
RAPPORT

Geoteknisk Prosjekteringsrapport



Kunde: Nedre Romerike Vannverk IKS
Prosjekt: A120013 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlihavna
Prosjektnummer: 10211253
Dokumentnummer: RIG-R01 Rev.: A02

Sammendrag:

Sweco Norge AS har på oppdrag av Nedre Romerike Vannverk (NRV) utført prosjektering, faregradsklassifisering og stabilitetsvurdering for planlagt VA-trase mellom Sandbekken og Sørlihavna. Den foreliggende rapporten tar for seg delstrekning 1, langs Hovelsrudveien. Det er tidligere utført grunnundersøkelser for strekningen.

Området består generelt av middels fast til bløt leire. Det er i tillegg påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale i ett punkt langs traseen. Det er derfor utført en vurdering av kvikkleireområdet. Konklusjonen er at kvikkleirens beliggenhet i forhold til VA-traseen, ikke medfører risiko for at det utløses skred ved tiltaket.

Sweco har vurdert tiltaket med følgende sikkerhetsprinsipper:

- **Geoteknisk kategori 2**
- **Pålitelighetsklasse (CC/RC) 2**
- **Tiltakskategori K3**

Det er krav til tredjepartskontroll av vurderingene knyttet til kvikkleirevurderingen, og geoteknisk prosjektering i kategori 2.

Rapporteringsstatus:

- Endelig
 Oversendelse for kommentar
 Utkast

Utarbeidet av: Johannes Gaspar Holten	Sign.:  Digitally signed by Johannes Gaspar Holten DN: cn=Johannes Gaspar Holten, c=NO, o=Sweco Norge AS, ou=Geoteknikk Trondheim, email=johannes.holten@sweco.no Date: 2019.09.17 14:49:02 +02'00'
Kontrollert av: Åsmund Elgvasslien	Sign.:  Digitally signed by Åsmund Elgvasslien Date: 2019.09.17 14:52:47 +02'00'
Prosjektleder: Tove Haugland Udon	Prosjekteier: Kirsti Hanebrekke

Revisjonshistorikk:

Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av
A02	18.09.2019	Revidert etter kommentarer fra UAK	NOJHOL	NOASEL
A01	19.08.2019	Original leveranse	NOJHOL	NOASEL

Innholdsfortegnelse

1	Vedlegg	4
1.1	Tegninger	4
1.2	Bilag	4
2	Innledning	5
3	Grunnlag.....	5
4	Grunnundersøkelser	6
4.1	Eksisterende grunnundersøkelser	6
4.2	Nye grunnundersøkelser	6
5	Sikkerhetsprinsipper	6
5.1	Regelverk	6
5.2	Sikkerhet mot naturskade.....	6
5.3	Geoteknisk kategori	6
5.4	Pålitelighetsklasse.....	6
5.5	Kvalitetssystem	7
5.6	Prosjekterings- og utførselskontroll.....	7
6	Terreng og grunnforhold	7
6.1	Terreng.....	7
6.2	Løsmasser og grunnforhold.....	7
6.3	Grunnvann og poretrykk.....	8
6.4	Tolkning av treksialforsøk.....	8
6.5	Tolkning av trykksonderinger.....	8
6.6	Valg av geotekniske parametere	8
7	Kvikkleirevurdering	9
7.1	Tiltakskategori.....	9
7.2	Løsne- og utløpsområde	9
8	Lokalstabilitet.....	10
9	Konklusjon	10
10	Referanser.....	11

1 Vedlegg

1.1 Tegninger

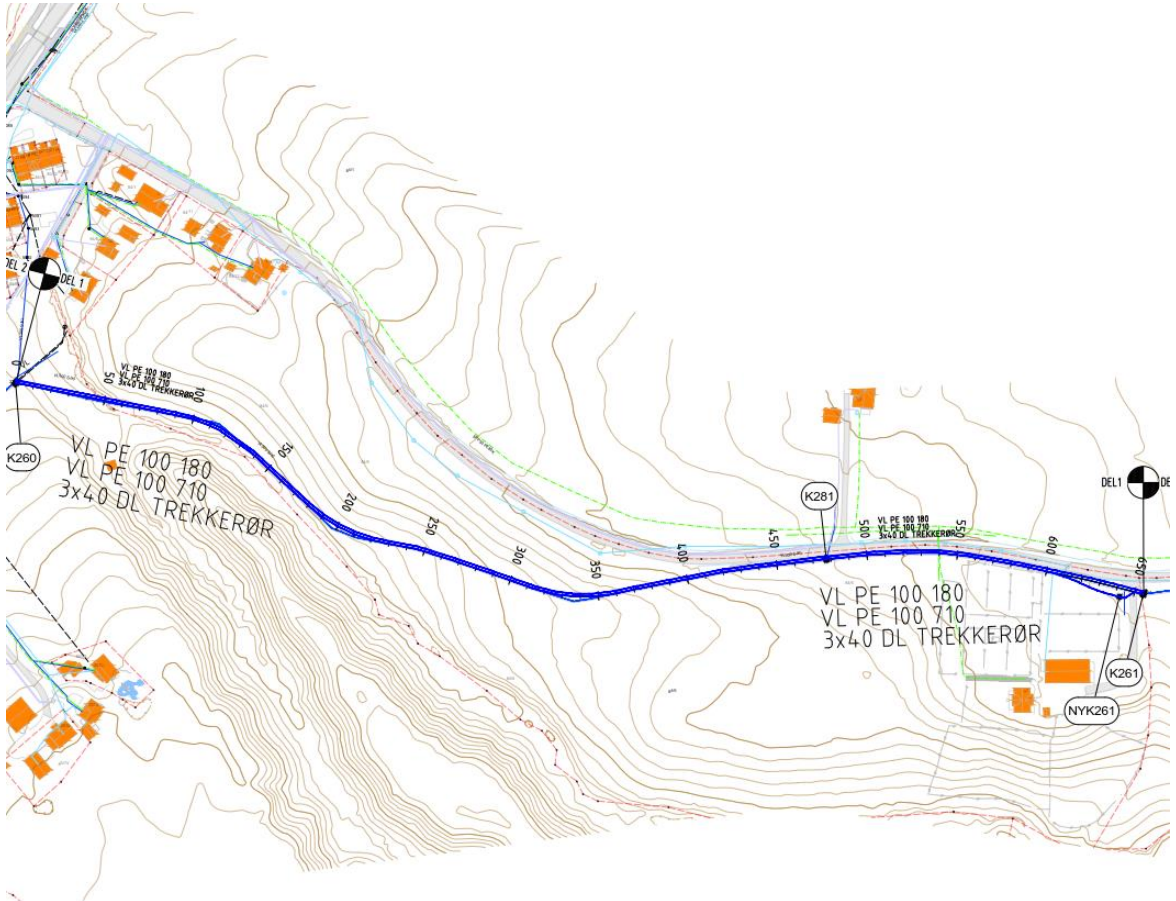
Tegning nr.	Rev nr.	Tittel	Målestokk
G201	A02	Oversiktskart	1:80 000
G202	A01	Oversiktskart – Grunnundersøkelser	1:2 000
G203	A01	Oversiktskart – Terrenghelning	1:1 000
G204	A01	Oversiktskart – Profillinjer	1:2 000
G205	A01	Profil A	1:400
G206	A01	Profil B	1:400
G207	A01	Profil C	1:200
G208	A01	Profil D	1:200
G209	A01	Profil A – Løsneområde	1:500
G210	A02	Profil D – Beregning av lokalstabilitet	1:200
G211	A02	Løsne- og utløpsområde	1:5 000

1.2 Bilag

1. Tolkning av CPTU
2. Tolkning av treksialforsøk
3. Vurdering av faregrad
4. Vurdering av løsne- og utløpsområde.

2 Innledning

Sweco Norge AS har på oppdrag av Nedre Romerike Vannverk (NRV) utført prosjektering, faregradsklassifisering og stabilitetsvurdering for planlagt VA-trase mellom Sandbekken og Sørlilhavna. I denne omgang er det kun en kortere delstrekning som er involvert i vurderingen. Tiltaket medfører utbygging langs tomt med Gnr/Bnr 84/6 og 85/2 i Lørenskog kommune. Se Figur 1 for plassering av tiltaket. For oversiktskart se tegning G201.



Figur 1: Plassering av tiltak. Figur er hentet fra tegning VA-01-100 Oversiktstegning Del 1

Sweco har utført grunnundersøkelser på og ved tomten, som vil ligge til grunn for vurderinger foretatt i rapporten. Løsmassene på tomten består i hovedsak av et lag tørrskorpeleire, over tykt lag av middels fast leire. I ett borpunkt er det påvist kvikkleire. Dybde til fjell er ikke påvist langs traseen.

3 Grunnlag

Prosjektering av VA-traseen er utført på bakgrunn av kart og dybdeprofiler utarbeidet for strekningen. Gjeldende grunnlag er:

- Tegning VA-01-100
- Tegning VA-01-201
- Tegning VA-01-202
- Tegning VA-01-401

4 Grunnundersøkelser

4.1 Eksisterende grunnundersøkelser

Sweco Norge er ikke kjent med at det er utført grunnundersøkelser langs den aktuelle strekningen tidligere.

4.2 Nye grunnundersøkelser

Det vises til datarapport *10211253-RIG-R01-A01* [1] der grunnundersøkelser for dette prosjektet er dokumentert. Alle benyttede grunnundersøkelser er samlet i tegning G202.

5 Sikkerhetsprinsipper

5.1 Regelverk

Gjeldende regelverk legges til grunn for prosjekteringen, og for geoteknisk prosjektering gjelder dermed:

- ✓ *NS-EN 1990-1:2002 + NA:2016 (Eurokode 0)* [2],
- ✓ *NS-EN 1997-1:2004 + NA:2008 (Eurokode 7)* [3],
- ✓ *NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014 (Eurokode 8)* [4],
- ✓ *TEK 17* [5].

I tillegg, og i den grad de er relevante, er følgende veiledninger og håndbøker benyttet:

- ✓ *Statens vegvesen (SVV), Håndbok V220, Geoteknikk i vegbygging* [6],
- ✓ *Veiledning til TEK 17.*
- ✓ *NVE, Sikkerhet mot kvikkleireskred 7/14* [7]

5.2 Sikkerhet mot naturskade

I henhold til *TEK 17 § 7* [5] skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred). Den gitte tomten er delvis innenfor aktsomhetsområdene for flom som er angitt av NVE. Dette gjelder kun for den nord-vestligste delen av traseen. Det er ingen registrerte skredhendelser som har påvirket tomtene. Det er derfor ingen overhengende fare for flom eller jord-/steinskred på tomtene. Det er påvist kvikkleire i umiddelbar nærhet til tiltaket. Sikkerhet mot kvikkleireskred er derfor vurdert i eget avsnitt.

5.3 Geoteknisk kategori

NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 [3] 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 konvensjonelle konstruksjoner og fundamenter uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- og belastningsforhold, og prosjekteringen innebærer kvantitative geotekniske data og analyser. På bakgrunn av det faller prosjektet inn i **geoteknisk kategori 2**.

5.4 Pålitelighetsklasse

NS-EN 1990:2002+NA:2016 [2] definerer byggverks/konstruksjoners plassering med hensyn til konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/RC). Konsekvensklasser er behandlet i standardens

tillegg B i tabell B1 (informativt), mens veiledende eksempler på klassifisering av byggverk i pålitelighetsklasser er vist i nasjonalt tillegg NA (informativt), tabell NA.A1 (901).

I denne tabellen er grunn- og fundamenteringsarbeider splittet i følgende to alternativer:

- ✓ Kompliserte tilfeller,
- ✓ Enkle og oversiktlige grunnforhold.

Det aktuelle prosjektet plasseres i **pålitelighetsklasse (CC/RC) 2**, i henhold til tabell NA.A1 (901), da prosjektet omfatter VA-ledning uten unormalt vanskelige grunnforhold, men hvor VA-ledningen er av kritisk infrastruktur.

5.5 Kvalitetssystem

NS-EN 1990:2002+NA:2016 [2] krever at ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal et kvalitetssystem være tilgjengelig, og at dette systemet skal tilfredsstillende NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Swecos kvalitetssystem tilfredsstiller sistnevnte, og kravet er derfor ivaretatt også for pålitelighetsklasse 2.

5.6 Prosjekterings- og utførselskontroll

NS-EN 1990:2002+NA:2016 [2] gir videre føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse. Pålitelighetsklasse 2 innebærer i henhold til tabell NA.A1 (902) og NA.A1 (903) at det for prosjekteringskontroll av geotekniske arbeider kan forutsettes en prosjekteringskontrollklasse **PKK2** for bygge- og fundamenterings-arbeidene.

For prosjektering av fundamenteringen gjelder dermed at det utføres egenkontroll ("DSL 1"), intern systematisk kontroll (DSL 2) og i tillegg utvidet kontroll (DSL 3). I henhold til standarden kan prosjekteringskontrollklasse **PKK2** begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket.

For utførelsen gjelder at det skal utføres egenkontroll (IL 1), intern systematisk kontroll (IL 2) og i tillegg utvidet kontroll (IL 3). I henhold til standarden skal utvidet utførelseskontroll i utførelseskontrollklasse **UKK2** bekrefte at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det utførende tiltaket.

6 Terreng og grunnforhold

6.1 Terreng

Tomta med Gnr/Bnr 84/6 og 85/2 består i dag av dyrket mark. Terrengt heller generelt sørover langs mesteparten av traseen. Terrenghelning er mer detaljert vist i tegning G203. I bunn av skråningen går det en grunn ravine, som er dekket av skog.

6.2 Løsmasser og grunnforhold

Sweco har utført grunnundersøkelser på og ved traseen. Det er generelt boret til 10-15 meter under terreng. Det er kun påvist berg i ett punkt (SW12b) på omtrent 11 meter under terreng. Løsmassene består i hovedsak av et lag tørrskorpeleire, over tykt lag av bløt til middels fast leire. Leiren er i all hovedsak lite til middels sensitiv, med unntak av to prøver fra prøveserien i pkt. SU3, hvor det er påvist kvikkleire mellom 11,0 og 14,0 meter under terreng. Kvikkleirens utstrekning er ikke kartlagt i detalj for hele feltet.

Tolkning av lagdeling er utført for flere tverrprofiler, profil A og B. Profilenes plassering er gitt i G204. Tolkningen er gitt i G205 – 208. Tabell 1

Profil	Borhull	Kommentar
A	SU3 og SW15	Terrenghelning på ca. 1:4. Tiltaket utføres ca. 57 meter innenfor skråningstoppen. Skråningshøyde på ca. 12 meter. Kvikkleire er tolket på ca. 10 meters dybde ved skråningstoppen.
B	SU1, SW14 og SW15	Profil tatt mellom punkt SU1, SW14 og SW15. Snitt brukes utelukkende for tolkning av løsmasser i området.
C	SW13b	Terrenghelning på ca. 1:9. Tiltaket utføres nesten i bunn av skråningen. Skråningshøyde på ca. 10 meter. Det er ikke tolket kvikkleire i profilet.
D	SW12b	Terrenghelning på ca. 1:7. Tiltaket utføres midt i skråningen. Skråningshøyde på ca. 6 meter. Det er ikke tolket kvikkleire i profilet.

Tabell 1: Profiler

6.3 Grunnvann og poretrykk

Grunnvannstand er ikke målt for dette tiltaket. Antatt grunnvann ligger i beregninger en meter under terreng.

6.4 Tolkning av treaksialforsøk

Tolkning av treaksialforsøk er dokumentert i bilag 2. Det er utført treaksialforsøk på prøver fra borehull SW12b og SW15. Det er vurdert at forsøkskvaliteten, basert på volumendring, er av god kvalitet.

6.5 Tolkning av trykksonderinger

Tolkning av trykksonderinger med poretrykksmåling (CPTU) er dokumentert i bilag 1. Det er utført CPTU-forsøk i borehull SW12b og SU3. Det er vurdert at **anvendelsesklasse 1** er oppnådd for begge forsøkene.

6.6 Valg av geotekniske parametere

Valg av geotekniske parametere er gjort med bakgrunn på utførte grunnundersøkelser og erfaringsverdier. Tørrskorpeleiren er definert ut fra erfaringsverdiene i *Håndbok V220* [6]. I leiren har vi konus- og enaksialforsøk som estimerer udrenert skjærstyrke. Den udrenerte skjærstyrken funnet ved disse forsøkene er den direkte skjærstyrken, og denne kan korreleres med aktiv og passiv skjærstyrke. Det er påvist kvikkleire i to prøver.

	Tyngdetetthet γ [kN/m ³]	Udrenert skjærstyrke s_u [kPa]	Attraksjon a [kPa]	Friksjonsvinkel ϕ [°]
Tørrskorpeleire	19	Det er benyttet SuA-profil basert på CPTU-tolkning og laboratorieforsøk	0	31
Middels fast/bløt leire	19	Det er benyttet SuA-profil basert på CPTU-tolkning og laboratorieforsøk	10	28
Kvikkleire	18	Det er benyttet SuA-profil basert på CPTU-tolkning og laboratorieforsøk	5	-

Tabell 2: Valgte materialparametere, basert på erfaringsverdier og grunnundersøkelser.

I beregningene er det tatt hensyn til at leire er et anisotrop materiale, det vil si at skjærstyrken varierer med glideflatens helning. Dette gir grunnlag for ADP-analyse. I beregningene er følgende anisotrope forhold benyttet:

- ✓ $suD = 0,63 \times suA$ (aktiv styrke der glideflaten har positiv helning i forhold til horisontalplanet)
- ✓ $suP = 0,35 \times suA$ (passiv styrke der glideflaten har negativ helning i forhold til horisontalplanet)

Det er antatt at grunnvannsstanden ligger 1 meter under terrenget.

7 Kvikkleirevurdering

Den aktuelle tomten ligger ikke i et område med kjente kvikkleiresoner. Det er derimot registrert noen områder med kvikkleire av Statens vegvesen. Disse registreringene ligger omtrent 700 meter nord for tiltaket, og er ikke direkte relevante for vurdering av området. Det regnes at et eventuelt skred i de registrerte områdene ikke vil kunne påvirke tiltaket på noen måte.

Hele traseen, med omkringliggende terreng, ligger under den marine grensen. Det er derfor gitt at det potensielt kan være kvikkleire på tomtene. Terrenget har også, som diskutert i Kap. 6.1, helning som ikke utelukker at det kan oppstå kvikkleireskred. Iht. NVE 7-14 [7] gjelder dette for områder med jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og total skråningshøyde over 5m. Som vist i tegning G203 er terrenghelning større enn 1:20 for store deler av området.

Grunnundersøkelser i området har påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale i ett punkt (SU3) dypere enn 10 meter under terreng. For resterende punkter er det ikke påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale. De fleste sonderingene er utført til mellom 10 og 15 meter under terreng, og dypere lag av kvikkleire er derfor ikke utelukket.

Tiltakets plassering med tanke på skråninger varierer over traseen. For den østlige delen av området vil traseen legges ovenfor skråningen, og langt innenfor skråningstoppen. For den vestlige delen legges traseen midt i skråningen. Det er blitt tegnet opp en rekke profiler langs traseen.

Sør for traseen går det en ravine med en liten bekk. Terrenget stiger raskt opp sør for bekken. Ravinen har tett vegetasjon, og bekken er stedvis vanskelig å se bak den tette vegetasjonen. Med tanke på den tette vegetasjonen i ravinen er det lite sannsynlig at det er mye erosjon som foregår her. Vannføringen er også begrenset i området.

Faregradsvurdering er utført for tiltaket. Faregradsvurderingen er utført i henhold til NGIs rapport «Program for økt sikkerhet mot leirskred» [8]. Faregradsevalueringen gir at det er **lav faregrad** for kvikkleireskred både før og etter tiltak. På bakgrunn av bebyggelse og infrastruktur i området er skadekonsekvensen vurdert til **alvorlig**. Summen av dette er at tiltaket havner i **risikoklasse 3**.

7.1 Tiltakskategori

I henhold til *NVEs veileder 7-2014* [7] tabell 5.2 ligger tiltaket under tiltakskategori K3, da prosjektet medfører etablering av et *større VA-anlegg*. Tiltaket ligger i et område med påvist kvikkleire, i en skråning med helning brattere enn 1:20. Per dags dato har løsneområdet lav faregrad, se Bilag 5. For tiltakskategori K3 med lav faregrad medfører dette stabilitetsanalyser som dokumenterer:

- ✓ Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller ikke forverring

Videre må stabilitetsvurderingene kvalitetssikres av et uavhengig foretak.

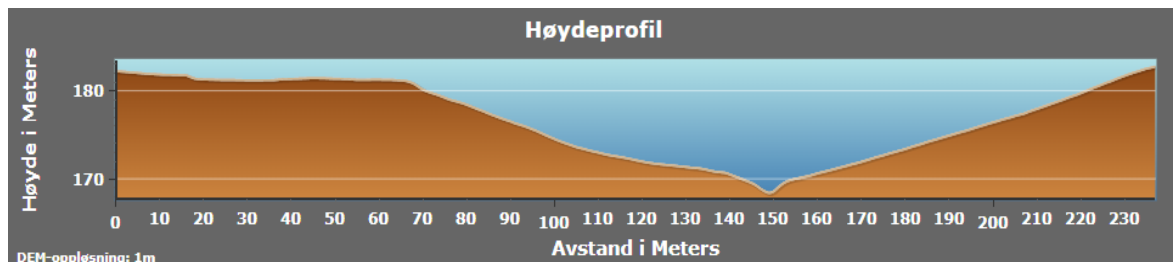
7.2 Løsne- og utløpsområde

Det er utført en vurdering av løsne- og utløpsområdet for et eventuelt skred i profil A. Vurderingen er utført i henhold til retningslinjer gitt i NIFS rapport 14-2016 [9]. Vurderingen begrenses til kun å gjelde

for dette profilet, da det er her det er påvist kvikkleire. Tabell for vurdering er gitt i Bilag. 4. Den aktuelle skråningen har en lav L/H-verdi på 8.

Basert på denne vurderingen vil et skred som går i skråningen ikke påvirke tiltaket, da tiltaket er plassert lenger enn en lengde på 8 ganger høyden av skråningen unna skråningsfoten, se tegning G209. I henhold til rapport 14-2016 [9] vil L/H-forholdet angi den maksimale utbredelsen av et retrogressivt skred. Det anses derfor at det ikke er nødvendig med stabilitetsberegninger for tiltaket. Den globale stabiliteten skal være ivaretatt uten forverring av dagens situasjon. Den lokale stabiliteten av byggegroperne må fortsatt vurderes, men denne problemstillingen vil ikke være avhengig av kvikkleireforekomsten.

Et eventuelt skred i området vil følge ravinen sør for tiltaket. Ravinen heller svakt nedover mot vest, med en terrenghelning på ca. 1:60. Dalsidene av ravinen vil forhindre at et skred sprer seg sørover, se Figur 2. Den tette vegetasjonen i ravinen vil bremse rask utglidning av masser. Det vil sannsynligvis bli en oppdemming av skredmasser i ravinen, ved et eventuelt skred. Anslått løsne- og utløpsområde er angitt i tegning G211. Vurderingen er gjort som en kombinasjon av metodikk i NIFS-rapport [9] og vurdering av terrenget og dets helning. Den mest sannsynlige skredutviklingen vil likevel i dette tilfellet være et rotasjonsskred. Da kvikkleiren ligger relativt dypt vil skredmassene over kvikkleira i et slikt rotasjonsskred mest sannsynlig demme opp for videre skredutvikling. Faresonen angis å ha samme utstrekning som løsne- og utløpsområdet.



