

Oppdragsgiver  
**Norges vassdrags- og energidirektorat**

Rapporttype  
**Geoteknisk vurderingsrapport**

**14.07.2017**

# **KVIKKLEIRESONE 1836 UNDSET GEOTEKNISK RAPPORT**



**KVIKKLEIRESONE 1836 UNDSET**

Oppdragsnr.: 1350019680  
 Oppdragsnavn: Kvikkleiresone 1836 Undset  
 Dokument nr.: G-rap-001  
 Filnavn: G-rap-001\_1350019680.docx

Revisjon	00			
Dato	14.07.2017			
Utarbeidet av	Leif Tore Larsen	<i>LTL</i>		
Kontrollert av	Per Arne Wangen	<i>PAr</i>		
Godkjent av	Per Arne Wangen	<i>PAr</i>		
Beskrivelse	Utredning av områdestabilitet og prosjektering av sikringstiltak			

**Revisjonsoversikt**

Revisjon	Dato	Revisjonen gjelder

## SAMMENDRAG

Kvikkleiresone 1836 «Undset» ligger langs Jørstadelva i Snåsa kommune, se figur 1 for dagens soneavgrensning. Skråningen ned mot elva er innenfor dagens kvikkleiresone ca. 30 høy. Litt lenger sørover er skråningshøyden økende til ca. 50 meter.

Det er i en lengre periode registrert sig i skråningen ned mot Jørstadelva, og noen mindre overflatiske løsmasseglidninger har gått i skråningen. Aktiviteten var økende i en periode i november/desember 2016. Glidningene er fremprovosert av erosjon langs elvekanten, som går helt inn til foten av skråningen, men er også påvirket av store mengder nedbør og snøsmelting. Det er i tillegg registrert en tilsvarende løsmasseglidning lenger opp i skråningen, i en mindre ravine som går på tvers av skråningen. Trolig har overflatevann fra terrenget bak skråningskanten og dreneringsvann medført erosjon i denne ravina, som så har medført glidninger i skråningen. Det er registrert blottlagt og utstrømmet leire henholdsvis i bakkant av og nedstrøms de registrerte løsmasseglidningene.

Slike glidninger i leire kan potensielt utløse større, retrogressive og bakovergrepene områdeskred dersom det også er kvikk/sensitiv leire i skråningen.

Det er gjennomført betydelig omfang av geotekniske grunnundersøkelser i området. Disse har vist at det er en betydelig forekomst av meget sensitiv kvikkleire i skråningen og i området bak mot FV 322 «Imsdalsvegen». Kvikkleira i området overdekket av et lag friksjonsmasser og leire i varierende mektighet. Grunnvannstanden ligger generelt dypt, men det forekommer noen høyereliggende grunnvannsforekomster i det øvre laget av friksjonsmasser.

Som følge av at det er aktiv erosjon og tegn på aktive glidninger i skråningen er Rambøll Norge AS engasjert av NVE for å prosjektere et hastetiltak (sikringstiltak), og utføre en utredning av stabilitetsforholdene og potensiell utbredelsen av sone 1836 «Undset».

Som en del av utredningsarbeidet er det utført en revidert soneavgrensning og soneklassifisering med tilhørende ROS-analyse iht. NVEs veileder 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred», ref. /1/.

Første fase av hastetiltaket ble igangsatt i desember 2016. Det ble da anlagt en anleggsveg som følger elvekanten fra et stykke nedstrøms den krappe yttersvingen i Jørstadelva og opp mot og forbi yttersvingen i foten av skråningen, og sone 186 «Undset». Vegen er bygd opp av sprengt stein som er lagt ut på elvebunn ved at de øvre, utraste leirmasser er masseutskiftet. Vegen skal fungere som atkomst for videre sikring i skråningen, men vil inntil videre fungere som erosjonssikring av skråningsfoten.

Videre tiltak for sikring av skråningen prosjekteres nå. Arbeidet er lagt opp slik at Rambøll utfører de geotekniske utredninger, beregninger og «tekniske» tegninger, og oppdragsgiver, NVE, utfører en mer detaljert og landskapsarkitektonisk prosjektering av sikringstiltaket. Deretter blir den endelige påvirkningen av tiltaket kontrollert av Rambøll, også ved kontrollberegninger der dette vurderes å være nødvendig.

Det er utført stabilitetsberegninger i 6 profiler som vurderes som representative/kritiske for kvikkleiresone 1836 «Undset».

Lagdeling i beregningsprofilene er tolket ut fra sonderinger og prøvetaking. Grunnvannslinje og poretrykksfordeling er tolket ut fra målinger fra poretrykksmålere. Udrenert skjærfasthet er valgt på grunnlag av utførte trykksonderinger (CPTU) og undersøkelser fra laboratoriet. For effektivspenningsanalysene er det benyttet tolkede verdier fra utførte treksialforsøk.

Stabilitetsberegningene er utført ved hjelp av dataprogrammet GeoSuite Stability. Det er utført total- og effektivspenningsanalyse med utgangspunkt i dagens terreng, og det er sett på hvilke sikringstiltak som er nødvendige for å oppnå den fastsatte %-vis forbedring på 5%.

Det er generelt lav sikkerhet i alle de kritiske beregningsprofiler. Det er utarbeidet et forslag til sikringstiltak bestående av nedplanering ved skråningsfoten og en motfylling kombinert med erosjonssikring i skråningsfoten og langs elvekanten.

## INNHold

<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>6</b>
<b>2. GRUNNLAG</b> .....	<b>7</b>
2.1 GRUNNUNDERSØKELSER .....	7
2.2 BEFARINGER .....	7
2.3 EROSJON .....	7
<b>3. TERRENG OG GRUNNFORHOLD</b> .....	<b>8</b>
3.1 KVARTÆRGEOLOGISK KART OG MARIN GRENSE .....	8
3.2 TOPOGRAFI .....	8
3.3 GRUNNFORHOLD .....	9
<b>4. SONEAVGRENSNING OG KLASSIFISERING</b> .....	<b>9</b>
4.1 SONEGRENSER .....	9
4.2 FAREGRAD, KONSEKVENSKLASSE, OG RISIKOKLASSEVURDERING .....	9
<b>5. KRAV TIL SIKKERHET</b> .....	<b>9</b>
<b>6. STABILITETSBEREGNINGER, GRUNNLAG</b> .....	<b>10</b>
6.1 KRITISKE SNITT OG SKREDMEKANISMER .....	10
6.2 LAGDELING .....	10
6.3 GRUNNVANNSTAND OG PORETRYKKSFORHOLD .....	10
6.4 MATERIALPARAMETERE .....	11
<b>7. STABILITETSBEREGNINGER, RESULTATER OG VURDERING</b> .....	<b>13</b>
7.1 GENERELT .....	13
7.2 PROFIL A, C OG D .....	13
7.3 PROFIL B OG I .....	15
7.4 PROFIL G .....	16
7.5 EROSJON I TVERSGÅENDE RAVINE .....	16
7.6 REVIDERT ROS-ANALYSE ETTER SIKRINGSTILTAK .....	16
7.7 KONTROLL AV NVEs DETALJPROSJEKTERING .....	16
7.8 UTGLIDNING I SØRØST .....	17
<b>8. AVGRENSNING AV UTLØPSOMRÅDE</b> .....	<b>17</b>
<b>9. OPPSUMMERING</b> .....	<b>17</b>
<b>10. REFERANSER</b> .....	<b>18</b>

## FIGUROVERSIKT

Figur 1: Dagens avgrensning av sone 1836 «Undset» .....	6
Figur 2: Kvartærgeologisk kart (www.ngu.no) .....	8

## TABELLOVERSIKT

Tabell 1: Utførte grunnundersøkelser i området .....	7
Tabell 2: Kvalitetsvurdering av utførte treaksialforsøk .....	12
Tabell 3: Materialparametere benyttet i beregningene .....	12
Tabell 4: Oppnådde sikkerhetsfaktorer profil A, C og D, dagens situasjon .....	14
Tabell 5: Oppnådde sikkerhetsfaktorer og %-vis forb. profil A, C og D, med sikringstiltak .....	14
Tabell 6: Oppnådde sikkerhetsfaktorer profil B og I, dagens situasjon .....	15
Tabell 7: Oppnådde sikkerhetsfaktorer og %-vis forb. profil B og I, med sikringstiltak .....	15
Tabell 10: Oppnådde sikkerhetsfaktorer og %-vis forb. profil B og C, med sikringstiltak iht. NVEs planer .....	17



