

Brutomta AS

► Peter Øiens gate

Byggetrinn 2

Geoteknisk prosjektering

Oppdragsnr.: 5190262 Dokumentnr.: RIG-01 Versjon: J01 Dato: 2019-04-02



Oppdragsgiver: Brutomta AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Ove Olsen
Rådgiver: Norconsult AS, Okkenhaugvegen 4, NO-7604 Levanger
Oppdragsleder: Henning Tiarks
Fagansvarlig: Henning Tiarks
Andre nøkkelpersoner: Christofer Klevsjø

J01	2019-04-02	til bruk	Henning Tiarks	Christofer Klevsjø	Henning Tiarks
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 har gjennomgått prosjekteringsforutsetninger og vurdert grunnforholdene.

- Tomta var bebyggt tidligere. Det forekommer fyllmasser på byggetomta med ulik karakteristikk: Leire og silt med humusinnblanding og enkelte teglsteinrester inntil 1,2m dybde.
- Det er ikke mistanke på forurenset grunn.
- Grunnlaget for geoteknisk prosjektering av tiltaket er tilstrekkelig med boringer i nærheten og prøvetaking på tomte.
- 3-etasjers bygg kan fundamenteres direkte i grunnen med hel plate og kompensasjon av lastene.
- Kompensert fundamentering med lette masse medfører masseutskifting ned til kote +1, ca. 2 – 2,5 m dybde, deler av byggegropa kommer i konflikt med berg.
- Det er lite fare for fundamentsetninger, laboratorieresultater indikerer noe overkonsoliderte grunnforhold.

► Innhold

1	Orientering oppgaveforståelse	5
2	Prosjekteringsgrunnlag	6
2.1	SAK10	6
2.2	Tek 17	7
2.3	Eurokode 0	9
2.4	Eurokode 7	10
2.5	Eurokode 8	10
2.6	Kvalitetssystem og prosjekteringskontroll	12
2.7	SHA grunnarbeider	12
3	Grunnforhold	13
3.1	Feltarbeid	13
3.2	Lagdeling	13
3.3	Laboratoriearbeid	15
3.4	Geotekniske parametre	15
3.5	Grunnvann	15
4	Geotekniske vurderinger	16
4.1	Direkte fundamentering	16
4.2	Bæreevne	16
4.3	Setninger i grunnen	16
4.4	Grunnarbeid	16
5	Videre arbeider	17
6	Referanser	18

TEGNINGER

RIG100 Prinsippsnitt NV-SØ

VEDLEGG

A Laboratorierapport

1 Orientering oppgaveforståelse

Ved siden av byggetrinn 1 skal det utføres et leilighetsbygg med tre etasjer som trekonstruksjon. Jf. muntlig opplysninger er gulvnivå planlagt å ligge på kote +3,2, dvs. rundt eksisterende terrengnivå.

Det er oversendt lastoverslag fra RIB (Trønderplan, Steinkjer) med brukslast på 26,2 kN/m².



Figur 1-1: Fasade av planlagt bygg (kilde: skisse fra jonark).

2 Prosjekteringsgrunnlag

Gjeldende regelverk for geoteknisk prosjektering er gitt i:

- Byggesakforskriften SAK10 § 14, ref. [1]
- Byggeteknisk forskrift TEK17 §§ 7 og 10, ref. [2]
- Eurokode 0 - Grunnlag for dimensjonering av konstruksjoner NS-EN 1990-1:2002 +A1:2005+ NA:2016, ref. [3]
- Eurokode 7 - Geoteknisk prosjektering NS-EN 1997-1:2004 + +A1:2013 + NA:2016, ref. [4]
- Eurokode 8 – Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning NS-EN 1998-1:2004 + A1:2013 + NA:2014, ref. [5]

Ved prosjekteringa er det i tillegg brukt:

- Statens vegvesens håndbøker:
N200 Vegbygging
V220 Geoteknikk i vegbygging

2.1 SAK10

SAK10 § 14 stiller krav til kontroll av tiltaket. §14.2 gjelder obligatoriske krav om uavhengig kontroll. For tiltak i tiltaksklasse 2 og 3 skal det blant annet gjennomføres uavhengig kontroll av geoteknikk:

«hvor kontrollkravet for prosjektering begrenses til kontroll av at det er gjort kvalifisert undersøkelse for å bestemme geoteknisk kategori og fastsettelse av pålitelighetsklasse, og kontrollkravet for utførelse begrenses til at geotekniske oppgaver er gjennomført og dokumentert som prosjektert, herunder at de er fulgt opp og rapportert slik som anvist av prosjekterende»

