
RAPPORT

Småhus Dybingen

OPPDRAGSGIVER

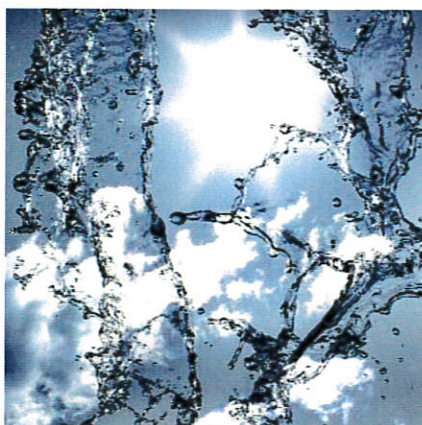
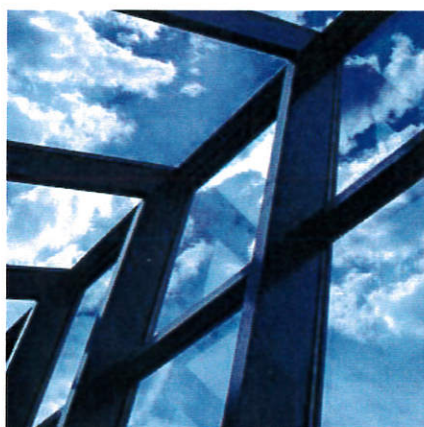
Sandnes Eiendomsselskap KF

EMNE

Grunnundersøkelser. Grunnforhold.
Fundamentering

DATO / REVISJON: 10. mars 2016 / 00

DOKUMENTKODE: 217981-RIG-RAP-001



Multiconsult



Boreområde



Bildet tatt mot Dybingen

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettsshaver.

RAPPORT

OPDRAG	Småhus Dybingen	DOKUMENTKODE	217981-RIG-RAP-001
EMNE	Grunnundersøkelser. Grunnforhold. Fundamentering	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPDRAGSGIVER	Sandnes Eiendomsselskap KF	OPDRAGSLEDER	Marina Saga Le
KONTAKTPERSON	Morten Braut	UTARBEIDET AV	Marina Saga Le
KOORDINATER	SONE: 32V ØST: 315500 NORD: 6529550	ANSVARLIG ENHET	2112 Stavanger Geoteknikk
GNR./BNR./SNR.	37 / 373 / 0 / Sandnes		

SAMMENDRAG

Sonderingene viser løst lagrede masser ned til 0.5-0.9 m dybde. Under det løse laget er massene middels fast til fast lagret ned til ca. 1.2-1.5 m dybde. Videre er grunnen fast lagret ned til antatt påtruffet berg. I punkt nr. 4 er massene relativt fast lagret i hele dybden foruten et 0.2 m øvre løst lag.

Maskinskovlboringene viser at massene i punktene nr. 1 og 2 består av siltig og sandig leire ned til 1-2.2 m dybde. Derunder er det påtruffet siltig og sandig materiale, siltig sand og sandig og grusig silt ned til 4-7 m dybde. I pkt. nr. 3 er det påtruffet siltig, sandig og grusig materiale ned til 2.2 m dybde.

Boligene kan direktfundamenteres etter en begrenset masseutskifting. Uten øvrige terrenginngrep anses det ikke å være risiko for dypere glidninger i området.

00	10.03.16	Grunnundersøkelser. Grunnforhold. Fundamentering	mst <i>De</i>	ach <i>ll</i>	ach <i>ll</i>
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Historie	5
3	Utførte undersøkelser.....	5
4	Grunnforhold	5
5	Geoteknisk vurdering.....	6
5.1	Fundamentering mot Dybingen	6
5.2	Graving, sikring.....	6
5.3	Stabilitet.....	7

Tegninger

217981	-G1	Borplan
	-G10	
og	-G11	Geotekniske data
	-G60	Korngraderinger
	-G101	
t.o.m.	-G104	Totalsonderinger nr. 1-4

Vedlegg

Profiler med innlagte boringer
Innmålingsdata
Geotekniske bilag

1 Innledning

Multiconsult ASA er engasjert av Sandnes Eiendomsselskap KF til å utføre grunnundersøkelser for planlagte småhus ved Dybingen på Vatne i Sandnes kommune.

Denne rapporten inneholder resultatene av grunnundersøkelsene, en beskrivelse av grunnforholdene og en enkel geoteknisk vurdering av fundamenteringsforholdene.

2 Historie

I august 1985 gikk det et ras sydvest for det aktuelle området, kfr. rapport nr. 27301-1 datert 19. september 1985. Bruddkant kunne tydelig sees i hagene foran boligfeltet nærmest Dybingen. Det er i etterkant av raset utført omfattende dreneringstiltak i boligområdet.

3 Utførte undersøkelser

Undersøkelsene i denne omgangen har omfattet 4 stk. totalsonderinger og prøvetaking med maskinskovlbor i 3 punkter, samt nedsetting av hydraulisk piezometer i 1 av disse.

Totalsonderingene gir opplysninger om massenes relative fasthet, klare lagdelinger og dybder til fast grunn. Sonden presses og dreies ned under konstant hastighet og rotasjon samtidig som motstanden mot nedtrengning registreres elektronisk. Utstyret kan bore gjennom stein og faste masser ved økt rotasjon, vannspyling og slaghammer kobles inn. Berg påvises normalt ved at det bores ca. 3 m ned i antatt bergoverflate.

Prøvene er rutineundersøkt i vårt geotekniske laboratorium, hvor de er klassifisert, og hvor vanninnhold og organisk innhold er målt. På utvalgte prøver er det utført korngraderingsanalyser.

Det hydrauliske piezometeret måler grunnvannstands nivået i grunnen.

Punktene plassering er angitt av oss, og de er innmålt av Geomatikk AS.

En nærmere beskrivelse av undersøkelsesmetodene og opptegningen av resultatene fremgår av vedlagte geotekniske bilag.

4 Grunnforhold

Resultatene av totalsonderingene er vist i detalj i profil på tegninger nr. -G101 t.o.m. -G104. Data fra laboratorieundersøkelsene av prøvene fremgår av tegninger nr. -G10, -G11 og -G60.

Borpunktene plassering er lagt inn på borplanen, tegning nr. -G1, hvor også terrengnivået, antatt bergkote og boret dybde i løsmasser og i antatt berg er angitt.

Terrenget i borpunktene ligger på fra kote pluss 32.1 (pkt. nr. 4) til 38.9 (pkt. nr. 3). Området er skogbevakst med til dels store steiner/blokker i overflaten. Terrenget faller med helning ca. 1:5 fra Lutsiveien i vest mot Dybingen i øst. Det bratteste partiet er de siste 10 m ned mot vannkanten, hvor helningen er ca. 1:2.