## TEGNINGER

Tegn. nr.	Rev.	Tittel	Målestokk	Format
1001		Oversiktskart	1:50 000	A4
1002		Situasjonsplan	1:1500	A2
1003		Profil A - dagens terreng - effektivspenningsanalyse	1:400	A3 (lang)
1004		Profil A – med sikringstiltak - effektivspenningsanalyse	1:400	A3 (lang)
1005		Profil A – med anleggsvei - effektivspenningsanalyse	1:400	A3 (lang)
1006		Profil A – dagens terreng - totalspenningsanalyse ADP	1:400	A3 (lang)
1007		Profil A – med sikringstiltak - totalspenningsanalyse ADP	1:400	A3 (lang)
1008		Profil A – med anleggsvei - totalspenningsanalyse ADP	1:400	A3 (lang)
1009		Profil B - dagens terreng - effektivspenningsanalyse	1:400	A3 (lang)
1010		Profil B – med sikringstiltak - effektivspenningsanalyse	1:400	A3 (lang)
1011		Profil B - dagens terreng - totalspenningsanalyse ADP	1:400	A3 (lang)
1012		Profil B – med sikringstiltak - totalspenningsanalyse ADP	1:400	A3 (lang)
1013		Profil C - dagens terreng - effektivspenningsanalyse	1:400	A3 (lang)
1014		Profil C – med sikringstiltak - effektivspenningsanalyse	1:400	A3 (lang)
1015		Profil C - dagens terreng - totalspenningsanalyse ADP	1:400	A3 (lang)
1016		Profil C – med sikringstiltak - totalspenningsanalyse ADP	1:400	A3 (lang)
1017		Profil D - dagens terreng - effektivspenningsanalyse	1:400	A3 (lang)
1018		Profil D – med sikringstiltak - effektivspenningsanalyse	1:400	A3 (lang)
1019		Profil D - dagens terreng - totalspenningsanalyse ADP	1:400	A3 (lang)
1020		Profil D – med sikringstiltak - totalspenningsanalyse ADP	1:400	A3 (lang)
1021		Profil G - dagens terreng - effektivspenningsanalyse	1:400	A3 (lang)
1022		Profil G - dagens terreng - totalspenningsanalyse ADP	1:400	A3 (lang)
1023		Profil I - dagens terreng - effektivspenningsanalyse	1:400	A3 (lang)
1024		Profil I – med sikringstiltak - effektivspenningsanalyse	1:400	A3 (lang)
1025		Profil I - dagens terreng - totalspenningsanalyse ADP	1:400	A3 (lang)
1026		Profil I – med sikringstiltak - totalspenningsanalyse ADP	1:400	A3 (lang)
1027		Situasjonsplan med tiltak	1:2000	A2

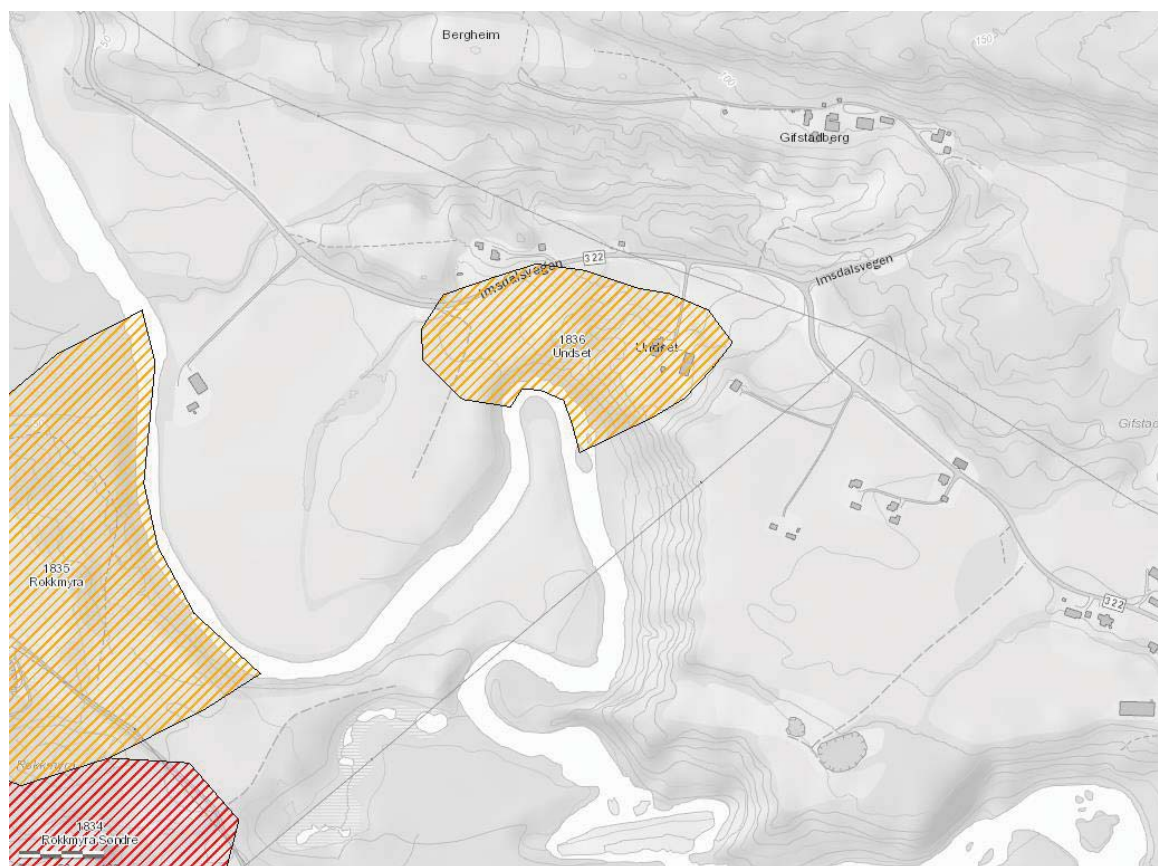
## VEDLEGG

Vedlegg nr.	Rev.	Tittel
1		Bilder fra befaring 20.12.2016 og 10.01.2017
2		Soneklassifiseringsark
3		Tolking av CPTU
4		Tolking av treaksialforsøk
5		Tolking av ødometerforsøk
6		Kvalitetsskjema CPTU

## 1. INNLEDNING

Kvikkleiresone 1836 «Undset» ligger langs Jørstadelva i Snåsa kommune, se figur 1 for dagens soneavgrensning. Skråningen ned mot elva er innenfor dagens kvikkleiresone ca. 30 høy. Litt lenger sørover er skråningshøyden økende til ca. 50 meter.

Det er i en lengre periode registrert sig i skråningen ned mot Jørstadelva, og noen mindre overflatiske løsmasseglidninger har gått i skråningen. Aktiviteten var økende i en periode i november/desember 2016. Glidningene er fremprovosert av erosjon langs elvekanten, som går helt inn til foten av skråningen, men er også påvirket av store mengder nedbør og snøsmelting. Det er i tillegg registrert en tilsvarende løsmasseglidning lenger opp i skråningen, i en mindre ravine som går på tvers av skråningen. Trolig har overflatevann fra terrenget bak skråningskanten og dreneringsvann medført erosjon i denne ravina, som så har medført glidninger i skråningen. Det er registrert blottlagt og utstrømmet leire henholdsvis i bakkant av og nedstrøms de registrerte løsmasseglidningene. Slike glidninger i leire kan potensielt utløse større, retrogressive og bakovergrepene områdeskred dersom det også er kvikk/sensitiv leire i skråningen.



**Figur 1: Dagens avgrensning av sone 1836 «Undset»**

Rambøll Norge AS utførte på oppdrag for Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) grunnundersøkelser i sone 1836 «Undset» høsten/vinteren 2016/2017. Disse viste at det er en betydelig forekomst av meget sensitiv kvikkleire i skråningen og i området bak mot FV 322 «Imsdalsvegen». Dette medfører at det foreligger en risiko for at et større områdeskred kan tenkes å utvikle seg fra et mindre initialskred eller overflateglidninger i skråningen ned mot elva, og videre bakover mot bakenforliggende bebyggelse og FV 322.

Som følge av at det er aktiv erosjon og tegn på aktive glidninger i skråningen er Rambøll Norge AS engasjert av NVE for å prosjektere et hastetiltak (sikringstiltak), og utføre en utredning av stabilitetsforholdene og potensiell utbredelsen av sone 1836 «Undset».

Som en del av utredningsarbeidet er det utført en revidert soneavgrensning og soneklassifisering med tilhørende ROS-analyse iht. NVEs veileder 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred», ref. /1/.

Første fase av hastetiltaket ble igangsatt i desember 2016. Det ble da anlagt en anleggsveg som følger elvekanten fra et stykke nedstrøms den krappe yttersvingen i Jørstadelva og opp mot og forbi yttersvingen i foten av skrånningen, og sone 186 «Undset». Se foto 2 – 4 i vedlegg 1 som er tatt på befaring 20.12.2016 og 10.01.2017. Veggen er bygd opp av sprengt stein som er lagt ut på elvebunn ved at de øvre, utraste leirmasser er masseutskiftet. Fyllinga er lagt ut med topp veg på ca. kt +44. Veggen skal fungere som atkomst for videre sikring i skrånningen, men vil inntil videre fungere som erosjonssikring av skråningsfoten. På den måten unngås at stabilitetssituasjonen i skrånningen kan utvikle seg til det verre.

Videre tiltak for sikring av skrånningen prosjekteres nå. Arbeidet er lagt opp slik at Rambøll utfører de geotekniske utredninger, beregninger og «tekniske» tegninger, og oppdragsgiver, NVE, utfører en mer detaljert og landskapsarkitektonisk prosjektering av sikringstiltaket. Deretter blir den endelige påvirkningen av tiltaket kontrollert av Rambøll, også ved kontrollberegninger der dette vurderes å være nødvendig.