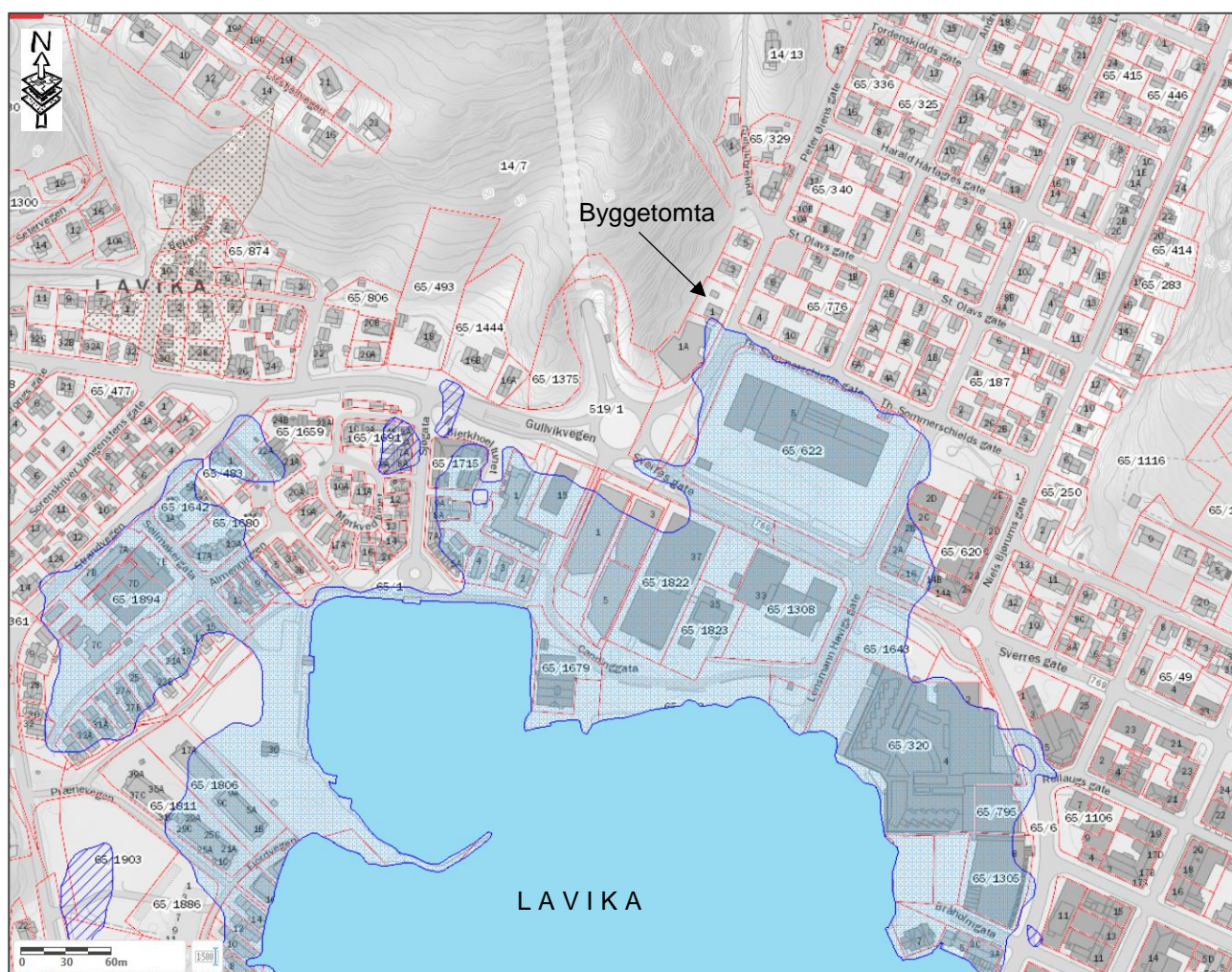
Dette prosjektet plasseres i **tiltakskategori 2**, jf. punkt 2.1.3. Av dette følger at det er nødvendig med uavhengig kontroll av geoteknisk prosjektering og av utførelse – geoteknikk.

2.2 Tek 17

TEK10 §7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger

Ifølge TEK17 §7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger, skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger som flom, stormflo og ras.

NVEs flomsonekart (figur 2-1) viser hvilke områder som blir oversvømt i en flomsituasjon og med hvilke gjentaksintervall. Det er i særlige utkanten at tomta berøres av 200-års flomsone. Det er ikke reell risiko for flom på tomta.



Figur 2-1: Utsnitt fra flomsonekart Namsos (200-års flom), (<http://atlas.nve.no/>).

Det er jevnt terreng og ingen bekk eller strandsone i nærheten som påvirker løsmasseskredfaren. Områdestabilitet vurderes som tilfredsstillende [Ref.8].

Kravene i TEK17 §7 vurderes å være oppfylt.

TEK17 §10 Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 17 §10.1 vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (Eurokoder).

I veiledningen til TEK17 står det: Forskriftens krav er oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard. Korrekt bruk av prosjekteringsstandardene gir samlet det nivået som tilsvarer det sikkerhetsnivået som er akseptert av myndighetene. Ved å benytte standarder (Eurokoder) som angitt i pkt. 2.1, vil TEK17 §10 være ivaretatt.

2.3 Eurokode 0

NS-EN 1990:2002/NA:2008 definerer byggverks plassering med hensyn til konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/RC). Veiledende eksempler på klassifisering av byggverk i pålitelighetsklasser er vist i tabell NA.A1 (901):

Tabell NA.A1(901) – Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitelighetsklasse (CC/RC)			
	1	2	3	4
Atomreaktorer, lager for radioaktivt avfall				x
Dammer			x	(x)
Marine konstruksjoner for petroleumsindustrien			x	(x)
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller ¹⁾		(x)	x	(x)
Veg- og jernbanebruer			x	
Byggverk med store ansamlinger av mennesker (tribuner, kinosaler, sportshaller, kjøpesentere, forsamlingslokaler, osv.)		(x)	x	
Kai- og havneanlegg		x	(x)	
Tårn, master, skorsteiner, siloer		x	(x)	
Industrianlegg		x	(x)	
Kontor- og forretningsbygg, skoler, institusjonsbygg, boligbygg osv.		x	(x)	
Fiskerihavner og -anlegg	(x)	x		
Landbruksbygg	x	(x)		
Feste av kledninger, taktekking og lignende komponenter	x	(x)		
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg ved enkle og oversiktlige grunnforhold ¹⁾	x	(x)		
Småhus, rekkehus, mindre lagerhus osv.	x			
Kaier og fortøyningsanlegg for sport og fritid	x			

¹⁾ Ved vurdering av pålitelighetsklasse for grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg skal det også tas hensyn til omkringliggende områder og byggverk.

Figur 2-2: Tabell NA.A1(901) fra NS-EN 1990:2002/NA:2016

Som det framgår av tabellen blir fundamenteringsarbeider ved enkle og oversiktlige grunnforhold plassert i pålitelighetsklasse 1 eller 2.

Det velges lik pålitelighetsklasse for både grunn- og fundamentering som for bygget. Ut fra dette vurderes at prosjektet skal ligge i:

- **pålitelighetsklasse 2.**

2.4 Eurokode 7

NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 stiller krav til prosjektering ut fra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 "Krav til prosjektering". Prosjektet innebærer fundamentering på kvalitetsmasser/masseutskifting direkte i grunnen uten unormal risiko. Det skal ikke graves under grunnvannsnivå.

Med dette som grunnlag velges følgende krav til prosjektering:

- Fundamentering: Geoteknisk kategori 1

Dette medfører at prosjekteringen kan utføres med grunnlag i kvalitative undersøkelser og lokal erfaring for å sikre at de grunnleggende kravene blir oppfylt.

2.5 Eurokode 8

Konstruksjoner i seismiske områder skal dimensjoneres og oppføres på en slik måte at de oppfyller gjeldende krav, slik som motstand mot sammenbrudd og skadebegrensning, med tilstrekkelig grad av pålitelighet.

