

Helse Bergen HF

► 574 Haukeland Universitetssykehus - ny vaskehall/sterilsentral

Geotekniske grunnundersøkelser

Datarapport

Oppdragsnr.: **5190180** Dokumentnr.: **5190180-RIG-01** Versjon: **J01** Dato: **2019-02-11**



Oppdragsgiver: Helse Bergen HF
Oppdragsgivers kontaktperson: Jens Bacher Eikevik
Rådgiver: Norconsult AS, Klæbuveien 127 B, NO-7031 Trondheim
Oppdragsleder: Christofer Klevsjø
Andre nøkkelpersoner: Oddvar Lein Almås

J01	2019-02-11	Geoteknisk datarapport	Oddvar Lein Almås	Christofer Klevsjø	Christofer Klevsjø
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. 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 utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Norconsult er engasjert av Helse Bergen for innledende geotekniske vurderinger av bygging av ny vaskehall tilknyttet Haukeland Universitetssykehus. Hensikten med grunnundersøkelsene har vært å kartlegge dybden til berg, samt å beskrive løsmassene på prosjektområdet. Dette vil danne et grunnlag for videre prosjektering.

I foreliggende datarapport presenteres geotekniske grunnundersøkelser utført av Norconsult AS både i og utenfor dagens bakgård.

Totalt er området undersøkt i 9 posisjoner/borpunkt. Det er utført 9 totalsonderinger og det er tatt opp totalt 17 representative poseprøver fra totalt 2 borpunkt. 5 av poseprøvene er undersøkt med enkle laboratorietester.

Grunnundersøkelsene viser i hovedsak at området består av friksjonsmasser (miks av silt, sand og grus med varierende forhold). I enkelte jordprøver er det påtruffet humus og torv. Totalsonderinger antyder at berget faller i sør-nordlig retning over området. Berg er registrert på 5-11 meter under terreng.

► Innhold

1	Innledning	5
1.1	Generelt	5
1.2	Terreng	6
1.3	Løsmasser	6
2	Felt- og laboratoriearbeid	7
2.1	Feltundersøkelser	7
2.2	Laboratorieundersøkelser	7
3	Grunnforhold	8
4	Referanser	8

Tegninger

Innhold	Format	Målestokk	Tegn.nr.
Borplan – utførte grunnundersøkelser	A1	1:200	V100
Enkeltsonderinger	A1	1:75	V101, V102

Vedlegg

Innhold	Vedlegg nr.
Forklaring geotekniske tegninger, plan og profiler	A
Tegnforklaring totalsondering	B
Laboratorierapport Norconsult Molde	C

1 Innledning

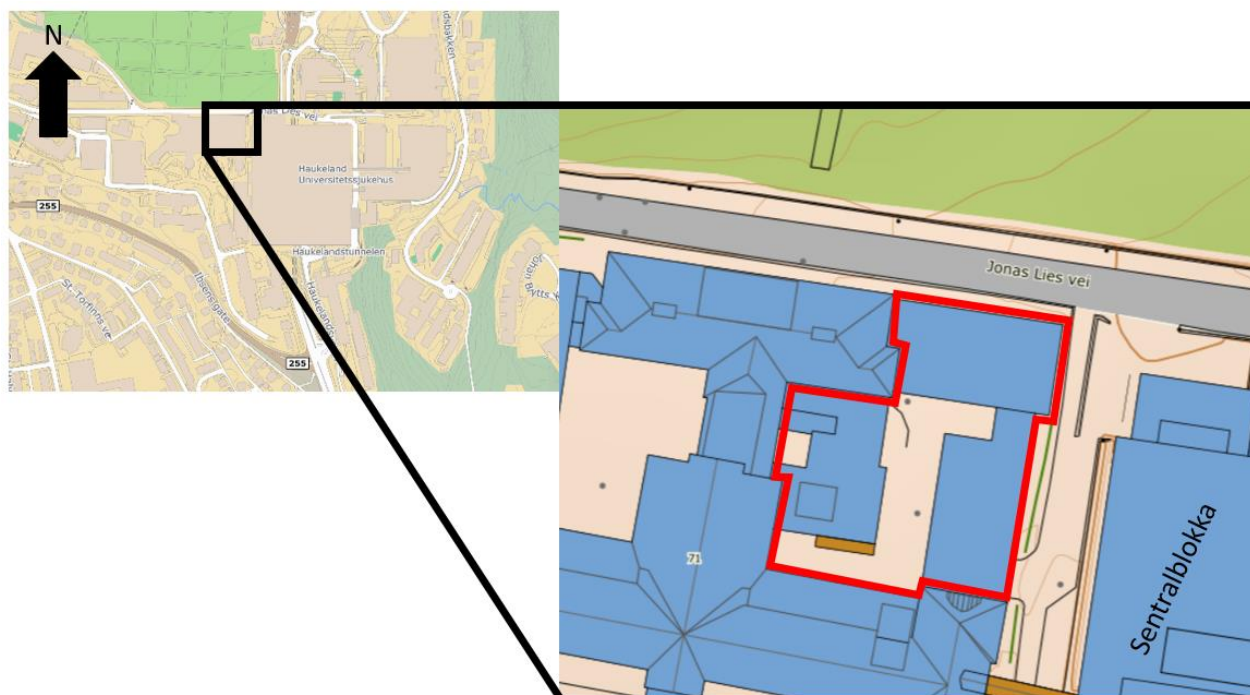
1.1 Generelt

Norconsult er kontrahert av Helse Bergen for å utføre grunnundersøkelser på tiltaksområdet for ny vaskehall/sterilsentral ved Haukeland Universitetssykehus. Norconsult sin avdeling i Molde har utført både felt- og laboratorieundersøkelser.

I denne rapporten presenteres resultater fra utførte grunnundersøkelser både i felt og på laboratorium som en ren datarapport. Den inneholder ikke geotekniske vurderinger.

Det er utført 9 totalsonderinger i totalt 9 borpunkt på området. I tillegg er det tatt opp totalt 17 representative poseprøver i borpunkt 1 og 5. Det er utført enkelte klassifiseringstester på 5 av disse prøvene.

Oversiktskart over tiltaksområdets beliggenhet er vist i Figur 1. Videre henvises det til Tabell 1 og tegning V100 for nærmere posisjonsbeskrivelse av hvert borpunkt.



Figur 1: Oversiktskart

Grunnundersøkelsene som er presentert i denne rapporten skal benyttes som grunnlag for videre prosjektering av tiltaket.