Det er plassert et borpunkt på hver av tomtene for de to planlagte nybyggene, samt ett punkt i skråningen hhv. på over- og nedsiden av disse.

Antatt berg er påtruffet i samtlige punkter i dybder fra 2.8 m i pkt. nr. 3 til 8.7 m i pkt. nr. 1, tilsvarende koter pluss 33.4 til 28.9.

Sonderingene viser løst lagrede masser ned til 0.5-0.9 m dybde. Under det løse laget er massene middels fast til fast lagrede ned til ca. 1.2-1.5 m dybde. Videre er grunnen fast lagret ned til antatt påtruffet berg. I punkt nr. 4 er massene relativt fast lagret i hele dybden, foruten et 0.2 m øvre løst lag.

Maskinskovlboringene viser at massene i punktene nr. 1 og 2 består av siltig og sandig leire ned til 1-2.2 m dybde. Derunder er det påtruffet siltig og sandig materiale, siltig sand og sandig og grusig silt ned til 4-7 m dybde. I pkt. nr. 3 er det påtruffet siltig, sandig og grusig materiale ned til 2.2 m dybde.

Vanninnholdet i sand- og siltmassene er 8-19 %, og de vurderes som lite til middels kompressible.

Korngraderingsanalysene viser at massene må karakteriseres som meget telefarlige, tilsvarende telefarlighetsklasse 4, i henhold til Statens vegvesens klassifisering.

Vannstanden ble den 10.02.16 i punkt nr. 1 målt til å ligge 6.1 m under terreng, tilsvarende kote pluss 32.8.

I henhold til NS-EN 1998-1:2004/NA:2014 vil vi definere grunnen til å være grunntype A.

5 Geoteknisk vurdering

Mottatt situasjonsplan viser at det er planlagt to nybygg på det aktuelle området.

5.1 Fundamentering

Byggene er planlagt med uk. fundament på ca. kote 36.3 i bakkant, dvs. ca. i dagens terrengnivå. I forkant mot Dybingen er byggene planlagt å stå på søyler fundamentert på løsmasser med fundament på et lavere nivå.

Grunnen under byggene består av siltig og sandig leire og siltig og sandig materiale ned til 2.2-4 m dybde.

De øvre 0.3-0.7 m av grunnen må betegnes som bløte masser. Derunder er massene middels faste ned til ca. 1 m dybde. Videre er massene fast lagret.

Tilleggsbelastninger på de bløte leir-/siltmassene vil sannsynligvis medføre uakseptable setninger på direktefundamenterte konstruksjoner.

Vi anbefaler at organiskholdige masser og bløte leir-/siltmasser under byggene skiftes ut med kvalitetsfylling. Det vil da være mulig å direktefundamentere byggene på fyllinger i bakkant/øvre del av bygningen. I nedre del/fremkant må fundamentene føres til faste, uorganiske masser i telesikker dybde. Alternativt kan fundamentene i bakkant/øvre del føres ned dypere og gulvet støpes frittstående.

Massene som anbefales skiftet ut, strekker seg ned til ca. 1-2 m dybde. Utskifting må minst utføres til en bredde utenfor ytterkant fundament som tilsvarer 1 m pluss utskiftingsdybden multiplisert med 1.5.

Ved opparbeidelse av veiene bør de bløte leir-/siltmassene masseutskiftes og erstattes med kvalitetsfylling.

5.2 Graving, sikring

Alle tilbakefyllingsmasser må legges ut lagvis og komprimeres i henhold til NS3458, normal komprimering. Til oppfylling kan det benyttes velgradert, ikke telefarlig sand eller grus eller velgradert sprengstein. Det må sørges for effektiv bortledning av grunn- og overflatevann under arbeidene, slik at disse kan utføres tørt. Dersom de stedlige massene blir tilført vann og blir omrørt, mister de mye av

sin bæreevne og kan bli tilnærmet flytende. Massene bør derfor tildekkes eller overfylles umiddelbart etter avgraving.