Figur 2: Høydeprofil som viser en videreføring av Profil A. Profilet er hentet fra hoydedata.no

8 Lokalstabilitet

Gravedybden for byggegroppen kan bli opp mot 3 meter. Det er derfor viktig å sikre god stabilitet i byggegroppen for hele traseen. Det er utført beregninger for lokalstabiliteten til tiltaket. Dette er utført for profil D, se G210. Det er lagt på en terrenglast som skal tillatte for mellomlagring av masser.

Graveskråningene skal ikke være brattere enn 1:1.5. Byggegroppen skal for det meste ligge i tørr, fast leire. Om det avdekkes bløtere lag skal disse dekket til med filterduk og belastes med en 0,5m tykk steinpute. Kanten av skråningene skal ikke belastes unødig. Det anbefales at det ikke mellomlagres masser innenfor en sikkerhetssone mot skråningstopp.

9 Konklusjon

Det er utført stabilitetsvurdering for området. Vurderingen gir at det gitte tiltaket ikke påvirker stabiliteten i området, og at det ikke er nødvendig med stabilitetsberegninger. Det er dermed ikke nødvendig med særegne tiltak mtp. områdestabilitet i forbindelse med prosjekteringen av bygget.

10 Referanser

- [1] Sweco Norge AS, *10211253-RIG-R01-A01-Datarapport fra grunnundersøkelser*, 2019.
- [2] Standard Norge, NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, 2016.
- [3] Standard Norge, NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016, 2016.
- [4] Standard Norge, «NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014,» 2014.
- [5] Direktoratet for byggkvalitet, Byggteknisk forskrift (TEK17), 2017.
- [6] Statens Vegvesen, Håndbok V220: Geoteknikk i vegbygging, 2018.
- [7] NVE, Veileder 7/2014: Sikkerhet mot kvikkleireskred., 2014.
- [8] NGI, «Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, Revisjon 3, datert 8 oktober 2008,» 2001.
- [9] NIFS, «Rapport nr 14-2016: Metode for vurdering av løsn- og utslippsområder for områdeskred.,» 2016.



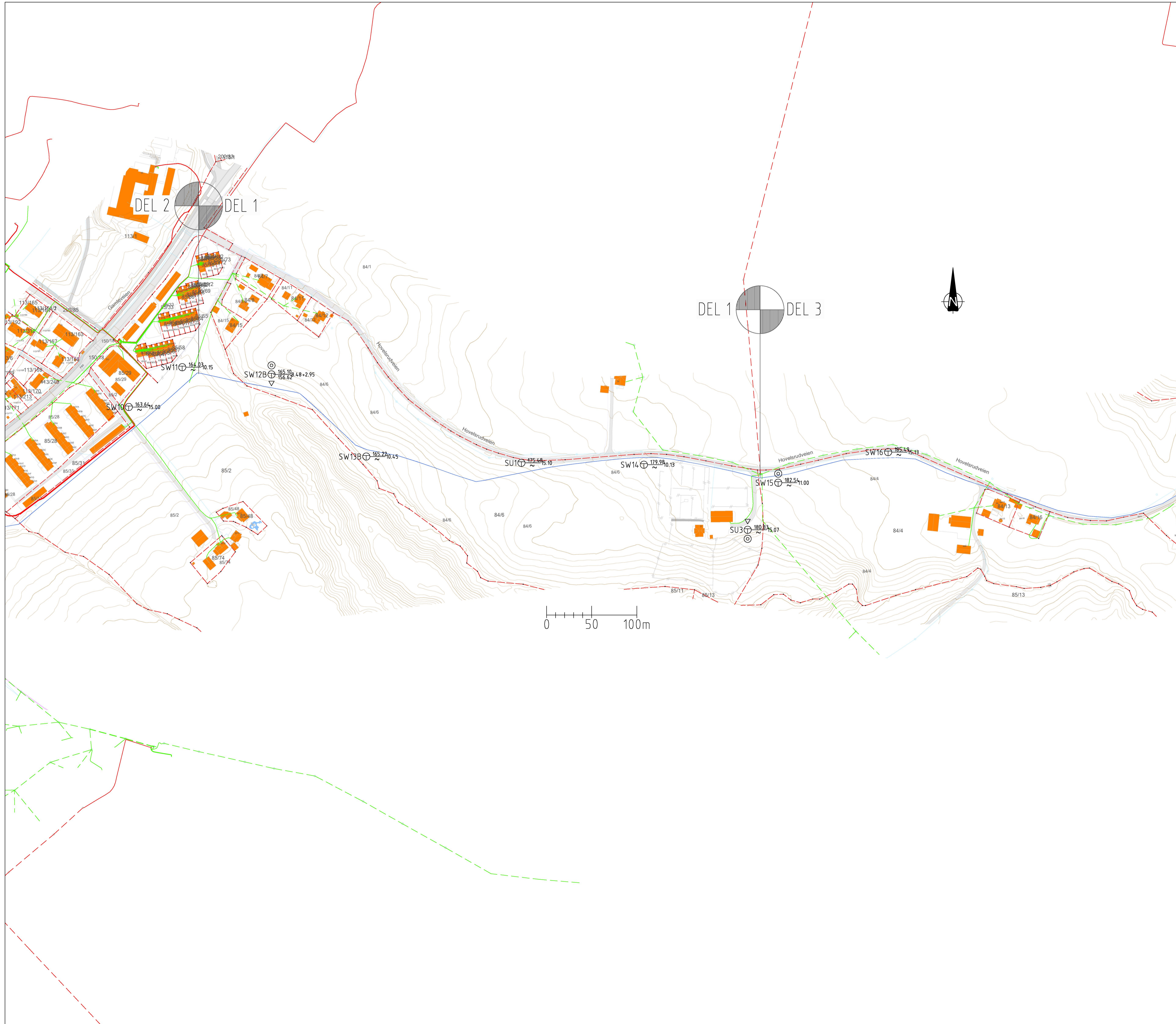
Tegning G201: Oversiktskart



NVEAtlas 29.7.2019



10211253 A120013 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlihavna
Tegning G201



Tegningsittel: **OVERSIKTSTEGNING** Dokumentnummer: **10211253_Borplan_02**
 Tegningsstatus: **TIL INFORMASJON**

TEGNFORKLARING:

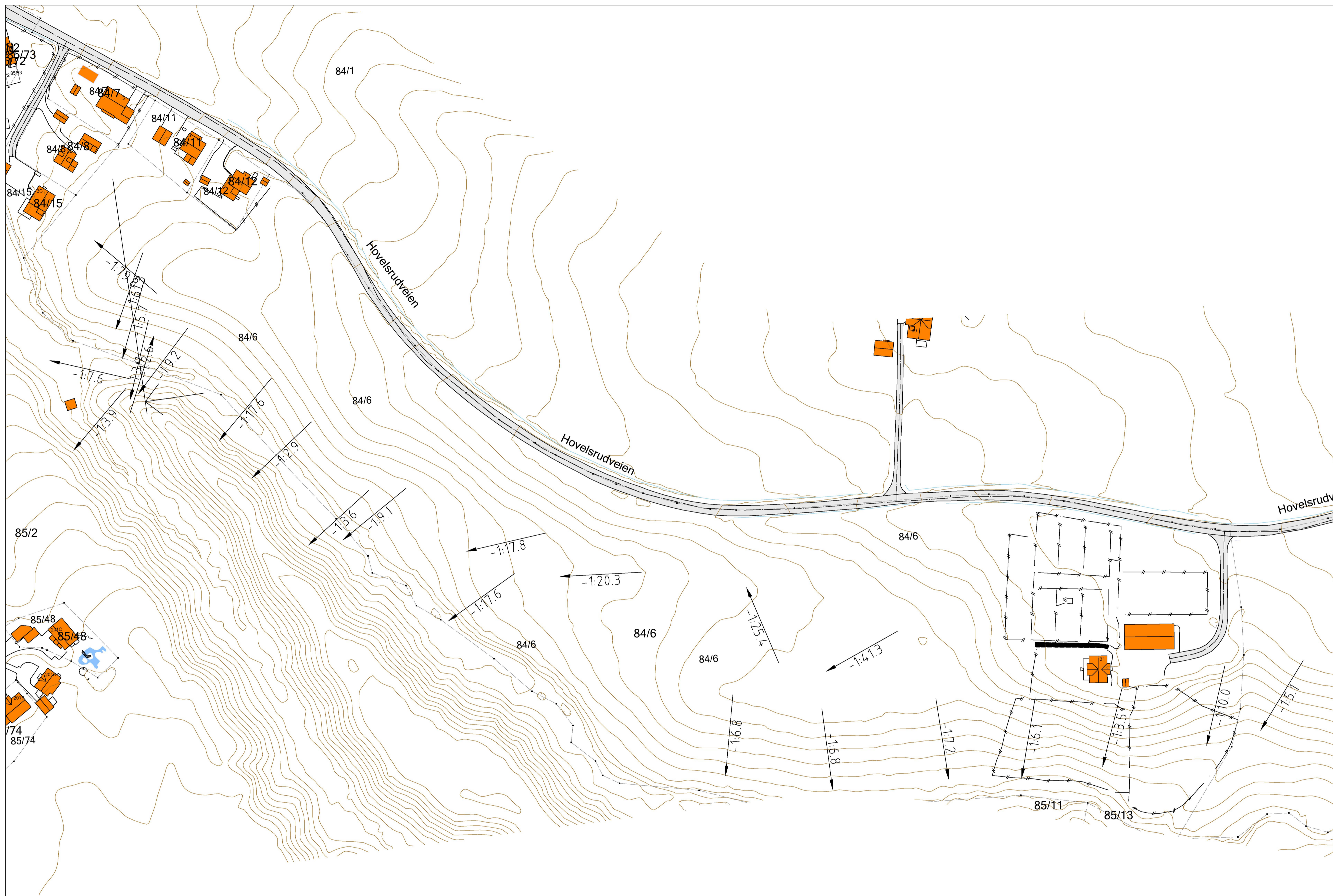
	Prosjektert	Eksisterende
Vannledning	VL	VL
Spillvannsledning		SP
Overvannsledning		OV
Drensledning		DR
Kum		o
Infiber Broadnet		
Hafslund HS-linje		
Hafslund HS-kabel		
Hafslund LS-linje		
Hafslund LS-kabel		
Telenor fiber		
Get fiber		
Eiendomsgrense		
Kulturminnegrense		
Markagrensen		
Kommunegrense		
Entreprisegrense		
Borpunkt	3 ⊕ 106.1 ~ 15.7	

TEGNFORKLARING:

- Drensondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- Terrenng (bunn) kote
- Borhull nr
- Antall fjellkote
- ★ Fjellkontrollboring
- ⊕ Dretetrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- Terrenng (bunn) kote
- Borhull nr
- Antall fjellkote
- ⊕ Proveserie
- ⊕ Dretetrykksmåling
- ⊕ Provegrop
- + Vingeboring
- AA Fjell i dagen

Kartgrunnlag:
 Utgangspunkt for nivåelement:

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
NRV			NO	JH	NO	29.07.2019
A120013 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlihavna			Målestokk	Format		
Borplan			Oppdragsleder:			
Supplerende grunnundersøkelser			Tove H. Udon			
			Oppdragsnr.		10211253	

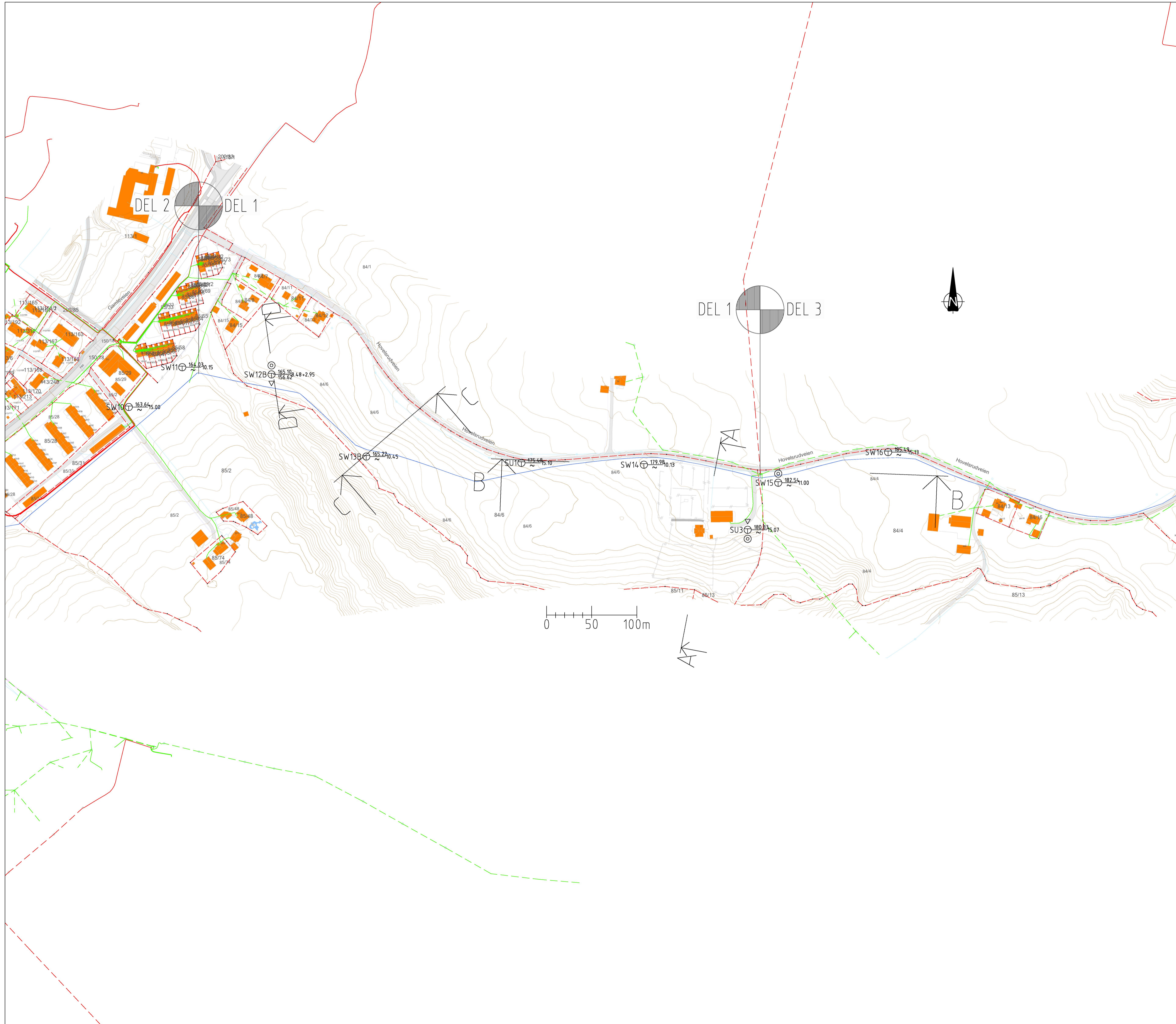


Tegningsittel: **OVERSIKTSTEGNING** Dokumentnummer: **10211253_Borplan_02**
 Tegningsstatus: **TIL INFORMASJON**

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato			
NRV IKS			NO	JH	NO	ASEL	NO	TOU	29.07.2019
Målestokk	1:1000		Format		A1				
Oppdragsleder:			Tove H. Udon						
Oppdragsnr.			10211253						

SWECO Norge AS
 Drammensveien 200, 0283 Oslo
 TLF.: 07 12 80 00 FAX:

Disiplin: **G** Løpenummer: **203** Status/Rev: **01**



Tegningsittel: **OVERSIKTSTEGNING** Dokumentnummer: **10211253_Borplan_02**
 Tegningsstatus: **TIL INFORMASJON**

TEGNFORKLARING:

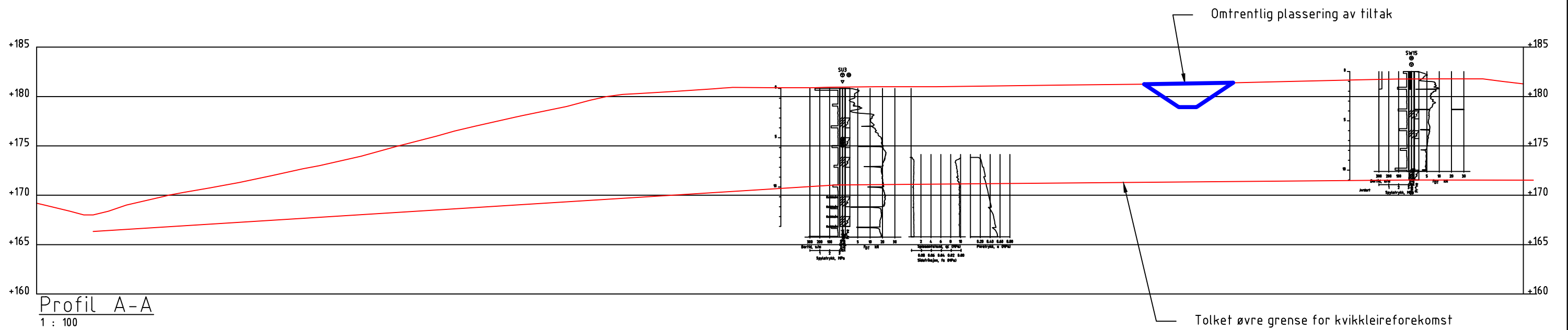
	Prosjektert	Eksisterende
Vannledning	VL	VL
Spillvannsledning		SP
Overvannsledning		OV
Drensledning		DR
Kum		o
Infiber Broadnet		—
Hafslund HS-linje		—
Hafslund HS-kabel		—
Hafslund LS-linje		—
Hafslund LS-kabel		—
Telenor fiber		—
Get fiber		—
Eiendomsgrense		—
Kulturminnegrense		—
Markagrensen		—
Kommunegrense		—
Entreprensegrense		—
Borpunkt	3 ⊕ 106.1 ~ 15.7	

TEGNFORKLARING:

- Drensondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- Terrenng (bunn) kote
- Borhull nr
- Antall fjellkote
- ★ Fjellkontrollboring
- ⊕ Dretetrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊕ Proveserie
- ⊕ Dretetrykksmåling
- Provegrop
- + Vingeboring
- AA Fjell i dagen

Kartgrunnlag:
 Utgangspunkt for nivåelement:

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
NRV			NO	JH	NO	29.07.2019
A120013 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlihavna			Målestokk	Format		
Borplan Med Profillinjer			1:2000	A1		
			Oppdragsleder:	Tove H. Udøen		
			Oppdragsnr.	10211253		



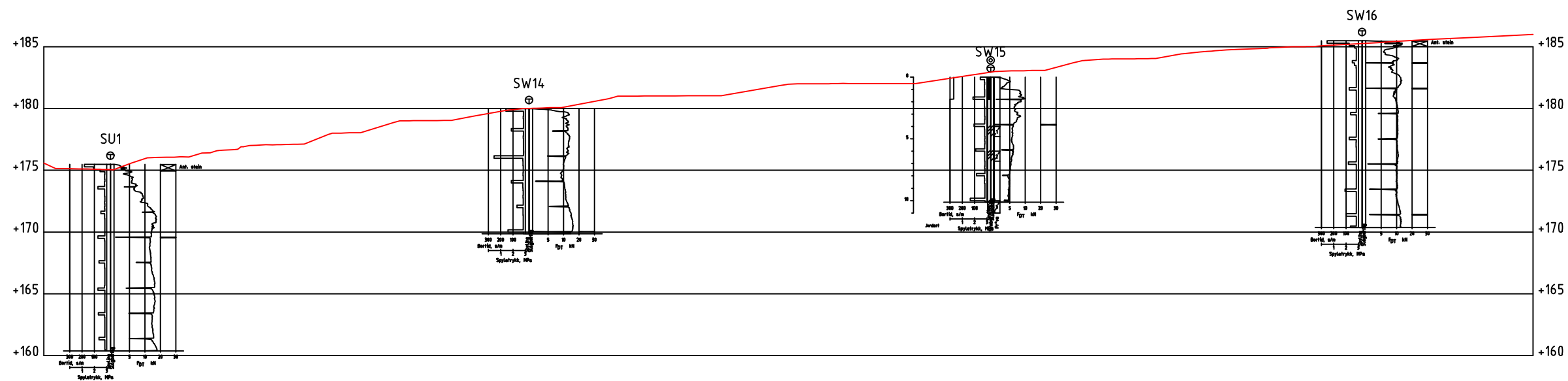
TEGNFORKLARING :

- Dreiesondering ⚙ Fjellkontrollboring ⊙ Proveserie ⊖ Poretrykksmåling
- Enkel sondering ⚙ Dreietrykksondering □ Provegrop ⚡ Fjell i dagen
- ▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vingeboring

Terreng (bunn) kote
Borhull nr. Antatt fjellkote Boret dybde + (boret i fjell)

Kartgrunnlag :
Utgangspunkt for nivellement :

Status	Rev.	Endring	Utferet	Kontr.	Ans.	Dato
NRV			NOJHOL	NOASEL	NOASEL	09.08.2019
A120013 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlhavna			Målestokk	1:400	Format	A3
Profil A			Oppdragsleder:	Tove H. Udøn		
			Oppdragsnr.:	10211253		
			Disiplin:	Lapenummer:	Status	Rev.
			G	G205		00



Profil B-B

HM 1 : 100 LM 1 : 400

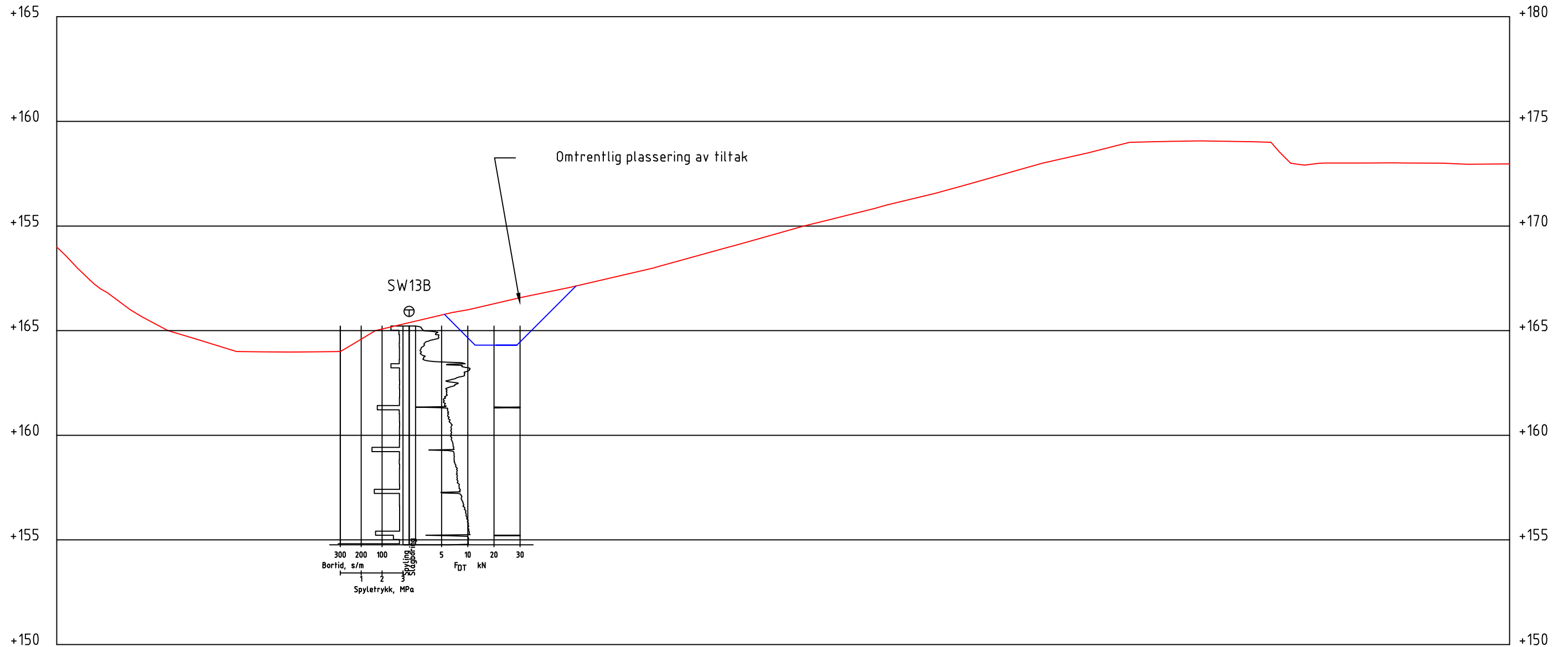
TEGNFORKLARING :

