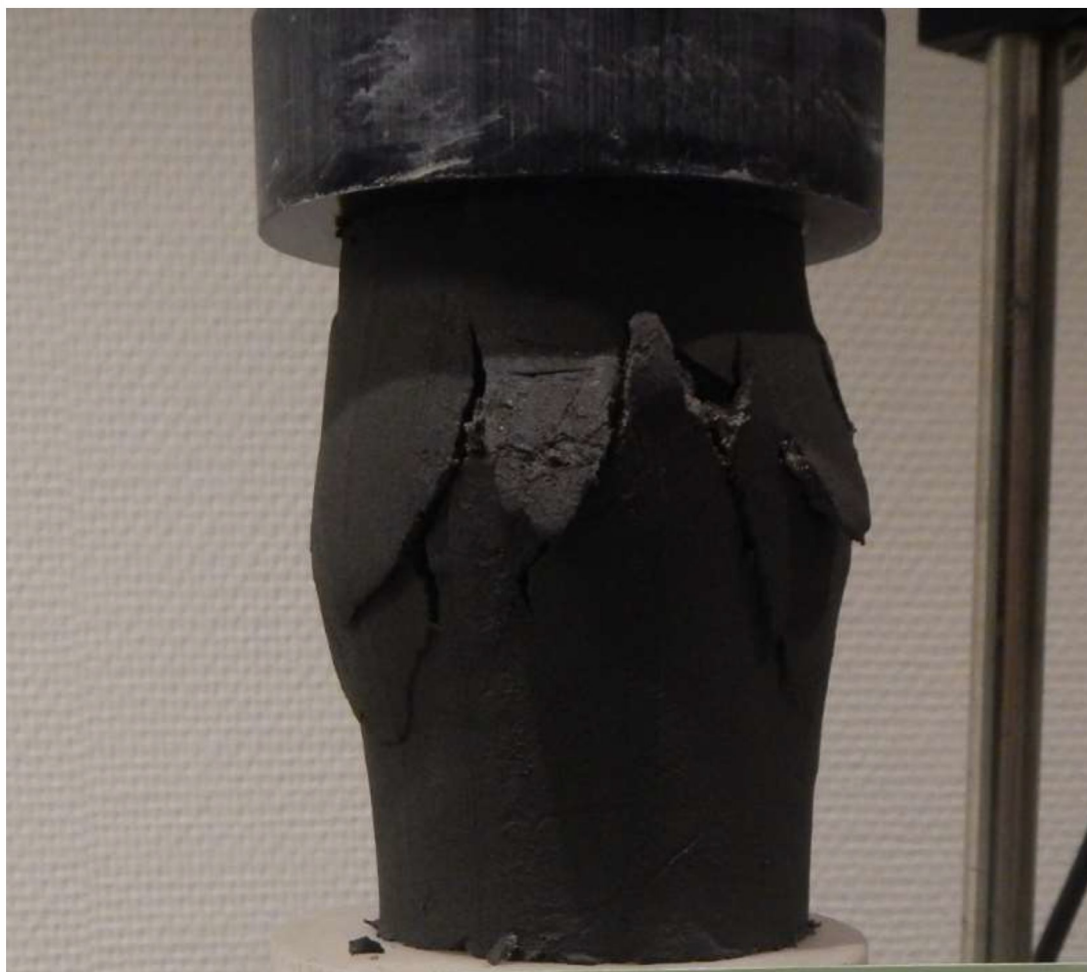


## 4 Bilder

Dybde 4,0-5,0 m



Dybde 4,3-4,4 m, Enaksialt trykkforsøk



### GRU – Nytt helsebygg Verdal

Grunnundersøkelser - laboratorierapport

Figur 2 Bilder av prøvemateriale i posisjon 5

Oppdragsnr.  
5187455

Format  
A4

Dybde 7,0-8,0 m



Dybde 7,3-7,4 m, enaksialt trykkforsøk



## GRU – Nytt helsebygg Verdal

Grunnundersøkelser - laboratorierapport

Figur 4 Bilder av prøvemateriale i posisjon 5

Oppdragsnr.  
5187455

Format  
A4

Dybde 9,0-10,0 m



Dybde 9,4-9,5 m, enaksialt trykkforsøk



**GRU – Nytt helsebygg Verdal**



Grunnundersøkelser - laboratorierapport

Figur 5 Bilder av prøvemateriale i posisjon 5

Oppdragsnr.  
5187455

Format  
A4

## 5 Referanser

- Ref. 1 SVV (2016): *Håndbok R210 – Laboratorieundersøkelser. Statens vegvesen*
- Ref. 2 NGF (2011): *Melding nr. 2 – Veiledning for symboler og definisjoner i geoteknikk, identifisering og klassifisering av jord. Norsk geoteknisk forening, datert 2011.*
- Ref. 3 CEN ISO/TS 17892-1:2014 *Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Laboratorieprøving av jord - Del 1: Bestemmelse av vanninnhold.*
- Ref. 4 CEN ISO/TS 17892-2:2014 *Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Laboratorieprøving av jord - Del 2: Bestemmelse av romdensitet.*
- Ref. 5 CEN ISO/TS 17892-6:2004 *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 6: Fall cone test.*