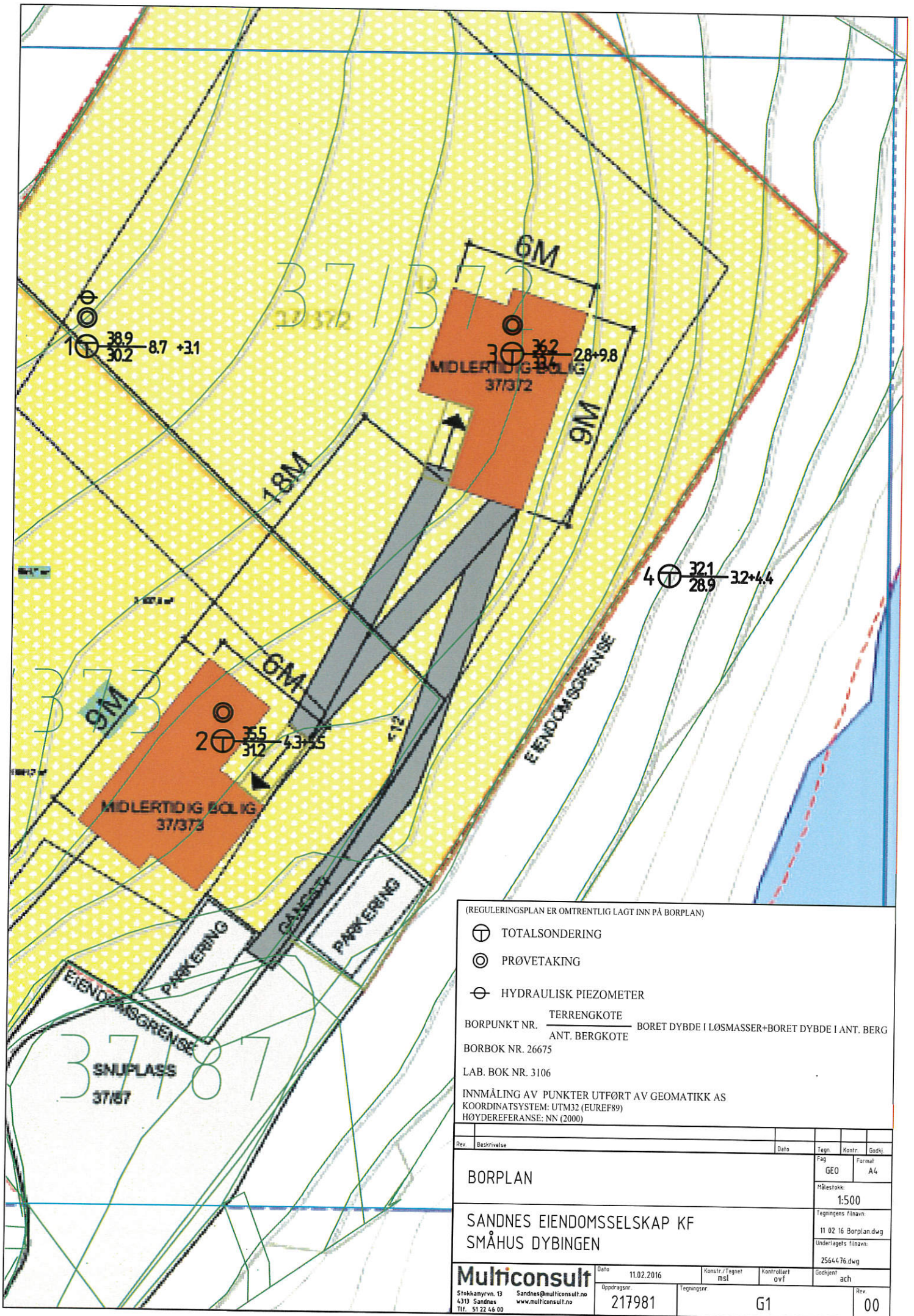
5.3 Stabilitet

I august 1985 gikk det et ras sydvest for det aktuelle området, kfr. rapport nr. 27301-1 datert 19. september 1985. Grunnundersøkelser viste at grunnen i området hvor raset gikk bestod av meget bløte siltige og leirige masser med mektigheter på ca. 2-8 m med flere sterkt vannførende sandlag.

Årsaken til glidningen ble vurdert til å være en kombinasjon av grunnvannssenkning og tidligere oppfylling av terrenget i forbindelse av utbyggingen av boligområdet.

Grunnen som er påtruffet på tomtene for de nå aktuelle småhusene består av relativt faste silt- og leirmasser (foruten det bløte topplaget og leiren som må masseutskiftes under byggene). Borpunkt nr. 4 i sydøst (mot Dybingen) viser fast lagrede morenemasser i hele dybden.

Dersom grunnarbeidene begrenses til masseutskifting for adkomstveier og boliger vurderer vi at det ikke foreligger risiko for dypere glidninger i området.



(REGULERINGSPLAN ER OMTRENTLIG LAGT INN PÅ BORPLAN)

⊕ TOTALSONDERING

⊙ PRØVETAKING

⊖ HYDRAULISK PIEZOMETER

BORPUNKT NR. $\frac{\text{TERRENGKOTE}}{\text{ANT. BERGKOTE}}$ BORET DYBDE I LØSMASSER+BORET DYBDE I ANT. BERG
 BORBOK NR. 26675

LAB. BOK NR. 3106

INNMÅLING AV PUNKTER UTFØRT AV GEOMATIKK AS
 KOORDINATSYSTEM: UTM32 (EUREF89)
 HØYDEREFERANSE: NN (2000)

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	BORPLAN		Fag GEO	Kontr.	Format A4
			Målestokk: 1:500		
	SANDNES EIENDOMSSLESKAP KF SMÅHUS DYBINGEN		Tegningens filnavn: 11 02 16 Borplan.dwg		
			Underlagets filnavn: 2564476.dwg		
Multiconsult		Dato 11.02.2016	Konstr./Tegnet msl	Kontrollert ovf	Godkjent ach
Stokkanyrnr. 13 4313 Sandnes Tlf. 51 22 46 00		Oppdragsnr. 217981	Tegningsnr. G1		Rev. 00
Sandnes@multiconsult.no www.multiconsult.no					

TERRENGKOTE	38.9	DYBDE m PRØVE	VANNINNHOOLD OG KONSISTENSGRENSER				n %	O _{Na} (O _{gl}) %	γ kN/m ³	UDRENERT SKJÆRFASTHET S _u (kN/m ²)					S _t
			20	30	40	50				10	20	30	40	50	
SK. 1															
ORG. MATR. LEIRE, SILTIG, SANDIG, NOE ORG.			○					0.5							
SANDIG, SILTIG, GRUSIG MATR., NOE ORG.			10%					0.5							
SAND, GRUSIG, NOE SILTIG SAND, SILTIG			8%					0.4							
		K	○					0.4							
		5	○					0.0							
			9%					0.0							
		10													
		15													
		20													

PR.= φ 54 mm
SK.=SKOVLBORING
RAM.=RAMPRØVETAKER
LAB.BOK 3106
BORBOK 26675

○ VANNINNHOOLD
→ W_F FINHETSTALL
— W_P PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
O_{Na} = HUMUSINNHOOLD
O_{gl} = GLØDETAP
γ = TYNGDETETTHET

▽ KONUSFORSØK
○ TRYKKFORSØK
15-○-5 % DEFORMASJON VED BRUDD
○ OMRØRT SKJÆRFASTHET
S_t SENSITIVITET

Ø=ØDOMETERFORSØK P=PERMEABILITET K=KORNGRADERING T=TREKSIALFORSØK

GEOTEKNISKE DATA

SANDNES EIENDOMSSKAP KF
SMÅHUS DYBINGEN

Borpunkt nr. SK. 1	Tegnet DT	Rev.
Borplan nr. G1	Kontr. <i>DR</i>	Kontr.
Boret dato 28.01.2016	Dato 09.03.16	Dato
Tegning nr. G10	Rev.	Side 1 av 1

Multiconsult
Stokkamyrveien 13, 4313 Sandnes
Tlf: 51 22 46 00

Oppdrag nr.
217981

TERRENGKOTE SK. 2	35.5	DYBDE i PRØVE	VANNINNHOLD OG KONSISTENSGRENSER				n %	$\frac{O_{Na}}{O_{gl}}$ %	γ kN/m ³	UDRENERT SKJÆRFASTHET S _u (kN/m ²)					S _t				
			20	30	40	50				10	20	30	40	50					
LEIRE, SILTIG, SANDIG, GRUSIG, NOE ORG.																			
										0.5									
LEIRE, SILTIG, SANDIG		K								0.4									
SILTIG, SANDIG MATR. (m/ enkelte gruskorn)										0.3									
SILT, SANDIG, GRUSIG, NOE ORG.										0.5									
		5																	
TERRENGKOTE SK. 3	36.2	0																	
SILTIG, SANDIG, GRUSIG MATR., NOE ORG.																			
										0.5									
		K								0.5									
		5																	
		10																	

PR.= ϕ 54 mm

SK.=SKOVLBORING

RAM.=RAMPRØVETAKER

LAB.BOK 3106

BORBOK 26675

○ VANNINNHOLD

→ W_F FINHETSTALL

— W_P PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET

O_{Na} = HUMUSINNHOLD

O_{gl} = GLØDETAP

γ = TYNGDETETHET

▽ KONUSFORSØK

○ TRYKKFORSØK

15-○-5 % DEFORMASJON VED BRUDD

○ OMRØRT SKJÆRFASTHET

S_t SENSITIVITET

Ø=ØDOMETERFORSØK P=PERMEABILITET K=KORNGRADERING T=TREKSIALFORSØK

GEOTEKNISKE DATA

Borpunkt nr.