- Dreiesondering ⚙ Fjellkontrollboring ⊙ Proveserie ⊖ Poretrykksmåling
- Enkel sondering ⚙ Dreietrykksondering □ Provegrop ⚡ Fjell i dagen
- ▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vingeboring

Terreng (bunn) kote
 Borhull nr. Antatt fjellkote Boret dybde + (boret i fjell)

Kartgrunnlag :
 Utgangspunkt for nivellement :

Status	Rev.	Endring			Utferd	Kontr.	Ansv.	Dato
NRV					NOJHOL	NOASEL	NOASEL	09.08.2019
A120013 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlhavna					Målestokk	Forma1		
Profil B					Oppdragsleder: Tove H. Udøn			
					Oppdragsnr.: 10211253			
					Disiplin:	Lapenummer:	Status	Rev.
					G	206		00



Profil C-C
 HM 1 : 100 LM 1 : 200

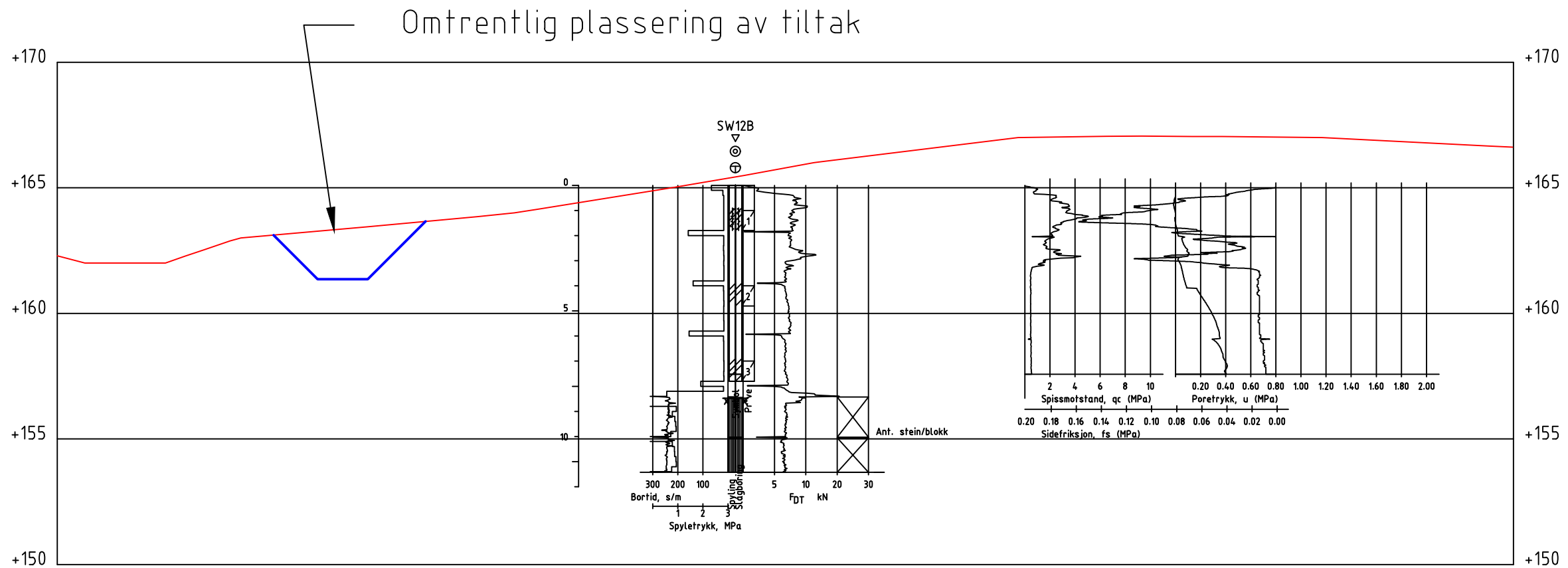
TEGNFORKLARING :

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Proveserie
- Provegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Porettrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Terreng (bunn) kote
 Borhull nr. Antatt fjellkote
 Boret dybde + (boret i fjell)

Kartgrunnlag :
 Utgangspunkt for nivellement :

Status	Rev.	Endring	Uffart	Kontr.	Ansv.	Dato
NRV			NOJHOL	NOASEL	NOASEL	09.08.2019
A120013 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlilhavna			Målestokk	1:200	Format	A3
Profil C			Oppdragsleder:	Tove H. Udon		
			Oppdragsnr.:	10211253		
		Disiplin:	G	Løpenummer:	207	Status Rev:
<small>SWECO Norge AS Professor Brønne Gt. 2, 7030 Trondheim TLF.: 73 83 35 00 FAX: .</small>		<small>g:\8 energi\31719 1rd infra trondheim\05 faglig\11 geoteknikk\arkiv\geoteknikk\10211253 sandbekken\va\va\profil_c\profil_c.dwg Plottet dato: fredag 9. august 2019 15:22:59</small>				



Profil D-D
1 : 100

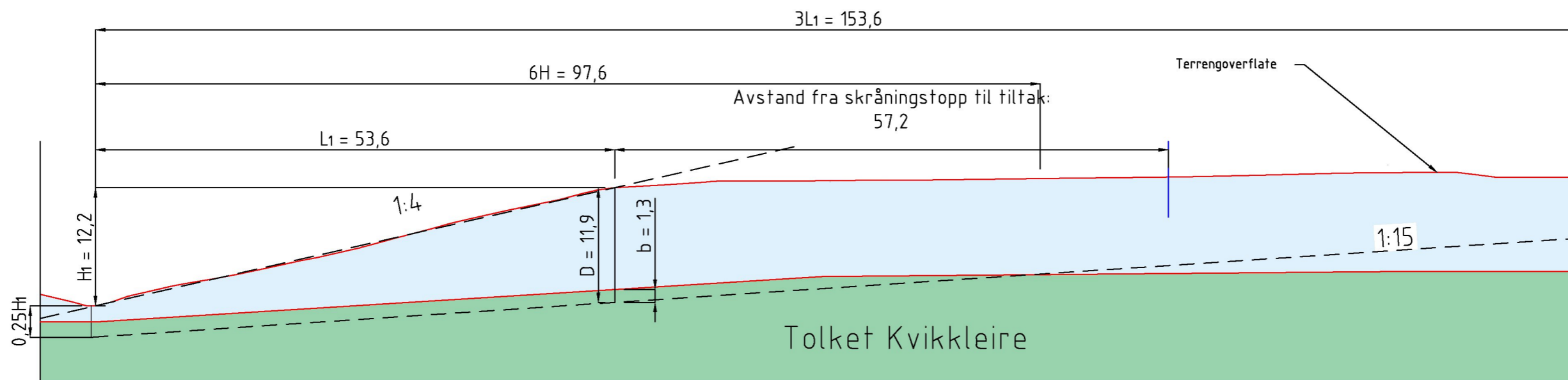
TEGNFORKLARING :

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⊙ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊕ Proveserie
- Provegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Terreng (bunn) kote
Borhull nr. Antatt fjellkote Boret dybde + (boret i fjell)

Kartgrunnlag :
Utgangspunkt for nivellement :

Status	Rev.	Endring	Utferd	Kontr.	Ansv.	Dato
NRV			NOJHOL	NOASEL	NOASEL	09.08.2019
A120013 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlhavna			Målestokk	1:200	Format	A3
Profil D			Oppdragsleder:	Tove H. Udøn		
			Oppdragsnr.:	10211253		
			Disiplin:	Løpenummer:	Status	Rev.
SWECO Norge AS Skjerveveien 19, 7037 - Trondheim Tlf.: 73 85 30 00			G	208		00



Profil B-B
1 : 100

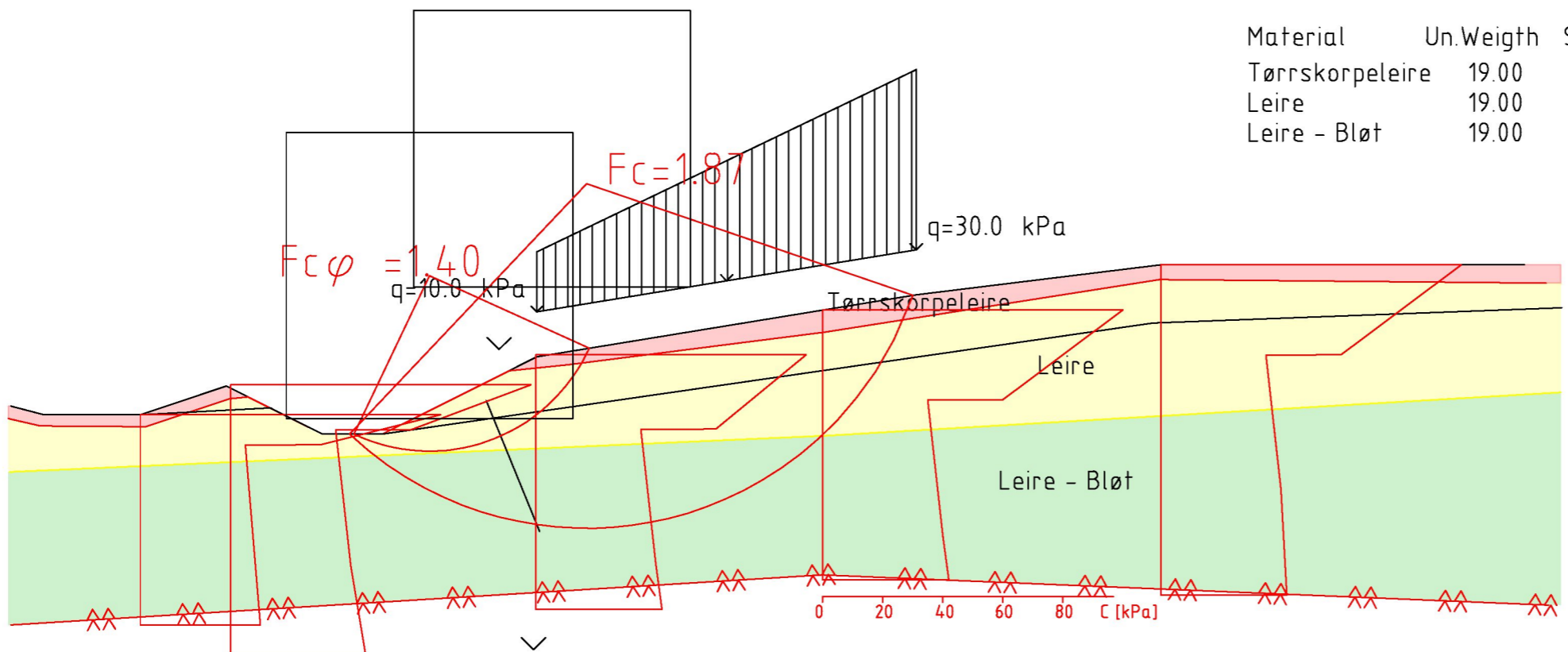
TEGNFORKLARING :

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⊙ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Proveserie
- Provegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Terreng (bunn) høye
Borhull nr. Antatt fjellkote boret dybde + (boret i fjell)

Kartgrunnlag :
Utgangspunkt for nivellement :

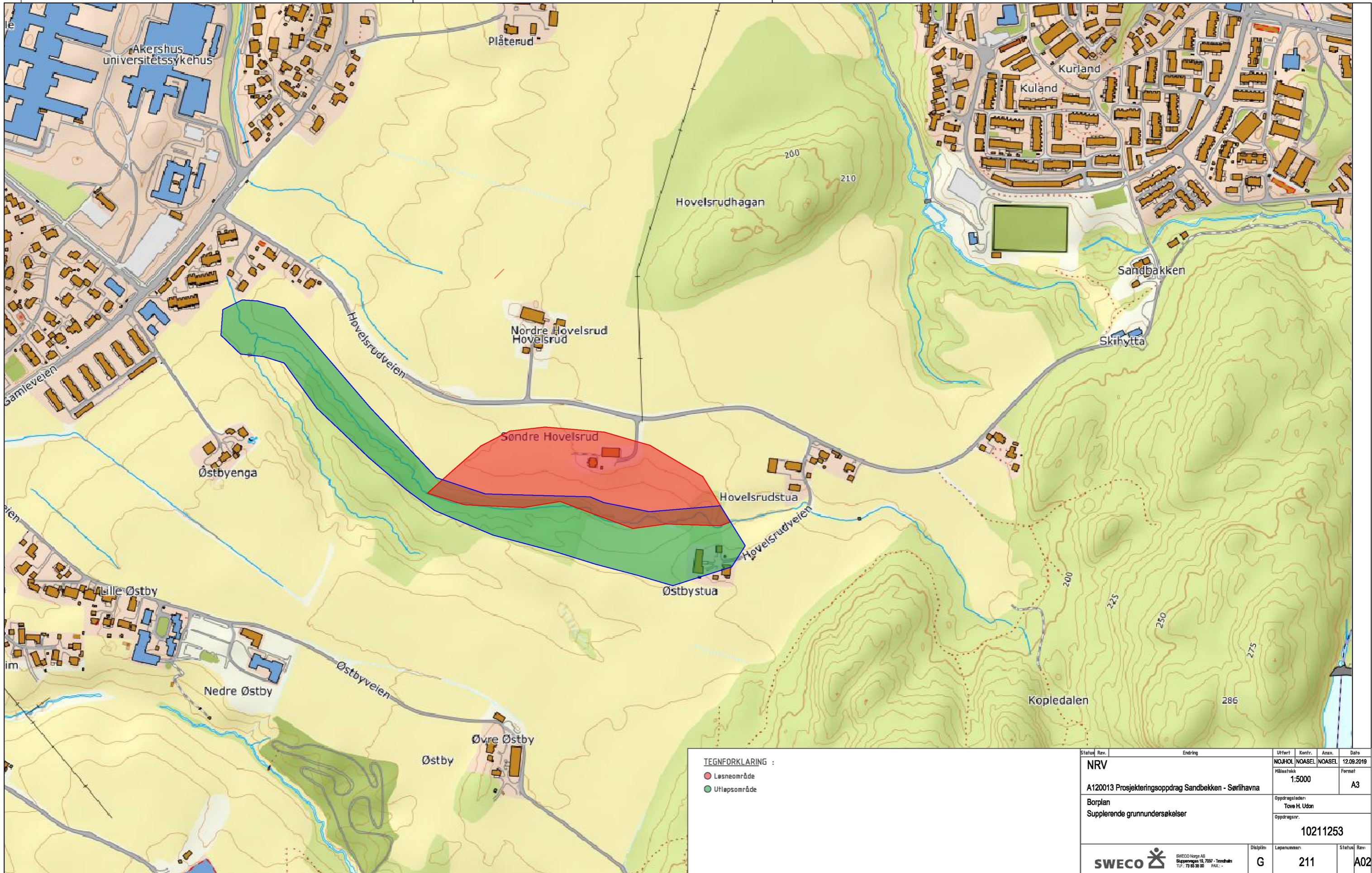
Status	Rev.	Endring	Utørt	Kontr.	Ansv.	Dato
NRV			NOAHOL	NOASEL	NOASEL	09.08.2019
A120013 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlhavna			Målestokk	1:400	Format	A3
Profil A			Oppdragsleder: Tove H. Udon			
Tegninger knyttet til vurdering av løseområde			Oppdragsnr.: 10211253			
SWECO			Disiplin	Løpnummer	Status	Rev.
SWECO Norge AS Sluppenveien 18, 7037 - Trondheim Tlf. +47 95 95 00			G	209		00



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpeleire	19.00	8.00	31.0	0.0				
Leire	19.00	8.00	28.0	5.3	C-prof	1.0	0.63	0.35
Leire - Bløt	19.00	8.00	26.0	4.9	C-prof	1.0	0.63	0.35

- TEGNFORKLARING :**
- Dreiesondering
 - Enkel sondering
 - ▽ Trykksondering
 - ⊛ Fjellkontrollboring
 - ⊙ Dreietrykksondering
 - ⊕ Totalsondering
 - ⊙ Proveserie
 - Provegrop
 - + Vingeboring
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ⚡ Fjell i dagen
- Terrang (bunn) kote
 Borhull nr. Antatt fjellkote
 Boret dybde + (boret i fjell)
- Kartgrunnlag :
 Utgangspunkt for nivellement :

Status	Rev.	Endring	Utferd	Kontr.	Ans.	Dato
NRV			NOJHOL	NOASEL	NOASEL	17.09.2019
A120013 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlhavna			Målestokk	1:200	Format	A3
Profil D			Oppdragsleder: Tove H. Udon			
Beregning av lokalstabilitet			Oppdragsnr.: 10211253			
SWECO Norge AS Sluppenveien 18, 7030 - Trondheim Tlf.: 73 85 30 00			Disiplin	Løpnummer	Status	Rev.
			G	210		A02



TEGNFORKLARING :

- Løseområde
- Utløpsområde

Status	Rev.	Endring			Uttrett	Kontr.	Ans.	Dato
NRV					NOJHOL	NOASEL	NOASEL	12.09.2019
A120013 Prosjekteringsoppdrag Sandbakken - Sørlilhavna					Målestokk	1:5000		Førnet
Borplan					Oppdragsleder:			
Supplerende grunnundersøkelser					Tove H. Udén			
					Oppdragsnr.:			
					10211253			
					Disiplin	Lapenummer	Status	Rev.
SWECO					G	211	A02	

Bilag 1: Tolkning av CPTU-forsøk

TOLKNING AV CPTU

KUNDE / PROSJEKT Nedre Romerike Vannverk IKS A120013 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlhavna	PROSJEKTLEDER Tove Haugland Udon	DATO 25.07.2019
PROSJEKTNUMMER 10211253	OPPRETTET AV Johannes Gaspar Holten	REV. DATO

Beregningsmetoder

Korrigert spissmotstand, q_t , og korrigert sidefriksjon, f_t , er definert som:

$$q_t = q_c + u_2(1 - a)$$

$$f_t \approx f_s - b \cdot u_2$$

hvor q_c er spissmotstand, u_2 er poretrykk målt umiddelbart bak den koniske delen av CPT-sonden, a er netto arealforhold for spissen og b er netto arealforhold for friksjonshylse. Poretrykksforholdet, B_q , er definert som:

$$B_q = \frac{u_2 - u_0}{q_t - \sigma_{v0}}$$

hvor σ_{v0} er total in-situ vertikalspenning, og u_0 er in-situ poretrykk. Friksjonsforhold, R_f , er definert som:

$$R_f = \frac{f_t}{q_t}$$

Tolkning

Trykksonderinger er tolket ved hjelp av følgende empiriske formler [1] for udrenert skjærfasthet:

$$c_{uA} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}}$$

$$c_{uA} = \frac{u_2 - u_0}{N_{\Delta u}}$$

hvor N_{kt} og $N_{\Delta u}$ er konfaktorer. Konfaktorene er estimert etter følgende formler [2]:

$$N_{kt} = \begin{cases} 7,8 + 2,5 \log OCR + 0,082 I_p, & S_t < 15 \\ 8,5 + 2,5 \log OCR, & S_t \geq 15 \end{cases}$$

$$N_{\Delta u} = \begin{cases} 6,9 - 4,0 \log OCR + 0,07 I_p, & S_t < 15 \\ 9,8 - 4,5 \log OCR, & S_t \geq 15 \end{cases}$$

hvor S_t er sensitivitet, I_p er plastisitetsindeks og OCR er overkonsolideringsgrad. Empiriske forsøk viser god overensstemmelse for konfaktorene, så lenge de er innenfor gitte intervaller:

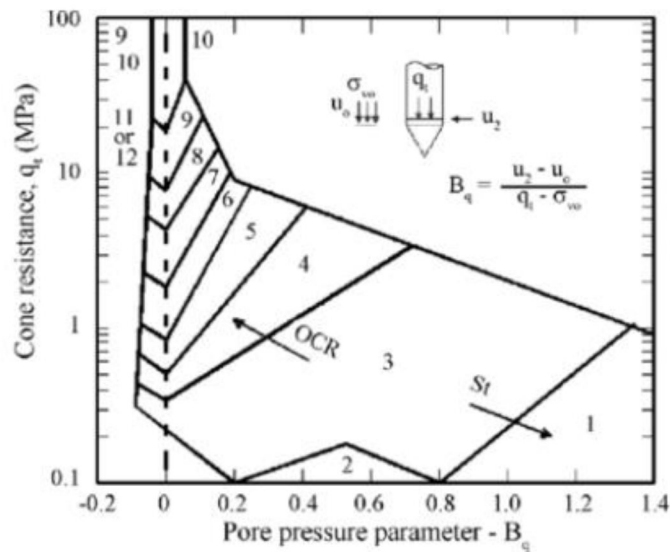
$$N_{kt} = 5 - 16$$

$$N_{\Delta u} = 4,5 - 10$$

Overkonsolideringsgraden tolkes etter følgende formel [2]:

$$OCR = \begin{cases} \left(\frac{q_t - \sigma_{v0}}{3\sigma'_{v0}}\right)^{1,2}, & S_t < 15 \\ \left(\frac{q_t - \sigma_{v0}}{2\sigma'_{v0}}\right)^{1,11}, & S_t \geq 15 \end{cases}$$

Klassifisering av materialet med bakgrunn i CPT-resultater utføres etter metodikk fra *Robertson et.al* [3]. Klassifisering utføres basert på forholdet mellom poretrykksforholdet, B_q , og den korrigerte spissmotstanden q_t :



SBT	Soil behavior type
1	Sensitive fine grained
2	Organic material
3	Clay
4	Silty clay to clay
5	Clayey silt to silty clay
6	Sandy silt to clayey silt

SBT	Soil behavior type
7	Silty sand to sandy silt
8	Sand to silty sand
9	Sand
10	Gravelly sand to sand
11	Very stiff fine grained*
12	Sand to clayey sand*

* Overconsolidated or cemented

Figur 1: Klassifiseringsdiagram iht. Robertson et. al. [3]

Resultater

Tolkning av CPTU i borpunkt SW12b og SU3 er presentert i dette vedlegget.