## 2. GRUNNLAG

### 2.1 Grunnundersøkelser

Det er gjennomført enkelte geotekniske grunnundersøkelser i området tidligere, hovedsakelig av SVV i forbindelse med undersøkelser for FV 322. I tillegg er det utført grunnundersøkelser høsten 2016 innenfor sine 1836 Undset. Det ble utført suppleringer til disse vinteren 2016/2017 i forbindelse med at NVE iverksatte hastetiltak/-sikring av skrånningen. Alle borpunktene er vist på situasjonsplanen på tegning 1002. Alle punkter hvor det er registrert kvikk/sensitiv leire er markert med oransje farge. Punkter der kvikkleire er påvist er markert med rød farge. I tabell 1 under er det sammenstilt en oversikt over alle relevante grunnundersøkelser fra området.

**Tabell 1: Utførte grunnundersøkelser i området**

Rapport nr.:	Navn:	Utført av:	Dato:
G-rap-003 1350018749	Kvikkleiresone 1836 Undset, Snåsa kommune	Rambøll	24.03.2017
20110935-02-R	Kvikkleirekartlegging kartblad Snåsa	NGI	05.02.2014
Vd-1012A	Fylkesvei 322, Breide-Steinkjer	Statens vegvesen	11.01.1989

### 2.2 Befaringer

Det er utført befaring på området den 20.12.2016 i forbindelse med en prøvegraving på skråningsfoten, og senere den 10.01.2017 for å bistå entreprenøren i utførelsen av hastetiltaket og for å kontrollere erosjonsforhold i området. Foto fra befaringsene er vist i vedlegg 1.

### 2.3 Erosjon.

Foten av skrånningen følger elvekanten og lengst nord ligger elva i en krappe yttersving inn mot skråningsfot og sone 1836 «Undset». Det er der registrert mye erosjon og både små og forholdsvis store glidninger i løsmassene, se foto 1 i vedlegg 1. Mengden erosjon avtar gradvis videre sørover, dvs. både oppstrøms og nedstrøms den krappe yttersvingen. Vegetasjonen i øvre del av skrånningen er storvokst, og vurderes derfor å ha stått stabilt i lengre tid, men vegetasjonen er noe yngre, uregelmessig og uryddig i nedre del av skrånningen. Deler av vegetasjonen har også blitt med i de glidninger som har oppstått.

Iht. til «Program for økt sikkerhet for leirskred», ref. /2/, vurderes erosjonsforholdene i skrånningen å falle inn under kategorien «aktiv erosjon».

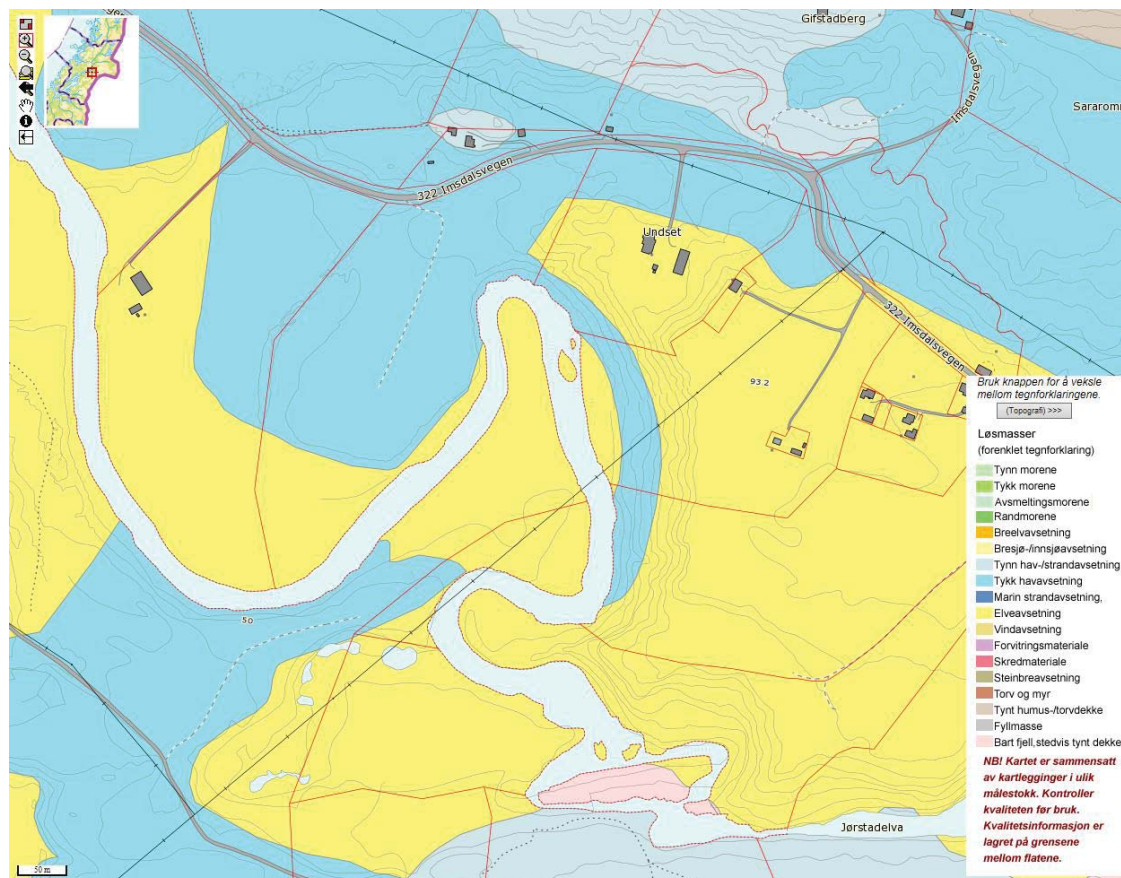
Det er i tillegg registrert en løsmasseglidning lenger oppe i skrånningen, i en ravine som går på tvers av skrånningen. Trolig har overflatevann fra terrenget bak skråningskanten og dreneringsvann medført erosjon i denne ravina, som så har medført glidninger i skrånningen.

Det er registrert blottlagt og utstrømmet leire henholdsvis i bakkant av og nedstrøms de registrerte løsmasseglidningene.

### 3. TERRENG OG GRUNNFORHOLD

#### 3.1 Kvartærgeologisk kart og marin grense

Kvartærgeologisk kart over området angir i all hovedsak tykk havavsetning med en overliggende elveavsetning i det området som ligger innenfor kvikkleiresone 1836 «Undset». Se figur 2.



Figur 2: Kvartærgeologisk kart ([www.ngu.no](http://www.ngu.no))

Marin grense i området ligger på ca. kote +180 i følge [www.ngu.no](http://www.ngu.no). Kvikkleiresone 1836 «Undset» ligger i sin helhet lavere en ca. kote +90.

#### 3.2 Topografi

Terrenget i kvikkleiresone 186 «Undset», slik det framstår i dag, er preget av den bratte og høye skråningen ned mot Jørstadelva og et bakenforliggende platåterreng. Terrenget omkring gårdsbruket ligger på ca. kt. +70. Elvebunn ligger på ca. kt. +38 – +40. Skråningen ned mot Jørstadelva har helning ca. 1:1,6.

Det er vanskelig å identifisere eldre skredgroper i terrenget utover de siste, små glidninger som har oppstått i skråningsfoten, og det er ikke funnet noen nedtegnelser om skred her i følge [www.skrednett.no](http://www.skrednett.no). Evt. skredbevegelser her antas å ha foregått i førhistorisk tid.

Terrenget i skråningen er i følge kartgrunnlaget «ryddig», dvs. kotenlinjene er i all hovedsak parallelle og følger elveløpet, uten nevneverdige avbrudd, bortsett fra en ravine som ligger på tvers av skråningen like øst for den krappe svingen i elva. Skråningen vurderes å være dannet av erosjon og «jevnlige» glidninger ned mot og i elva.

Området er forholdsvis lite utbygd med i all hovedsak enkeltstående gårdsbruk og boligbygg. Nærmest skråningen ligger gårdsbruket «Undset» på eiendommen gnr/bnr 64/3. Området består også i stor grad av landbruksareal.



### 3.3 Grunnforhold

Det er gjennomført betydelig omfang av geotekniske grunnundersøkelser i området, se situasjonsplanen på tegning 1002. Der er både nye og eldre undersøkelser fra området sammenstilt. I forbindelse med siste grunnundersøkelse (G-rap-003 1350018749) ble det tatt opp 75 mm sylinderprøver i kvikkleire.

Sonderingene i området viser generelt et topplag av friksjonsmasser med mektighet på ca. 1 – 20 meter. Under topplaget er det i de fleste punktene et leirlag med varierende mektighet fra 5 til ca. 40 meter. Under leirlaget ligger et fast lag med varierende mektighet. Sondering i pkt. 7, 19 og 21 viser ikke leire. Det er påvist kvikkleire ved prøvetaking i 3 punkter, punkt 4, 11 og 18.

Alle punkter hvor det er registrert kvikk/sensitiv leire er markert med oransje farge på situasjonsplanen på tegning 1002.

For måling av grunnvannsstand og poretrykksforhold ble det installert tre elektriske piezometere i punkt 4, på 13, 19 og 25 meters dyp samt ett elektrisk piezometer i punkt 13, på 18 meters dyp. For alle målerne står spiss og filter ned i leirlaget. Målerne har minne for lagring av data og ble i tillegg koblet opp mot skap for fjernavlesning over internett. Alle poretrykksmålerne har vist lave poretrykk, i størrelsesorden 5 – 13 kPa. Dette indikerer at grunnvannstanden er lav i området.