SK. 2, 3

Tegnet

DT

Rev.

SANDNES EIENDOMSSKAP KF
SMÅHUS DYBINGEN

Borplan nr.

G1

Kontr.

[Signature]

Kontr.

[Signature]

Boret dato

28.01.2016

Dato

09.03.16

Dato

Multiconsult

Stokkamyrveien 13, 4313 Sandnes
Tlf: 51 22 46 00

Oppdrag nr.

217981

Tegning nr.

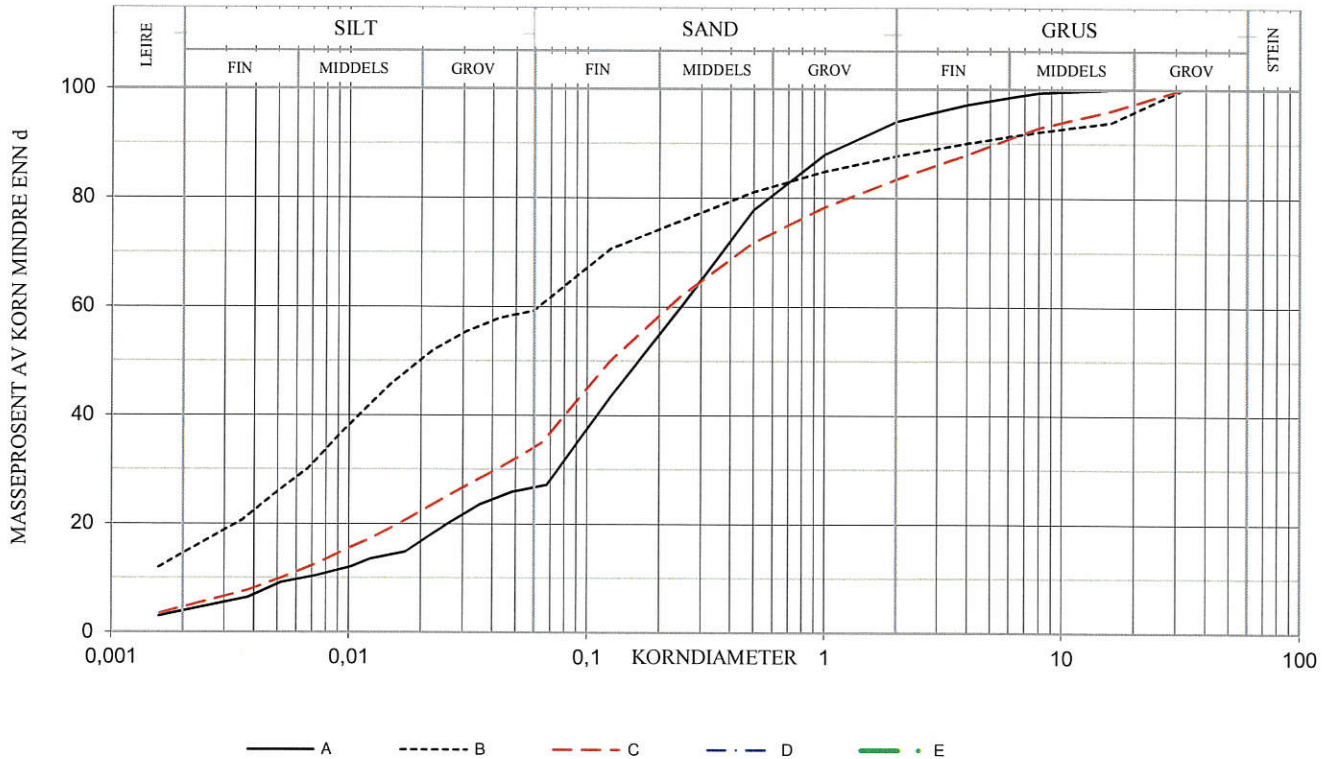
G11

Rev.

Side

1 av 1

SYM BOL	SERIE NR.	DYBDE (m)	JORDARTSBETEGNELSE	ANMERKNINGER	METODE		
					TS	VS	HYD
A	SK. 1	3.0-4.1	SAND, SILTIG	T4 - MEGET TELEFARLIG		X	X
B	SK. 2	1.5-2.2	LEIRE, SILTIG, SANDIG.	T4 - MEGET TELEFARLIG		X	X
C	SK. 3	1.8-2.2	SILTIG, SANDIG MATR.	T4 - MEGET TELEFARLIG		X	X
D							
E							



SYMBOL:

Ogl. = Glødetap (%)

Ona. = Humusinnhold (%)

Perm. = Permeabilitet (m/s)

$$C_z = \frac{D_{30}^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

METODE:

TS = Tørr sikt

VS = Våt sikt

HYD = Hydrometer

SYM BOL	Vanninnhold %	Ona %	Ogl. %	< 0.02mm %	C_z	C_u	D_{10} mm	D_{30} mm	D_{50} mm	D_{60} mm
A				16,5	3,691	38,1	0,007	0,077	0,1932	0,2484
B				50,0				0,007	0,0200	0,0680
C				22,1	1,459	45,5	0,005	0,042	0,168	0,2358
D										
E										

KORNGRADERING

SANDNES EIENDOMSSKAP KF
SMÅHUS DYBINGEN

BORING NR.

TEGNET

REV.

DT

KONTR.

KONTR.

DATO

DATO

09.03.16

Multiconsult
Stokkamyveien 13, 4313 Sandnes
Tlf: 51 22 46 00

OPPDRAK NR.