1.2 Terreng

Tiltaksområdet ligger på et høydeplatå sammen med hovedparten av bygningene som tilhører Haukeland Universitetssykehus. I umiddelbar nærhet til tiltaket er det hovedsakelig flatt i østlig, vestlig og sørlig retning.

Rett nord for tiltaksområdet ligger Møllendal gravplass som skrår nedover med skråningshelning omtrent 1:20 i nordlig retning.

Omtrent 150 meter sør for tiltaksområdet skrår terrenget brattere ned mot Ibsens gate og videre i retning mot idrettsanleggene ved Brann Stadion.

1.3 Løsmasser

NGUs løsmassekart (Figur 2) viser at store størsteparten av sykehusområdet ligger oppå et øvre løsmassedekke bestående av fyllmasser (grå farge). Tykkelsen på fyllmassene, samt egenskapene til massene i dybden, er ikke mulig å bestemme fra kartet alene. For å få kjennskap til grunnens egenskaper i dybden er det nødvendig med geotekniske grunnundersøkelser.



Figur 2: Løsmassekart over området. Grå farge indikerer fyllmasser, mens rosa farge indikerer berg i dagen (evt. med tynt løsmassedekke). Modifisert fra NGU.no.

2 Felt- og laboratoriearbeid

2.1 Feltundersøkelser

Norconsult AS utførte feltundersøkelser i januar 2019 under boreledelse av Svein Hallvard Hagerup. Framgangsmåten ved borearbeidet er i samsvar med standard slik det er beskrevet i Ref. [1], [2] og [3]. Totalt ble det boret i 9 posisjoner (1-9).

En oversikt over utført feltarbeid er gitt i Tabell 1. Borpunktene plassering og undersøkelsestype er vist på situasjonskart (borplan) i tegning V100.

Resultater fra totalsonderingene er presentert i tegning V101 og V102. For beskrivelse av boremetoder og symboler henvises det til Vedlegg A og B.

Tabell 1 Borpunktliste

Borpunkt	EUREF89 UTM 32, NN2000			Metode
	X (Nord)*	Y (Øst)*	Z (Høyde)*	
1	6698686	299209	49	Totalsondering, Prøveserie
2	6698671	299209	49	Totalsondering
3	6698671	299232	49	Totalsondering
4	6698681	299233	49	Totalsondering
5	6698699	299231	49	Totalsondering, Prøveserie
6	6698670	299196	49	Totalsondering
7	6698672	299194	49	Totalsondering
8	6698689	299218	49	Totalsondering
9	6698680	299210	49	Totalsondering
* Området var ikke tilgjengelig for GPS-signaler og koordinater er derfor estimert.				

På grunn av de høye bygningene rundt posisjonene var ikke GPS-signaler tilgjengelige for innmåling av borpunktene. Oppgitte koordinater er derfor estimert ved å identifisere posisjonene mot lokalt registrerte kjennetegn i hver oppstilling.

2.2 Laboratorieundersøkelser

Prøvene som ble tatt opp er undersøkt i vårt geotekniske laboratorium i Molde 2 dager etter prøvetakingen. Det ble utført analyser på 5 poseprøver (representative). Laboratoriearbeid er utført med retningslinjer gitt i Ref. [4].

Det ble utført kornfordelingsanalyse på 4 poseprøver. Resterende av de totalt 17 prøvene er klassifisert ut fra en visuell beskrivelse. Det ble utført totalt 5 vanninnholdsmålinger, mens 2 prøver er testet for glødetap (humusinnhold).

Fullstendig laboratorierapport er gitt i vedlegg C.

3 Grunnforhold

Totalsonderingene antyder at berget faller i sør-nordlig retning over tiltaksområdet. Det er registrert berg på sørlig del av tiltaksområdet på omtrent 5-6 meter under terreng. De nordligste boringene viser bergdybde på omtrent 9-11 meter under terreng.

Over berget antyder sonderingene et fast lag med friksjonsmasser (hovedsakelig sand og grus). Over dette viser totalsonderingene lavere boremotstand, og det kan antas at massene i toppen er noe løsere. Jordartsbetegnelsen er støttet av data fra laboratorieundersøkelser.

For flere detaljer om grunnforholdene vises det til laboratorierapport i vedlegg C, samt sonderingsresultat i tegningene V101 og V102.

Det presiseres at informasjonen fra felt- og laboratoriearbeidet strengt tatt bare er gyldig i de undersøkte posisjoner. Avvik i grunnforholdene i områdene rundt og mellom de undersøkte posisjoner kan ikke utelukkes. Resultatene må derfor ikke anvendes ukritisk.

4 Referanser

- [1] Statens vegvesen, Håndbok R211 Feltundersøkelser, Statens vegvesen, 1997.
- [2] Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 9 - Veiledning for utførelse av totalsondering, Norsk geoteknisk forening, 1994.
- [3] Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 11 - Veiledning for utførelse av prøvetaking, Norsk geoteknisk forening, 2013.
- [4] Statens vegvesen, Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser, Statens vegvesen, 2016.