## 6 Rapportering av laboratorieresultater

### ❖ Vanninnhold

Vanninnhold regnes som forhold mellom masse vann og masse tørrstoff i prøven. Vanninnhold kan bestemmes både for representative- og uforstyrrede prøver.

$$w = \frac{\text{masse fuktig} - \text{masse tørr}}{\text{masse tørr prøve}}$$

Vanninnhold bestemmes ved veiing før og etter tørking av materialet til konstant vekt.

Vanninnholdene i Tabell 1 og kornfordelingskurvene, som er fra samme prøvedybde, kan variere. Ved avvik benyttes vanninnholdet fra Tabell 1.

### ❖ Kornfordeling, klassifisering, telefarlighet og gradering

Kornfordeling defineres som masseandel av standardiserte kornstørrelsesgrupper i prøven.

Kornfordeling av prøvemateriale bestemmes ved bruk av sikter og vekter, samt hydrometer hvis materialet har høyt innhold av finstoff. Materialet kan enten vaskes og tørkes i forkant av siktingen, eller siktes fuktig. Våtsikting evt. kombinert med slemmeanalyse brukes når materialets telefarlighet skal bestemmes (*kombianalyse*).

Resultatene presenteres som kornfordelingskurver der akkumulert %-vekt oppgis mot kornstørrelse. I tilfelle kombianalyse kombineres resultatene fra sikting og hydrometernalyse til én kurve.

For klassifisering benyttes gruppene oppgitt i Tabell 2.

Tabell 2 Kornstørrelsesgrupper

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

Primære bestanddeler angis i substantivform, mens de sekundære bestanddelene evt. gis som ett eller flere adjektiver (f.eks. *siltig sandig leire*).

Telefarlighet kan bedømmes ut fra materialets kornfordeling etter Tabell 3.

Tabell 3 Regler for inndeling i telegrupper

Telegruppe		Masseprosent av matr. <20mm		
		<0,002mm	<0,02mm	<0,2mm
Ikke telefarlig	T1		< 3	
Litt telefarlig	T2		3 - 12	
Middels telef.	T3	<sup>1)</sup>	> 12	< 50
Meget telef.	T4	< 40	> 12	> 50

1) jordarter med mer enn 40% < 0,002 mm regnes som middels telefarlige

Materialets gradering kan bestemmes fra kornfordelingskurvens helning i området der 10% og 60% av materialet passerer ved sikting.

$$c_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Hvis dette av praktiske grunner ikke lar seg utføre brukes  $d_{75}$  og  $d_{25}$ . Materialets gradering kan beskrives etter retningslinjer gitt i Tabell 4.

Tabell 4 Betegnelser basert på graderingstallet

$C_u$	Betegnelse
< 5	Ensgradert
5 - 15	Middels gradert
> 15	Velgradert

### ❖ Humusinnhold

Humusinnhold i mineraljordarter bestemmes med glødetapsmåling og regnes som masse organisk materiale dividert med masse tørrstoff i prøven.

$$GL = \frac{\text{masse tørket} - \text{masse glødet}}{\text{masse glødet prøve}}$$

Humusinnhold kan bestemmes både for representative- og uforstyrrede prøver, og presenteres etter retningslinjer gitt i Tabell 75.

Tabell 5 Betegnelser basert på humusinnhold

%	Betegnelse
2 - 6	Humusholdig
6 - 30	.....torv
> 30	Torv

❖ **Korndensitet**

Korndensitet (eller relativ densitet) for finkornede jordarter som leire, silt og sand kan bestemmes ved bruk av pyknometer. Korndensiteten regnes som

$$\rho_s = \frac{\text{partiklenes tørrmasse}}{\text{partiklenes reelle volum}}$$

❖ **Konsistensgrenser og plasititet**

Konsistensgrenser defineres som vanninnholdsområdet der prøven oppfører seg plastisk (formbar). Nedre grensen (plastisitetsgrense,  $w_p$ ) defineres som vanninnholdet der materialet ikke lenger kan formes uten å sprekke opp. Øvre grensen (flytegrense,  $w_L$ ) defineres som vanninnholdet der materialet går over til flytende tilstand. Plastisitetsindeks defineres som

$$I_p = w_L - w_p$$

og brukes for å angi det plastiske området for jordarten samt for klassifisering.

❖ **Tyngdetetthet**

Tyngdetetthet av prøver regnes som masse per volum ganget med jordens grunnakselerasjon. Den kan bestemmes for uforstyrrede prøver, enten for en hel sylinder eller for en mindre prøvebit.