Grunnforholdene klassifiseres i grunntype D jf. Eurokode 8, *tabell 3.1 Grunntyper*.

Tabell 3.1 – Grunntyper

Grunntype	Beskrivelse av stratigrafisk profil	Parametere		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (slag/30cm)	c_u (kPa)
A	Fjell eller fjell-liknende geologisk formasjon, medregnet høyst 5 m svakere materiale på overflaten.	> 800	–	–
B	Avleiringer av svært fast sand eller grus eller svært stiv leire, med en tykkelse på flere titalls meter, kjennetegnet ved en gradvis økning av mekaniske egenskaper med dybden.	360 – 800	> 50	> 250
C	Dype avleiringer av fast eller middels fast sand eller grus eller stiv leire med en tykkelse fra et titalls meter til flere hundre meter.	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	Avleiringer av løs til middels fast kohesjonsløs jord (med eller uten enkelte myke kohesjonslag) eller av hovedsakelig myk til fast kohesjonsjord.	< 180	< 15	< 70
E	En grunnprofil som består av et alluviumlag i overflaten med v_s -verdier av type C eller D og en tykkelse som varierer mellom ca. 5 m og 20 m, over et stivere materiale med $v_s > 800$ m/s.			
S ₁	Avleiringer som består av eller inneholder et lag med en tykkelse på minst 10 m av bløt leire/silt med høy plastisitetsindeks ($PI > 40$) og høyt vanninnhold.	< 100 (indikativ)	–	10 - 20
S ₂	Avleiringer av jord som kan gå over i flytefase (liquefaction), sensitive leirer eller annen grunnprofil som ikke er med i typene A – E eller S ₁ .			

Figur 2-3: Seismiske grunntyper for klassifisering av grunnforhold.

2.6 Kvalitetssystem og prosjekteringskontroll

Krav til kontroll av prosjektering og utførelse er gitt i tabell NA.A1(902) som vist i figur 2-5.

Det kreves utvidet kontroll iht. Eurokode 0 for prosjektering og utførelse.

Tabell NA.A1(902) – Valg av prosjekteringskontrollklasse og krav til kontrollform ved prosjektering				
Valg av prosjekteringskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste prosjekteringskontrollklasse	Egenkontroll (DSL 1) ¹⁾	Intern systematisk kontroll (DSL 2) ¹⁾	Utvidet kontroll (DSL 3) ¹⁾
1	PKK1 ²⁾	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	PKK2 ²⁾	kreves	kreves	kreves
3	PKK3	kreves	kreves	kreves
4	Skal spesifiseres	kreves	kreves	kreves

¹⁾ Se punkt B4 (informativt tillegg B) for betegnelsen DSL.
²⁾ Det kan velges høyere prosjekteringskontrollklasse.

Tabell NA.A1(903) – Valg av utførelseskontrollklasse og krav til kontrollform ved utførelse				
Valg av utførelseskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste utførelseskontrollklasse	Egenkontroll (IL 1) ¹⁾	Intern systematisk kontroll (IL 2) ¹⁾	Utvidet kontroll (IL 3) ¹⁾
1	UKK1 ²⁾	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	UKK2 ²⁾	kreves	kreves	kreves
3	UKK3	kreves	kreves	kreves
4	UKK3, eventuelt med tilleggsbestemmelser	kreves	kreves	kreves

¹⁾ Se punkt B5 (informativt tillegg B) for betegnelse IL.
²⁾ Det kan velges høyere utførelseskontrollklasse.

Figur 2-4: Tabell NA.A1(902 og 903) fra NS-EN 1990:2002/NA:2016

2.7 SHA grunnarbeider

De valgte løsningene for grunnarbeidene er tradisjonelle og kjente, og innebærer ingen unormal eller økt risiko i forhold til sammenlignbare arbeider. Utgravingsdybden blir ca. inntil 2,5 m og det forventes ikke å treffe på grunnvann.

Entreprenøren må utarbeide planer for HMS/SHA og på selvstendig grunnlag vurdere risiko forbundet med arbeidene. Det må tas forbehold for evt. forurenset grunn pga. tidligere virksomhet på tomta.

For arbeider som blir vurdert som kritiske, må det utføres sikker-jobb-analyse SJA.

3 Grunnforhold

3.1 Feltarbeid

Grunnforholdene består av leire som er overdekket av fyllmasser og tørrskorpeleire. Det er synlig berg i mot nordvestlig tomtegrense.

Det er utført en prøvesjakt på ca. 7 m lengde for å kartlegge bergforløpet. Jordprofil er registrert i nordvestlig og sørøstlig ende av sjakta.

Profilene viser sammenlignbare grunnforhold og indikerer helning av bergoverflaten med 1:2 mot sørøstlig retning. I dypere delen av sjakten (1B-NO19) er det tatt en uforstyrret prøve av leirematerialer med en 54-mm stålsylinder. Stålsylinderen er presset inn med håndmakt og trukket opp med gravemaskin.

Sjaktprofilen og beliggenheten er vist i tegning RIG100.

Tabell 3-1: Sjakt punkt 1-3NO18, høyder NN2000 og koordinater UTM32 tatt ut fra kartgrunnlag.

Sjakt nr.	Nord	Øst	Z [kote]	Løsmasse [m]	Avsluttet på fjell
1A-NO19	7151761	619587	3,3	1,2	ja
1B-NO19	7151760	619590	3,0	3,6	nei

Ved tidligere grunnundersøkelser for byggetrinn 1 ved sørlige byggetomt er det påvist ca. 5 m løsmasser over berg. Boringer ligger ca. 15 - 30 m øst for aktuelt område [Ref.8].

3.2 Lagdeling

Følgende lagdeling er karakteristisk for tomten:

- Lag 1 (0,0 – 1,2 m): Ulike fyllmasser, matjord og tørrskorpeleire.
- Lag 2 (1,2 – 3,0 m): Leire, middels fast til bløt, noe plastisk
- Lag 4 (>3,0 m): Leirig silt – leire med skjell, fast.



Figur 3-1: Bilder fra sjakt 1N018.

3.3 Laboratoriearbeid

Det undersøkt prøvemateriale fra en 54 mm stålsylinder meddbestemmelse av geotekniske rutineparametre og ødometerforsøk. Prosedyrer og resultater er sammenstilt i laboratorierapport (Vedlegg A). Tabell 3-1 viser avledete deformasjonsparametere.