FORKLARINGER

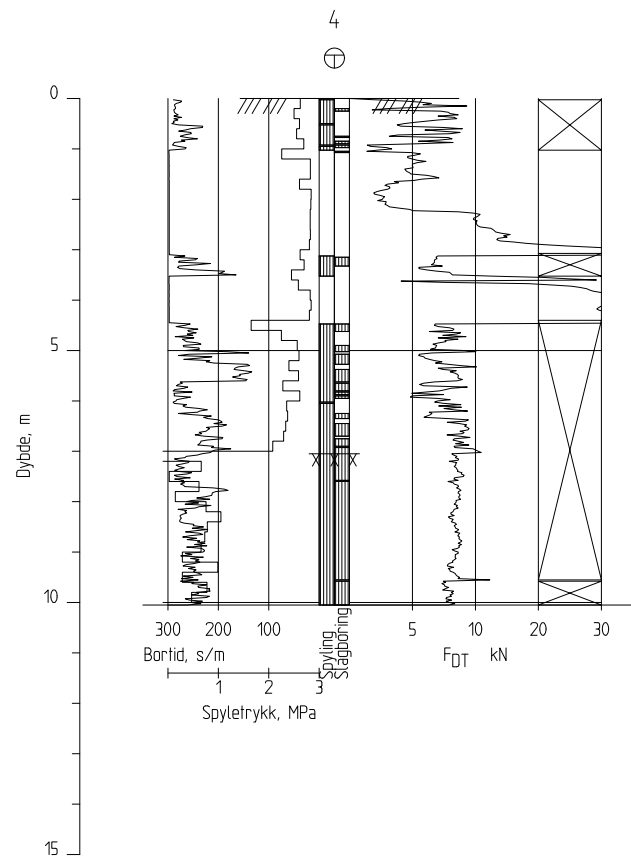
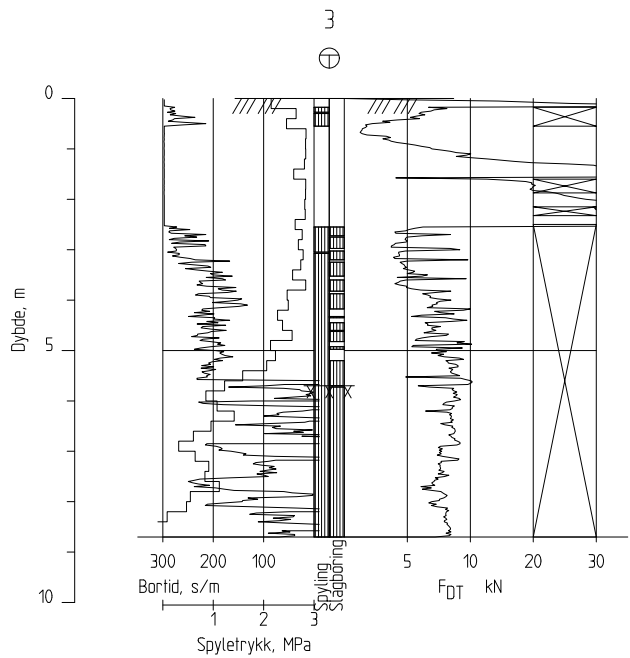
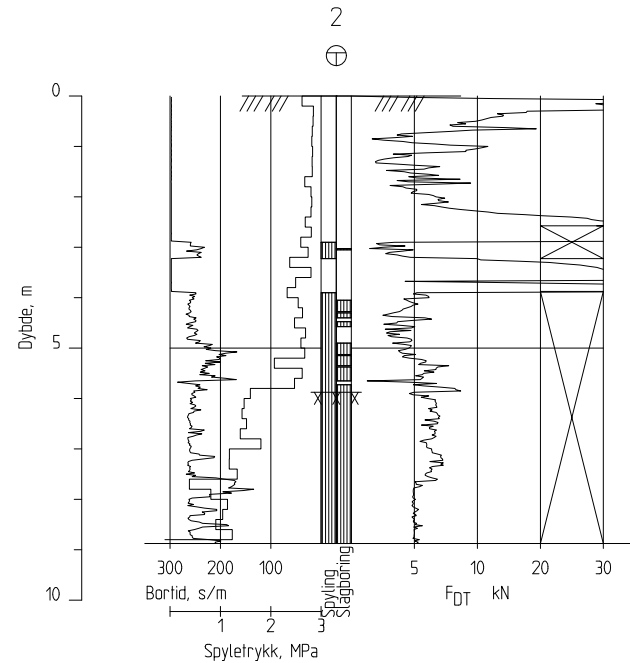
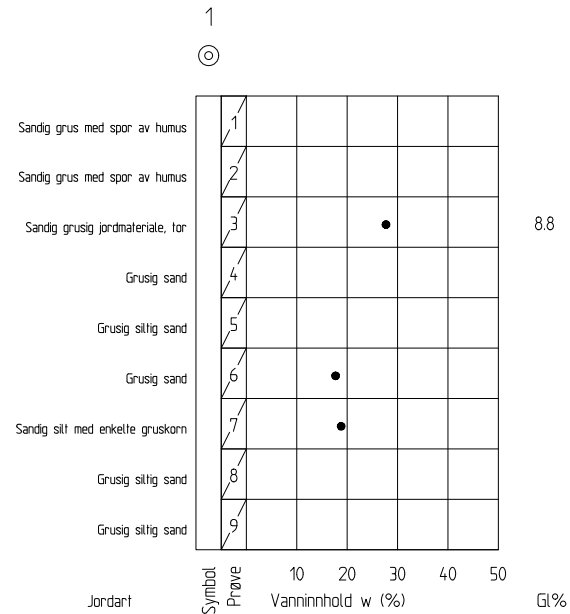
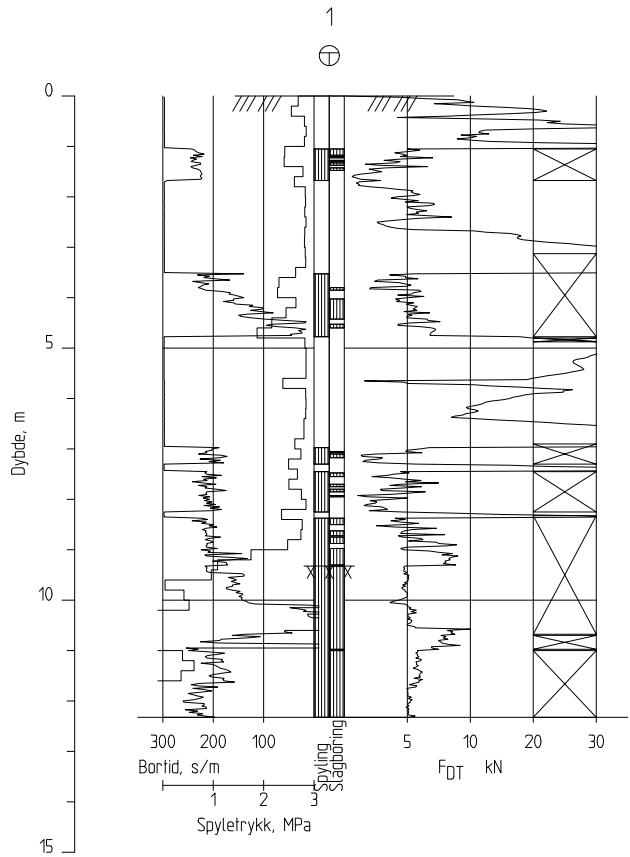
- Prøvetaking (forstyrret)
- Totalsondering

Kordinatsystem: EUREF89 UTM 32
Høydesystem: NN2000
GPS-signaler var ikke tilgjengelige i området og koordinatene er derfor estimert

Punkt	Koordinater		Høyde
	Nord	Øst	
1	6698686	299209	49
2	6698671	299209	49
3	6698671	299232	49
4	6698681	299233	49
5	6698699	299231	49
6	6698670	299196	49
7	6698672	299194	49
8	6698689	299218	49
9	6698680	299210	49