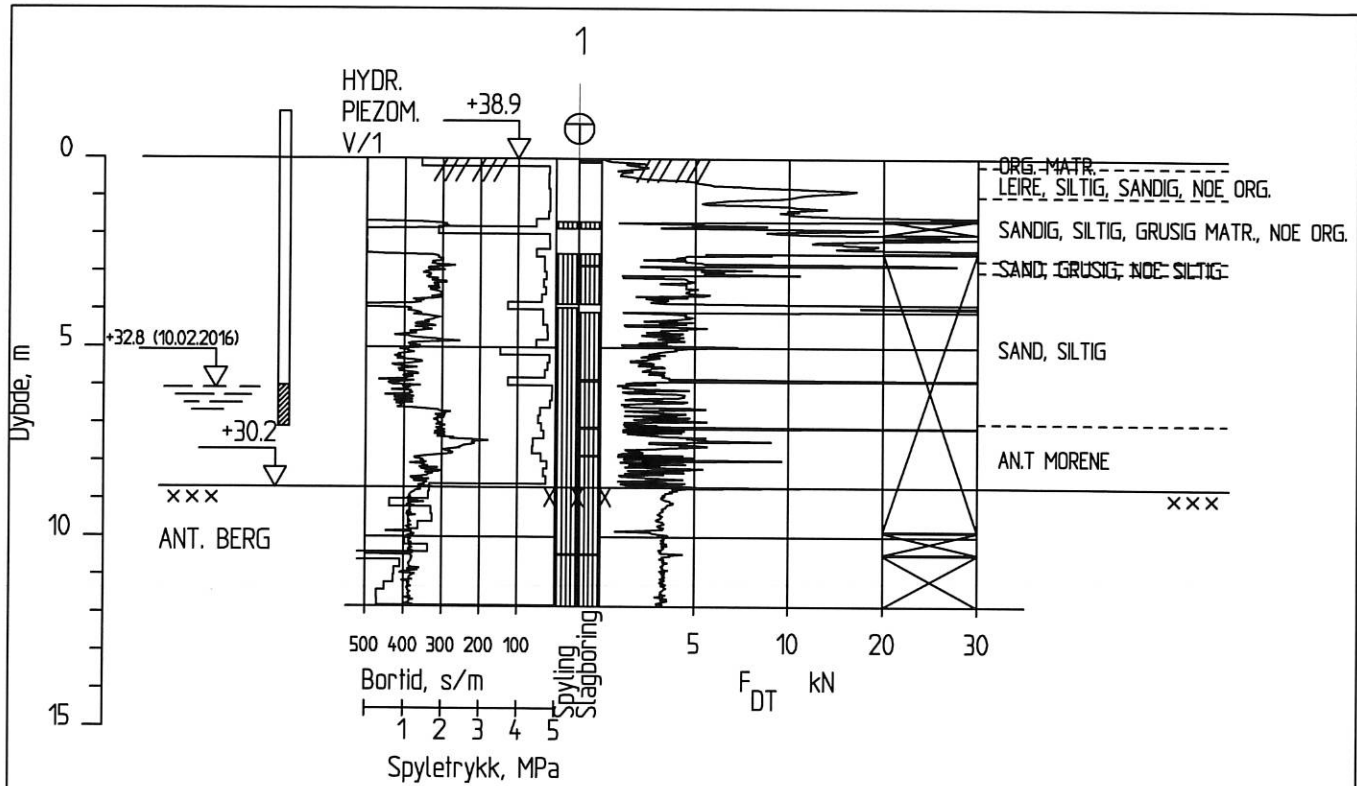
217981

TEGN.NR

G60

REV.