Tabell 3-2: Avledete deformasjonsparametere fra ødometerforsøk i leire lag 2.

Borpunkt nr.	Høydekote [m]	Prøvedybde [m]	Parametere					
			Effektiv- spenning σ_{v0}' [kPa]	Prekonsolidering			Deformasjonsmodul	
				σ_c' [kPa]	POP= $\Delta\sigma_c'$ [kPa]	OCR	M_{nc} [MPa]	M_{oc} [MPa]
1B-NO19	+ 3,0	2,60	49	100	51	2,0	2	3,5

3.4 Geotekniske parametre

Med grunnlag i sjakting og erfaringsdata fra nærområdet er geotekniske parametre sammenstilt i tabell 3-2.

Resultater fra laboratorierapport er vedlagt. Ødometerforsøk fra 2,6 m dybde (Tabell 3-2) indikerer en forbelastning av materiale i lag 2.

Tabell 3-3: Geotekniske parametre for prosjektering.

Lag	Tyngdetetthet γ [kN/m ³]	Friksjonsvinkel ϕ [grader]	Attraksjon a [kPa]	Deformasjonsstall m [kPa]
Lette masser, Glasopor	3,5	45	-	100 - 400
Lag 1 Fylling av ulik kvalitet (masseutskiftes)	-	-	-	-
Lag 2 Leire, middels fast - bløt meget telefarlig	19	27	5	20
Lag 3 Leirig silt - leire, fast, skjellrester meget telefarlig	19	34	5	100 - 200

3.5 Grunnvann

Det er ikke påtruffet grunnvannsførende lag under prøvesjaktingen. Det vurderes generelt at grunnvannsnivå ligger rundt kote +1,0.

4 Geotekniske vurderinger

4.1 Direkte fundamentering

Med berg i dagen ved nordvestlige tomtegrensen er det stor fare for differansesetninger av konstruksjonen. Bygget anbefales å utføre med helfundamentplate for å minimere differansesetninger.

Setningsproblematikken unngås med å kompensere tilleggsspenninger fra bygningslast. Det må masseutskiftes tunge masse og delvis undersprenges berget ned til kote +1. Massene ned til kote +1 erstattes med lette masser. Ved bruk av f.eks. Glasopor ($3,5 \text{ kN/m}^2$) kompenseres undergrunnen for brukslastene på $26,2 \text{ kN/m}^2$ med masseutskifting på 1,7 m mektighet (ser pkt. 4.3).

4.2 Bæreevne

Bæreevne for planlagt fundamentplate er tilstrekkelig og ikke dimensjonerende for prosjektet.

4.3 Setninger i grunnen

Massenes setningsegenskaper (tabell 3-2) er vurdert på grunnlag av erfaringsdata og grunnundersøkelser i nærområdet Ref. [9]. Med foreslått kompensert fundamentering forventes lite til ingen setninger i grunnen. Påvist overkonsolidering av grunnforhold innebærer en tilleggssikkerhet, da POP-verdien ikke er tatt med i beregningen av fundamentkompensasjon. Overgang fra lette masser til tunge masser rund fundamentplate må utføres med en meter bred buffer som kiler ut mot tunge masser med ca. 1:1 helning.

4.4 Grunnarbeid

Alle gamle konstruksjoner og uegnete fyllmasser må fjernes fra arealet som skal bebygges. Det tilbakefylles med lette masser som legges ut lagvis og komprimeres jf. leverandørens anvisninger og NS 3458. For Glasopor regnes 10-15% volumendring som tilstrekkelig.

Det må legges fiberduk klasse 3 i graveplan som skal omhulle lettfyllingen. Lettfyllingen påføres et avrettingslag under fundamentplate.

Byggegrøp kan utføres med fri graveskråninger i 1:1 helning. Det forventes ikke graving i nivå med grunnvann eller tilsig. Dersom det skulle oppstå vannulemper i byggegrøpa må det etableres pumpekummer. Står grunnvann høyere enn graveplan må geoteknikker varsles. Da det er berg i dagen i nordvestlige skråningen er det ikke behov for oppstøtting av byggegrøp mot nordvest.