For datarapport 2019-02-11

J01	2019-02-11	For datarapport	OddAlm	ChKle	ChKle
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
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 utstrekning enn formålet tilsier.					Målestokk (gjelder A1)
Helse Bergen HF					1:200
Haukeland Universitetssykehus Ny vaskehall/sterilsentral					
Oversiktstegning med utførte grunnundersøkelser					
Norconsult		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		5190180	V100	J01	

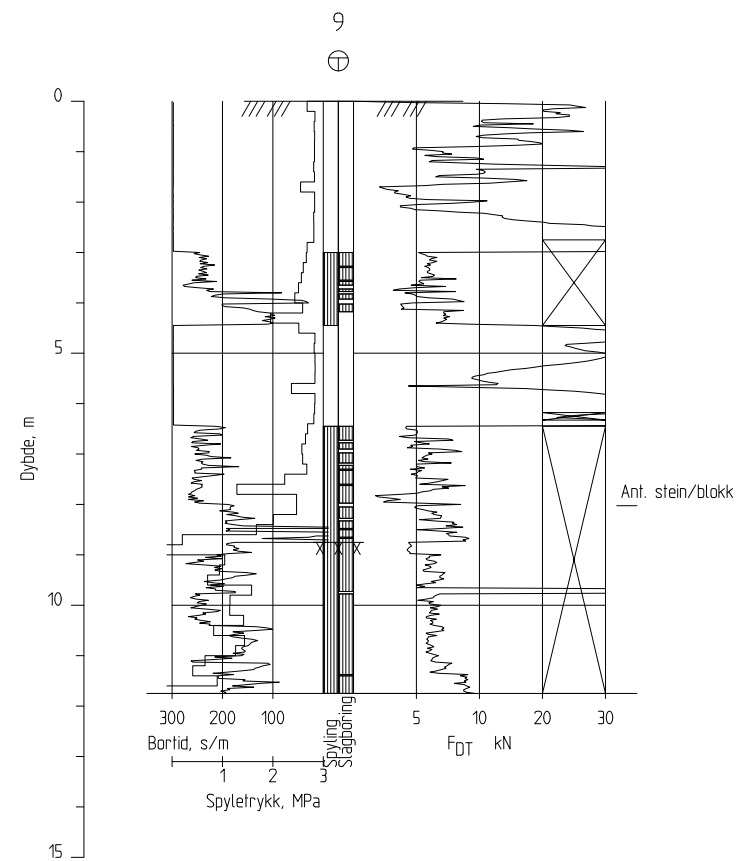
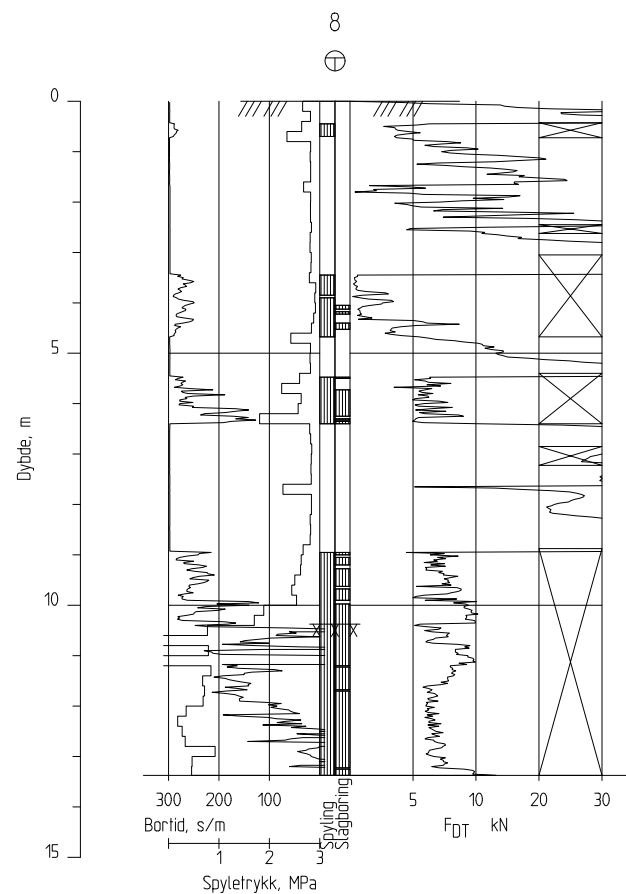
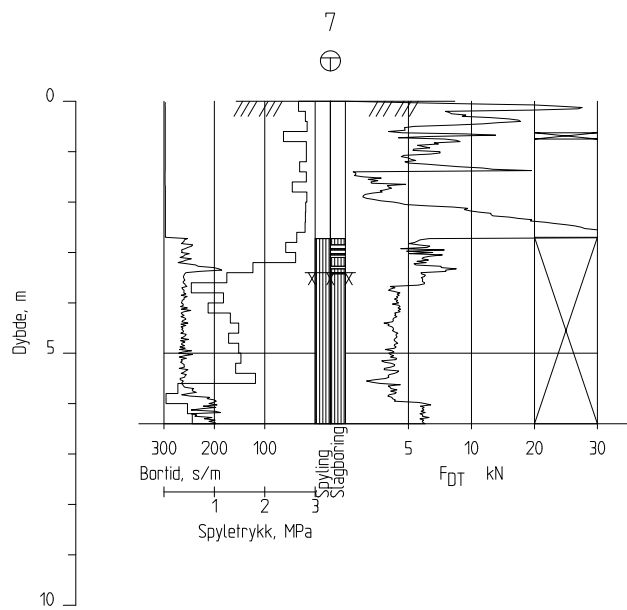
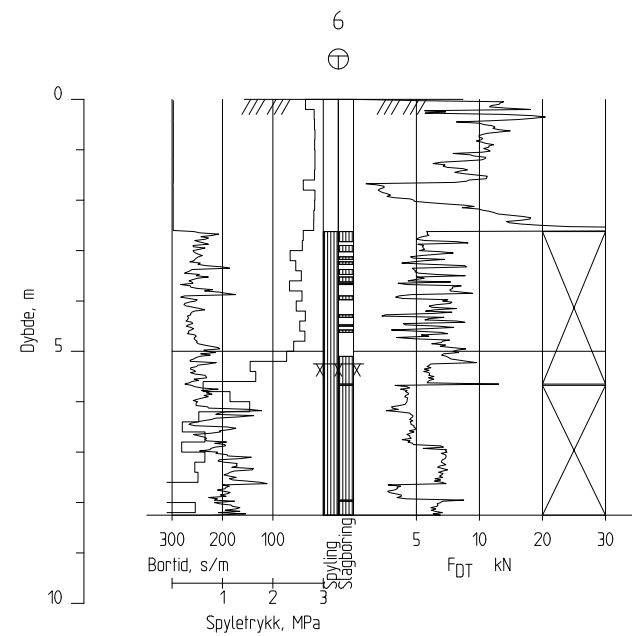
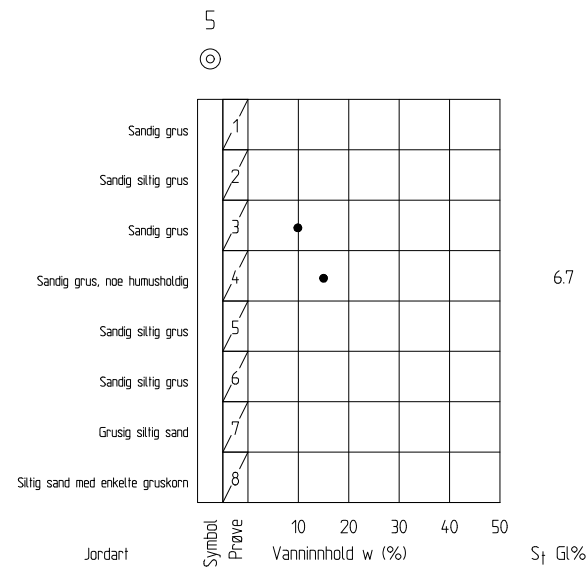
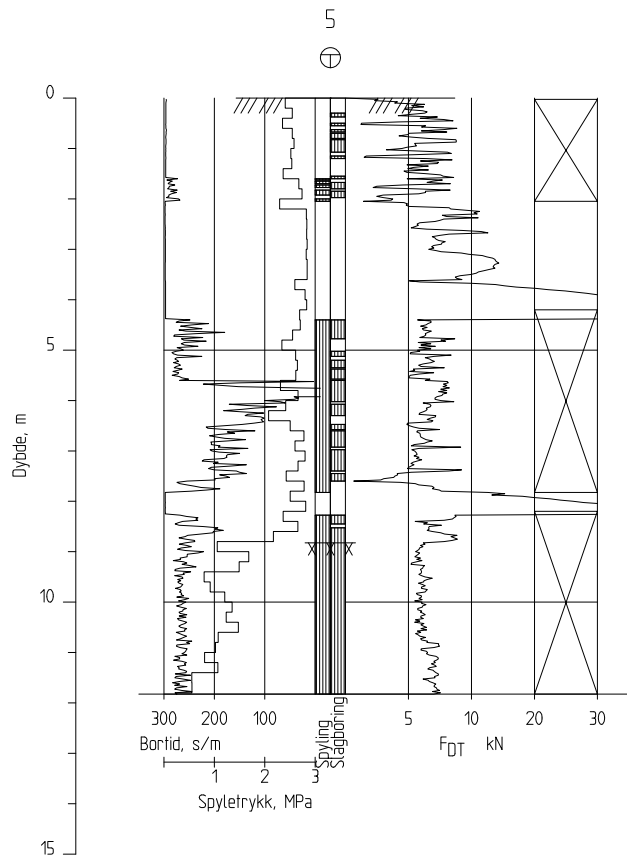