I følge grunneier på Undset, Sverre Olaf Bakken, er det to ulike vannoppkom i bunnen av skråningen øst for punkt 6. Det er antatt at vannet her kommer fra drenerende lag i skråningen opp mot det neste terrengplatået mot sør, og ikke representerer grunnvannsnivået i området.

## 4. SONEAVGRENSNING OG KLASSIFISERING

### 4.1 Sonегrenser

Det er utført en vurdering av kvikkleiras maksimale utbredelse i området og angitt en ny, ytre begrensning av kvikkleiresone 1836 «Undset». Begrensningen er basert på forekomster av kvikkleire/sprøbruddmateriale og naturlige avgrensninger i terrenget som raviner etc. Ny soneavgrensning er angitt på tegning 1002.

### 4.2 Faregrad, konsekvensklasse, og risikoklassevurdering

Det er utført vurdering av konsekvensklasse, faregradsklasse og risikoklasse for kvikkleiresonen. Vurderingene er presentert på soneklassifiseringsark i vedlegg 2.

Det er utført en vurdering for både profil A og G. For dagens terrengsituasjon oppnås lik poengsum for konsekvensklasse, faregradsklasse og risikoklasse for de to profilene. ROS-analyse for profil A og G er vist i vedlegg 2 sammen med soneklassifiseringsarket.

For dagens terrengsituasjon har kvikkleiresone 1836 «Undset» skadekonsekvens *Alvorlig*, faregradsklasse *Middels*, og ligger i risikoklasse 3.

## 5. KRAV TIL SIKKERHET

Som følge av de aktive erosjonsforholdene i skråningen ned mot Jørstadelva skal det utføres et hastetiltak for å øke sikkerheten mot skred i kvikkleiresone 1836 «Undset». Normalt er krav til sikkerhet i områder med kvikkleire/sprøbruddmateriale hjemlet i ref. /1/, hvor det enten stilles krav om absolutt sikkerhet (sikkerhetsfaktor 1,4/1,2), %-vis forbedring eller ingen forverring av dagens stabilitetssituasjon.

De krav som ref. /1/ stiller vil i hvert enkelt tilfelle avhenge av det nye tiltakets klassifisering innenfor de 5 tiltakskategoriene K0 – K4, hvor K4 er høyeste kategori, og kvikkleiresonens faregrad. Tiltakets kategori velges ut i fra konsekvensen av et skred (tiltakets verdi og det personopphold tiltaket medfører) samt hvordan tiltaket påvirker stabiliteten (positivt/negativt). Krav til dokumentert sikkerhet øker med økende tiltakskategori, og det stilles krav om uavhengig kvalitetskontroll for de høyeste kategoriene.

Det er i dette tilfellet ikke planlagt nye tiltak innenfor eller nedstrøms kvikkleiresone 1836 «Undset», men det skal utføres et sikringstiltak for å øke sikkerheten for eksisterende bebyggelse i området. Det er i ref. /1/ ikke utarbeidet egne krav til rene sikringstiltak av denne typen, men det er naturlig at en ved fastsettelse av krav til sikkerhet følger samme sikkerhetsfilosofi som ligger til grunn for øvrige krav i ref. /1/.

Dette innebærer at en som følge av den kritiske situasjonen med erosjon og glidninger i skråningen må hindre videre erosjon som kan føre til ytterligere glidning i skråningen og mulig utløsning av områdeskred, men samtidig også introdusere en økt buffer mot at skred skal kunne oppstå i skråningen. Sistnevnte utføres ved terrenginngrep for å redusere de drivende krefter i skråningen, og/eller øke de stabiliserende kreftene.

Som grunnlag for å bestemme nødvendig omfang av de nødvendige terrenginngrep er det nødvendig å fastsette et krav til ønsket oppnådd %-vis forbedring av dagens stabilitetssituasjon i skråningen. Dette er diskutert i møter med oppdragsgiver, NVE, og det er bestemt at en i dette tilfellet skal legge til grunn en %-vis forbedring på 5% for kritiske glideflater i forhold til dagens stabilitetssituasjon for en totalspenningsanalyse.

Ettersom det er såpass stor aktivitet i skråningen i dag, vurderes at dagens spenningsssituasjon for skråningen trolig befinner seg et sted i mellom en udrenert og drenert tilstand. Dvs. at de grunne, overflatiske glideflater, nærmest skråningsoverflaten og som er direkte påvirket av erosjon og de små løsmasseglidninger, sannsynligvis befinner seg i en udrenert tilstand, mens de dypere glidflater foreløpig, og fortsatt, befinner seg i en drenert spenningsstilstand.

Det er videre avklart at det ikke er nødvendig med kvalitetskontroll hos uavhengig foretak.

## 6. STABILITETSBEREGNINGER, GRUNNLAG

### 6.1 Kritiske snitt og skredmekanismer

Det er utført stabilitetsberegninger for 6 terrengprofiler som vurderes som representative/kritiske for kvikkleiresone 1836 «Undset». Profilenes beliggenhet er vist på situasjonsplanen, tegning 1002.

Profil A, C og D representerer kritiske snitt fra bebyggelsen ved gårdsbruket på Undset ned mot Jørstadelva.

Profil B og I representerer kritiske snitt i skråningen sørvest for gårdsbruket på Undset mtp. en nedplanering av terrenget ut mot skråningskanten.

Profil G representerer kritisk snitt fra det øvre terrengplatået sørøst for gårdsbruket på Undset, og ned mot Jørstadelva. Profilet representerer videre den langstrakte skråningen som streker seg fra dagens søndre avgrensning av sone 1836 «Undset», sørover mot neste slynge i elva, omtrent ved borpunkt 17.

Det er utført beregninger for både sirkulære og plane glideflater i alle profiler.

### 6.2 Lagdeling

Tolket lagdeling i beregningsprofilene er vist på tegning 1003 – 1026. Tolkning av lagdeling er basert på utførte sonderinger og opptatte prøveserier. Lag med kvikkleire og sprøbruddmateriale er framhevet med rød skravur.

### 6.3 Grunnvannstand og poretrycksforhold

I beregningene er grunnvannstand og poretrykk modellert med grunnvannslinje og poretrycksprofil. Det er i beregningsprofil B, G og I lagt inn et lokalt grunnvannsspeil for å modellere et mulig høyereliggende grunnvann lenger oppe i skråningen, i tillegg til et globalt grunnvannsnivå iht. poretrycksmålingene. Poretrykket er i alle beregningene antatt å følge en hydrostatisk fordeling i dybden. Benyttede grunnvannslinjer og poretrycksprofil er også vist i beregningsprofilene (tegning 1003 – 1026).



## 6.4 Materialparametere

### 6.4.1 Romvekt

Løsmassenes romvekt er i stabilitetsberegningene vurdert ut fra utførte laboratorieundersøkelser og erfaringsverdier. Benyttet romvekt er vist på tegning 1003 – 1026. Tabell 3 viser en sammenfatning av materialparameterne som er benyttet. Erfaringsverdier er benyttet for tørrskorpeleire, sand, grus og silt.

### 6.4.2 Udrenert skjærfasthet

Udrenert skjærfasthet er valgt på grunnlag av utførte trykksonderinger (CPTU) og undersøkelser fra laboratoriet. Tolkede CPTU er vist i vedlegg 3. Benyttet skjærfasthet er vist i tolkingsdiagrammet som designlinje. I de områder hvor det ikke er utført CPTU, men prøvetaking, er skjærfasthet bestemt ut fra direkte skjærfasthet fra laboratoriedata. Direkteverdiene er lagt inn som aktivverdier etter ADP-forhold beskrevet nedenfor. De benyttede fasthetsprofil er vist i beregningene for totalspenningsanalyse.

I beregningene tas det hensyn til leiras spenningsanisotropi (ADP-analyse). Utgangspunktet i beregningene er udrenert aktiv skjærfasthet  $c_{uA}$  for leire. Direkte og passiv skjærfasthet er beregnet ut fra følgende ADP-forhold:

- $c_{uD} = 0,63 \cdot c_{uA}$
- $c_{uP} = 0,50 \cdot c_{uA}$

Anisotropiforholdet er basert på anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering av norske leirer, ref. /3/. Basert på utført passivt treksforsøk ble det valgt å øke passiv-/aktivforholdet ( $c_{uP} / c_{uA}$ ) til 0,50. For tolking av CPTU er direkte skjærfasthet  $c_{uD}$  fra konus- og enaksialforsøk lagt inn i tolkningsprofil for CPTU som aktiv skjærfasthet med ADP-forhold som vist over, ( $c_{uA} = c_{uD}/0,63$ ).

Udrenert aktiv skjærfasthet i lag med antatt kvikkleire eller sprøbruddmateriale er redusert med 15 % sammenliknet med tolkede aktive verdier, iht. anbefalinger i ref. /1/. I beregningene er reduksjonen inkludert i ADP-forholdet, og ikke i skjærfasthetsprofilene. Følgende ADP-forhold er benyttet i kvikkleire eller sprøbruddmateriale:

- $c_{uA\_KL} = 0,85 \cdot c_{uA}$
- $c_{uD\_KL} = 0,63 \cdot c_{uA}$
- $c_{uP\_KL} = 0,50 \cdot c_{uA}$

Vurdering av leiras sensitivitet er gjort på grunnlag av utførte laboratorieundersøkelser og tolking av totalsonderinger og CPTU.