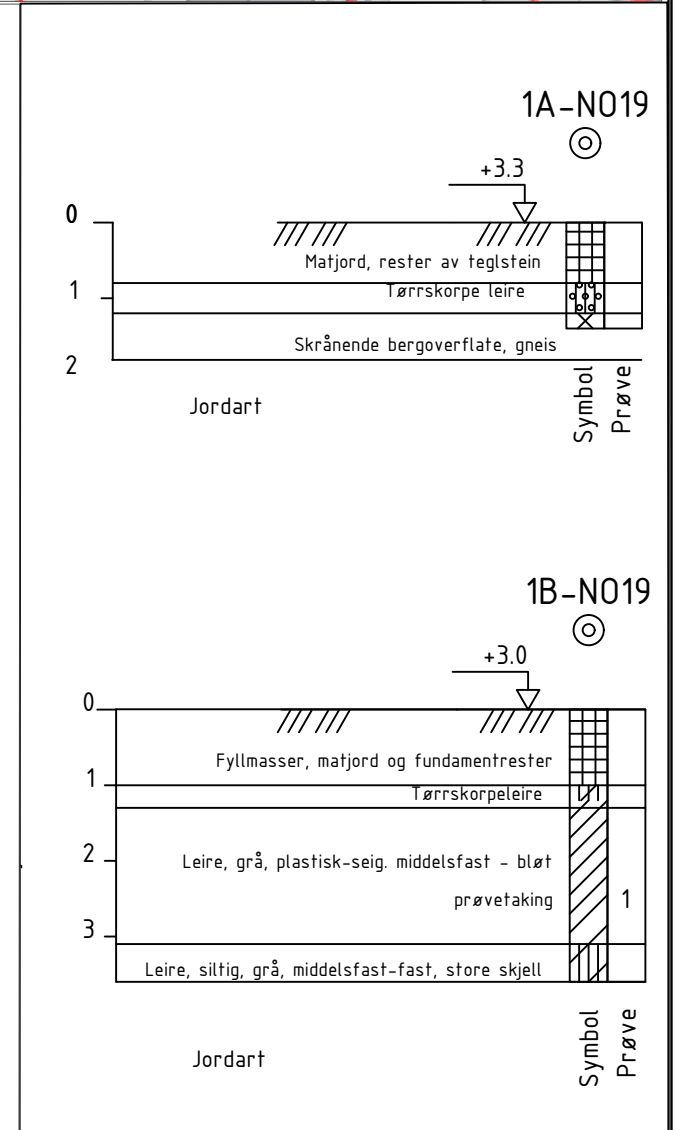
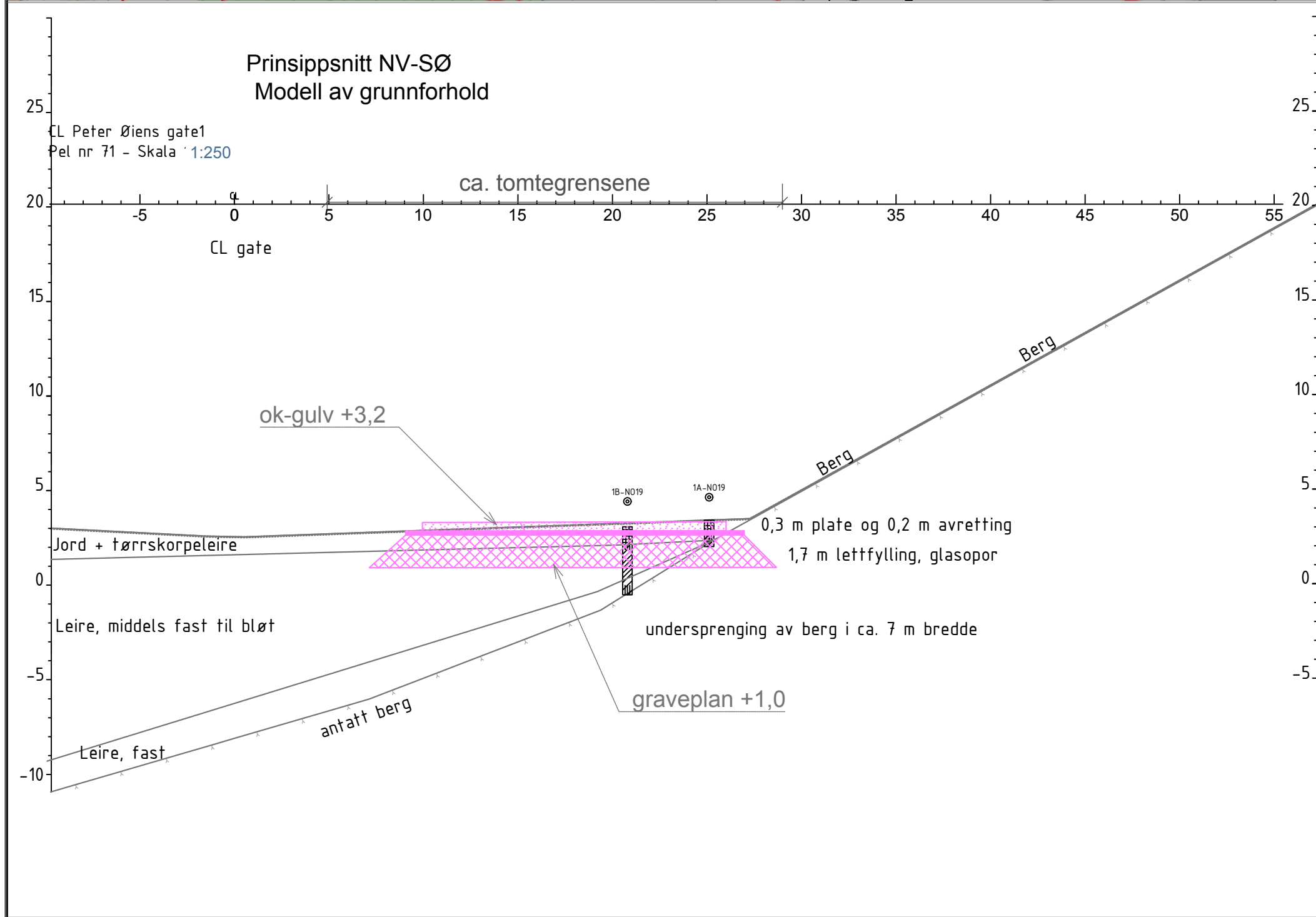
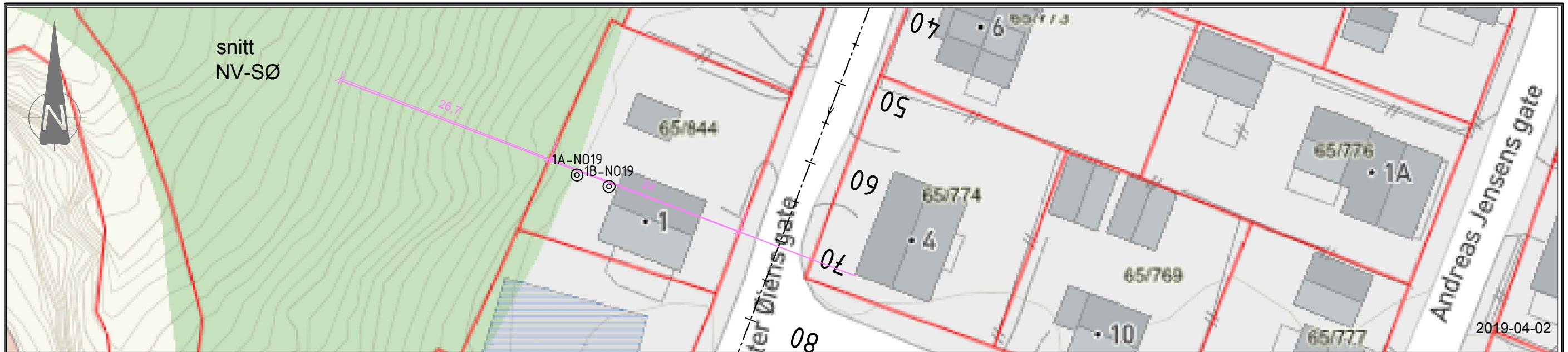
5 Videre arbeider

- Kontrollplan for anleggsarbeid:

Kontrollpunkt	Omfang/beskrivelse	Ansvarlig/utføres av
Grunnforhold	Visuell kontroll av massene i graveplan. Det skal være middels fast til myk/bløt leire, ikke flytende. Påse at massene ikke har innhold av humus eller is og snø. Skråningshelninger kontrolleres fortløpende, evt. vanninnsig.	Entreprenør
Masseutskifting	Masser legges ut lagvis og komprimeres iht. leverandørens anvisninger og jf. NS 3458. Dokumentasjon av oppnådd komprimering, for eksempel med nivellering: Mindre enn 10% av totalsetning ved siste overfart.	Entreprenør

6 Referanser

- [1] Byggesakforskriften <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-488?q=byggesaksforskrift>
- [2] Byggeteknisk forskrift <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-489?q=teknisk+forskrift>
- [3] NS-EN 1990-1:2002 + NA:2008 Eurokode 0 - Grunnlag for dimensjonering av konstruksjoner
- [4] NS-EN 1997-1:2004 + NA:2008 Eurokode 7 - Geoteknisk prosjektering
- [5] NS-EN 1998-1:2004 + NA:2008 Eurokode 8 – Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning
- [6] Statens vegvesen: håndbok N200 Vegbygging
- [7] Statens vegvesen: håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging
- [8] Multiconsult (2014): Peter Øiens gate 1 – Grunnundersøklser, stabilitet og fundamentering, datert 16. januar 2014



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.

Brutomta AS	Målestokk (gelder A3)	1:50
Peter Øiens gate 1 Byggetrinn 2 Grunnundersøkelse Prinsippsnitt for lagdeling og sjaktprofiler 01-N019		
Norconsult	Oppdragsnummer 5190262	Tegningsnummer RIG100
	Revisjon J01	

Brutomta AS

► Peter Øiensgate, Namsos

Geoteknisk laboratorierapport

Oppdragsnr.: 5190262 Dokumentnr.: LAB01 Versjon: J01 Dato: 2019-03-28



Oppdragsgiver: Brutomta AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Ove Olsen
Rådgiver: Norconsult AS, Neptunvegen 6, NO-7650 Verdal
Oppdragsleder: Henning Tiarks
Fagansvarlig: Synne Tveiten
Andre nøkkelpersoner: Hilde Risung og Maria Berg Hestad

J01	2019-03-28	For Bruk	HiRis	SyTve	HeTia
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.

► Innhold

1	Generelt	4
2	Forsøksresultater	5
3	Korngraderingsanalyser	6
4	Enaksiale trykkforsøk	7
5	Bilder	8
6	Referanser	9
7	Rapportering av laboratorieresultater	10

Vedlegg

Kontinuerlig ødometerforsøk

Kontinuerlig ødometerforsøk, Posisjon 1-NO19, dybde 2,62-2,64 m

1 Generelt

Norconsult er i forbindelse med prosjektet Peter Øiensgate, Namsos engasjert av Brutomta AS for å utføre laboratorieforsøk på prøver fra det aktuelle området.

Feltarbeidet er utført av Norconsult AS under ledelse av boreleder Henning Tiarks. Prøvetakingen er utført i uke 6 og prøvene ankom til Norconsult sitt geoteknisk laboratorium 08.02.2019.

Det har i tillegg til rutineundersøkelser blitt utført ett kontinuerlig ødometerforsøk. Dette resultatet er presentert i eget vedlegg.

2 Forsøksresultater

Tabell 1: Opptatte prøver og laboratoriearbeid

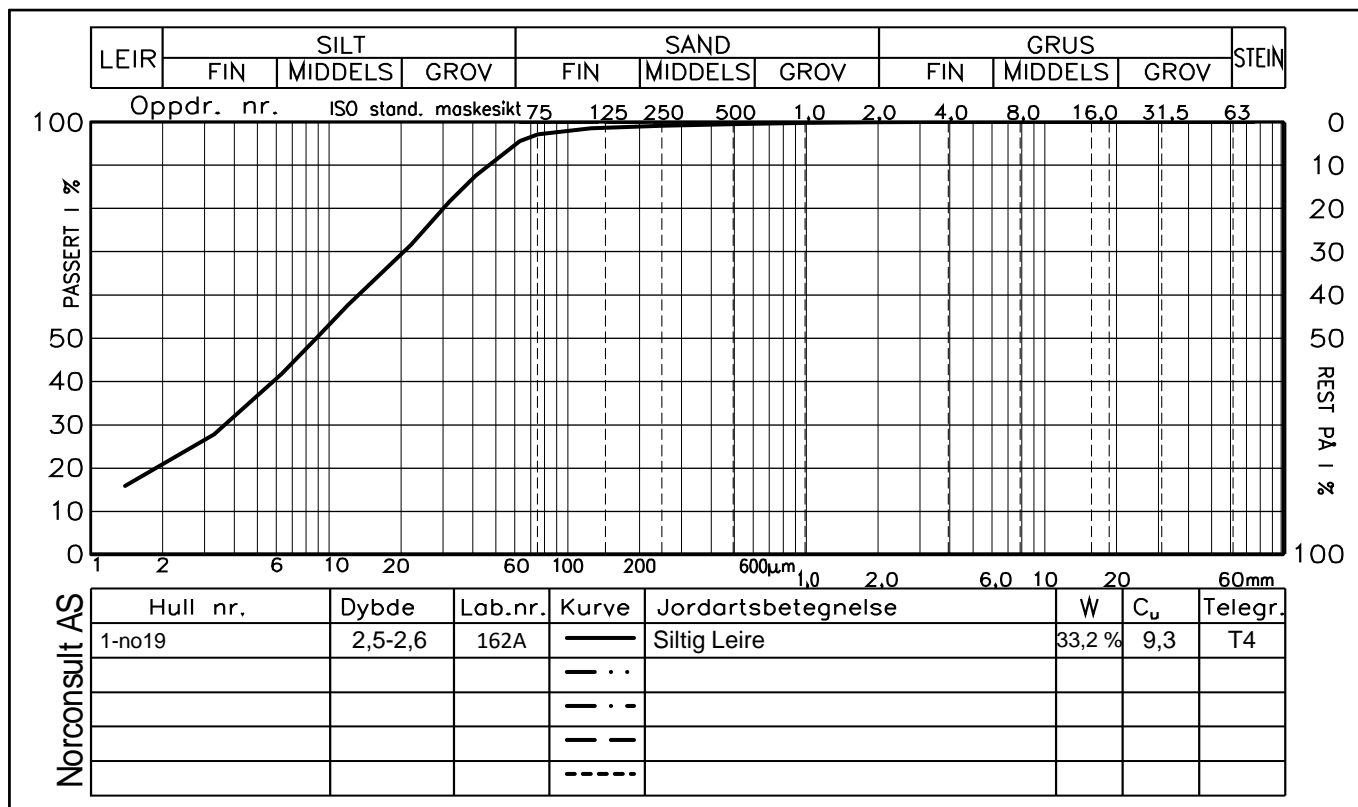
Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	TG [-]	W _L [%]	C _{ufc} [kPa]	C _{urfc} [kPa]	C _{uuc} [kPa]	ε _a [%]	γ [kN/m ³]
1-NO19	54	2,4-3,2	Leire med enkelte gruskorn								19,2
		2,5-2,6	Siltig Leire	31,4	T4						
		2,6-2,7		31,4		32,1	30,4	2,9			
		2,7-2,8		30,1					16,3	8,5	19,8
		2,8-2,9									
		2,9-3,0									
		3,0-3,1									