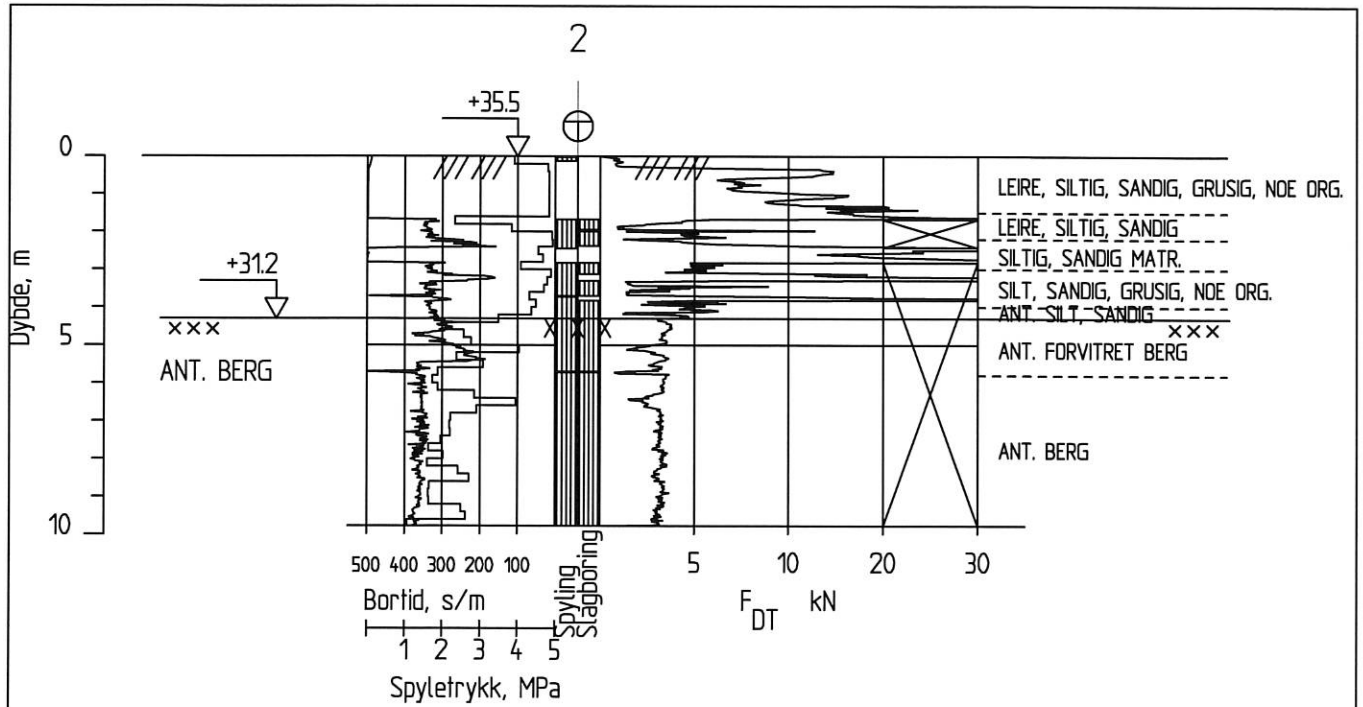
SIDE



Dato boret :27.01.2016

Posisjon: X 6529537.04 Y 315515.20

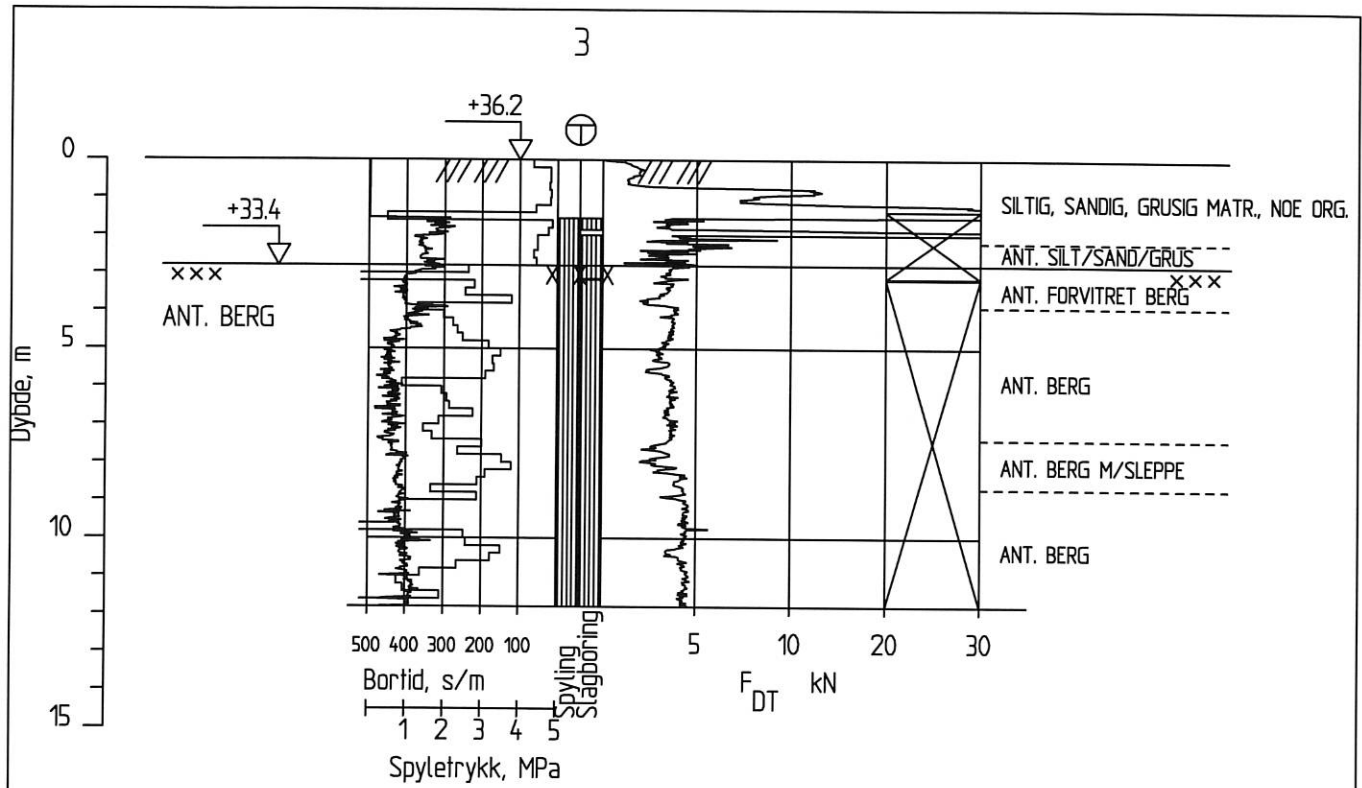
TOTALSONDERING		Tegningens filnavn 07_03_16 Totalsonderinger.DWG	
SANDNES EIENDOMSSKAP KF SMÅHUS DYBINGEN		Målestokk M = 1 : 200	Godkjent ach
			Kontrollert ovf
 www.multiconsult.no	Dato 07.03.2016	Original format A4	Konstr./Tegnet mst
	Oppdragsnr. 217981	Tegningsnr. G101	Rev.



Dato boret :28.01.2016

Posisjon: X 6529520.09 Y 315521.32

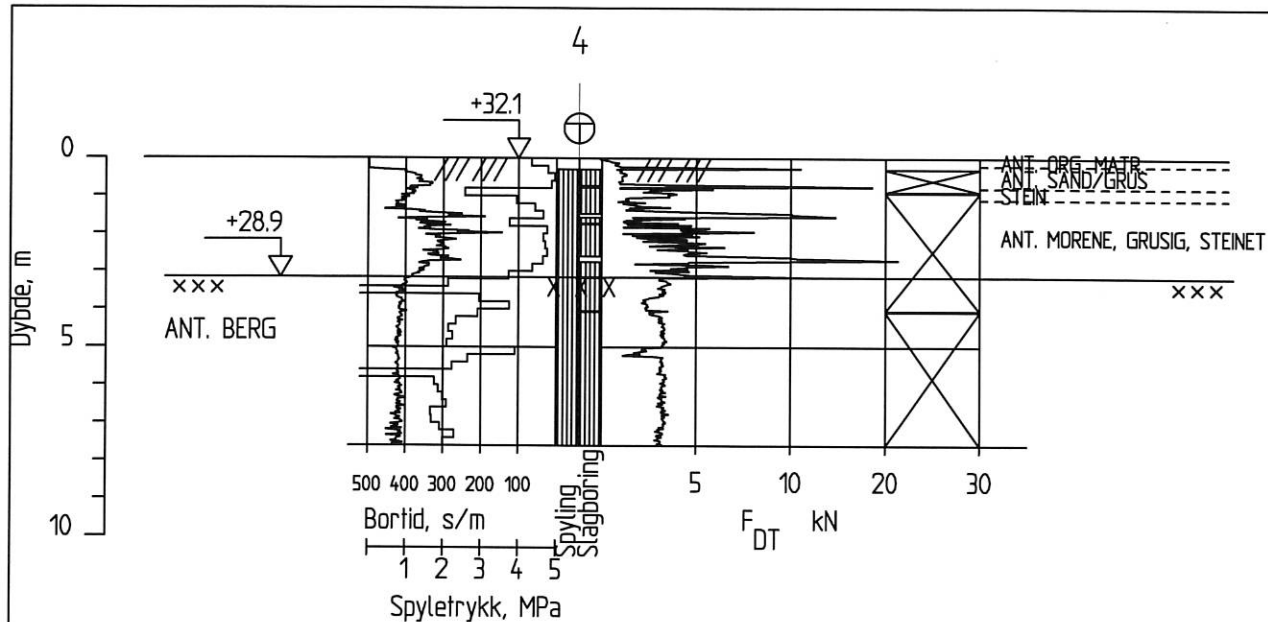
TOTALSONDERING		Tegningens filnavn 07_03_16 Totalsonderinger.DWG	
SANDNES EIENDOMSSKAP KF SMÅHUS DYBINGEN		Målestokk M = 1 : 200	Godkjent ach
			Kontrollert ovf
Multiconsult www.multiconsult.no	Dato 07.03.2016	Original format A4	Konstr./Tegnet msl
	Oppdragsnr. 217981	Tegningsnr. G102	Rev.