SHANSEP er benyttet i profil A, B, C, D og G som grunnlag for skjærfasthetsprofiler innover platået, mot borpunkt 5 og 9, og i skråningen ned mot Jørstadelva.

For bestemmelse av SHANSEP-parameterne er det tatt utgangspunkt i begge CPTU'ene som er utført (i punkt 4 og 8). SHANSEP-parameterne er justert ved «prøving og feiling» slik at en oppnår en sikkerhetsfaktor tilnærmet lik 1,0 for skråningen, der totalspenningsanalysen i profil G, som anses som det mest kritiske profilet i området, er benyttet som referanse. Det er benyttet en  $\alpha$ -verdi lik 0,30 og  $\beta$ -verdi lik 0,90. Det er tatt utgangspunkt i tidligere terreng på ca. kt. +100, og noe lavere terrengnivå ned mot Jørstadelva.

Det er ikke utført en reduksjon av skjærfastheten som følge av nedplanering på skråningstoppen, da påvirkningen/nedplaneringen vurderes å være liten sett i forhold til den totale skråningshøyden.

### 6.4.3 Effektiv skjærfasthet

For effektivspenningsanalysene er det benyttet tolkede styrkeparametere fra de utførte treksialforsøk.

Tolkede treksialforsøk er vist i vedlegg 4, og benyttede verdier er vist i tabell 3 og på beregningsprofilene for effektivspenningsanalyser.

## 6.4.4 Kvalitet av grunnundersøkelsene

54 mm og 75 mm sylinderprøver (stålsylindere) av sensitiv/kvikk leire vurderes å ligge i kvalitetsklasse 1 – 2, iht. NGFs veiledning for prøvetaking, ref. /4/.

Vurdering av kvaliteten av treaksialforsøkene er vist i tabell 2. Bestemmelse av prøve kvalitet er basert på overkonsolideringsgrad (OCR) og volumtøyning (utpresset porevann under konsolidering til antatt in-situ spenningsnivå) iht. tabell 5.1 i ref. /2/. Tolkede ødometerforsøk er vist i vedlegg 5.

**Tabell 2: Kvalitetsvurdering av utførte treaksialforsøk**

Punkt	Dybde [m]	Treksialforsøk	dV [%]	$\delta e/e_0$	OCR [-]	Kvalitet
4	11,45	CAUc	1,0	0,022	1 – 2	Veldig god til utmerket
4	11,60	CAUc	1,1	0,024	1 – 2	Veldig god til utmerket
11	14,50	CAUc	1,3	0,029	1 – 2	Veldig god til utmerket
11	14,70	CAUc	1,8	0,040	1 – 2	God til brukbar
18	5,25	CAUe	1,9	0,043	1 – 2	God til brukbar
18	5,35	CAUe	3,0	0,067	1 – 2	God til brukbar

Kvalitet på utførte trykksonderinger (CPTU) tilfredsstillende anvendelsesklasse 1 i alle sonderingene. Dokumentasjon for måledata er vist i vedlegg 6.

## 6.4.5 Oppsummering materialparametere

**Tabell 3: Materialparametere benyttet i beregningene.**

<b>Profil A</b>						
	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi$ [grader]	c' [kPa]	A-verdi	D-verdi	P-verdi
Tørrskorpeleire	20	30	0	-	-	-
Sand/grus I	18	34	0	-	-	-
Leire	19,5	26,6	5	1	0,63	0,50
Sprøbruddmateriale	20	26,6	5	0,85	0,63	0,50
Sand/grus II	18	34	3,4	-	-	-
<b>Profil B</b>						
	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi$ [grader]	c' [kPa]	A-verdi	D-verdi	P-verdi
Sand/grus I	18	34	0	-	-	-
Leire	19,5	26,6	5	1	0,63	0,50
Sprøbruddmateriale	20	26,6	5	0,85	0,63	0,50
Sand/grus II	18	34	3,4	-	-	-
<b>Profil C</b>						
	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi$ [grader]	c' [kPa]	A-verdi	D-verdi	P-verdi
Tørrskorpeleire	20	30	0	-	-	-
Sand/grus I	18	34	0	-	-	-
Silt	18	30	2,9	-	-	-
Leire	19,5	26,6	5	1	0,63	0,50
Sprøbruddmateriale	20	26,6	5	0,85	0,63	0,50
Sand/grus II	18	34	3,4	-	-	-
<b>Profil D</b>						
	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi$ [grader]	c' [kPa]	A-verdi	D-verdi	P-verdi
Tørrskorpeleire	20	30	0	-	-	-
Leire	19,5	26,6	5	1	0,63	0,50
Sprøbruddmateriale	20	26,6	5	0,85	0,63	0,50
Sand/grus	18	34	3,4	-	-	-

<b>Profil G</b>						
	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi$ [grader]	$c'$ [kPa]	A-verdi	D-verdi	P-verdi
Sand/grus I	18	34	0	-	-	-
Silt	18	30	2,9	-	-	-
Sand/grus II	18	34	3,4	-	-	-
Leire	19,5	26,6	5	1	0,63	0,50
Sprøbruddmateriale	20	26,6	5	0,85	0,63	0,50
Sand/grus III	18	34	3,4	-	-	-
<b>Profil I</b>						
	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi$ [grader]	$c'$ [kPa]	A-verdi	D-verdi	P-verdi
Sand/grus I	18	34	0	-	-	-
Silt	18	30	2,9	-	-	-
Leire	19,5	26,6	5	1	0,63	0,50
Sprøbruddmateriale	20	26,6	5	0,85	0,63	0,50
Sand/grus II	18	34	3,4	-	-	-

## 7. STABILITETSBEREGNINGER, RESULTATER OG VURDERING

Stabilitetsberegningene er utført ved hjelp av dataprogrammet GeoSuite Stability. Terrenget i profilene er generert fra digitalt kartgrunnlag mottatt fra oppdragsgiver. Høydereferanse er NN2000.

Det er utført total- og effektivspenningsanalyse med utgangspunkt i dagens terreng, og det er sett på hvilke sikringstiltak som er nødvendig for å oppnå den fastsatte %-vise forbedring på 5% for skråningen ved totalspenningsanalyser.

Totalspenningsanalysen tar hensyn til en potensiell situasjon med udrenerte spenningsendringer i grunnen, mens effektivspenningsanalysen er representativ for langtidssituasjon, dvs. dagens spenningsituasjon for en naturlig skråning.

Den oppnådde %-vise forbedringen i de ulike beregningsprofiler fremgår av tegning 1003 – 1026.

### 7.1 Generelt

Innledende beregninger utført for profilene har vist at en i profil A, C og G oppnår sikkerhetsfaktor  $F < 1,0$  for dagens terrengsituasjon. Slikt sikkerhetsnivå for skråningen er ikke realistisk i det skråningen ikke går til brudd slik den ligger i dag. Et sikkerhetsnivå med  $F \approx 1,0$  for enkelte glideflater er derimot ikke usannsynlig, tatt i betraktning de glidninger som pågår i skråningen i dag. Det er på bakgrunn av dette utført en justering av de tolkede skjærfasthetsprofiler fra CPTU i punkt 4 og SHANSEP-parametere med sikte på å oppnå sikkerhetsfaktor tilnærmet lik 1,0 for dagens terrengsituasjon. Det er da profil G som er benyttet som referanse, også for de øvrige profiler, da det er i dette profilet de innledende beregningene har vist lavest sikkerhet. Grunnforholdene i de tre profilene er tilnærmet like, bortsett fra at mektigheten av det øvre laget av friksjonsmateriale er større i profil G enn i A og C. Justering av skjærfasthetsparameter er utført i samråd med NVEs geoteknikere og er utført innenfor grenser som anses å være rimelige.

I det videre gjengis kun beregningsresultater fra de beregninger som er utført med justerte skjærfasthetsparametere.

### 7.2 Profil A, C og D

#### 7.2.1 Dagens terreng

De utførte beregninger viser følgende sikkerhetsfaktorer for de tre profilene for dagens terrengsituasjon:

**Tabell 4: Oppnådde sikkerhetsfaktorer profil A, C og D, dagens situasjon**

Profil	Beregnet sikkerhetsfaktor, F	
	Effektivspenningsanalyse	Totalspenninganalyse
A	0,96	1,01
C	1,05	0,98
D	1,13	1,23

Beregninger og resultater for effektivspenningsanalysen er vist på tegning 1003, 1013 og 1017, og for totalspenninganalysen på tegning 1006, 1015 og 1019.

Ved at det fremkommer grunne, tilnærmet overflatiske glideflater i effektivspenningsanalysen som har sikkerhetsfaktor  $F \approx 1,0$ , tilser dette at løsmassene i skråningen ligger med helning henimot egen friksjonsvinkel. Dette er naturlig/forventet for denne typen skråning, dannet av de naturlige erosjonsprosesser og hvor det fortsatt er pågående erosjon i skråningsfoten.