For CPTU utført i borpunkt SW12b gir N_{kt} best korrelasjon for videre tolkning, da denne er innenfor gyldig intervall for hele dybden. For bruk av korrelasjoner basert på poretrykk, $N_{\Delta u}$, er det kun den nedre delen av CPTU-resultatene som kan benyttes.

2 (3)

TOLKNING AV CPTU
25.07.2019

Trykksondering for borhull SU3 er gjennomført i 2 omganger. Den første trykksonderingen (SU3-1) hadde ikke tilfredsstillende avlesning av poretrykk. Det er tydelig at måleren mistet kontakt med in-situ poretrykk flere ganger, og viser lavere resultater enn det man kan forvente. Det ble derfor avgjort at det skulle gjennomføres på nytt. For trykksondering nummer 2 (SU3-2) ble det forboret dypere (7m i stedet for 4m), og det ble satt av tid til pauser slik at poretrykket kunne utjevne seg underveis. Resultater fra SU3-2 er derfor å foretrekke ved tolkning av resultater, men det kan være veldig nyttig å også se på SU3-1, spesielt for det sjiktet mellom 4-7 meter under terreng som kun er dekket av denne. For SU3-1 bør faktorer basert på N_{kt} benyttes.

Anvendelsesklasse 1 er oppnådd for samtlige trykksonderinger.

Referanser

- [1] T. Lunne, J. J. Powell og P. K. Robertson, «Cone penetration testing in geotechnical practice,» 1997.
- [2] K. Karlsrud, T. Lunne, D. A. Kort og S. Strandvik, «CPTU correlations for clays, Correlations CPTU pour les argiles.,» 2005.
- [3] P. K. Robertson, R. G. Campanella, D. Gillespie og J. Greig, «Use of piezometer cone data,» *Proceedings of the ASCE Specialty Conference In Situ '86: Use of In Situ Tests in Geotechnical Engineering*, pp. 1263-80, 1986.

Sondata:

Sonde nr.:	5216		
Kalibreringsdato	2018-05-03		
Oppløsning:	0		
Arealforhold, a	0,847		
Arealforhold, b	0		
	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Maximim spenning:	50 MPa	0,5 MPa	2 MPa
Måleområde	50 MPa	0,5 MPa	2 MPa
Oppløsning:	0,5979 kPa	0,0099 kPa	0,0192 kPa
Maks. temp effekt under belastning:	8,963 kPa	0,227 kPa	1,265 kPa
Temperaturområde:	5-40 °C	5-40 °C	5-40 °C

Utførelsesdata:

Filtertype:	Ferdigmettet porøfilter
Metningsmedium:	Glyserin
Sondetemperatur start:	14,4 °C
Sondetemperatur slutt:	7,7 °C
Sonderingsnr. etter metning:	0
Forankring:	0
Forboring:	4 m
Sum boring:	15,04 m
Avstand mellom registrering:	20 mm
Max. helning fra vertikal	1,70 °

Koordinater:

Innmålt med:	TopCON
System:	Euref89/NTM
Sone:	10
Høydesystem:	NN2000
Start boring:	Forboring
Øst:	72037,99
Nord:	1214918,01
Høyde start:	165,10
Diff. NN54-sjøkartnull:	m

Nullpunktskontroll:

	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Maks. temperatureffekt:	9,0 kPa	0,2 kPa	0,0 kPa
Før sondering:	7,677 MPa	296,5 kPa	234,3 kPa
Etter sondering:	0 MPa	0 kPa	0 kPa
Avvik:	-0,005 MPa	-0,1 kPa	-2 kPa

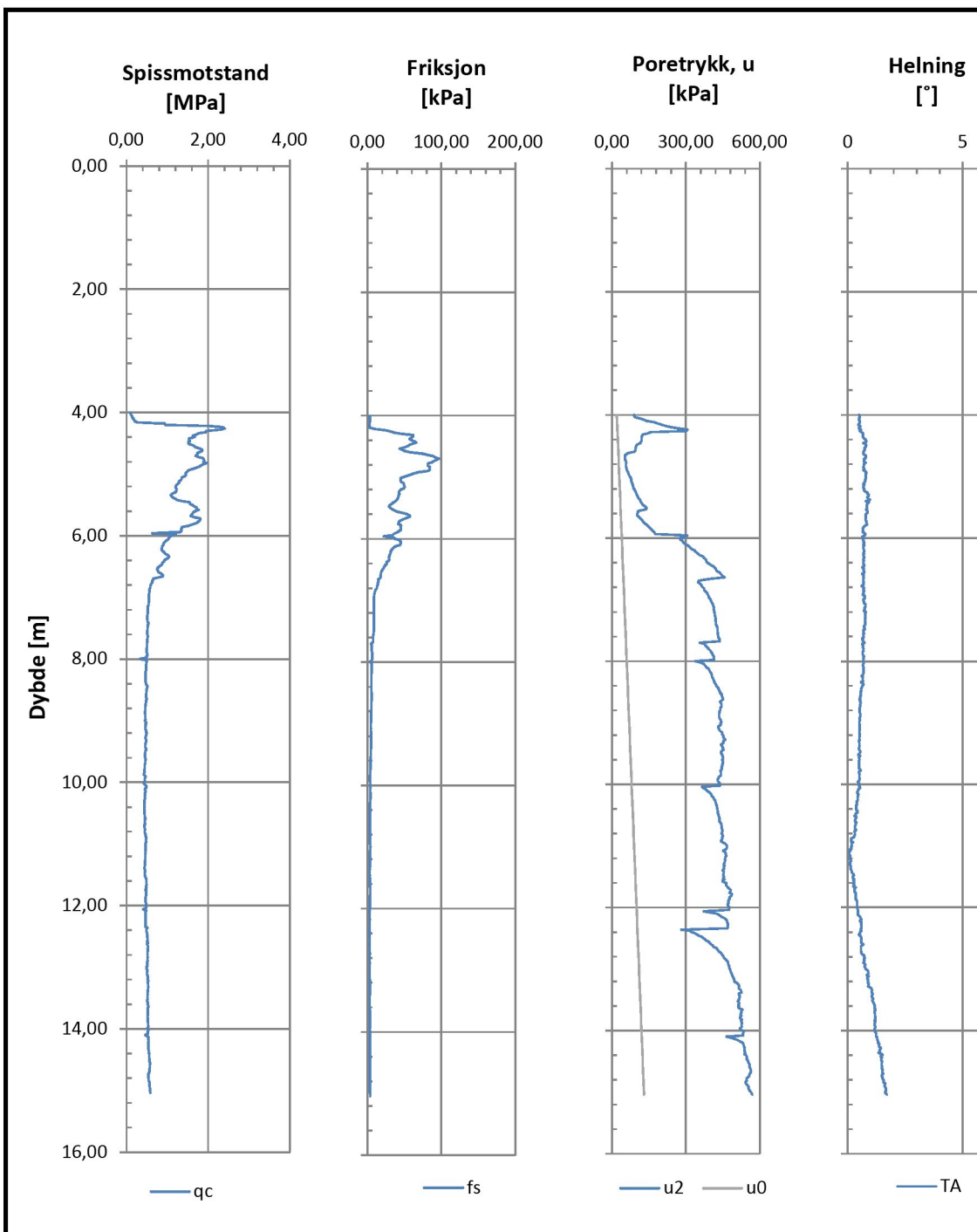
Vurdering av anvendelsesklasse iht. NGF-veiledning nr. 5, Rev. 3, 2010:

	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet	0,5979 kPa	0,0099 kPa	0,0192 kPa
Tillatt verdi anvendelsesklasse 1	35 kPa	5 kPa	10 kPa
Tillatt verdi anvendelsesklasse 2	100 kPa	15 kPa	25 kPa
Tillatt verdi anvendelsesklasse 3	200 kPa	25 kPa	50 kPa
Tillatt verdi anvendelsesklasse 4	500 kPa	50 kPa	- kPa
→ Anvendelsesklasse	1	1	1



Opptegning av CPTU: *Dokumentasjon av måledata*
 Prosjekt: *10211253*
 Oppdragsgiver: *NRV*
 Borhull nr.: *SU3-1*
 Opptegnet av: *NOJHOL*
 Dato tegnet: *26.07.2019*

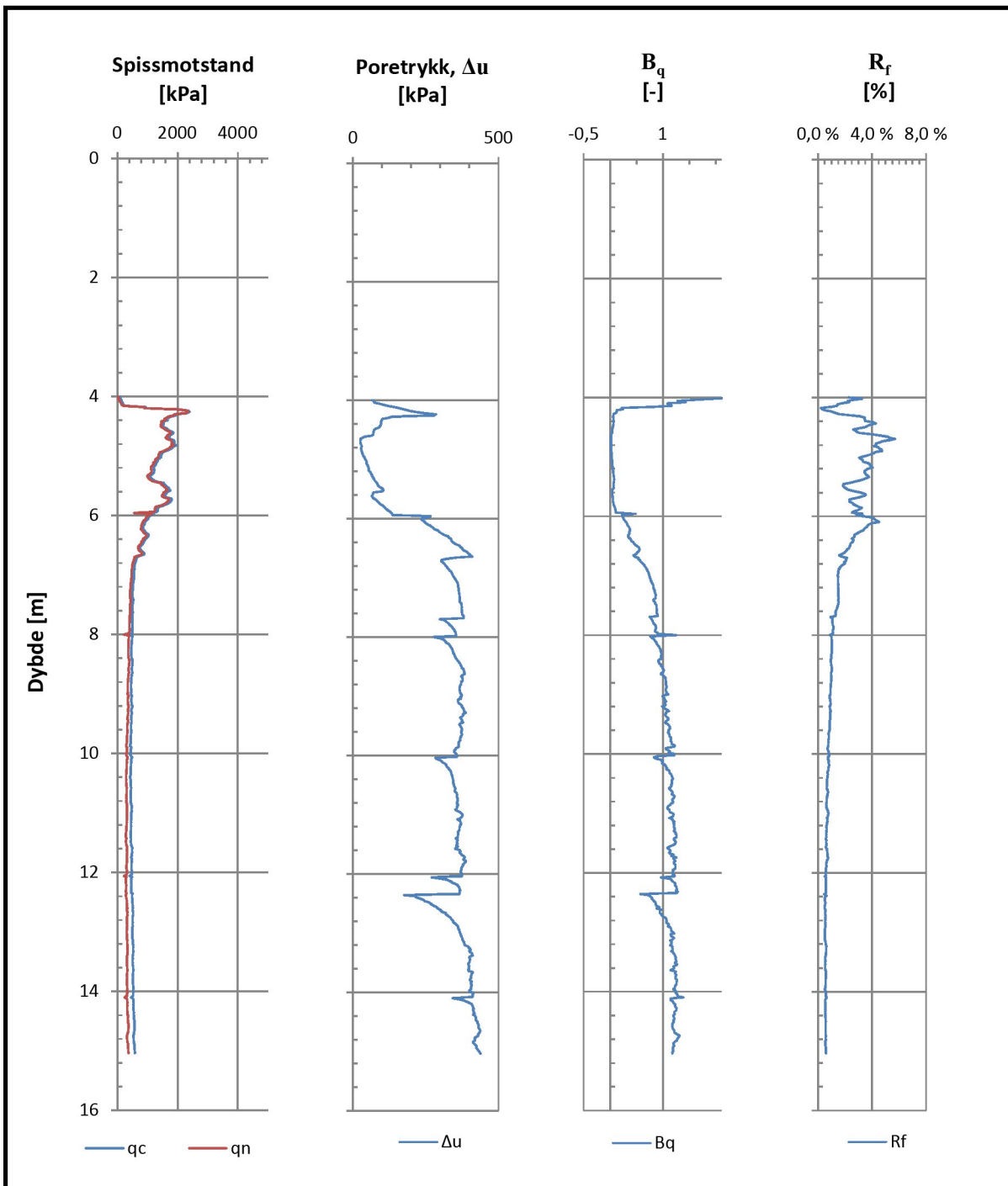
Sonde type: *NOVA*
 Kapasitet: *50 MPa - qc*
0,5 MPa - fs
2 MPa - u
 Utført av: *Robin Raknes*
 Dato utført: *15.05.2019*



Opptegning av CPTU:
Prosjekt:
Oppdragsgiver:
Borhull nr.:
Opptegnet av:
Dato tegnet:

Registrerte data
 10211253
 NRV
 SU3-1
 NOJHOL
 26.07.2019

Sonde type: NOVA
Kapasitet: 50 MPa - qc
 0,5 MPa - fs
 2 MPa - u
Utført av: Robin Raknes
Dato utført: 15.05.2019

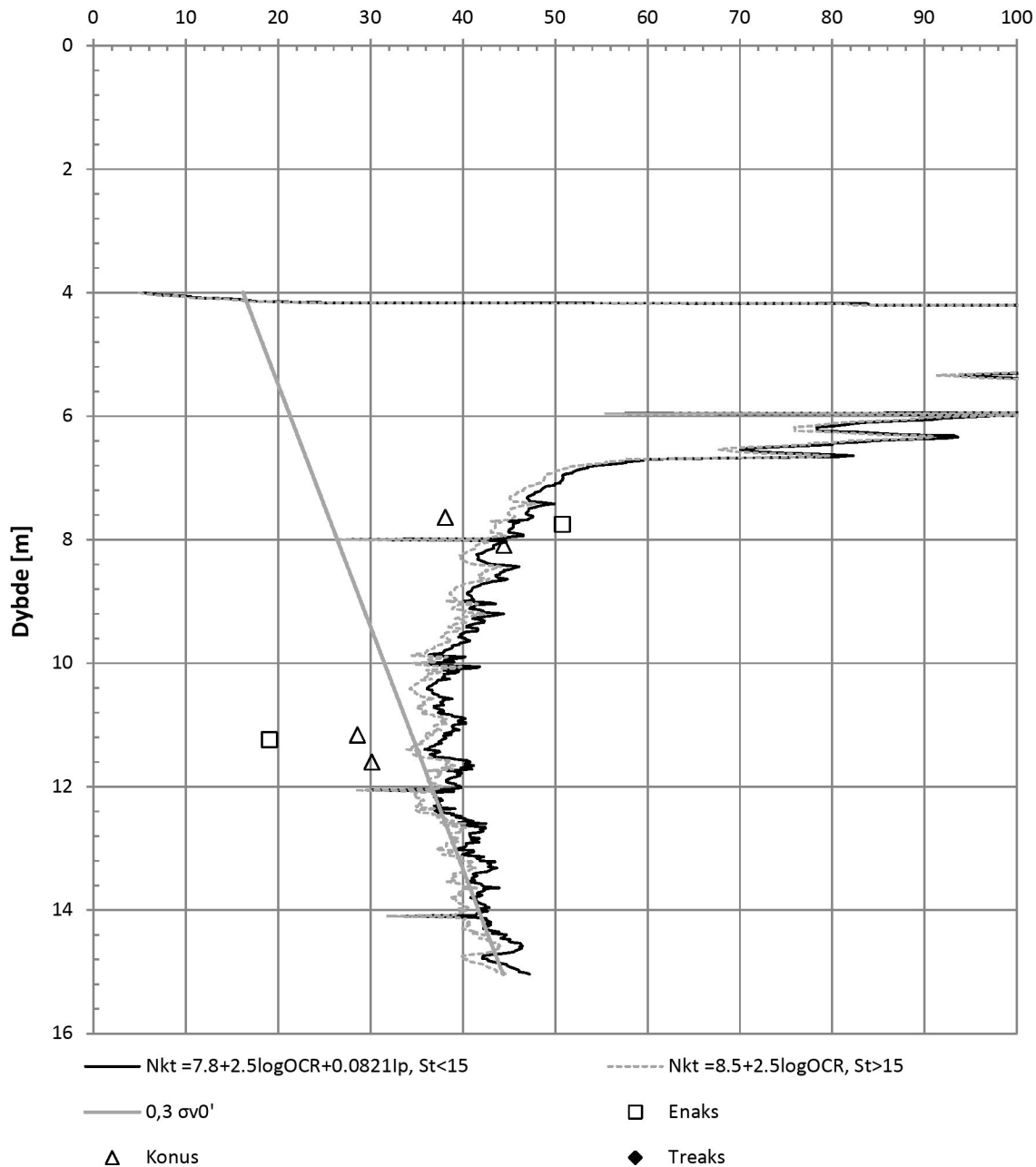


Opptegning av CPTU:
Prosjekt:
Oppdragsgiver:
Borhull nr.:
Opptegnet av:
Dato tegnet:

Avledede data
 10211253
 NRV
 SU3-1
 NOJHOL
 26.07.2019

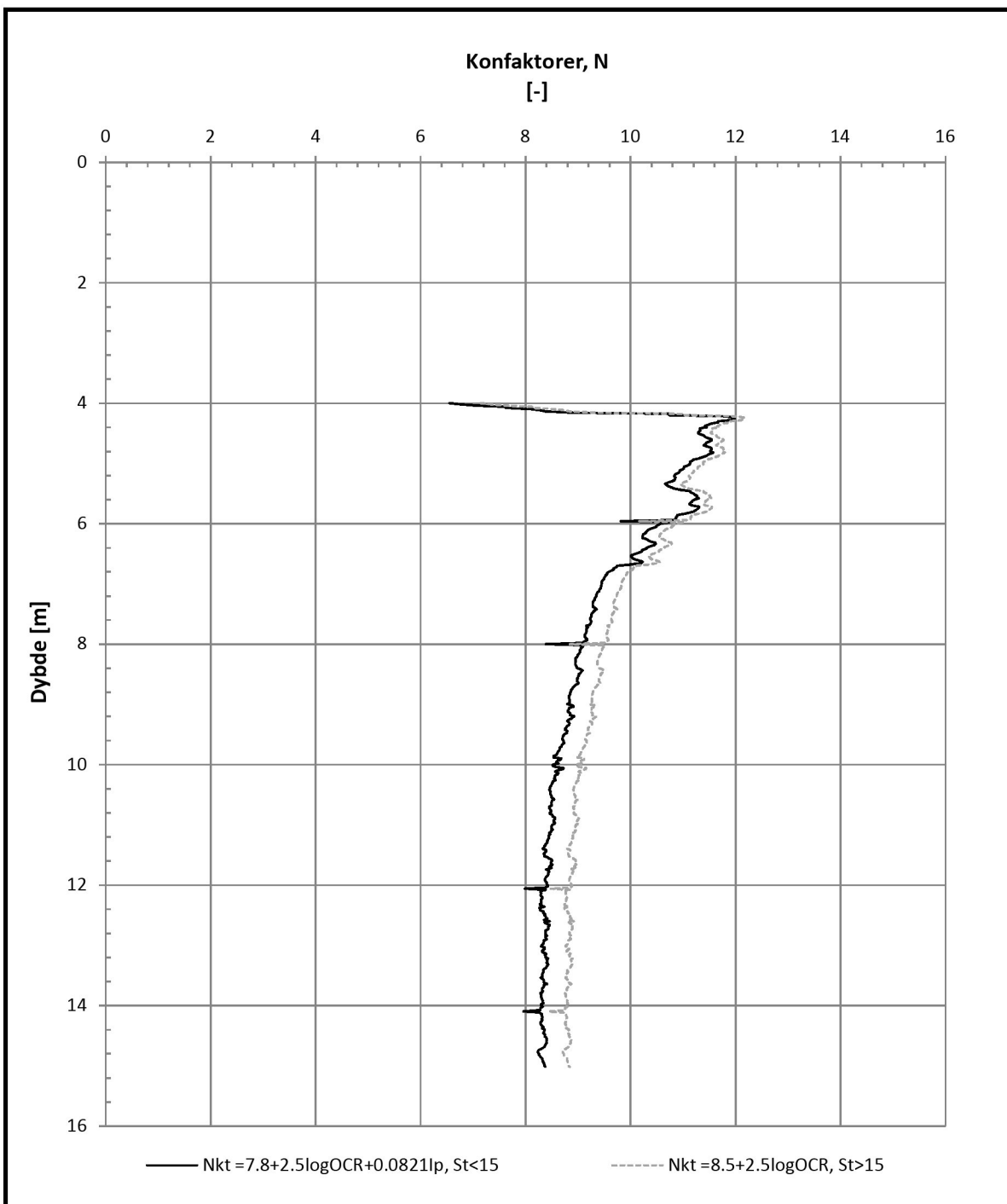
Sonde type: NOVA
Kapasitet: 50 MPa - qc
 0,5 MPa - fs
 2 MPa - u
Utført av: Robin Raknes
Dato utført: 15.05.2019

Udrenert aktiv skjærstyrke, s_{uA}
[kPa]



Opptegning av CPTU: Tolket udrenert skjærstyrke
 Prosjekt: 10211253
 Oppdragsgiver: NRV
 Borhull nr.: SU3-1
 Opptegnet av: NOJHOL
 Dato tegnet: 26.07.2019

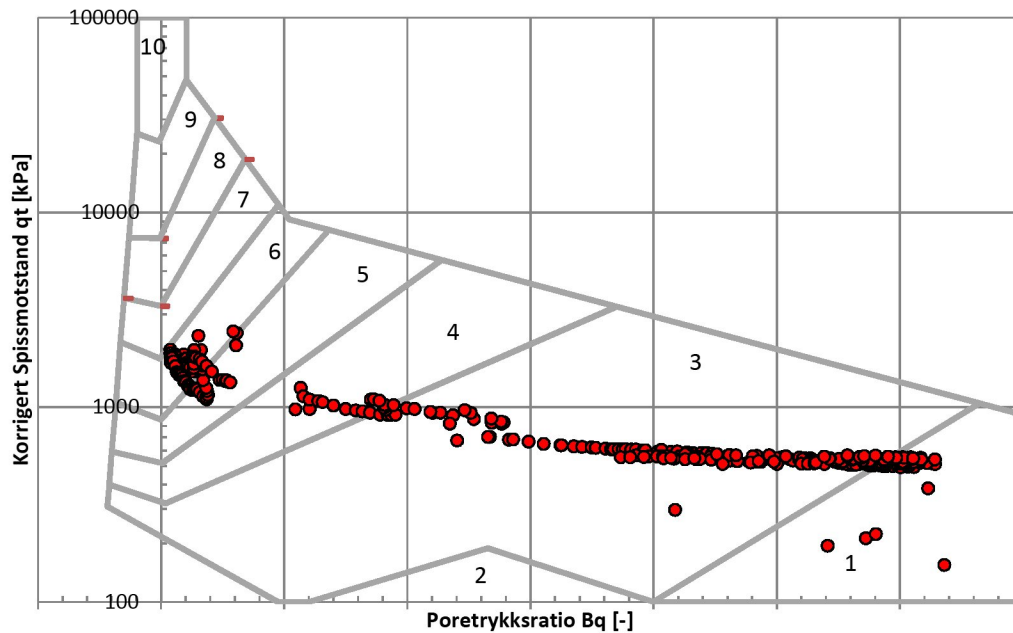
Sonde type: NOVA
 Kapasitet: 50 MP ϵ - qc
 0,5 MP ϵ - fs
 2 MPa - u
 Utført av: Robin Raknes
 Dato utført: 15.05.2019



Opptegning av CPTU: *Konfaktorer*
Prosjekt: *10211253*
Oppdragsgiver: *NRV*
Borhull nr.: *SU3-1*
Opptegnet av: *NOJHOL*
Dato tegnet: *26.07.2019*

Sonde type: *NOVA*
Kapasitet: *50 MPa - qc*
0,5 MPa - fs
2 MPa - u
Utført av: *Robin Raknes*
Dato utført: *15.05.2019*