FORKLARINGER

- Prøvetaking (forstyrret)
- Totalsondring

For datarapport 2019-02-11

J01	2019-02-11	For datarapport	OddAlm	ChKle	ChKle
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
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 utstrekning enn formålet tillater.					Målestokk (gjelder A1)
Helse Bergen HF					1:75
Haukeland Universitetssykehus Ny vaskehall/sterilsentral					
Resultat fra grunnundersøkelser i posisjonene 1-4					
Norconsult		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		5190180	V101	J01	



FORKLARINGER

- Prøvetaking (forstyrret)
- Totalsondering

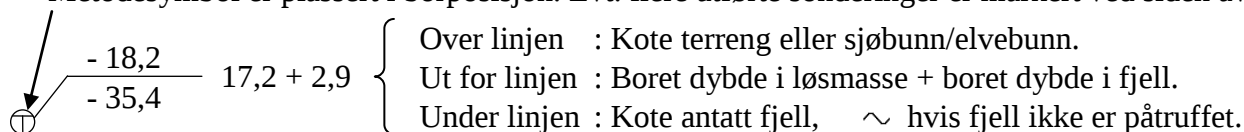
For datarapport 2019-02-11

J01	2019-02-11	For datarapport	OddAlm	ChKle	ChKle
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
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 utstrekning enn formålet tilsier.					Målestokk (gjelder A1)
Helse Bergen HF					1:75
Haukeland Universitetssykehus Ny vaskehall/sterilsentral					
Resultat fra grunnundersøkelser i posisjonene 5-9					
Norconsult		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
5190180		V102		J01	

PLAN

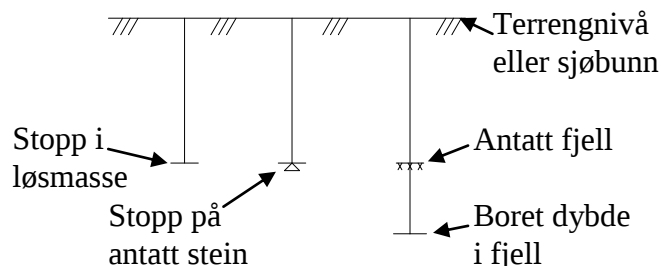
○ Enkel sondering	● Dreiesondering	▼ Dreietrykkssondering
⊗ Fjellkontrollboring	⊕ Totalsondering	▽ Trykksondering
+ Vinge-boring	▼ Ramsondering	⊗ Standard Penetration Test (SPT)
□ Prøvegrop	⊙ Prøveserie	⊗ Prøvegrop med prøveserie
☪ Vannprøver	⊖ Vannstandsmåling	⊖ Poretrykksmåling
⊗ Permeabilitetsmåling	⊗ Prøvebelastning	■ Setningsmåling
⊖ Elektrisk sondering	^^ Fjell i dagen	

Metodesymbol er plassert i borposisjon. Evt. flere utførte sonderinger er markert ved siden av.