#### 7.2.2 Sikkerhetsbehov

Et eventuelt kvikkleireskred utløst i profilene A, C og D vil potensielt kunne ramme eksisterende bebyggelse på toppen av skråningen (gårdsbruket på Undset), men også kunne nå så langt bak som til FV322, ca. 140 meter bak skråningskanten, ettersom kvikkleira har utbredelse helt hit. Det er behov for å hindre videre erosjon og øke buffer mot at evt. glidninger skal skje i skråningen.

#### 7.2.3 Sikringstiltak

For å øke sikkerhet mot utglidninger i skråningen må det utføres en erosjonssikring/plastring av skråningsfoten, dvs. langs kanten av elva, men også etableres en motfylling i skråningsfoten kombinert med en avlastning/nedplanering ved skråningstoppen. Motfyllingen må da utformes og bygges opp slik at den også ivaretar behov for erosjonssikring.

Tegning 1004, 1014 og 1018 viser nødvendig nedplanering og motfylling i henholdsvis profil A, C og D slik at en oppnår tilfredsstillende %-vis forbedring.

**Tabell 5: Oppnådde sikkerhetsfaktorer og %-vis forb. profil A, C og D, med sikringstiltak**

Profil	Beregnet sikkerhetsfaktor, F			
	Effektivspenningsanalyse	%-vis forb.	Totalspenninganalyse	%-vis forb.
A	1,04	8,3	1,08	6,9
C	1,18	12,4	1,04	6,1
D	1,28	13,3	1,31	6,5

En må planere ned til kt. +67 ved skråningskanten, og etablere et platå som er lineært stigende opp til dagens terrengnivå ca. 17 – 19 bak skråningskanten. Nedplaneringen vil ikke nå så langt bak at den kommer i konflikt med bebyggelse på Undset. I foten av skråningen vil det være nødvendig med motfylling opp til kt. +54 og +55, henholdsvis øst og vest for profil D. Motfyllingen legges ut med helning 1:2,5 og avsluttes ned mot den allerede etablerte anleggsvegen. Omtrentlig/foreløpig omfang for nedplanering og motfylling er presentert i plan på tegning 1027.

Det vil være utfordrende å sikre skråningen mot de ytre, overflatiske glidninger som fremkommer som kritiske i effektivspenningsanalysen enn så lenge det ikke er mulig å redusere helningen på hele skråningsoverflaten. Slikt inngrep vil være for omfattende. Det må derfor aksepteres at det i et parti i skråningen, mellom den prosjekterte nedplaneringen og erosjonssikringen/motfyllingen, ikke vil kunne utføres sikring utover å bevare dagens vegetasjon og/eller revegetere skråningen dersom det er behov for økt vegetering.

Det er for profil A utført noen kontrollberegninger for situasjonen med den allerede etablerte anleggsvegen i foten av skråningen. Det oppnås ingen nevneverdig forbedring av sikkerheten for de kritiske glideflater, da kvikkleirelaget ligger såpass høyt over skråningsfoten, og de kritiske glideflatene skjærer ut av skråningen omtrent ved underkanten av dette laget. Det må legges

motfylling lenger opp i skråningen for å oppnå den påkrevde %-vise forbedring. De så langt utførte sikringsarbeider, med etablering av anleggsveg og erosjonssikring, hindrer imidlertid erosjonen i nedre del av skråningen og sannsynligheten for flere små initialglidninger i skråningen er redusert.

- 7.2.4 Volumoverslag av sikringstiltak  
Omtrentlig volum av nedplaneringstiltak vil være 4 000 m<sup>3</sup>.

### 7.3 Profil B og I

- 7.3.1 Dagens terreng  
De utførte beregninger viser følgende sikkerhetsfaktorer for de to profilene for dagens terrengsituasjon:

**Tabell 6: Oppnådde sikkerhetsfaktorer profil B og I, dagens situasjon**

Profil	Beregnet sikkerhetsfaktor, F	
	Effektivspenningsanalyse	Totalspenningsanalyse
B	1,32	1,31
I	1,48	1,02

Beregninger og resultater for effektivspenningsanalysen er vist på tegning 1009 og 1023, og for totalspenningsanalysen på tegning 1011 og 1025.

- 7.3.2 Sikkerhetsbehov  
Et eventuelt kvikkleireskred utløst i profilene B og I vil potensielt kunne ramme eksisterende bebyggelse ved på toppen av og i foten av skråningen, men også kunne nå så langt bak som til FV322.
- 7.3.3 Sikringstiltak  
En nedplanering ved toppen av skråningen ned mot Jørstadelva (representert ved profilene A, C og D) vil medføre en utgraving ved foten av og en forverring av stabiliteten i skråningen representert ved profil B og I. Det er derfor nødvendig å kompensere for dette ved å nedplanere skråningstoppen slik at en oppnår en %-vis forbedring også for denne skråningen. Tegning 1010 og 1024 viser nødvendig nedplanering i henholdsvis profil B og I slik at en oppnår tilfredsstillende %-vis forbedring.

**Tabell 7: Oppnådde sikkerhetsfaktorer og %-vis forb. profil B og I, med sikringstiltak**

Profil	Beregnet sikkerhetsfaktor, F			
	Effektivspenningsanalyse	%-vis forb.	Totalspenningsanalyse	%-vis forb.
B	1,39	5,3	1,37	4,6
I	1,52	2,7	1,09	6,8

Det oppnås ikke tilfredsstillende forbedring i forhold til kravet på 5% for profil B (totalspenningsanalyse) og profil I (effektivspenningsanalyse). De oppnådde sikkerhetsnivå etter tiltak vurderes allikevel å være tilfredsstillende ettersom sikkerheten i disse beregningene er såpass høy i utgangspunktet/dagens situasjon.

Platået fra topp skråning må planeres ned til kote +89 i en avstand på ca. 12 meter sørover fra skråningskanten. Videre sørover og østover må terrenget legges med en helning på 1:8,5 ut mot dagens terreng. Omtrentlig/foreløpig omfang for nedplanering og motfylling er presentert i plan på tegning 1027.

- 7.3.4 Volumoverslag av sikringstiltak  
Omtrentlig volum av nedplaneringstiltak vil være 3 000 m<sup>3</sup>.

## 7.4 Profil G

### 7.4.1 Dagens terreng

I innledende beregninger for dagens terrengsituasjon og totalspenningsanalysen oppnås en sikkerhetsfaktor  $F < 1,0$ . De tolkede skjærfasthetsprofiler fra CPTU utført i punkt 8 og SHANSEP-parametere er derfor justert opp med det mål å oppnå sikkerhetsfaktor tilnærmet lik 1,0 for dagens terrengsituasjon i totalspenningsanalysen. Profil G anses som det mest kritiske profilet i området som følge av stor høydeforskjell fra skråningstoppen ned til Jørstadelva og bratt skråningshelning. Profilet er derfor benyttet som referanse for justering av skjærfasthet for alle profilene i området. Etter justering av parametere er det oppnådd en minste sikkerhetsfaktor  $F = 0,96$ . Beregningen er vist på tegning 1022.

For effektivspenningsanalysen oppnås en sikkerhetsfaktor  $F = 0,98$  for dagens terreng. Beregningen er vist på tegning 1021.

### 7.4.2 Sikkerhetsbehov

Et eventuelt kvikkleireskred i profil G vil kunne ramme bebyggelse på skråningstoppen samt FV322. Det er ikke registrert aktiv erosjon langs elvekanten sør for profil G og sjansen for at erosjon kan være utløsende årsak for et eventuelt skred er vurdert til å være mindre sannsynlig enn for skråningen i nord, i elvas yttersving.

### 7.4.3 Sikringstiltak

Det er ikke vurdert sikringstiltak i profil G.

### 7.4.4 Volumoverslag av sikringstiltak

Se kapittel 7.2.4.

## 7.5 Erosjon i tversgående ravine

De glidninger som har oppstått i ravina som ligger på tvers av skråningen ned mot Jørstadelva blir ikke påvirket av det prosjekterte sikringstiltaket. Disse må også stoppes og hindres fra å utvikle seg videre. Dette anbefales utført ved at en legger en drengroft av pukkb nedover ravina, evt. med rør, for kontrollert drenering av overflatevann fra skråningstoppen, og for erosjonssikring av sidene i ravina. Det må benyttes fiberduk mellom pukkb og jomfruelige løsmasser av sand/silt/leire.

## 7.6 Revidert ROS-analyse etter sikringstiltak

Det er utført en revidert ROS-analyse av profil A og G for situasjon etter tiltak. De reviderte ROS-analysene er vist i vedlegg 2. Utført ROS-analyse av profil A viser at faregraden etter utført sikringstiltak er redusert til lav. Risikoklasse i samme profilet er redusert fra 3 til 2. Faregrad og risikoklasse i profil G er som før sikringstiltak. Skadekonsekvensklasse er uendret.

## 7.7 Kontroll av NVEs detaljprosjektering

NVE har selv utført en detaljprosjektering av sikringstiltaket basert på Rambølls beregninger og tekniske tegninger. Det er prosjektert et mer hensiktsmessig terreng for senere utnyttelse. Det må derfor forventes at det prosjekterte terrenget stedvis kan gi noe annen påvirkning enn det terrenget som Rambøll har prosjektert. Samtidig må tiltaket ses helhetlig, dvs. det må tas hensyn til at en mindre ugunstig virkning i ett av profilene kan medføre en gunstig påvirkning i et annet profil, og motsatt.