❖ **Deformasjons- og konsolideringsegenskaper**

Deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved evaluering av forventet setning og tidsforløp ved endring i spenningstilstand. Modellparametere for setningsberegning kan

evalueres ved hjelp av belastningsforsøk i laboratoriet. Forsøkene utføres i såkalt ødometerapparat, der prøver belastes vertikalt samtidig som vertikal deformasjon måles. Sideveis deformasjon er hindret av en stiv ring.

Aksiell last, aksiell tøyning og poretrykksforhold under prøven registreres gjennom forsøket. Forsøkene kan utføres med kontinuerlig belastning (CRS/CRP) eller evt. ved en simulert trinnsvis belastning.

En generell modell for spenningsmodul kan defineres som

$$M = m\sigma_a \left( \frac{\sigma' - \sigma_r}{\sigma_a} \right)^{1-n}$$

Formuleringen beskriver konstant-, lineært økende- og parabolisk økende modell, som gjerne benyttes for å beskrive OC leire (konstant med  $n=1$ ), NC leire og fin silt (lineært økende med  $n=0$ ) eller sand og grov silt (parabolisk økende med  $n=0,5$ ).

Tolkning av ødometerforsøk gir verdier på  $M$ ,  $m$  og  $n$ .

❖ **Skjærfasthet**

**Drenert skjærfasthet**

På effektivspenningsbasis er skjærfastheten avhengig av effektivspenning normalt på bruddplanet.

$$\tau_f = (a + \sigma') \cdot \tan(\phi)$$

Modellparameterne kan bestemmes ved treaksialforsøk i laboratoriet. Spenningsforholdene for slike forsøk bør presiseres av prosjekterende på forhånd slik at resultatene blir mest mulig representative for det aktuelle tilfellet.

**Udrenert skjærfasthet**

På totalspenningsbasis beskrives skjærfastheten som skjær-belastningen materialet tåler før det bryter sammen. Totalspenningsanalyse analyser benyttes for å beskrive materialoppførsel av finkornige jordarter, ved plutselige eller raske spenningsendringer. Udrenert skjærfasthet defineres som

$$c_u = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}$$

Skjærfastheten bestemmes ved en rekke forsøk i laboratorium og i felt, og målemetoden oppgis derfor i parameternavnet etter retningslinjer gitt i Tabell 6.

Tabell 6 Betegnelse for udrenert skjærfasthet basert på målemetode

Udrenert skjærfasthet	Målemetode
C <sub>uC</sub>	Aktivt teaksialforsøk (compression test)
C <sub>uE</sub>	Passivt treaksialforsøk (extension test)
C <sub>uD</sub>	Direkte skjærforsøk
C <sub>ufc</sub> (uomrørt), C <sub>urfc</sub> (omrørt)	Konusforsøk
C <sub>uuc</sub>	Enaksialt trykkforsøk

Residual skjærfasthet etter brudd/omrøring kalles omrørt skjærfasthet,  $c_{ur}$ . Omrørt skjærfasthet kan være vesentlig lavere enn uforstyrret skjærfasthet.

Forholdet mellom uforstyrret og omrørt skjærfasthet kalles sensitivitet og defineres som

$$S_t = \frac{C_u}{C_{ur}}$$

Sensitivitet kan presenteres etter retningslinjer gitt i Tabell 7.

Tabell 7 Betegnelse basert på sensitivitet

Betegnelse sensitivitet	av	Betegnelse av leire	St (-)
Lav		Lite sensitiv	< 8
Middels		Middels sensitiv	8 - 30
Høy		Meget sensitiv	> 30

## Variasjoner i skjærfasthet og presentasjon av måledata

Udrenert skjærfasthet er avhengig av bruddflatens retning ift. hovedspenningenes retning in-situ. Udrenert skjærfasthet fra alle spenningsområder (aktivt-, direkte- og passivt spenningsområde) kan evalueres med forsøk listet opp i Tabell 6.

I tillegg til å måle varierte materialeegenskaper vil bestemmelser av den samme parameteren ha en viss spredning på grunn av de ulike forsøkestypene.

Resultater fra enkelte forsøk kan være påvirket av flere faktorer (som f.eks. steininnhold eller interne sprekker i prøvebiten).

Ved visuell presentasjon av måleresultater plottes alle typer forsøk på samme figur, med én målestokk for skjærfastheten  $C_u$ . Forsøkestypen oppgis med symbol på figuren.

Ved sammenstilling av laboratoriedata utføres ingen korrigerings for anisotropi.

## ❖ Prøvelagring

Hvis laboratorieforsøk ikke utføres umiddelbart etter ankomst til laboratoriet, blir prøvene lagret i et eget kjølerom.

Kjølerommet har lufttemperatur på ca. 5°C.