Dato boret :27.01.2016

Posisjon: X 6529537.03 Y 315533.63

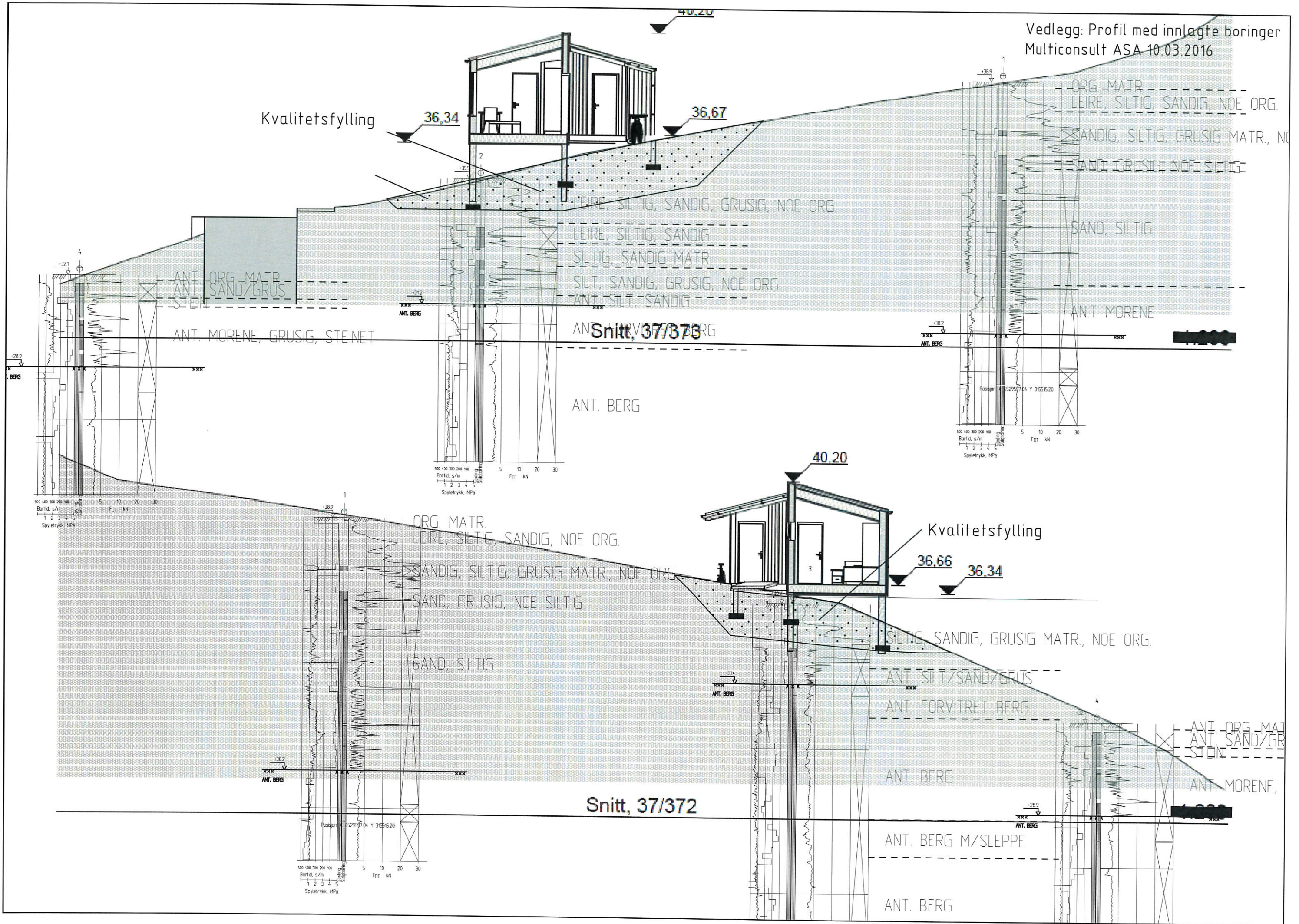
TOTALSONDERING		Tegningens filnavn 07 03 16 Totalsonderinger.DWG	
SANDNES EIENDOMSSKAP KF SMÅHUS DYBINGEN		Målestokk M = 1 : 200	Godkjent ach
			Kontrollert ovf
Multiconsult www.multiconsult.no	Dato 07.03.2016	Original format A4	Konstr./Tegnet msl
	Oppdragsnr. 217981	Tegningsnr. G103	Rev.



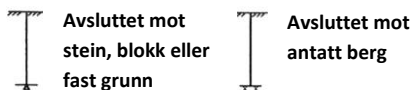
Dato boret :28.01.2016

Posisjon: X 6529527.51 Y 315540.58

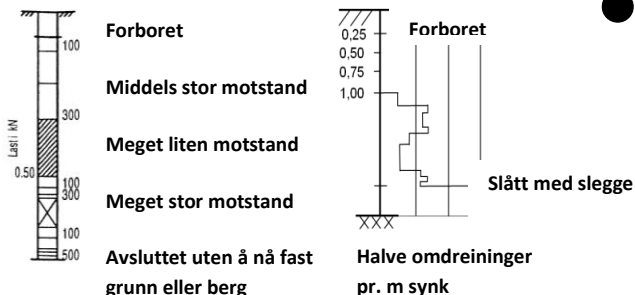
TOTALSONDERING		Tegningens filnavn 07_03_16 Totalsonderinger.DWG	
SANDNES EIENDOMSSKAP KF SMÅHUS DYBINGEN		Målestokk M = 1 : 200	Godkjent ach
			Kontrollert ovf
Multiconsult www.multiconsult.no	Dato 07.03.2016	Original format A4	Konstr./Tegnet msl
	Oppdragsnr. 217981	Tegningsnr. G104	Rev.



160126 Multiconsult AS, Dybingen, Vatne.kof				
05 FM2INN	2101	6529520.091	315521.322	35.460
05 FM1INN	2101	6529537.045	315515.202	38.857
05 FM3INN	2101	6529537.026	315533.633	36.221
05 FM4INN	2101	6529527.509	315540.577	32.113



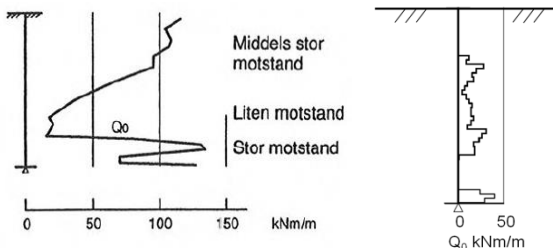
Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



DREIESONDERING (NGF MELDING 3)

Utføres med skjøtbare $\phi 22$ mm borstenger med 200 mm vridd spiss. Boret dreies manuelt eller maskinelt ned i grunnen med inntil 1 kN (100 kg) vertikalbelastning på stengene. Hvis det ikke synker for denne lasten, dreies boret maskinelt eller manuelt. Antall $\frac{1}{2}$ -omdreininger pr. 0,2 m synk registreres.

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

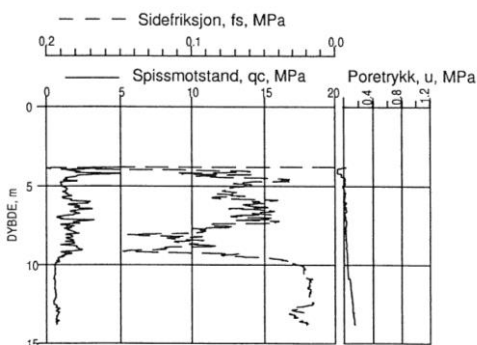


RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)

Boringen utføres med skjøtbare $\phi 32$ mm borstenger og spiss med normert geometri. Boret rammes med en rammeenergi på 0,38 kNm. Antall slag pr. 0,2 m synk registreres.