Mottatte planer viser at NVEs planer samsvarer godt med de nødvendige terrengjusteringer som Rambøll har beregnet/prosjektert. I profil B og C er det imidlertid mulig at det prosjekterte tiltaket kan gi en noe mindre positiv påvirkning enn det som er nødvendig iht. Rambølls beregninger. Det er derfor utført en kontrollberegning for disse to profilene.



**Tabell 8: Oppnådde sikkerhetsfaktorer og %-vis forb. profil B og C, med sikringstiltak iht. NVEs planer**

Profil		Beregnet sikkerhetsfaktor, F			
		Dagens situasjon	Prosjektert av Rambøll	Prosjektert av NVE	%-vis forb.
B	Effektivspenningsanalyse	1,40	1,49	1,49	6
B	Totalspenninganalyse	1,31	1,37	1,32	0,7
C	Effektivspenningsanalyse	1,05	1,17	1,09	4
C	Totalspenninganalyse	0,98	1,03	1,02	4

Det oppnås en noe mindre %-vis forbedring for totalspenninganalysen i profil B enn det som er ønskelig, men sikkerhetsnivået for dagens situasjon er i profil B såpass høyt at det vurderes å være unødvendig med en høyere %-vis forbedring.

De oppnådde forbedringer i profil C (4%) vurderes å være tilfredsstillende. Det er viktig at en ved utførelse av tiltaket utfører nedplanering ved skråningens topp i profil B før en utfører nedplanering i foten av den samme skråningen.

### 7.8 Utglidning i sørøst

Det har oppstått en glidning i skråningen ned mot elva sørøst på området, ved borpunkt 20, se situasjonsplanen på tegning 1002 for plassering, og foto 5 – 6 i vedlegg 1 tatt på befaring 10.01.2017. Den utførte sonderingen viser at det ikke er registrert kvikk eller sensitiv leire her, men i all hovedsak friksjonsmasser bortsett fra et mulig ca. 5 meter tykt leirlag ved ca. 25 meters dybde. Glidningen har mest sannsynlig oppstått som følge av vannmetting av de øvre og ytre løsmasselag i skråningen. Det er tydelig at det har samlet seg vann inne på jordet som ligger bak skråningskanten, noe som kan ha medført at løsmassene har hatt godt tilsig av vann derfra. Det er lagt ut masser, stein og vegetasjon ut mot skråningskanten. Dette er uheldig og slik deponering må opphøre. Det anbefales at en rydder skråningskanten for tilfylte masser samt etablerer en kontrollert drenering inn mot og ut av det området som magasinerer overflatevann.

Det er ikke risiko for at glidninger her kan medføre større områdeskred i kvikk/sensitiv leire.

## 8. AVGRENSNING AV UTLØPSOMRÅDE

Et evt. kvikkleireskred i sone 1836 «Undset» vil ha utløp i retning Jørstadelva. En slik utrasing av løsmasser vil kunne medføre en oppdemning eller en innsnevring av elveløpet avhengig av omfanget av skredet. Oppdemning eller innsnevring av elveløpet vil mest sannsynlig medføre at elva tar nytt løp over landbruksjorda på «tunga» som ligger mellom elveslyngene.

Hverken skredmassene eller vannmassene vil i dette tilfellet medføre risiko av betydning for bebyggelse eller infrastruktur nedstrøms kvikkleiresone 1836 «Undset».

Det vurderes på bakgrunn av dette at det ikke er nødvendig å fastsette et utløpsområde.

## 9. OPPSUMMERING

Det er utført en utredning for kvikkleiresone 1836 «Undset». Utførte beregninger viser at sikkerheten for skråningene generelt er lav.

Det er generelt lav sikkerhet i alle de kritiske beregningsprofiler. Det er utarbeidet et forslag til sikringstiltak bestående av nedplanering ved skråningsfoten og en motfylling kombinert med erosjonssikring i skråningsfoten og langs elvekanten. Etter utførelse av sikringstiltak vil det fortsatt være begrensninger knyttet til nye tiltak i området, da spesielt tiltak som potensielt kan forverrer stabiliteten i området. Krav til sikkerhet for nye tiltak avhenger av tiltakets tiltakskategori og må fastsettes iht. ref./1/.

De foreslåtte sikringstiltak er detaljprosjektert av NVE og gitt en hensiktsmessig og landskapsarkitektonisk utforming.

ROS-analyse etter sikringstiltak viser at kvikkleiresonens faregrad kan justeres ned til lav og risikoklasse kan justeres fra 5 til 4 etter dersom sikringstiltak utføres.

Det er viktig at en ved videre planlegging og utførelse av sikringstiltaket utfører arbeidene på en slik måte at stabiliteten ikke på noe tidspunkt forverres. Geotekniker må delta i den videre planleggingen og følge opp arbeidet i utførelsen. Entreprenøren må utarbeide og fremlegge en plan for utførelsen som godkjennes av geotekniker.

## **10. REFERANSER**

1. NVE Veileder 7/2014. «Sikkerhet mot kvikkleireskred».
2. NGI rapport nr. 20001008-2, rev. 3 2008. «Program for økt sikkerhet mot leirskred».
3. NIFS-rapport 14/2014. «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer».
4. NGF melding nr. 11/1997 rev. 2013. «Veiledning for prøvetaking».





0	14.07.2017		LETL	LETL	PAW
Rev	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj

Oppdrag nr: 1350019680 Målestokk: 1: 50 000 Status:

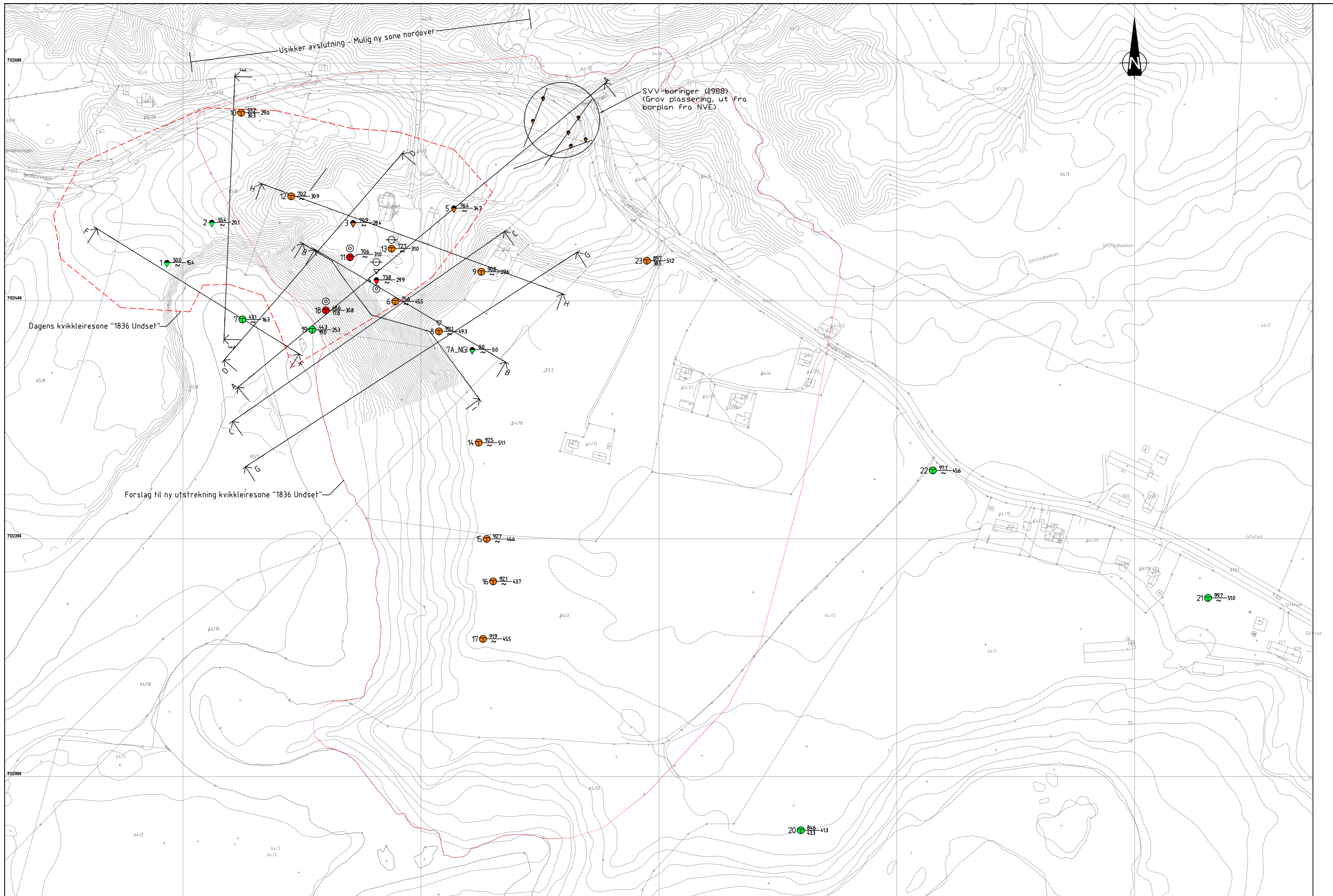
Stabilitetsberegninger Undset, Snåsa  
Norges vassdrags- og energidirektorat