Klassifisering av materiale



Klassifisering av jordmateriale etter Robertson, 1986

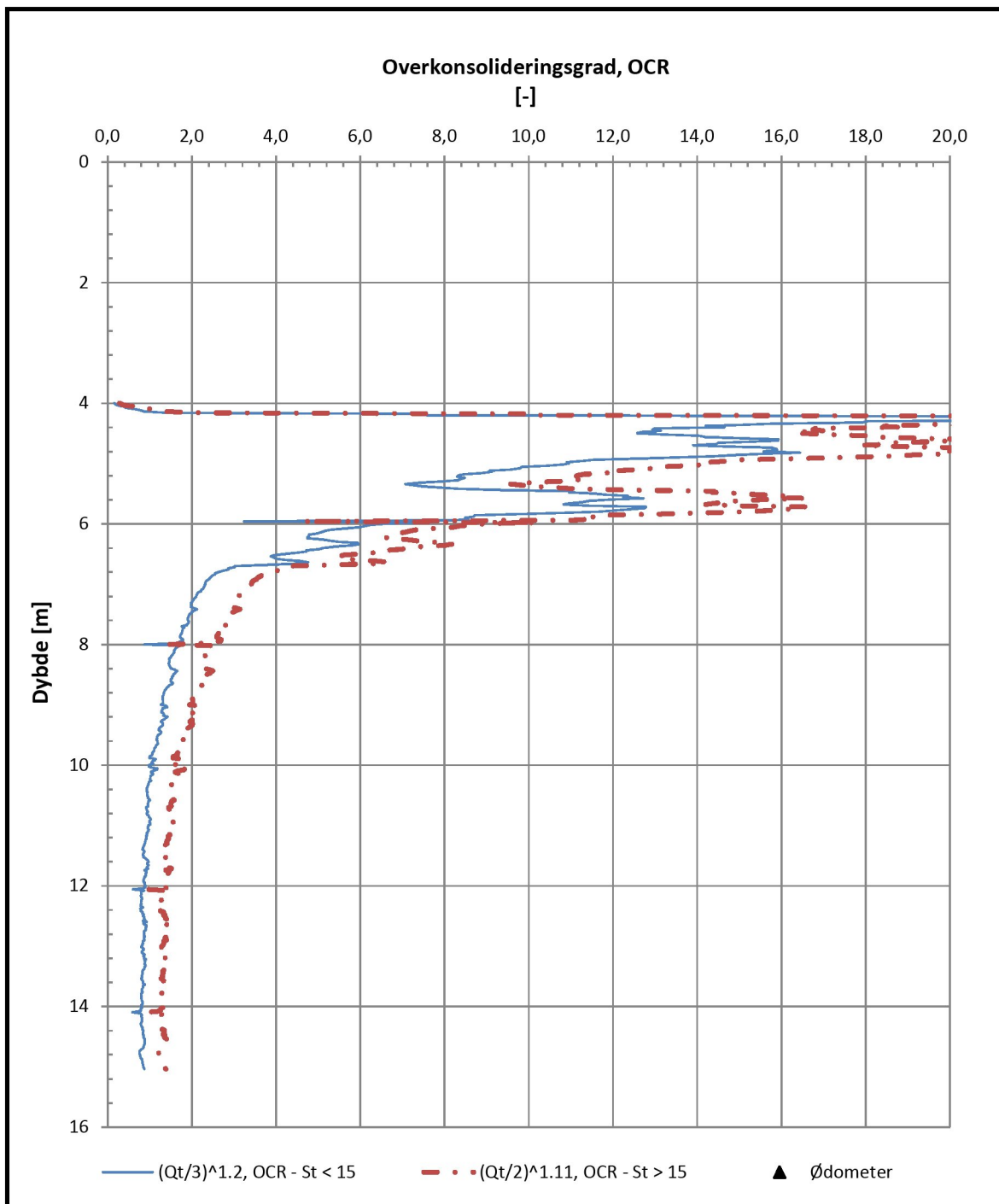
Soner:

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1. Sensitiv, finkornet | 6. Sandig silt - Leirig silt |
| 2. Organisk materiale | 7. Siltig sand - Sandig silt |
| 3. Leire | 8. Sand - Siltig sand |
| 4. Siltig leire - Leire | 9. Sand |
| 5. Leirig silt - Siltig leire | 10. Grusig sand - Sand |



Opptegning av CPTU: *Konfaktorer*
 Prosjekt: *10211253*
 Oppdragsgiver: *NRV*
 Borhull nr.: *SU3-1*
 Opptegnet av: *NOJHOL*
 Dato tegnet: *26.07.2019*

Sonde type: *NOVA*
 Kapasitet: *50 MPa - qc*
0,5 MPa - fs
2 MPa - u
 Utført av: *Robin Raknes*
 Dato utført: *15.05.2019*



Opptegning av CPTU: Overkonsolideringsgrad
 Prosjekt: 10211253
 Oppdragsgiver: NRV
 Borhull nr.: SU3-1
 Opptegnet av: NOJHOL
 Dato tegnet: 26.07.2019

Sonde type: NOVA
 Kapasitet: 50 MPa - qc
 0,5 MPa - fs
 2 MPa - u
 Utført av: Robin Raknes
 Dato utført: 15.05.2019

Sondata:

Sonde nr.:	5216		
Kalibreringsdato	2018-05-03		
Oppløsning:	0		
Arealforhold, a	0,847		
Arealforhold, b	0		
	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Maximim spenning:	50 MPa	0,5 MPa	2 MPa
Måleområde	50 MPa	0,5 MPa	2 MPa
Oppløsning:	0,5979 kPa	0,0099 kPa	0,0192 kPa
Maks. temp effekt under belastning:	8,963 kPa	0,227 kPa	1,265 kPa
Temperaturområde:	5-40 °C	5-40 °C	5-40 °C

Utførelsesdata:

Filtertype:	Ferdigmettet porøfilter
Metningsmedium:	Glyserin
Sondetemperatur start:	- °C
Sondetemperatur slutt:	- °C
Sonderingsnr. etter metning:	0
Forankring:	0
Forboring:	7 m
Sum boring:	15,04 m
Avstand mellom registrering:	20 mm
Max. helning fra vertikal	1,79 °

Koordinater:

Innmålt med:	TopCON
System:	Euref89/NTM
Sone:	10
Høydesystem:	NN2000
Start boring:	Forboring
Øst:	72037,99
Nord:	1214918,01
Høyde start:	165,10
Diff. NN54-sjøkartnull:	m

Nullpunktskontroll:

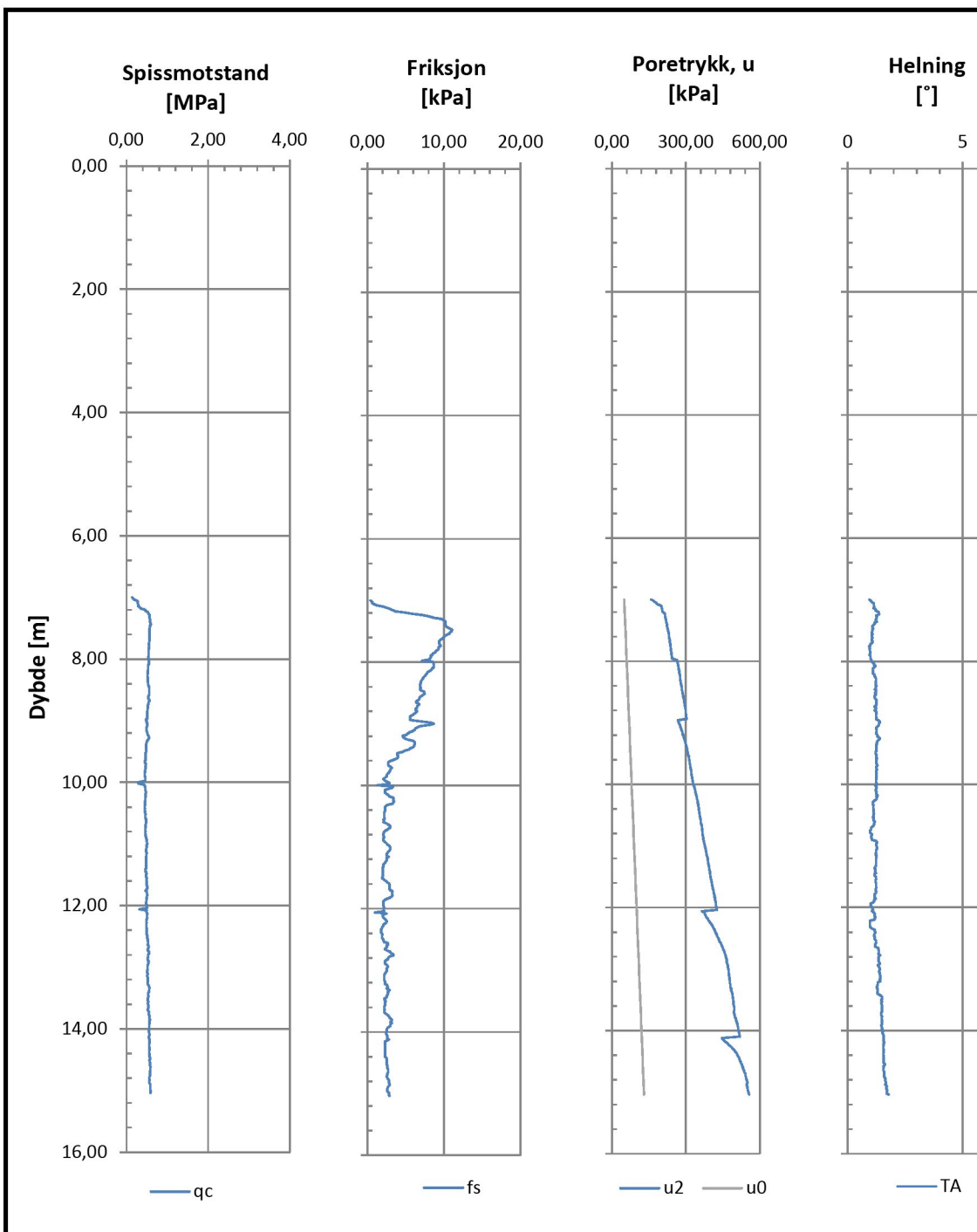
	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Maks. temperatureffekt:	9,0 kPa	0,2 kPa	0,0 kPa
Før sondering:	7,6871 MPa	296,1 kPa	233 kPa
Etter sondering:	0 MPa	0 kPa	0 kPa
Avvik:	-0,002 MPa	0,3 kPa	-2,2 kPa

Vurdering av anvendelsesklasse iht. NGF-veiledning nr. 5, Rev. 3, 2010:

	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet	0,5979 kPa	0,0099 kPa	0,0192 kPa
Tillatt verdi anvendelsesklasse 1	35 kPa	5 kPa	10 kPa
Tillatt verdi anvendelsesklasse 2	100 kPa	15 kPa	25 kPa
Tillatt verdi anvendelsesklasse 3	200 kPa	25 kPa	50 kPa
Tillatt verdi anvendelsesklasse 4	500 kPa	50 kPa	- kPa
→ Anvendelsesklasse	1	1	1



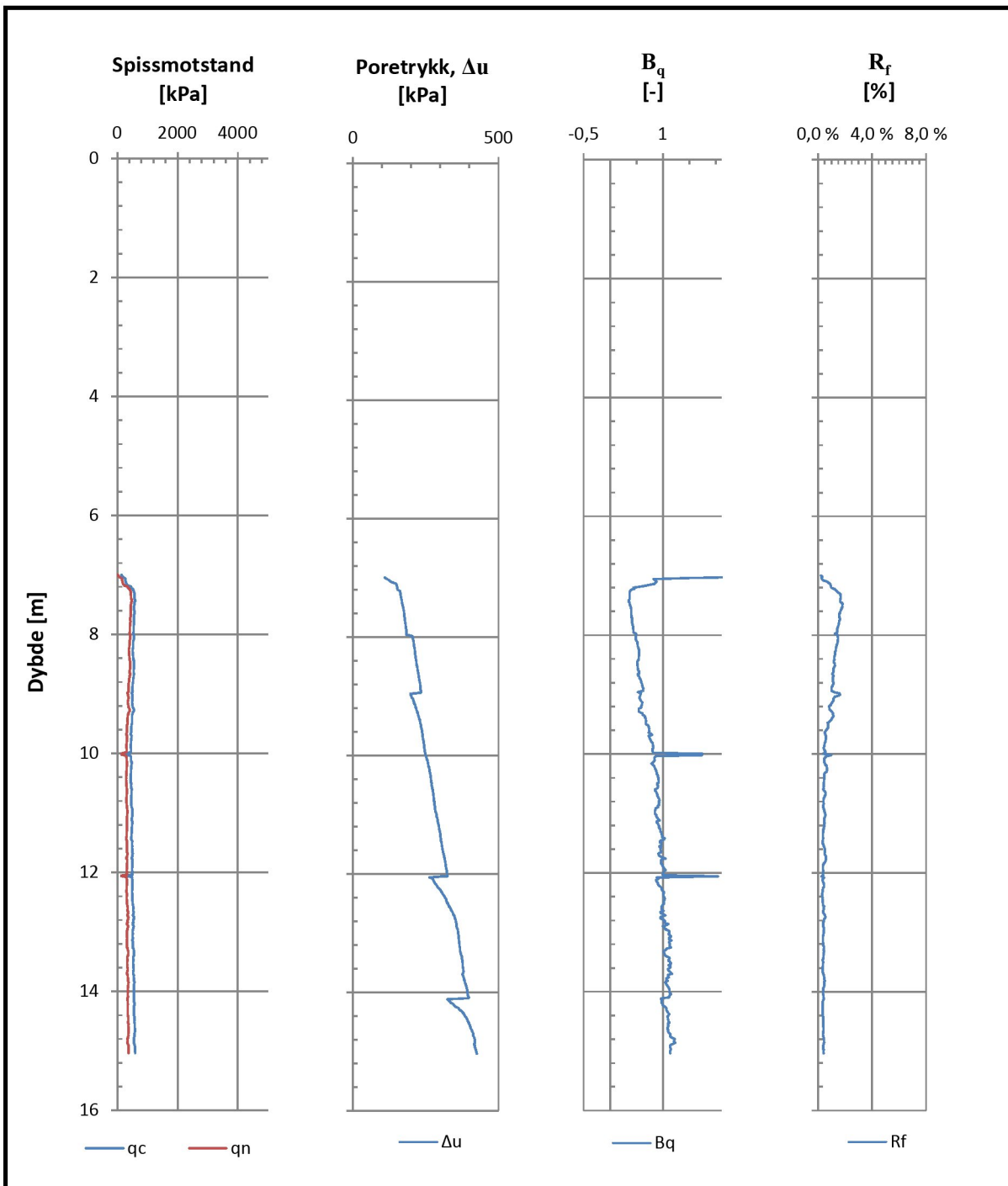
Opptegning av CPTU:	Dokumentasjon av måledata	Sonde type:	NOVA
Prosjekt:	10211253	Kapasitet:	50 MPa - qc
Oppdragsgiver:	NRV		0,5 MPa - fs
Borhull nr.:	SU3-2		2 MPa - u
Opptegnet av:	NOJHOL	Utført av:	Robin Raknes
Dato tegnet:	26.07.2019	Dato utført:	15.05.2019



Opptegning av CPTU:
Prosjekt:
Oppdragsgiver:
Borhull nr.:
Opptegnet av:
Dato tegnet:

Registrerte data
 10211253
 NRV
 SU3-2
 NOJHOL
 26.07.2019

Sonde type: NOVA
Kapasitet: 50 MPa - qc
 0,5 MPa - fs
 2 MPa - u
Utført av: Robin Raknes
Dato utført: 15.05.2019

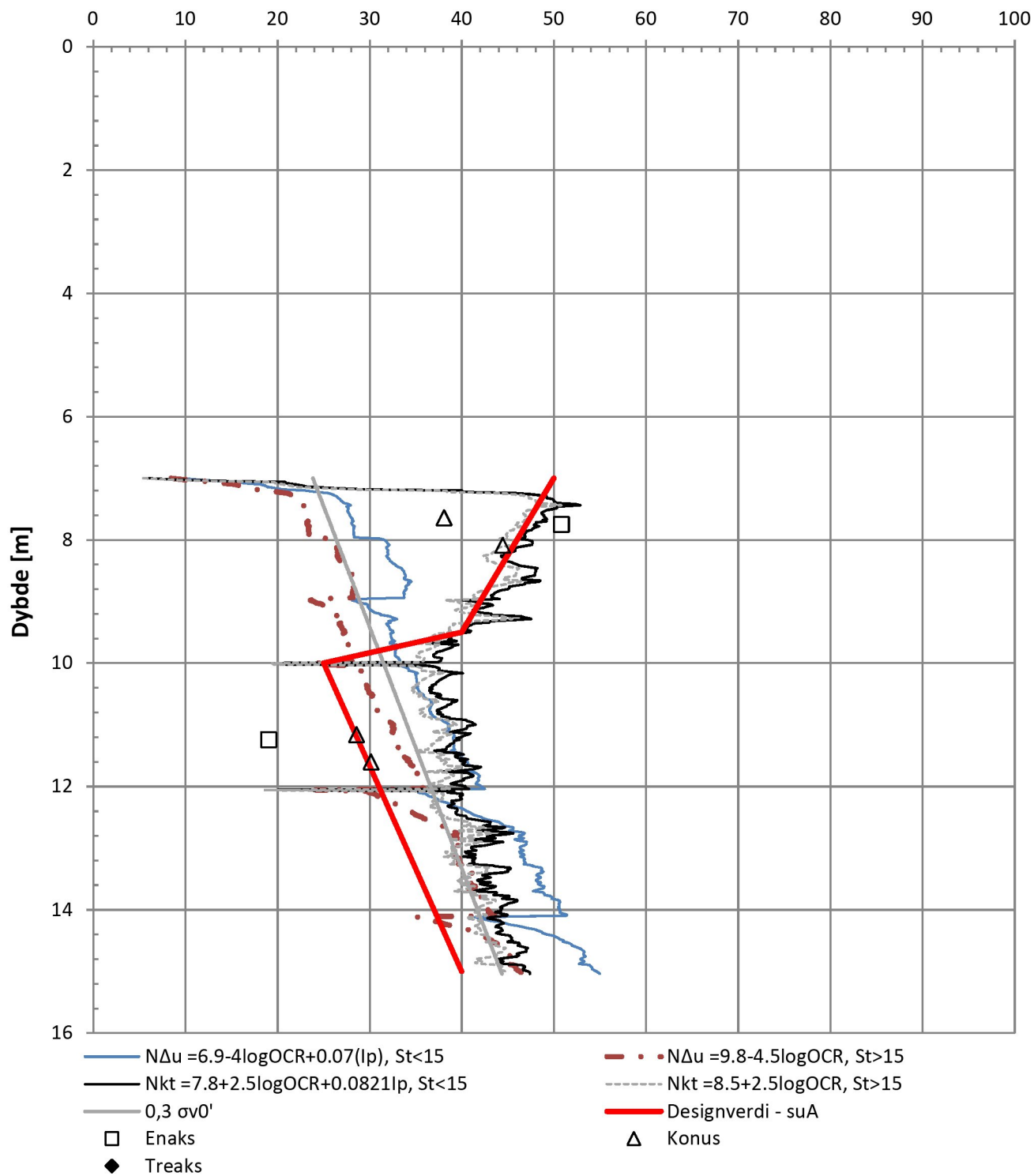


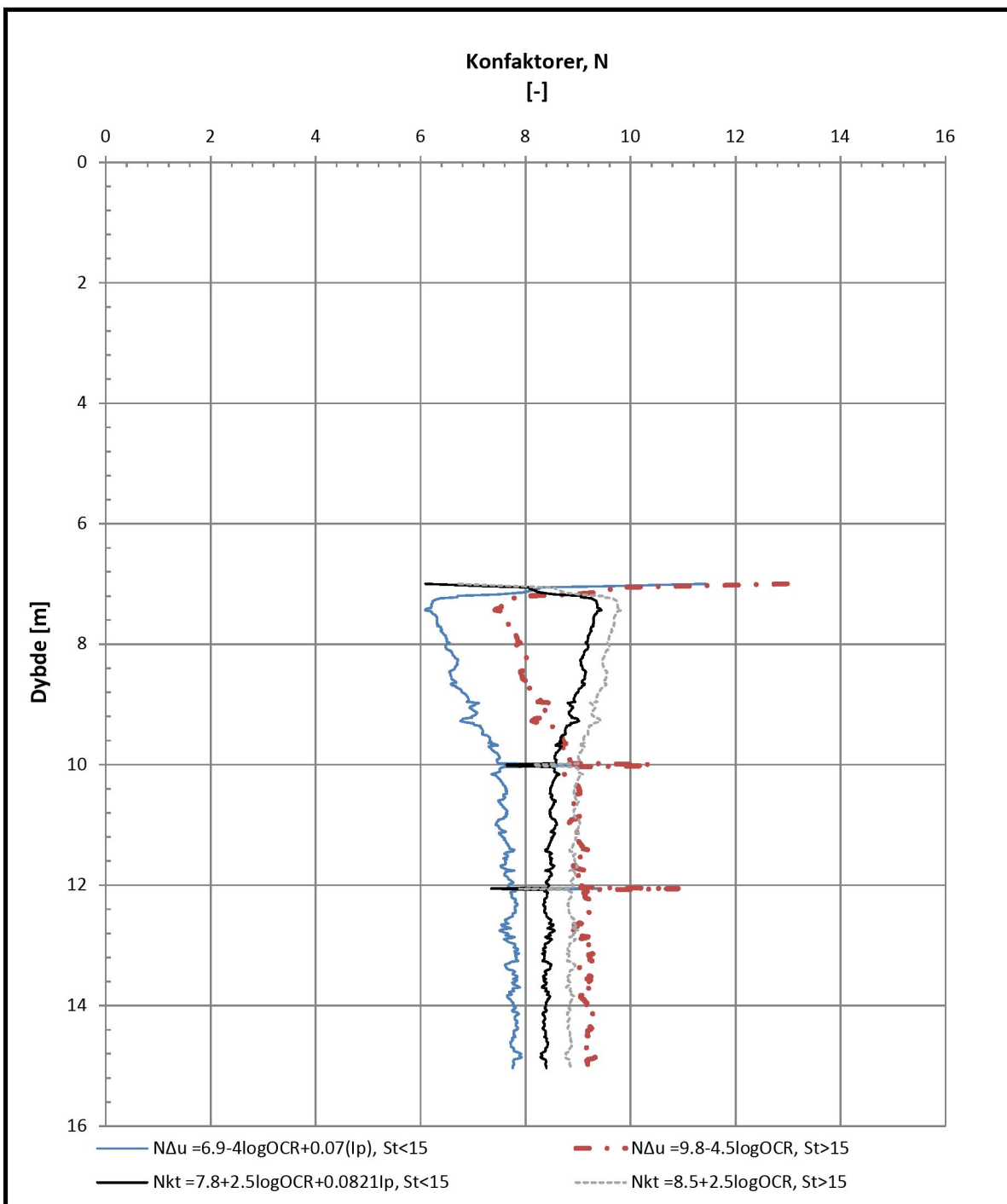
Opptegning av CPTU:
Prosjekt:
Oppdragsgiver:
Borhull nr.:
Opptegnet av:
Dato tegnet:

Avledede data
 10211253
 NRV
 SU3-2
 NOJHOL
 26.07.2019

Sonde type: NOVA
Kapasitet: 50 MPa - qc
 0,5 MPa - fs
 2 MPa - u
Utført av: Robin Raknes
Dato utført: 15.05.2019