Jordartsklassifisering basert på korngraderingsanalyser er markert med **fet skrift**, andre prøver er visuelt klassifisert.

Symboler:

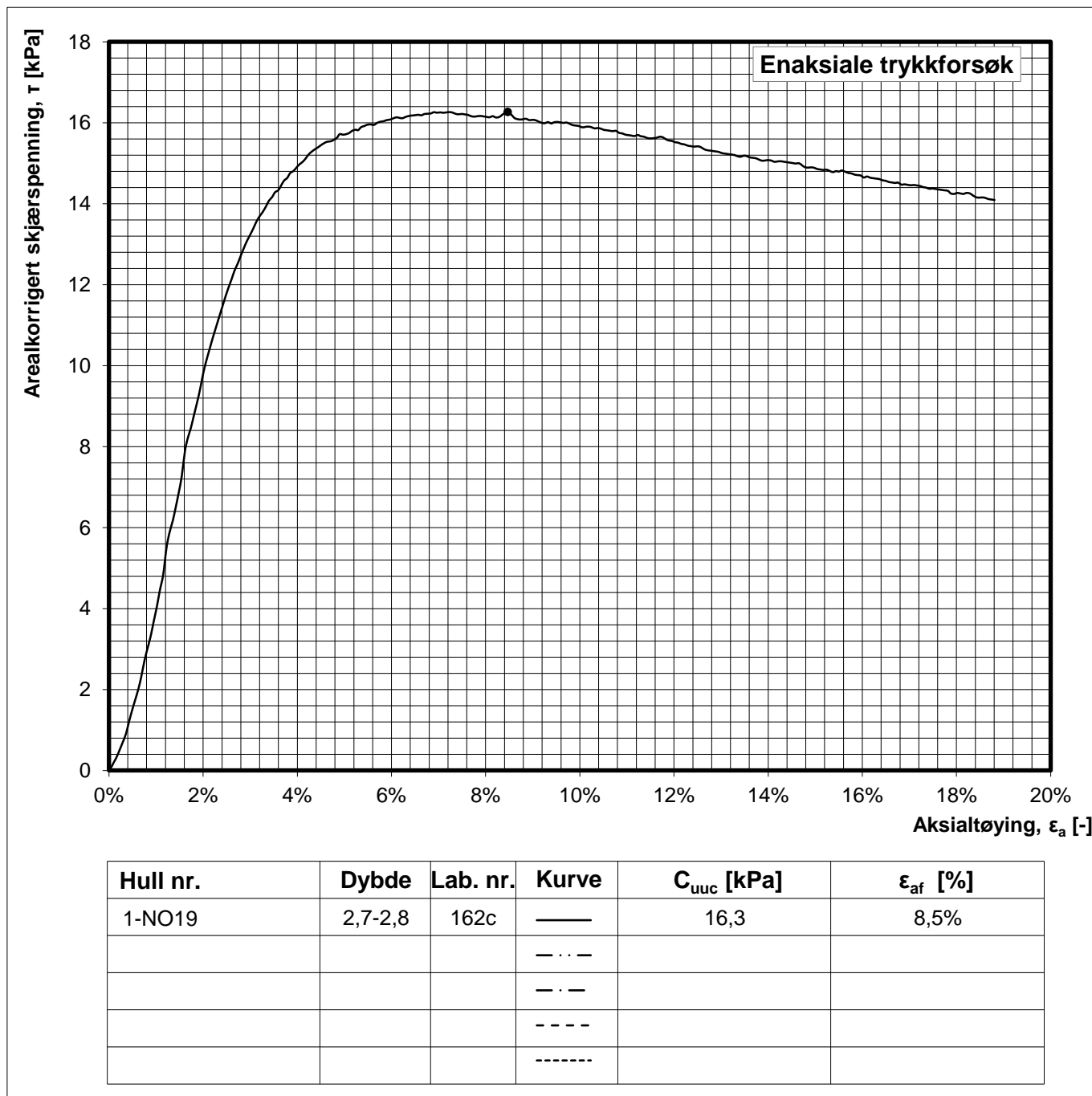
54 mm	Uforstyrret 54 mm sylinderprøve
W	Naturlig in-situ vanninnhold
TG	Telefaregruppe (T1-T4)
W _L	Flytegrense (konus)
C _{ufc}	Intakt skjærfasthet (konus)
C _{urfc}	Omrørt skjærfasthet (konus)
C _{uuc}	Intakt skjærfasthet (enaks)
ε _a	Aksial bruddtøyning (enaks)
γ	Tyngdetetthet

3 Korngraderingsanalyser



Figur 1 Korngraderingskurve i posisjon 1-NO19

4 Enaksiale trykkforsøk



Figur 2 Enaksialt trykkforsøk i posisjon 1-NO19

5 Bilder

Posisjon 1-NO19, dybde 2,4-2,8 m



Enaksialt trykkforsøk. Posisjon 1-NO19, dybde 2,7-2,8 m



6 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 17892-4:2004 *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 4: Determination of particle size distribution.*
- Ref. 6 CEN ISO/TS 17892-6:2004 *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 6: Fall cone test.*
- Ref. 7 CEN ISO/TS 17892-7:2004 *Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 7: Unconfined compression test on fine-grained soils.*