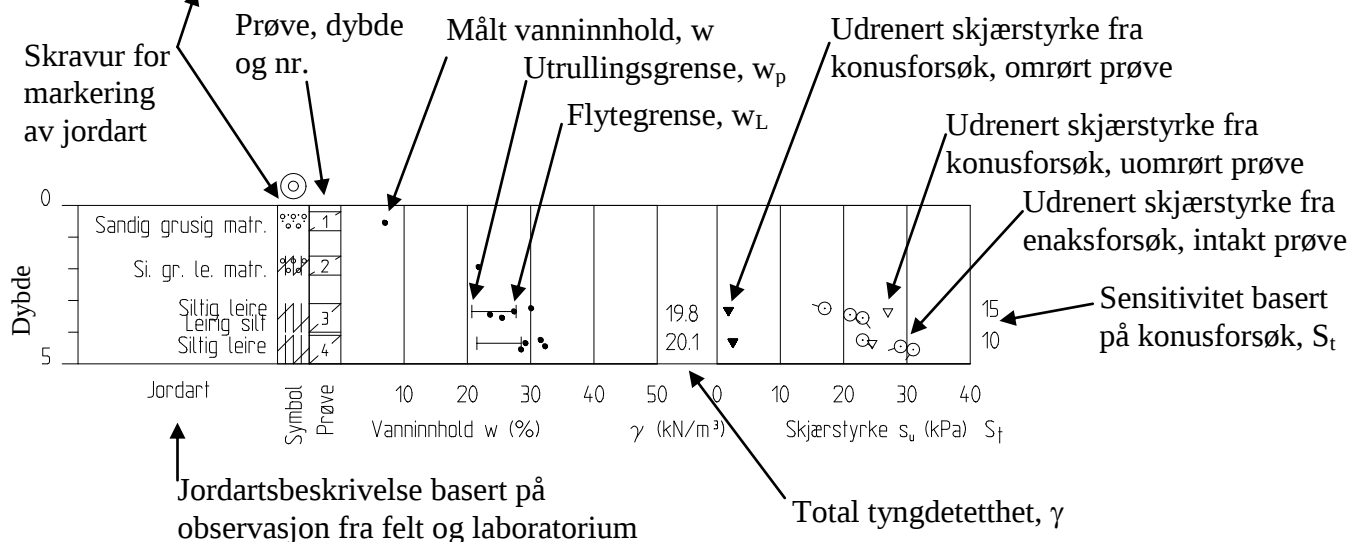


PROFILER

Enaksialt trykksforsøk	(s_u)	(15) (5) (10) () = aksial deformasjon ved brudd
Torsjonsvinge	(s_u)	*
Penetrometer	(s_u)	□



Leire	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk	Moreneleire	Grusig morene
Fyllmasse	Fjell	Matjord	Torv/planterester	Trerester/sagflis	Skjell	Gytje/dye	



Prosedyrer og presentasjon

Geotekniske tegninger, plan og profiler

Norconsult

MÅLESTOKK

M =

DATO

RAPPORT

VEDLEGG

A

UTFØRT

Arne Kavli

KONTROLLERT

Torgeir Døssland

Utstyr: Ø 57 mm butt borekrone med tilbakeslagsventil.
Ø 44 mm borestenger.

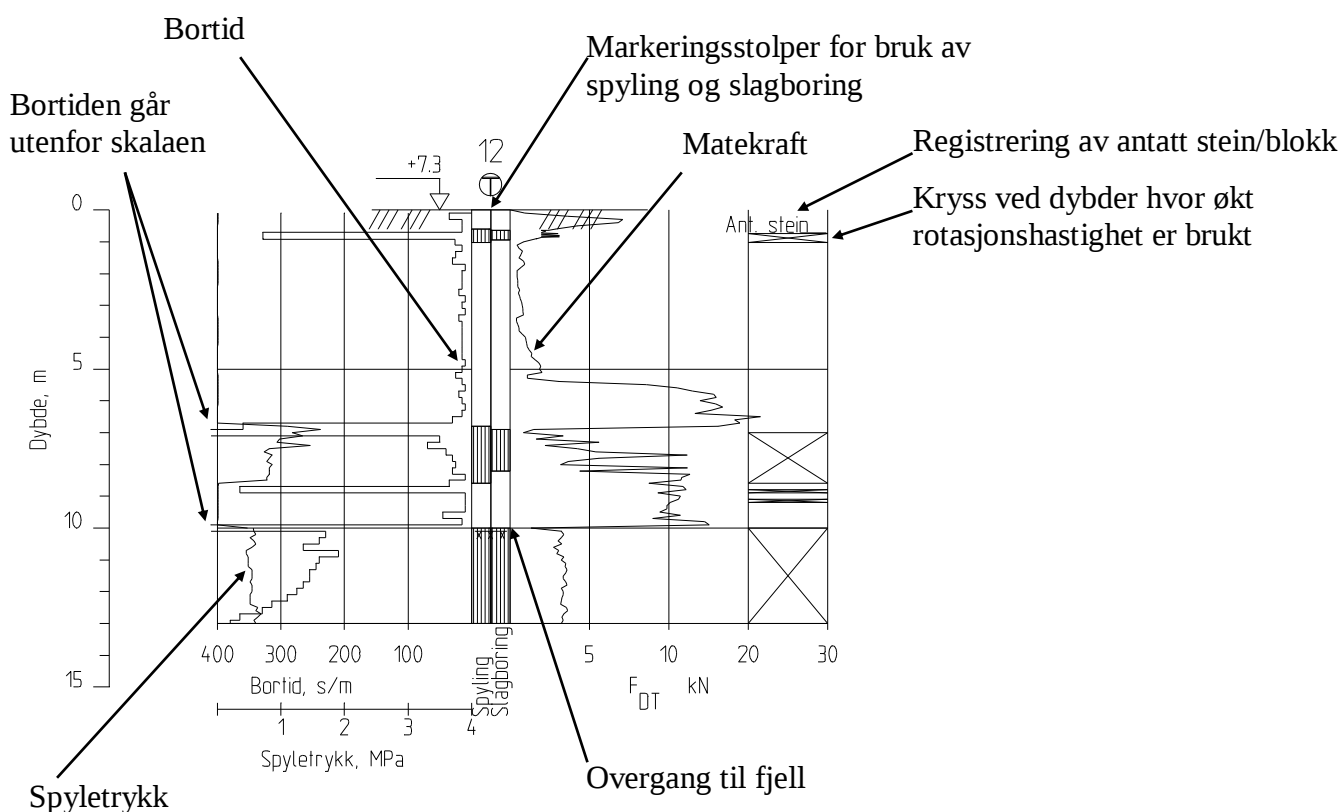
Som dreietrykksondering: Konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min.
Nedpressingshastighet 3 m/min (20 sek/m).

Når normert nedtrengningshastighet ikke er mulig, økes rotasjonshastigheten til 75 omdreininger/min.