Udrenert aktiv skjærstyrke, s_{uA}
[kPa]

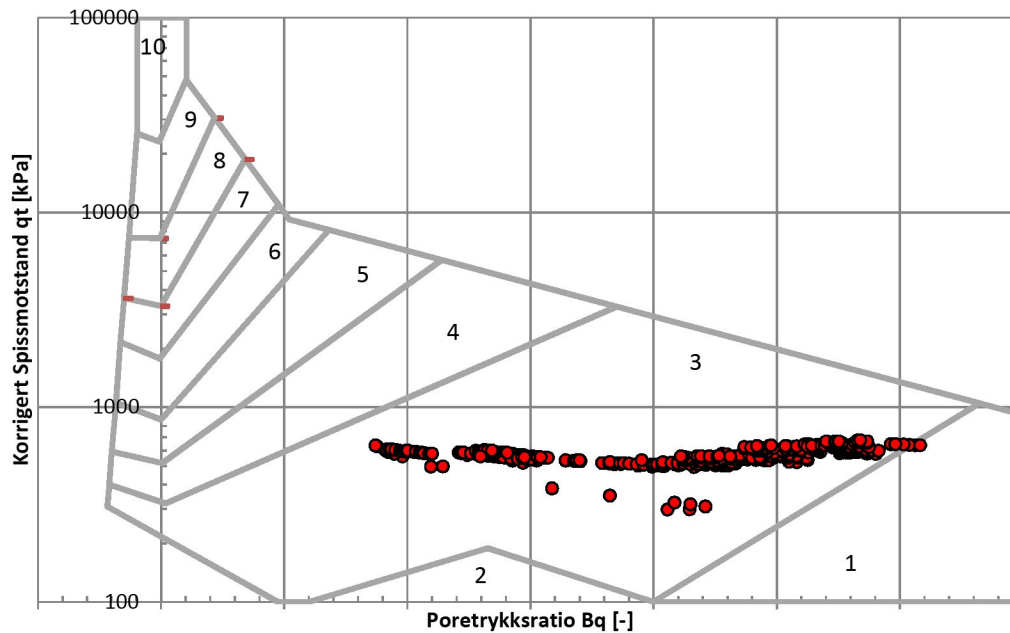




Opptegning av CPTU: *Konfaktorer*
Prosjekt: *10211253*
Oppdragsgiver: *NRV*
Borhull nr.: *SU3-2*
Opptegnet av: *NOJHOL*
Dato tegnet: *26.07.2019*

Sonde type: *NOVA*
Kapasitet: *50 MPa - qc*
 0,5 MPa - fs
 2 MPa - u
Utført av: *Robin Raknes*
Dato utført: *15.05.2019*

Klassifisering av materiale



Klassifisering av jordmateriale etter Robertson, 1986

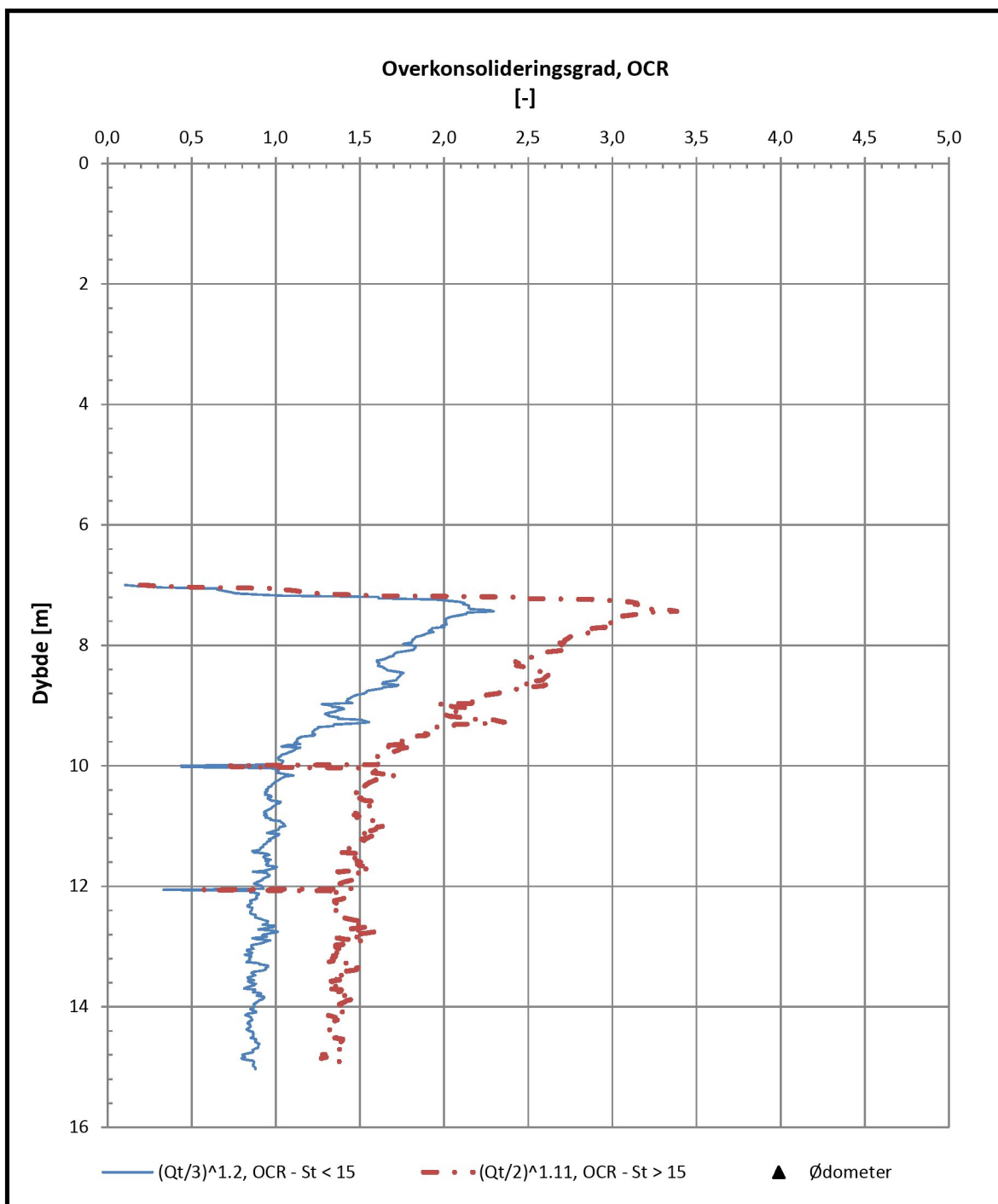
Soner:

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1. Sensitiv, finkornet | 6. Sandig silt - Leirig silt |
| 2. Organisk materiale | 7. Siltig sand - Sandig silt |
| 3. Leire | 8. Sand - Siltig sand |
| 4. Siltig leire - Leire | 9. Sand |
| 5. Leirig silt - Siltig leire | 10. Grusig sand - Sand |



Opptegning av CPTU: *Konfaktorer*
Prosjekt: *10211253*
Oppdragsgiver: *NRV*
Borhull nr.: *SU3-2*
Opptegnet av: *NOJHOL*
Dato tegnet: *26.07.2019*

Sonde type: *NOVA*
Kapasitet: *50 MPa - qc*
0,5 MPa - fs
2 MPa - u
Utført av: *Robin Raknes*
Dato utført: *15.05.2019*



Opptegning av CPTU: *Overkonsolideringsgrad*
Prosjekt: 10211253
Oppdragsgiver: NRV
Borhull nr.: SU3-2
Opptegnet av: NOJHOL
Dato tegnet: 26.07.2019

Sonde type: NOVA
Kapasitet: 50 MPa - qc
 0,5 MPa - fs
 2 MPa - u
Utført av: Robin Raknes
Dato utført: 15.05.2019

Sondata:

Sonde nr.:	5216		
Kalibreringsdato	2018-05-03		
Oppløsning:	0		
Arealforhold, a	0,847		
Arealforhold, b	0		
	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Maximim spenning:	50 MPa	0,5 MPa	2 MPa
Måleområde	50 MPa	0,5 MPa	2 MPa
Oppløsning:	0,5979 kPa	0,0099 kPa	0,0192 kPa
Maks. temp effekt under belastning:	8,963 kPa	0,227 kPa	1,265 kPa
Temperaturområde:	5-40 °C	5-40 °C	5-40 °C

Utførelsesdata:

Filtertype:	Ferdigmettet porøfilter
Metningsmedium:	Glyserin
Sondetemperatur start:	9,6 °C
Sondetemperatur slutt:	6,7 °C
Sonderingsnr. etter metning:	0
Forankring:	0
Forboring:	0 m
Sum boring:	7,52 m
Avstand mellom registrering:	20 mm
Max. helning fra vertikal	2,52 °

Koordinater:

Innmålt med:	TopCON
System:	Euref89/NTM
Sone:	10
Høydesystem:	NN2000
Start boring:	Forboring
Øst:	72037,99
Nord:	1214918,01
Høyde start:	165,10
Diff. NN54-sjøkartnull:	m

Nullpunktskontroll:

	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Maks. temperatureffekt:	9,0 kPa	0,2 kPa	0,0 kPa
Før sondering:	7,6262 MPa	297,4 kPa	234,9 kPa
Etter sondering:	0 MPa	0 kPa	0 kPa
Avvik:	0,0048 MPa	0,1 kPa	0,5 kPa

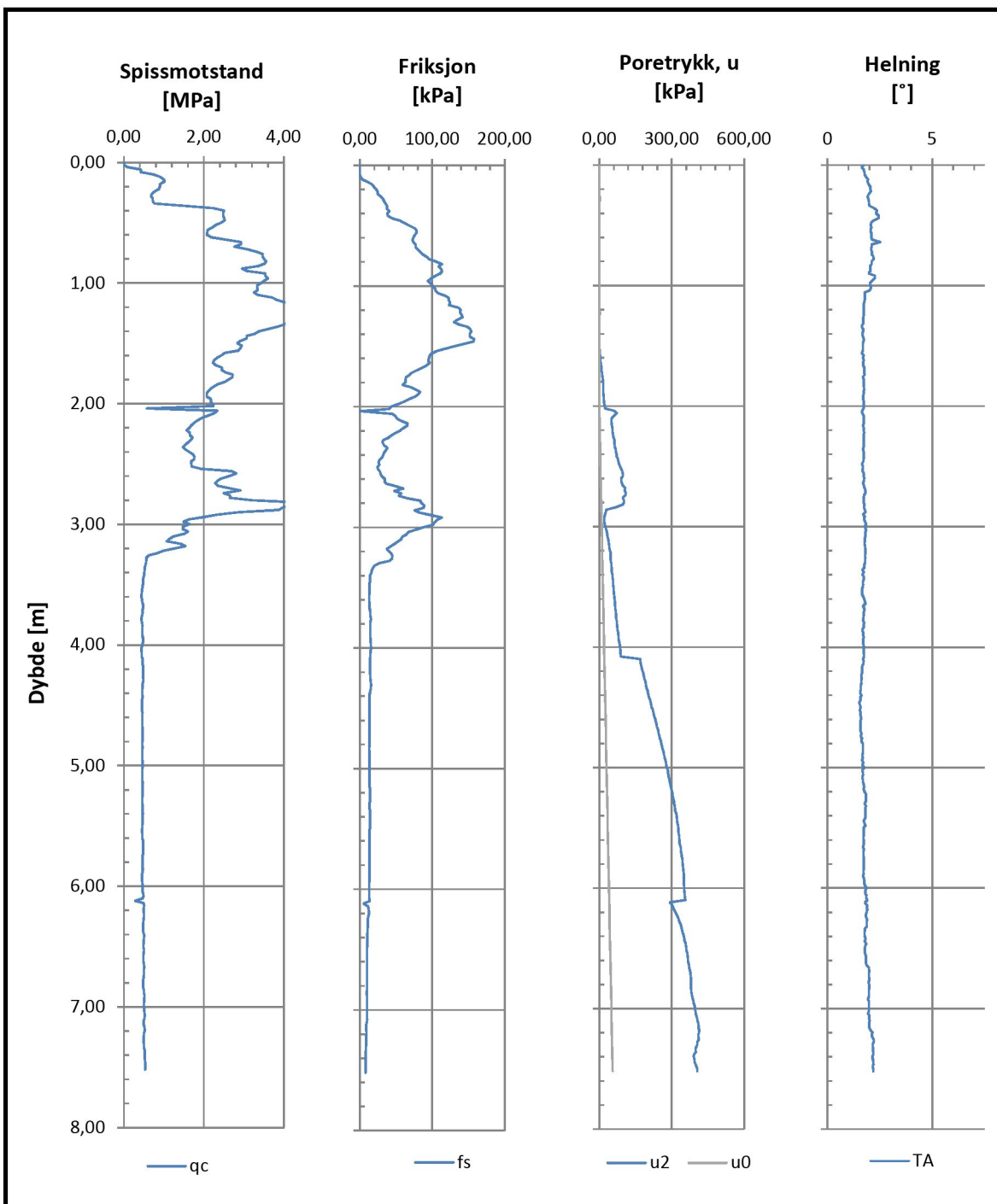
Vurdering av anvendelsesklasse iht. NGF-veiledning nr. 5, Rev. 3, 2010:

	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet	0,5979 kPa	0,0099 kPa	0,0192 kPa
Tillatt verdi anvendelsesklasse 1	35 kPa	5 kPa	10 kPa
Tillatt verdi anvendelsesklasse 2	100 kPa	15 kPa	25 kPa
Tillatt verdi anvendelsesklasse 3	200 kPa	25 kPa	50 kPa
Tillatt verdi anvendelsesklasse 4	500 kPa	50 kPa	- kPa
→ Anvendelsesklasse	1	1	1



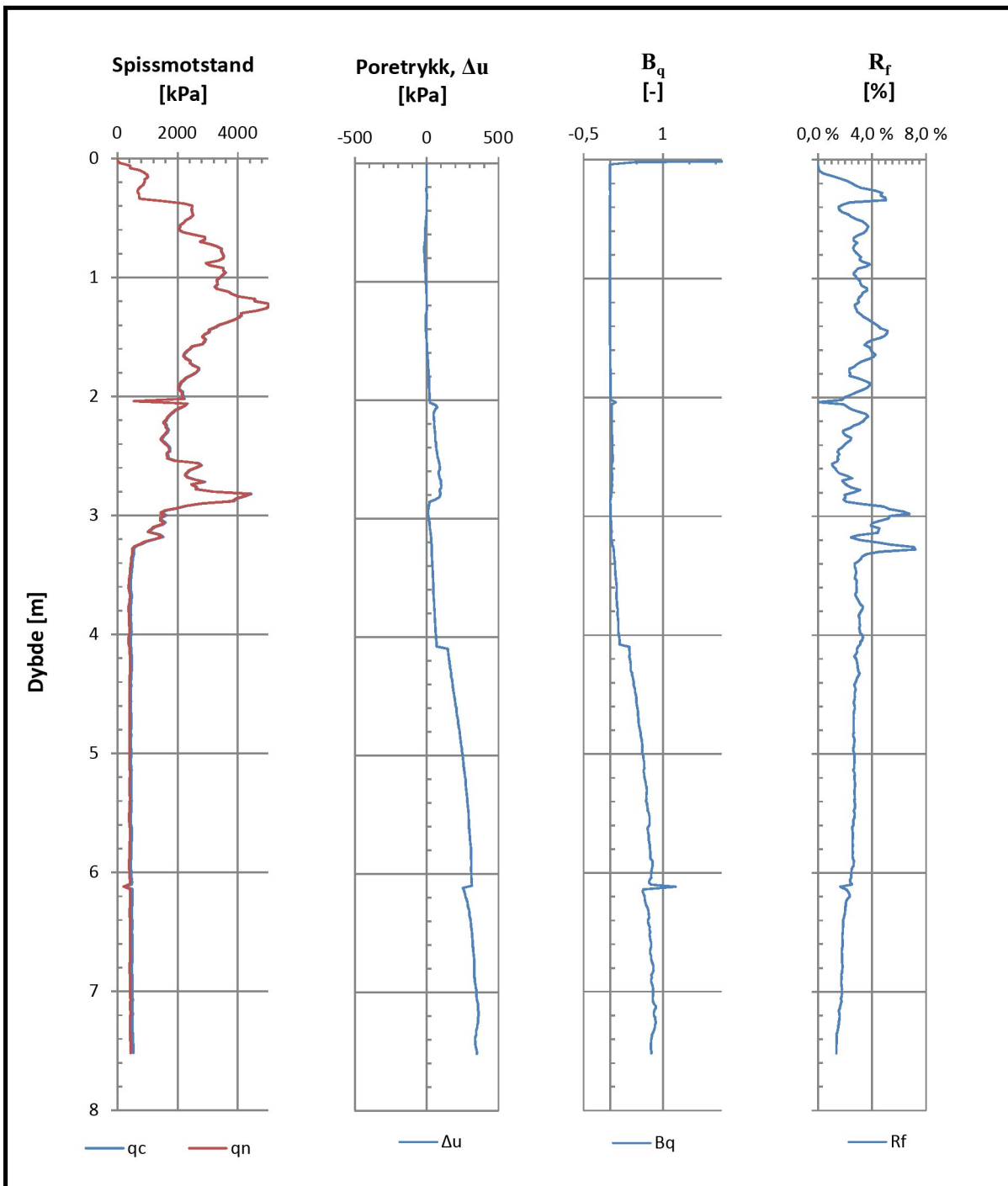
Opptegning av CPTU: *Dokumentasjon av måledata*
 Prosjekt: *10211253*
 Oppdragsgiver: *NRV*
 Borhull nr.: *SW12b*
 Opptegnet av: *NOJHOL*
 Dato tegnet: *25.07.2019*

Sonde type: *NOVA*
 Kapasitet: *50 MPa - qc*
0,5 MPa - fs
2 MPa - u
 Utført av: *Robin Raknes*
 Dato utført: *15.05.2019*



Opptegning av CPTU: Registrerte data
Prosjekt: 10211253
Oppdragsgiver: NRV
Borhull nr.: SW12b
Opptegnet av: NOJHOL
Dato tegnet: 25.07.2019

Sonde type: NOVA
Kapasitet: 50 MPa - qc
 0,5 MPa - fs
 2 MPa - u
Utført av: Robin Raknes
Dato utført: 15.05.2019

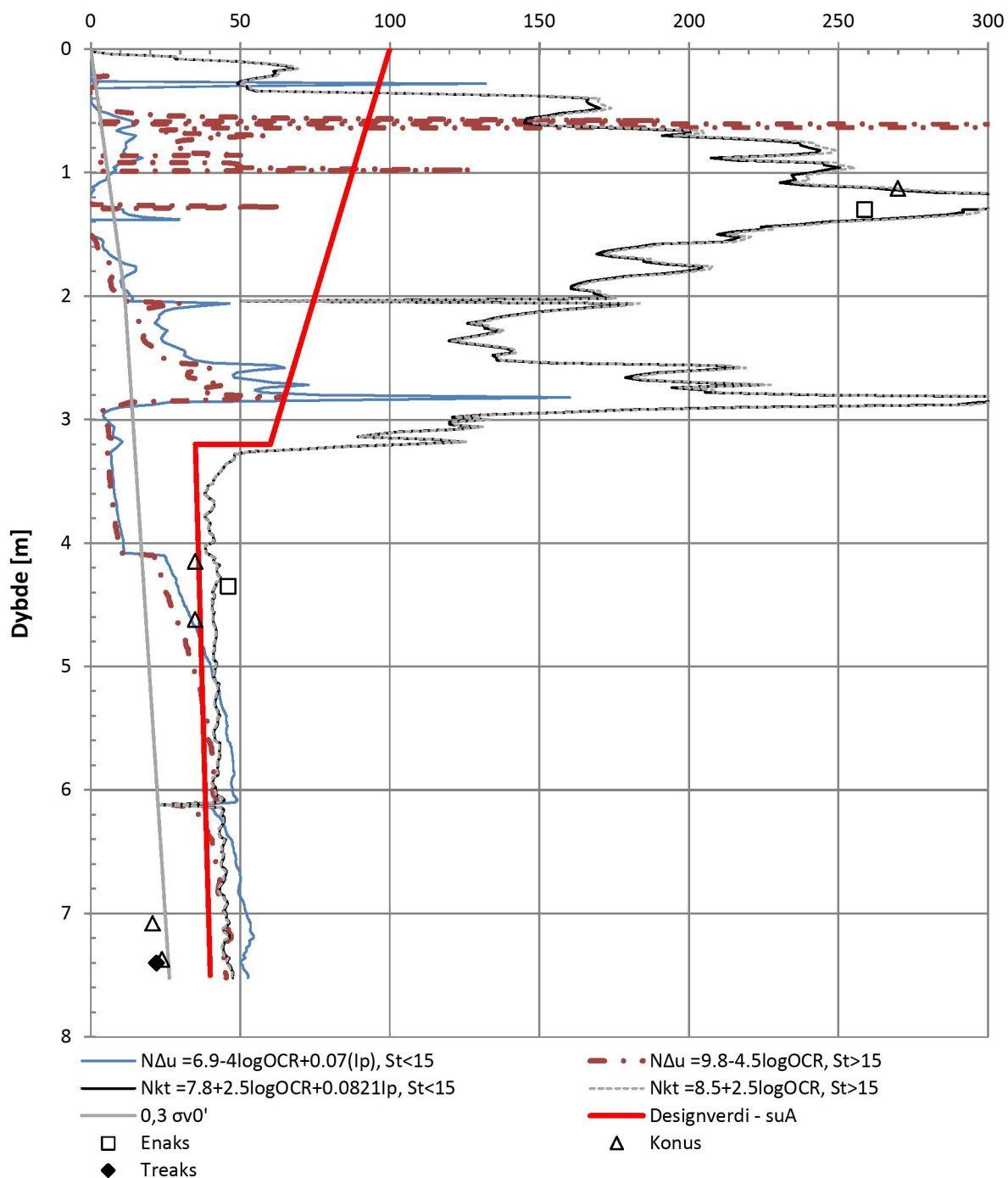


Opptegning av CPTU:
Prosjekt:
Oppdragsgiver:
Borhull nr.:
Opptegnet av:
Dato tegnet:

Avledede data
 10211253
 NRV
 SW12b
 NOJHOL
 25.07.2019

Sonde type: NOVA
Kapasitet: 50 MPa - qc
 0,5 MPa - fs
 2 MPa - u
Utført av: Robin Raknes
Dato utført: 15.05.2019

Udrenert aktiv skjærstyrke, s_{uA}
[kPa]



Opptegning av CPTU:

Tolket udrenert skjærstyrke

Sonde type: NOVA

Prosjekt:

10211253

Kapasitet: 50 MPa - qc

Oppdragsgiver:

NRV

0,5 MPa - fs

Borhull nr.:

SW12b

2 MPa - u

Opptegnet av:

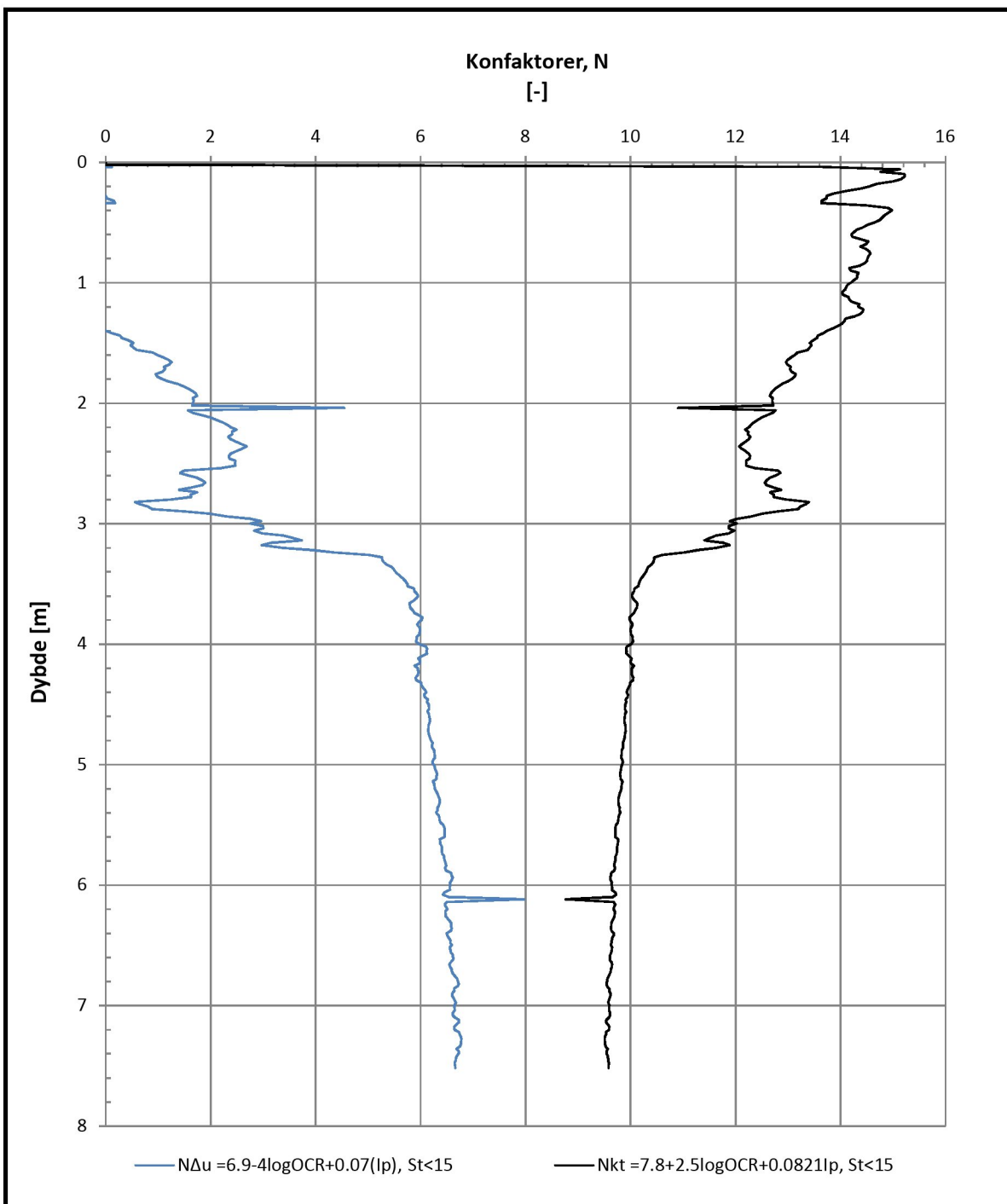
NOJHOL

Utført av: Robin Raknes

Dato tegnet:

12.09.2019

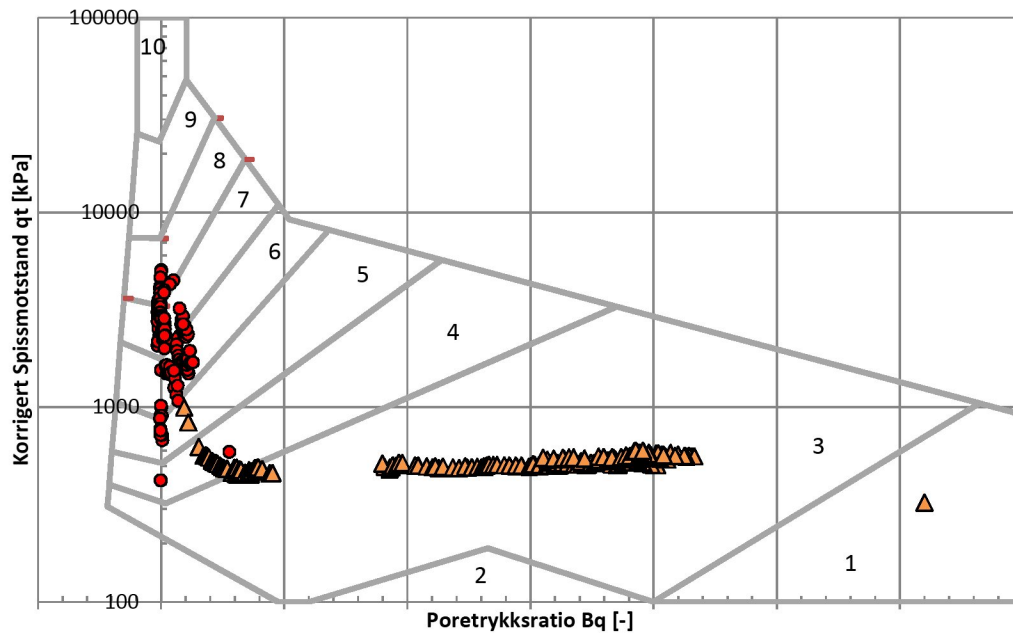
Dato utført: 15.05.2019



Opptegning av CPTU: *Konfaktorer*
Prosjekt: *10211253*
Oppdragsgiver: *NRV*
Borhull nr.: *SW12b*
Opptegnet av: *NOJHOL*
Dato tegnet: *25.07.2019*

Sonde type: *NOVA*
Kapasitet: *50 MPa - qc*
0,5 MPa - fs
2 MPa - u
Utført av: *Robin Raknes*
Dato utført: *15.05.2019*

Klassifisering av materiale



Klassifisering av jordmateriale etter Robertson, 1986

Soner:

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1. Sensitiv, finkornet | 6. Sandig silt - Leirig silt |
| 2. Organisk materiale | 7. Siltig sand - Sandig silt |
| 3. Leire | 8. Sand - Siltig sand |
| 4. Siltig leire - Leire | 9. Sand |
| 5. Leirig silt - Siltig leire | 10. Grusig sand - Sand |

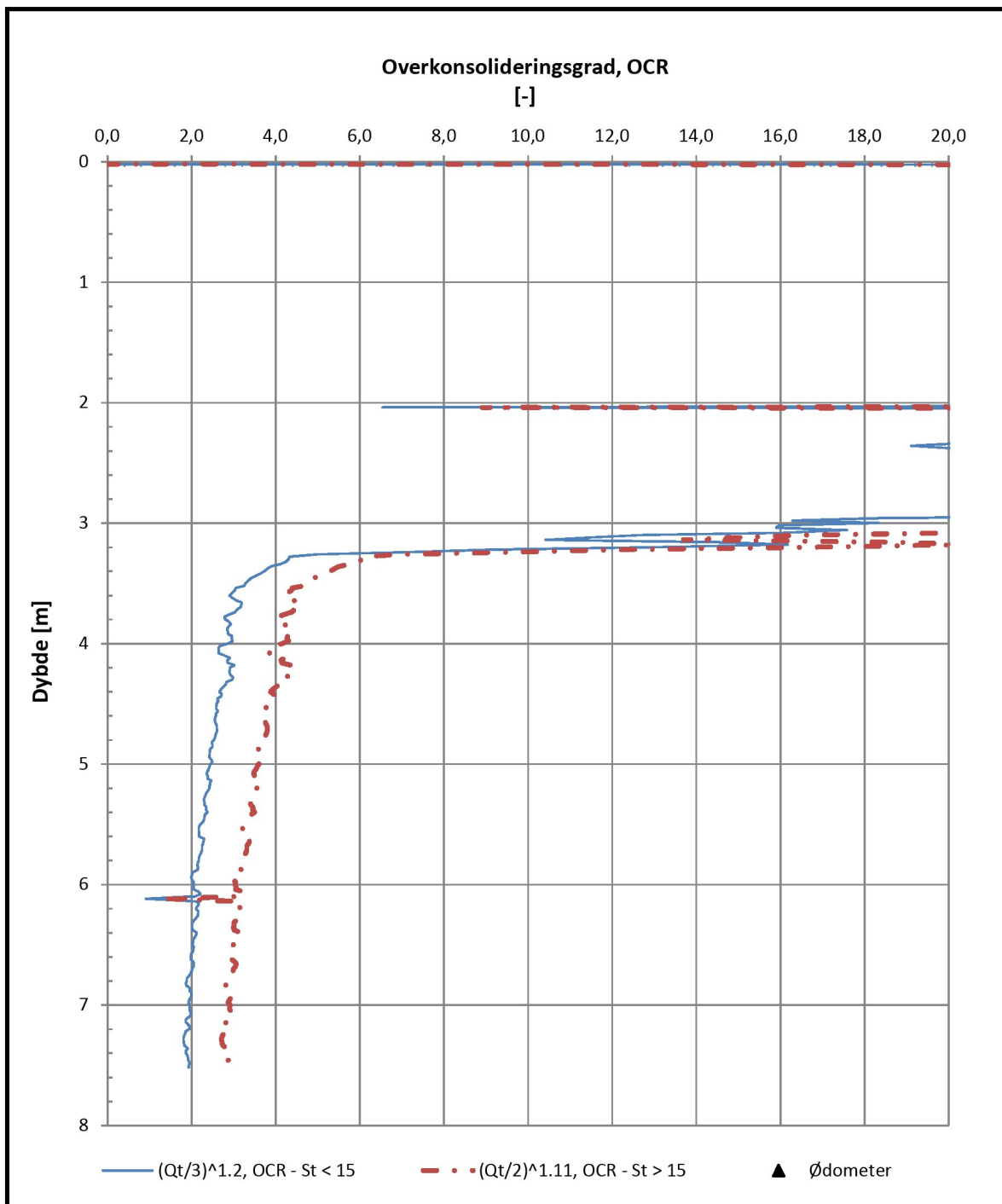
● Datapunkt ned til dybde 3,2 meter

▲ Datapunkt under dybde 3,2 meter



Opptegning av CPTU: *Konfaktorer*
 Prosjekt: *10211253*
 Oppdragsgiver: *NRV*
 Borhull nr.: *SW12b*
 Opptegnet av: *NOJHOL*
 Dato tegnet: *25.07.2019*

Sonde type: *NOVA*
 Kapasitet: *50 MPa - qc*
0,5 MPa - fs
2 MPa - u
 Utført av: *Robin Raknes*
 Dato utført: *15.05.2019*



Opptegning av CPTU:

Prosjekt:

Oppdragsgiver:

Borhull nr.:

Opptegnet av:

Dato tegnet:

Overkonsolideringsgrad

10211253

NRV

SW12b

NOJHOL

25.07.2019

Sonde type:

Kapasitet:

Utført av:

Dato utført:

NOVA

50 MPa - qc

0,5 MPa - fs

2 MPa - u

Robin Raknes

15.05.2019

Bilag 2: Tolkning av treaksforsøk

TOLKNING AV TREAKSIALFORSØK

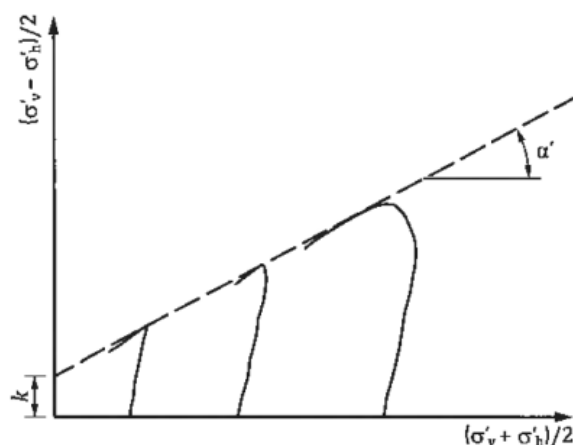
KUNDE / PROSJEKT Nedre Romerike Vannverk IKS A120013 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlihavna	PROSJEKTLEDER Tove Haugland Udon	DATO 26.07.2019
PROSJEKTNUMMER 10211253	OPPRETTET AV Johannes Gaspar Holten	REV. DATO

Beregningsmetoder

Friksjonsvinkel (ϕ), attraksjon (a), kohesjon (c) og udrenert skjærfasthet (c_{uA}) er tolket fra CAUC treaksialforsøk. Resultatet er vanligvis presentert med $\tau - p'$ -plot, som vist i Figur 1. Skjærspenning, τ , og middelspenning, p' , er definert som:

$$\tau = (\sigma'_v - \sigma'_h)/2 = (\sigma'_a - \sigma'_r)/2$$

$$p' = (\sigma'_v + \sigma'_h)/2 = (\sigma'_a + \sigma'_r)/2$$



Figur 1: Definisjon av bruddlinjen i τ - p' -plot [1]

Friksjonsvinkel er tolket fra $\tau - p'$ -plot. Helningen til bruddlinjen, α' , er definert som:

$$\tan \alpha' = \sin \phi$$

Kohesjon og attraksjon beregnes etter følgende formler:

$$c = k / \cos \phi$$

$$a = k / \tan \phi$$

Prøvens kvalitet er vurdert etter $\Delta e/e_0$ [2], hvor Δe er endring i porettall etter konsolidering til estimerte in-situ spenninger og e_0 er initial porettall. Figur 2 angir tabell benyttet for å vurdere prøve kvalitet. OCR er tolket fra CPT-resultater. For begge prøvene kan forsøket klassifiseres som en prøve av god kvalitet. Noen viktige parametere er gjengitt i Tabell 1.

OCR, σ'_c/σ'_{v0} (-)	Depth (m)	Very good to/ excellent quality $\Delta e/e_o <$ (-)	Good to fair quality $< \Delta e/e_o <$ (-)	Poor quality $< \Delta e/e_o <$ (-)	Very poor quality $\Delta e/e_o >$ (-)
1-2	0-10	0.04	0.04-0.07	0.07-0.14	0.14
2-4	0-10	0.03	0.03-0.05	0.05-0.10	0.10

Figur 2: Evaluering av prøve kvalitet basert på $\Delta e/e_o$ [2]

Resultatene fra tre aksialforsøk, sammen med tolkningen, er presentert i dette vedlegget.

Tabell 1: Parametere fra tre aksialforsøk.

Punkt	Dybde [m]	OCR [-]	σ'_{v0} [kPa]	γ [kN/m ³]	w [%]	φ [°]	a [kPa]	c_{uA} [kPa]	$\Delta e/e_o$ [-]
SW12b	7,4	~3	57,5	18,79	33,34	27,8	5	22	0,032
SW15	6,36	~3	85	19,17	32,04	28,0	10	42	0,040

Referanser

- [1] ISO, «ISO 17892-9:2018. Geotechnical investigation and testing — Laboratory testing of soil — Part 9: Consolidated triaxial compression tests on water saturated soils,» 2018.
- [2] T. Lunne, T. Berre og S. Strandvik, «Sample disturbance effects in soft low plastic Norwegian clay,» *Symposium on Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics* CAPES-Fundacao Coordenacao do Aperfeicoamento de Pessoal de Nivel Superior; CNPq-Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico a Tecnologico; FAPERJ-Fundacao de Ampora a Pesquisa do Estado d, 1997.
- [3] N. Janbu, «Soil compressibility as determined by oedometer and triaxial tests.,» 1963.

Triaxial test summary

Template: triax_specification

Responsible: Morten A. Sjørusen/ Yusuke Suzuki

Date/Rev.no.: 2018-08-31\18

Project name **10211253 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlihavna**
 Project number **20190006**
 Report number **18**

Sample and test identification

Boring	BH12		
Tube	4		
Part	CAUA		
Test	1	Material	leire
		Sample	0
Description	CLAY,		
Trimming method	Standard		
Laboratory procedure	LLP014		
Depth	7.4 [m]	Salt content	0 [g/l]
Effective overburden pressure, P_o'	57.5 [kPa]	Unit weight of solids	27.2 [kN/m ³]
Specimen height	10.96 [cm]	Maximum dry unit weight	0 [kN/m ³]
Specimen volume	248.93 [cm ³]	Minimum dry unit weight	0 [kN/m ³]

Initial index data

Water content	W_i	33.34 [%]	Void ratio	e_i	0.931
Initial unit weight	γ_{ti}	18.79 [kN/m ³]	Initial saturation	S_{ri}	99.3 [%]
Dry unit weight	γ_{di}	14.09 [kN/m ³]	Relative density	D_{ri}	

Consolidation data

		Final		Maximum	Minimum	Final	
Water content	W_c	32.26 [%]	σ_{ac}'			56.0	[kPa]
Unit weight	γ_{tc}	18.93 [kN/m ³]	σ_{rc}'			39.2	[kPa]
Dry unit weight	γ_{dc}	14.31 [kN/m ³]	τ_c			8.4	[kPa]
Void ratio	e_c	0.901	K_o			0.70	
Saturation	S_{rc}	99.3 [%]	ε_{ac}			0.953	[%]
Relative density	D_{rc}		ε_{vc}			1.557	[%]
Backpressure	U	784.6 [kPa]	ε_{rc}			0.305	[%]
B-value	B	99 [%]					

Preshearing data

ε_{ac}	0.000 [%]	Nominal τ_{cy}	0 [kPa]
ε_{vc}	0.000 [%]	Number of cycles	0

Comments

Test duration: days
 Ave. axial strain rate: %/hr
 Photo (y/n)

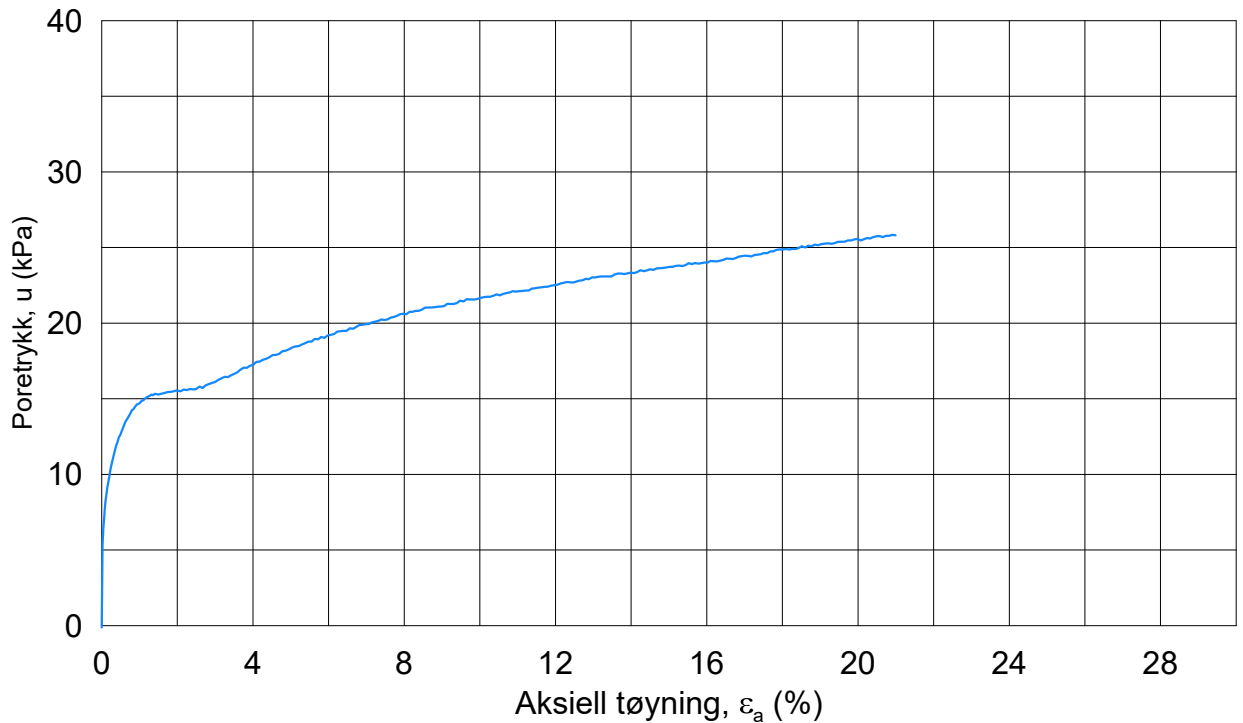
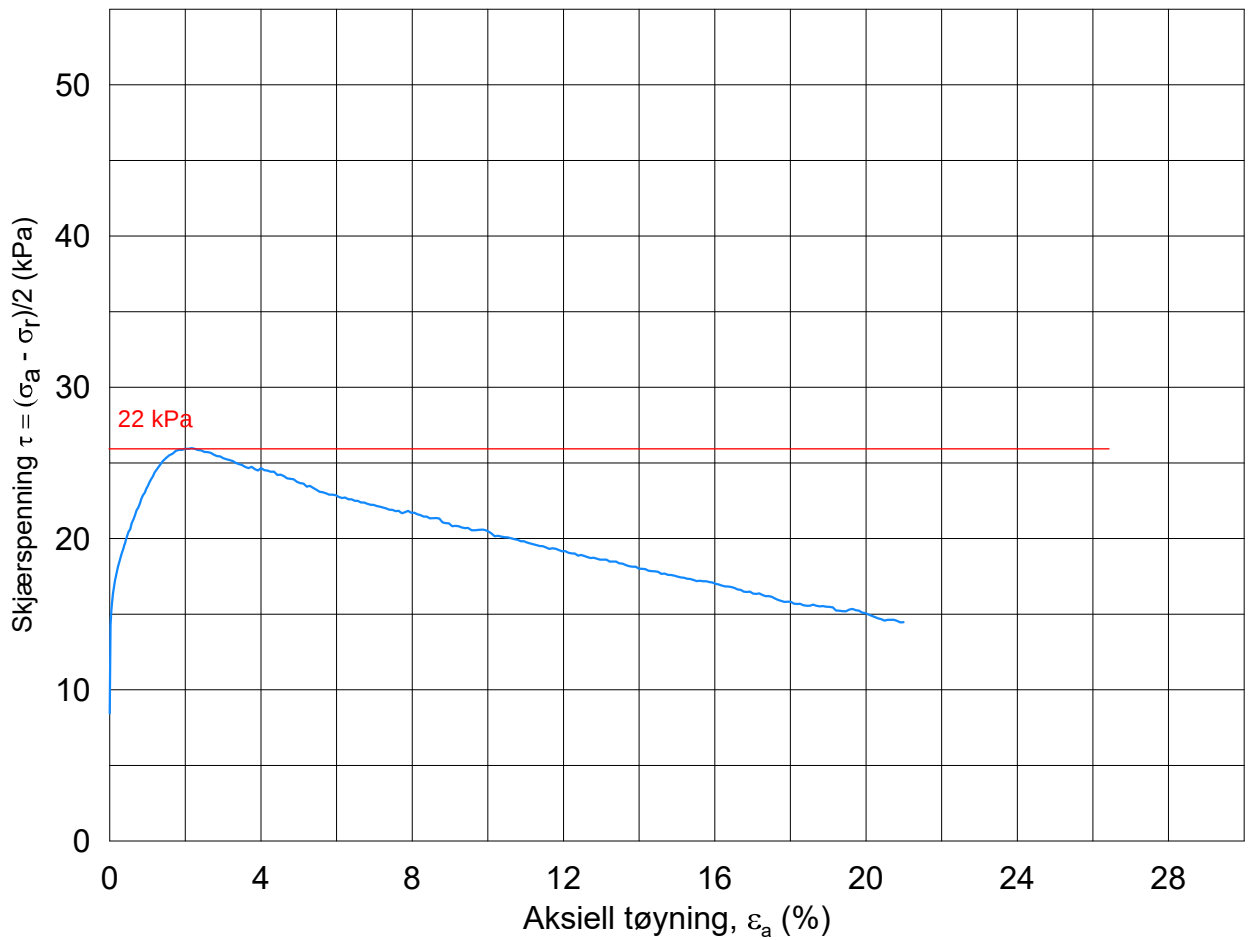
Special tests