7 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

Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	TG [-]	W _L [%]	C _{ufc} [%]	C _{urfc} [%]	C _{uuc} [%]	ε _a [%]	Y [%]
1-NO19	54	2,4-3,2	Leire med enkelte gruskorn								
		2,5-2,6	Siltig Leire	31,4	T4						
		2,6-2,7		31,4		32,1					
		2,7-2,8		30,1				16,3	8,5	19,8	
		2,8-2,9									
		2,9-3,0									
		3,0-3,1									

og kornfordelingskurvene, som er fra samme prøvedybde, kan variere. Ved avvik benyttes vanninnholdet fra

Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	TG [-]	W _L [%]
1-NO19	54	2,4-3,2	Leire med enkelte gruskorn			
		2,5-2,6	Siltig Leire	31,4	T4	
		2,6-2,7		31,4		32,1
		2,7-2,8		30,1		
		2,8-2,9				
		2,9-3,0				
		3,0-3,1				

❖ 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). For klassifisering benyttes gruppene oppgitt i Tabell 2. I tilfelle kombianalyse kombineres resultatene fra sikting og hydrometeranalysen til én kurve.

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	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 - 30torv
> 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 trinnvis belastning.

En generell modell for spenningsmodul kan defineres som

$$M = m\sigma_a \left(\frac{\sigma'_1 - \sigma'_r}{\sigma_a} \right)^{1-n}$$

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 7.

Tabell 7 Betegnelse basert på sensitivitet

Betegnelse av sensitivitet	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.

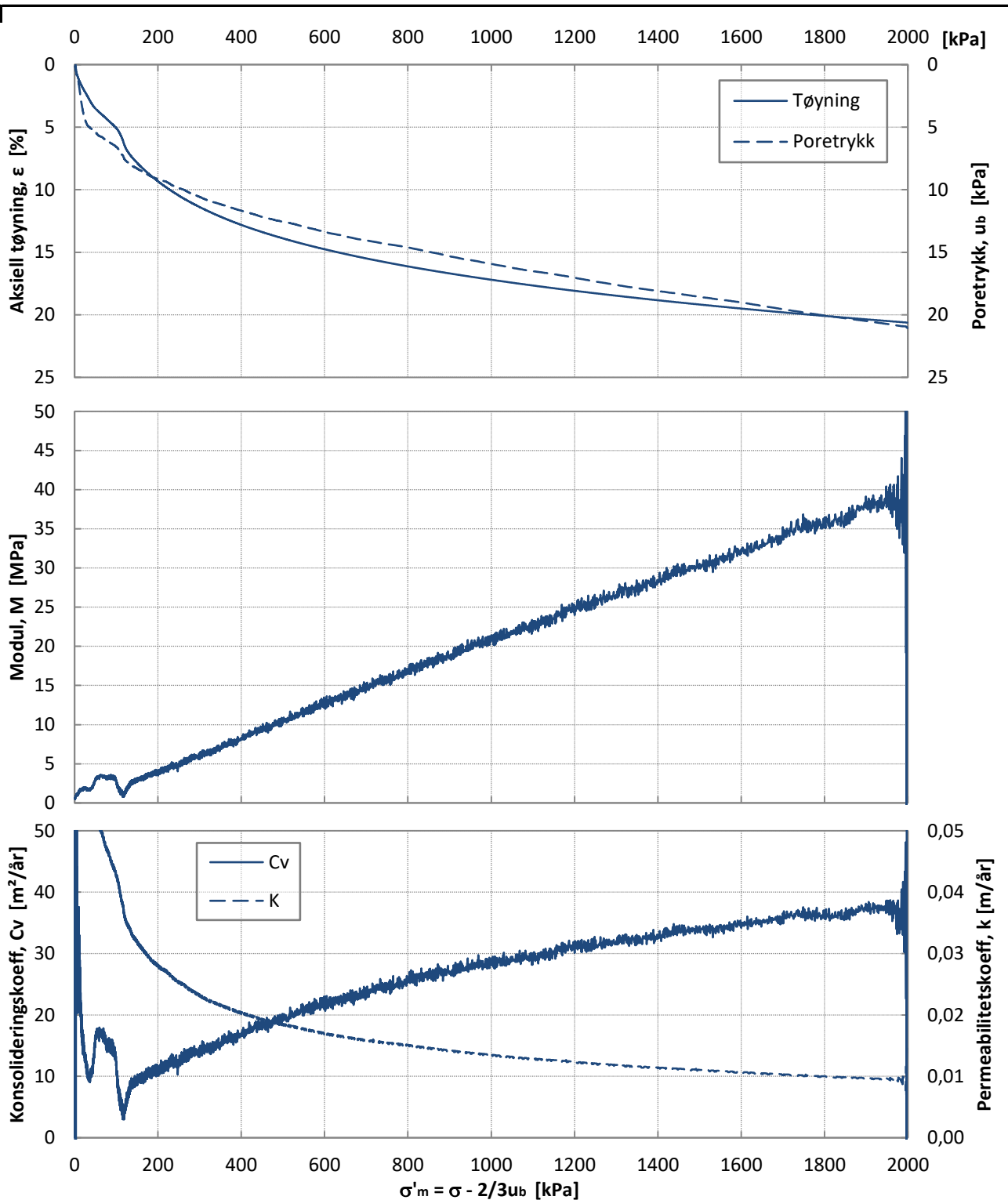
Resultater fra enkelte forsøk kan være påvirket av flere faktorer (som f.eks. steininnhold eller interne sprekker i prøvebiten).


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 laboratedata 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



Kunde Brutomta AS					
Oppdrag nr. Peter Øiensgate	5190262				
Forsøk Ødometerforsøk - CRS		Lab nr: 162B	Posisjon 1-NO19		
Materiale Siltig leire	Prøvediameter [mm] 50	Tyngdetetthet [kN/m^3] 19	Dybde [m] 2,62-2,64		
Prøvetakningsdato 06.02.19	Forsøksdato 11.02.19	Prøvehøyde [mm] 22	Vanninnhold, w_i [%] 33,2	Tøyningshastighet [%/time] 1,505	
Utført HiRis	Kontrollert SyTve	Godkjent HeTia	Rapport 5190262-LAB01	Dato 11.02.19	