Som fjellkontrollboring: Dersom nedtrengingen igjen stopper opp, går en over til prosedyre som for fjellkontroll. Dvs. at en først setter på spyling, hvorefter ny stopp i nedtrenging fører til at en også setter på slaghammer.

Med denne prosedyren kan det bores gjennom steiner og ned i fjell. Ved påvisning av fjell, bør det bores 2-3 meter ned i antatt fjell.

Presentasjon: Skravur for vannspyling og slag i egne kolonner.
Kurver for nedpressingskraft, boretid og spyletrykk.
Kryss for markering av økt rotasjon.



Prosedyrer og presentasjon

Borprofil - Totalsondering



Norconsult

Tegningsforklaring totalsondering

UTFØRT
Arne Kavli

KONTROLLERT
Torgeir Døssland

MÅLESTOKK

M =

DATO

PROSJEKT

VEDLEGG

B

Helse Bergen HF

Helse Bergen - Ny vaskehall

Geoteknikk

Laboratorieundersøkelser



Oppdragsnr.: 5190180 Dokumentnr.: LAB01 Versjon: 01
2019-02-05

Oppdragsgiver: Helse Bergen HF
Oppdragsgivers kontaktperson: Jens Bacher Eikevik
Oppdragsleder: Christofer Klevsjø
Fagansvarlig: Synne Tveiten
Andre nøkkelpersoner: Hilde Risung og Maria Berg Hestad

01	2019-02-05		HiRis	SyTve	HiRis
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

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

1	Generelt	4
2	Forsøksresultater	5
3	Korngraderingsanalyser	6
4	Bilder	7
5	Referanser	9
6	Rapportering av laboratorieresultater	10

1 Generelt

Norconsult er i forbindelse med prosjektet Helse Bergen - Ny vaskehall engasjert av Helse Bergen HF for å utføre laboratorieforsøk på prøver fra det aktuelle området.

Feltarbeidet er utført av Norconsult AS under ledelse av boreleder Svein Hallvard Hagerup. Prøvetakingen er utført i uke 4 og prøvene ankom til Norconsult sitt geoteknisk laboratorium 24.01.19.

Christofer Klevsjø er geotekniker i prosjektet.

2 Forsøksresultater

Tabell 1: Opptatte prøver og laboratoriearbeid

Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	TG [-]	GI [%]
1	P	0,0-1,0	Sandig grus med spor av humus			
1	P	1,0-2,0	Sandig grus med spor av humus			
1	P	2,0-3,0	Sandig Grusig Siltig Torv	27,7	T2	8,8
1	P	3,0-4,0	Grusig sand			
1	P	4,0-5,0	Grusig siltig sand			
1	P	5,0-6,0	Sand	17,7	*	
1	P	6,0-7,0	Sandig Siltig Jordmateriale	18,8	T4	
1	P	7,0-8,0	Grusig siltig sand			
1	P	8,0-9,0	Grusig siltig sand			
5	P	0,0-1,0	Sandig grus			
5	P	1,0-2,0	Sandig siltig grus			
5	P	2,0-3,0	Sandig grus	9,9		
5	P	3,0-4,0	Grusig Sandig Jordmateriale, torv	15,0	*	6,7
5	P	4,0-5,0	Sandig siltig grus			
5	P	5,0-6,0	Sandig siltig grus			
5	P	6,0-7,0	Grusig siltig sand			
5	P	7,0-8,0	Siltig sand med enkelte gruskorn			

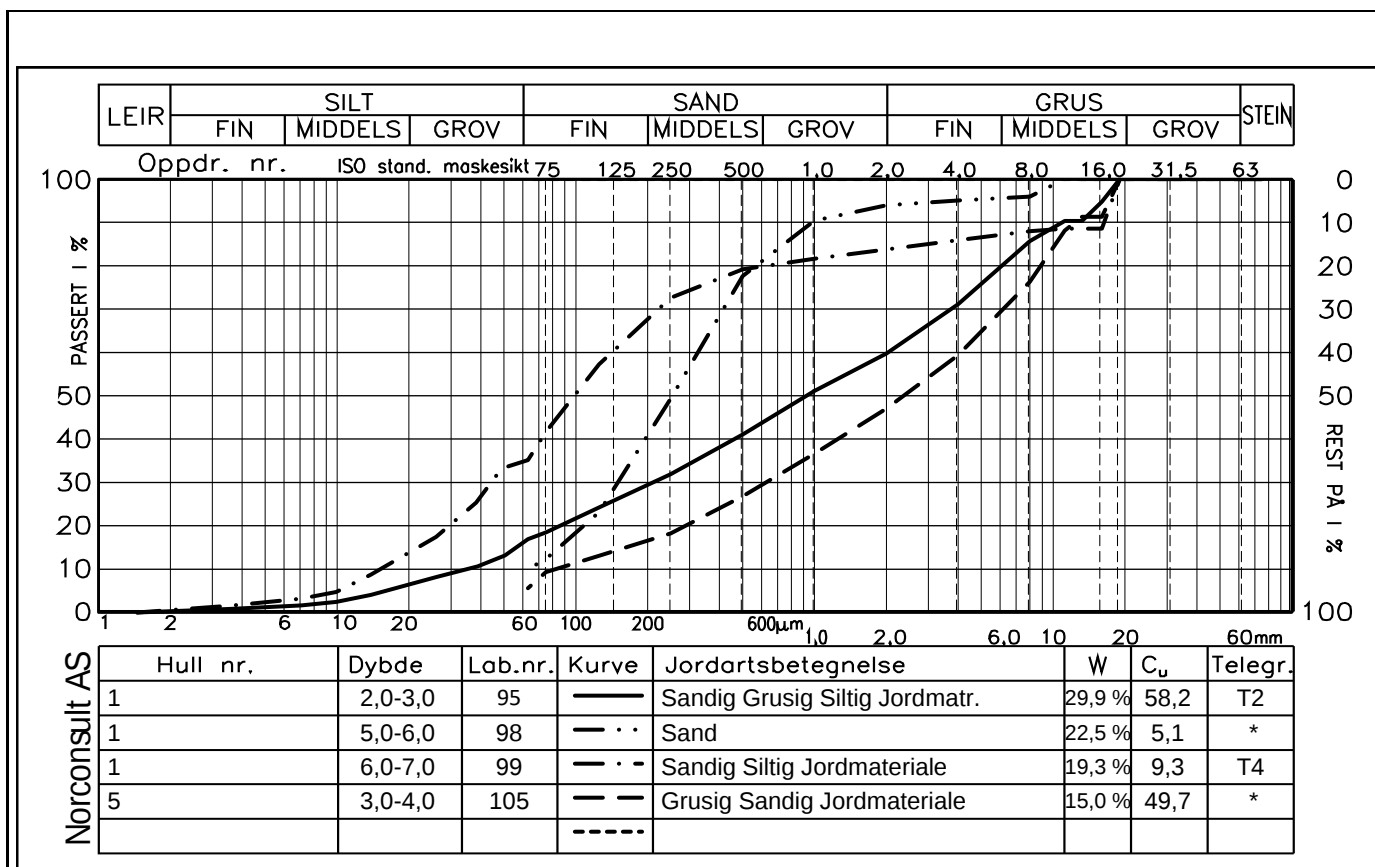
Jordartsklassifisering basert på korngraderingsanalyser er markert med **fet skrift**, andre prøver er visuelt klassifisert. *våtsikt pga grove masser, telefargruppe kan derfor ikke defineres