Boremotstanden illustreres ved angivelse av rammemotstanden Q_0 pr. m nedramming.

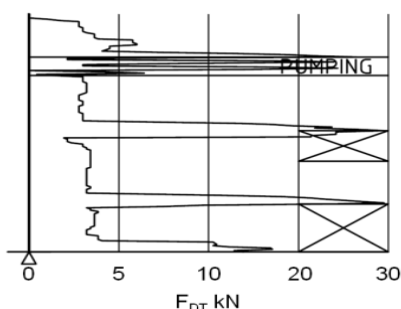
Q_0 = loddets tyngde * fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)



TRYKKSONDERING (CPT - CPTU) (NGF MELDING 5)

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

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

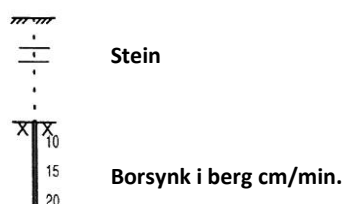


DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)

Utføres med glatte skjøtbare $\phi 36$ mm borstenger med en normert spiss med hardmetallsveis. Borstengene presses ned i grunnen med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min.

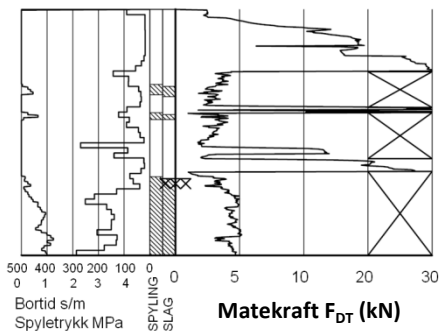
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.

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



BERGKONTROLLBORING

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



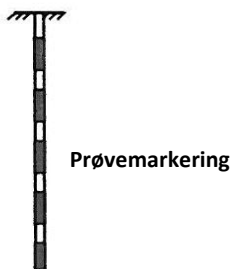
T TOTALSONDERING (NGF MELDING 9)

Kombinerer metodene dreietrykksondering og bergkontrollboring. Det benyttes $\phi 45$ mm skjøtbare borstenger og $\phi 57$ mm stiftborkrone med tilbakeslagsventil. Under nedboring i bløte lag benyttes dreietrykkmodus, og boret presses ned i bakken med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min. Når faste lag påtreffes økes først rotasjonshastigheten. Gir ikke dette lag av boret benyttes spyling og slag på borkronen. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres kontinuerlig og vises på diagrammets høyre side, mens markering av spyletrykk, slag og bortid vises til venstre.



⊙ MASKINELL NAVERBORING

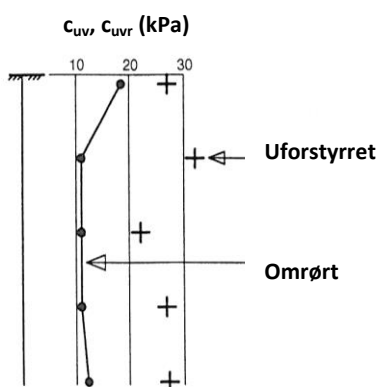
Utføres med hul borstang påsveiset en metallspiral med fast stige høyde (auger). Med borrhigg kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet mellom spiralskivene. Det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



⊙ PRØVETAKING (NGF MELDING 11)

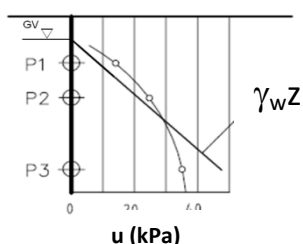
Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet. Vanligvis benyttes stempelprøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylinderen kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På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

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



+ VINGEBORING (NGF MELDING 4)

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



⊖ PORETRYKSMÅLING (NGF MELDING 6)

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

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

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

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

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

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

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

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

SKJÆRFASTHET

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

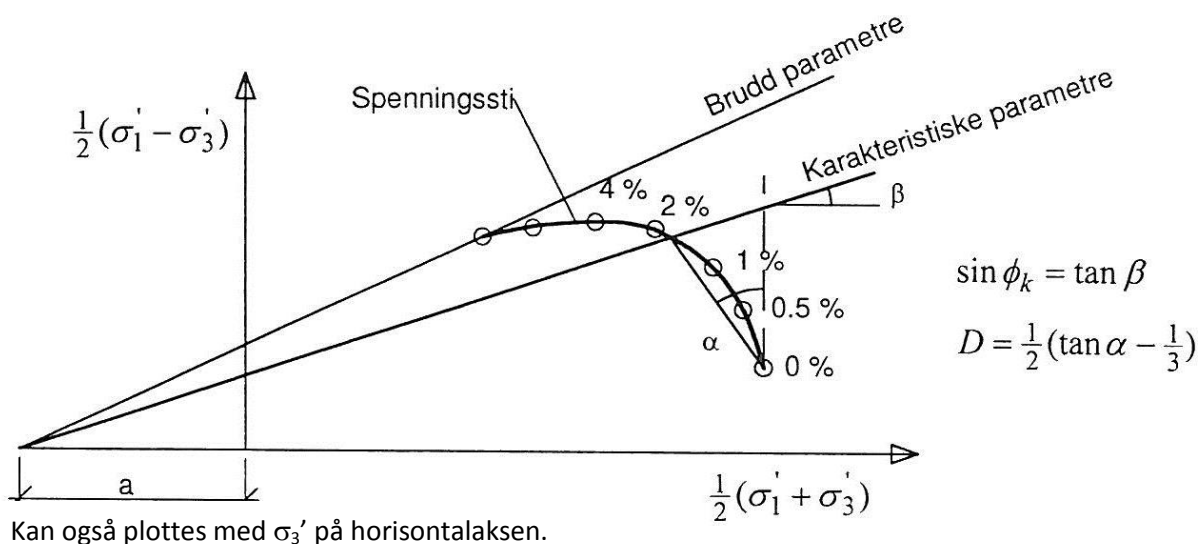
Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre a , c , ϕ ($\tan\phi$) (kPa, kPa, °, (-))

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

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

Totalspenningsanalyse: Udrenert skjærfasthet, c_u (kPa)

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



SENSITIVITET S_t (-)

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

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

PORETALL OG PORØSITET (NS 8014)

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

KORNFORDELINGSANALYSER (NS 8005)

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

DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER (NS 8017 & 8018)

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

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

PERMEABILITET (k cm/sek eller m/år)

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

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

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

TELEFARLIGHET

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

HUMUSINNHOOLD

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.

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – FELTUNDERSØKELSER

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

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

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – LABORATORIEUNDERSØKELSER

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

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