Bender elements (y/n)
 Permeability (y/n)

others (if any)

Calculation done by:	Date:	Control done by:	Date:
Project no.: 20190006	Boring: BH12	Tube: 4	Part: CAUA Test: 1





Dato/Rev.: 2014-12-23/02

10211253 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlihavna

Dokument nr.
20190006-18

Treaksial forsøk: **CAUA**

Figur nr.
GXX

Boring: **BH12**

Dybde = **7.40** m

Konsolidering-spenninger

Dato
2019-07-08

Tegnet av / kontr.
ThV / GS

Sylinder: **4**

$\rho_{o'}$ = **57.5** kPa

(kPa) maks. min. endelig

Del: **CAUA**

w_i = **33.3** %

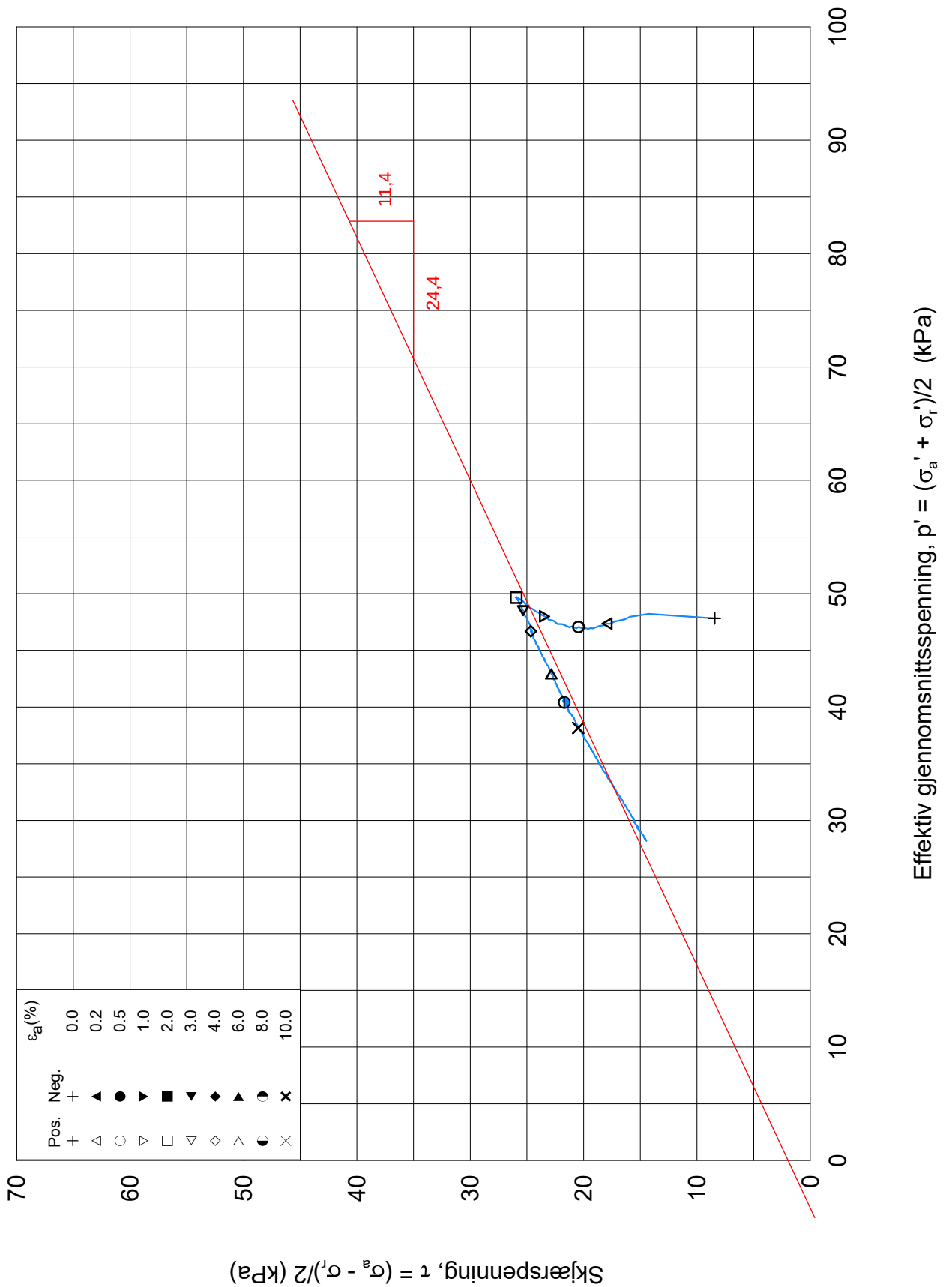
σ_{ac}' = - - **56.0**

Test: **1**

w_c = **32.3** %

σ_{rc}' = - - **39.2**





Date/Rev: 2014-12-23/02

10211253 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlihavna

Dokument nr.
20190006-18

Treaksial forsøk: **CAUA**

Figur nr.
GXX

Boring: **BH12**

Dybde = **7.40** m

Konsolidering-spenninger

Dato
2019-07-08

Tegnet av / kontr.
ThV / GS

Sylinder: **4**

po' = **57.5** kPa

(kPa) maks. min. endelig

Del: **CAUA**

w_i = **33.3** %

σ_{ac}' = - - **56.0**

Test: **1**

w_c = **32.3** %

σ_{rc}' = - - **39.2**



Triaxial test summary

Template: triax_specification

Responsible: Morten A. Sjursen/ Yusuke Suzuki

Date/Rev.no.: 2018-08-31\18

Project name **10211253 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlihavna**
 Project number **20190006**
 Report number **18**

Sample and test identification

Boring	SW15		
Tube	6		
Part	CAUA		
Test	1	Material	leire
		Sample	0
Description	CLAY,		
Trimming method	Standard		
Laboratory procedure	LLP014		
Depth	6.36 [m]	Salt content	0 [g/l]
Effective overburden pressure, P_o'	85 [kPa]	Unit weight of solids	27.2 [kN/m ³]
Specimen height	10.95 [cm]	Maximum dry unit weight	0 [kN/m ³]
Specimen volume	252.04 [cm ³]	Minimum dry unit weight	0 [kN/m ³]

Initial index data

Water content	W_i	32.04 [%]	Void ratio	e_i	0.873
Initial unit weight	γ_{ti}	19.17 [kN/m ³]	Initial saturation	S_{ri}	101.7 [%]
Dry unit weight	γ_{di}	14.52 [kN/m ³]	Relative density	D_{ri}	

Consolidation data

		Final		Maximum	Minimum	Final
Water content	W_c	30.75 [%]	σ_{ac}'			85.0 [kPa]
Unit weight	γ_{tc}	19.35 [kN/m ³]	σ_{rc}'			59.5 [kPa]
Dry unit weight	γ_{dc}	14.80 [kN/m ³]	τ_c			12.7 [kPa]
Void ratio	e_c	0.838	K_o			0.70
Saturation	S_{rc}	101.8 [%]	ε_{ac}			1.068 [%]
Relative density	D_{rc}		ε_{vc}			1.908 [%]
Backpressure	U	784.6 [kPa]	ε_{rc}			0.425 [%]
B-value	B	98.9 [%]				

Preshearing data

ε_{ac}	0.000 [%]	Nominal τ_{cy}	0 [kPa]
ε_{vc}	0.000 [%]	Number of cycles	0

Comments

Test duration: days
 Ave. axial strain rate: %/hr
 Photo (y/n)

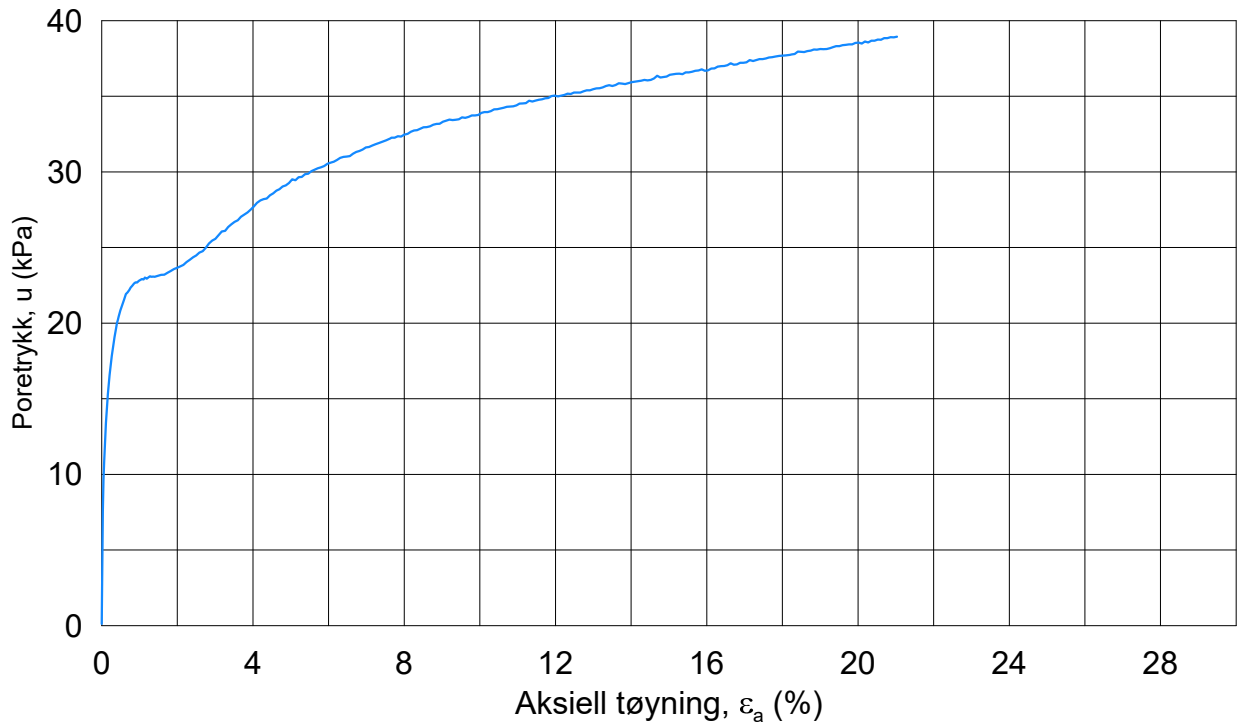
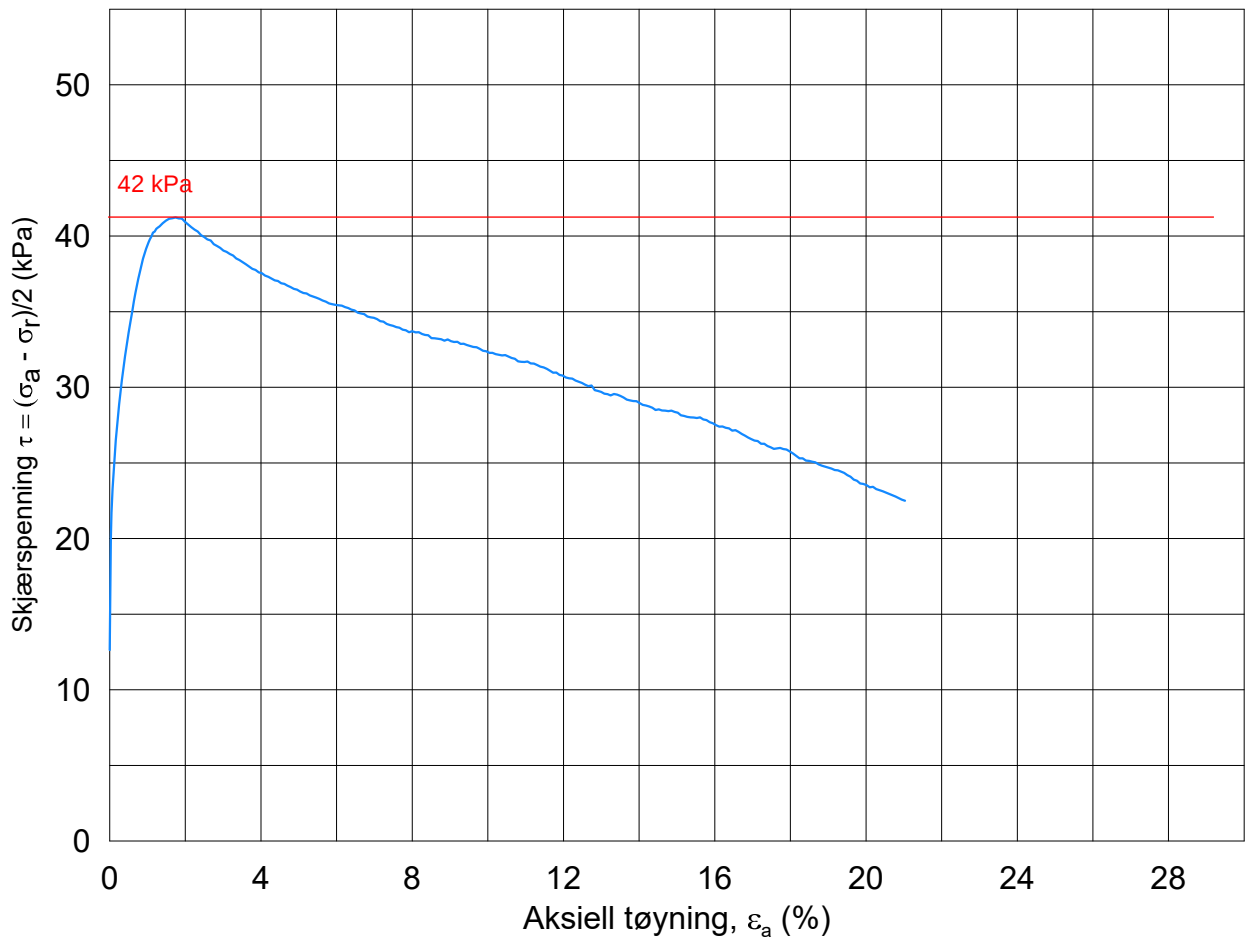
Special tests

Bender elements (y/n)
 Permeability (y/n)

others (if any)

Calculation done by:	Date:	Control done by:	Date:
Project no.: 20190006	Boring: SW15	Tube: 6	Part: CAUA Test: 1





Dato/Rev.: 2014-12-23/02

10211253 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlihavna

Dokument nr.
20190006-18

Treaksial forsøk: **CAUA**

Figur nr.
GXX

Boring: **SW15**

Dybde = **6.36** m

Konsolidering-spenninger

Dato
2019-07-08

Tegnet av / kontr.
ThV / GS

Sylinder: **6**

$\rho_{o'}$ = **85.0** kPa

(kPa) maks. min. endelig

Del: **CAUA**

w_i = **32.0** %

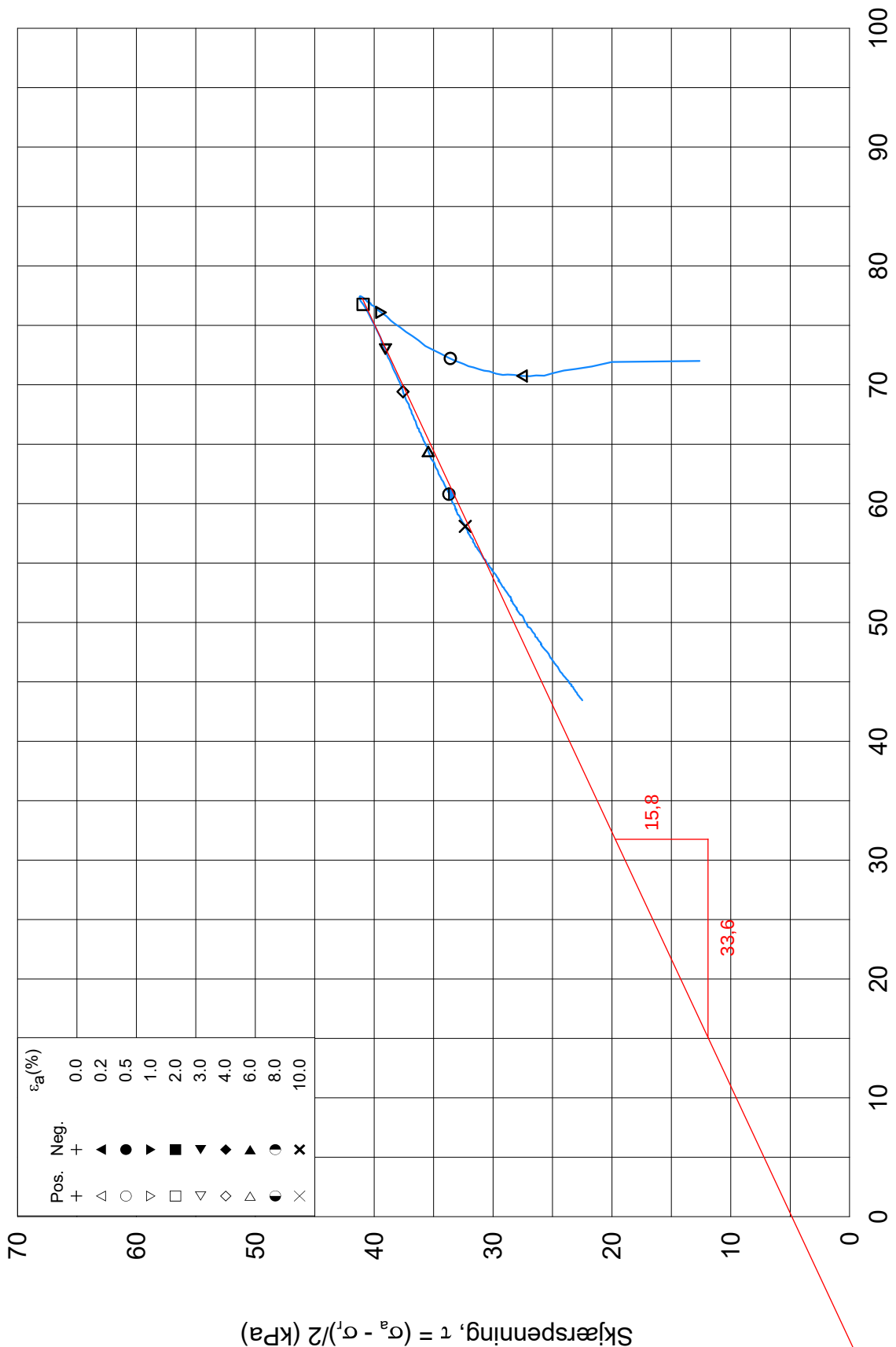
σ_{ac}' = - - **85.0**

Test: **1**

w_c = **30.7** %

σ_{rc}' = - - **59.5**





Effektiv gjennomsnittsspenning, $p' = (\sigma'_a + \sigma'_v)/2$ (kPa)

Date/Rev.: 2014-12-23/02

10211253 Prosjekteringsoppdrag Sandbekken - Sørlihavna

Dokument nr.
20190006-18

Treaksial forsøk: **CAUA**

Figur nr.
GXX

Boring: **SW15**

Dybde = **6.36** m

Konsolidering-spenninger

Dato
2019-07-08

Tegnet av / kontr.
ThV / GS

Sylinder: **6**

$p_{o'}$ = **85.0** kPa

(kPa) maks. min. endelig

Del: **CAUA**

w_i = **32.0** %

σ_{ac}' = - - **85.0**

Test: **1**

w_c = **30.7** %

σ_{rc}' = - - **59.5**



Bilag 3: Vurdering av faregrad

Klassifisering for dagens situasjon

Faregradsevaluering	Faktorer	Vekttall	Faregrad, score	Kommentar	Faregrad, score			
					3	2	1	0
					Tidligere skredaktivitet	1	0	Ingen registrerte hendelser
Skråningshøyde	2	0		>30	20-30	15-20	<15	
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2		1.0-1.2	1.2-1.5	1.5-2.0	>2.0	
Poretrykk, overtrykk	3	1		>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk	
Poretrykk, undertrykk	-3	0	Ikke undertrykk	>-50	-(20-50)	-(0-20)		
Kvikkleiremektighet	2	2		>H/2	H/2 - H/4	<H/4	Tynt lag	
Sensitivitet	1	2		>100	30-100	20-30	<20	
Erosjon	3	1		Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	
Inngrep, forverring	3	0		Stor	Noe	Liten	Ingen	
Inngrep, forbedring	-3	0		Stor	Noe	Liten	Ingen	
Faregrad:			16	Lav faregrad	% av max	31,37		

Skadekonsekvensklassifisering	Faktorer	Vekttall	Skadekonsekvens, score	Kommentar	Skadekonsekvens, score			
					3	2	1	0
					Boligheter, antall	4	1	Lite bebyggelse der kvikkleiren er påvist
Næringsbygg, personer	3	1	-	> 50	10 - 50	< 10	Ingen	
Annen bebyggelse, verdi	1	1	-	Stor	Betydelig	begrenset	Ingen	
Vei, ÅDT	2	1	Antagelse	> 5000	1001 - 5000	100-1000	< 100	
Toglinje, baneprioritet	2	0		1 - 2	3 - 4	5	Ingen	
Kraftnett	1	0		Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	
Oppdemming/flom	2	1		Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	
Skadekonsekvensklasse:			12	Alvorlig	% av max	26,67		

Risiko-klassifisering	Risikoklasse = faregrad x Skadekonsekvens	Risikoklasse, Score	Klassifisering	Risikoklasser, inndeling				
				klasse 1	klasse 2	klasse 3	klasse 4	klasse 5
				837	Risikoklasse 3	0 - 170	171 - 630	631 - 1900

Bilag 4: Vurdering av løsne- og utslippsområde

L/H-tabellen (Vurdering av løsneområde)

Parameter	Vekt	Stor L/H (15)	Middels L/H (10)	Lav L/H (5)		Score	Sum
		Poeng					
		3	2	1	0		
b/D ved L1	1	>0,5	0,25-0,5	opptil 0,25	0	0	0
b/D ved 3L1	2	>0,5	0,25-0,5	opptil 0,25	0	0	0
Avstand fra skråningsfot til kvikkleirelommen (I)	1	x1 < L1	x1 ~ L1	x1 > L1		3	3
Forhold ved skredporten	2	Stor elv eller dal	Bekkedal/ravine med bredde av samme størrelse som skredporten	Flere hindringer og/eller veldig trang ravine		1	2
Tidligere skredhendelser	1	L/H>10	5< L/H < 10	L/H < 10	0	0	0
Su/(γ*D)	1	Su/(γ*D) < 0,1	0,1 ≤ Su/(γ*D) ≤ 0,25	Su/(γ*D) > 0,25		3	3
Totalt							8

0,112142

0,066566

b ved L1	1,33
D ved L1	11,86
b ved 3*L1	0
D ved 3*L1	7
b/D ved L1	0,11
b/D ved 3L1	0,00