I posisjon 5, dybde 2,0-3,0 m var det for lite materiale til at kombianalyse kunne utføres.

Symboler:

P	Poseprøve (representativ)
W	Naturlig in-situ vanninnhold
TG	Telefargruppe (T1-T4)
GI	Glødetapsmåling

3 Korngraderingsanalyse



Helse Bergen – Ny vaskehall

Grunnundersøkelser - laboratorierapport

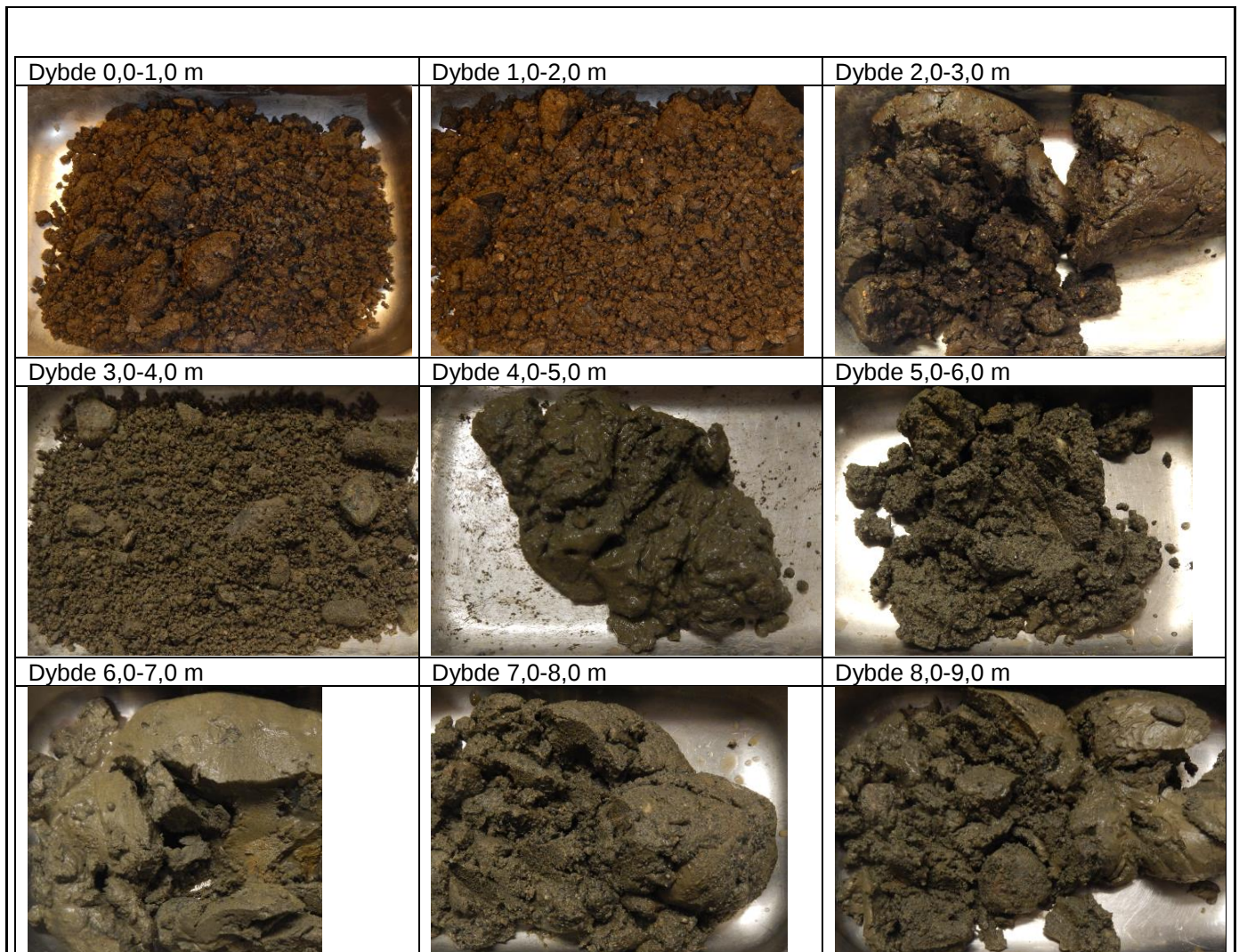
Figur 1 Korngraderingskurver i posisjon 1 og 5

Norconsult 

Oppdragsnr.
5190180

Format
A4

4 Bilder



Helse Bergen – Ny vaskehall

Grunnundersøkelser - laboratorierapport

Figur 2 Bilder av prøvemateriale i posisjon 1

Norconsult 

Oppdragsnr.
5190180

Format
A4

Dybde 0,0-1,0 m	Dybde 1,0-2,0 m	Dybde 2,0-3,0 m
		
Dybde 3,0-4,0 m	Dybde 4,0-5,0 m	Dybde 5,0-6,0 m
		
Dybde 6,0-7,0 m	Dybde 7,0-8,0 m	
		

Helse Bergen – Ny vaskehall

Grunnundersøkelser - laboratorierapport

Figur 3 Bilder av prøvemateriale i posisjon 5

Norconsult 

Oppdragsnr.

5190180

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 17892-4:2004 *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 4: Determination of particle size distribution.*

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 hydrometeranalysen 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 kornkornfordeling 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	¹⁾	> 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 simultant trinnvis 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_{uC}	Aktivt teaksialforsøk (compression test)
C_{uE}	Passivt treaksialforsøk (extension test)
C_{uD}	Direkte skjærforsøk
C_{ufc} (uomrørt), C_{urfc} (omrørt)	Konusforsøk
C_{uuc}	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 77.

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 materialegenskaper 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 korrigering 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.