OVERSIKTSKART  
UTM32 (Euref89): 06605 71222

**RAMBOLL**  
Rambøll AS - Region Midt-Norge  
P.b. 9420 Sluppen  
Mellomila 79, N-7493 Trondheim  
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60

Tegning nr: 1001 Rev: 0





00	14.07.2017		LETL	PAW	PAW
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

**RAMBOLL**  
 Rambøll AS - Region Midt-Norge  
 P.b. 9420 Sluppen  
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
 Stabilitetsberegning Undset, Snåsa  
 OPPDRAGSGIVER  
 Norges vassdrags- og energidirektorat

INNHOOLD  
**SITUASJONSPLAN**  
 Med profiler  
 Forslag til ny utstrekning kvikkleiresone "1836 Undset"

OPPDRAG NR. 1350019680	MÅLESTOKK 1:2000 (A2)	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 1002	REV. 0











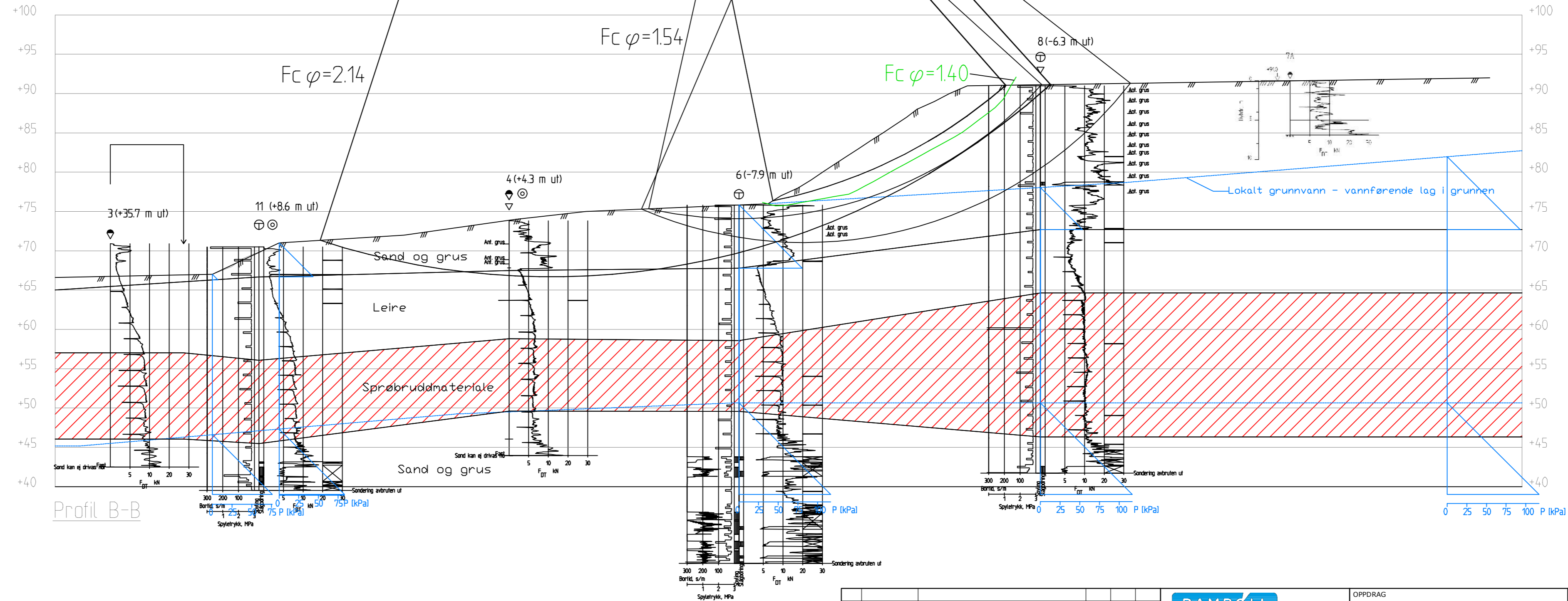








Material	no	Un.Weight	Fi	C'
Sand/grus	1	18.00	34.0	0.0
Leire	2	19.50	26.6	5.0
Sprøbrudd	3	20.00	26.6	5.0
Sand/grus	4	18.00	34.0	3.4



Profil B-B

00	19.05.2017		LETL	PAW	PAW
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

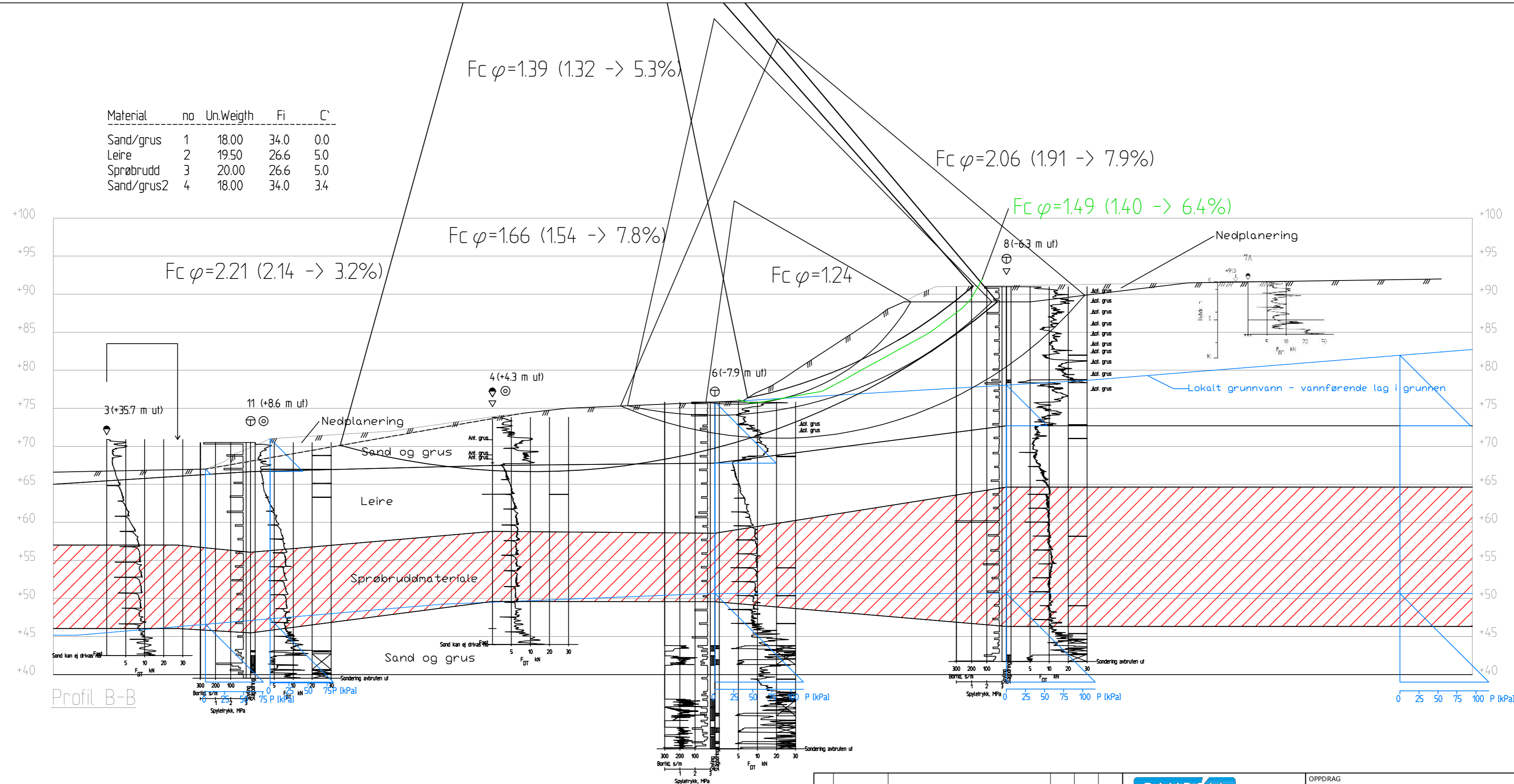
**RAMBOLL**  
 Ramboll AS - Region Midt-Norge  
 P.b. 9420 Sluppen  
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
 Stabilitetsberegninger Undset, Snåsa  
 OPPDRAGSGIVER  
 Norges vassdrags- og energidirektorat

INNHOOLD  
**STABILITETSBEREGNINGER**  
 Profil B  
 Effektivspenningsanalyse  
 Dagens terreng

OPPDRAG NR. 1350019680	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 1009	REV. 0

Material	no	Un.Weight	Fi	C
Sand/grus	1	18.00	34.0	0.0
Leire	2	19.50	26.6	5.0
Sprøbrudd	3	20.00	26.6	5.0
Sand/grus2	4	18.00	34.0	3.4



Profil B-B

00	19.05.2017		LETL	PAW	PAW
REV.	DATE	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

**RAMBOLL**  
 Rambøll AS - Region Midt-Norge  
 P.b. 9420 Sluppen  
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60  
 www.ramboll.no

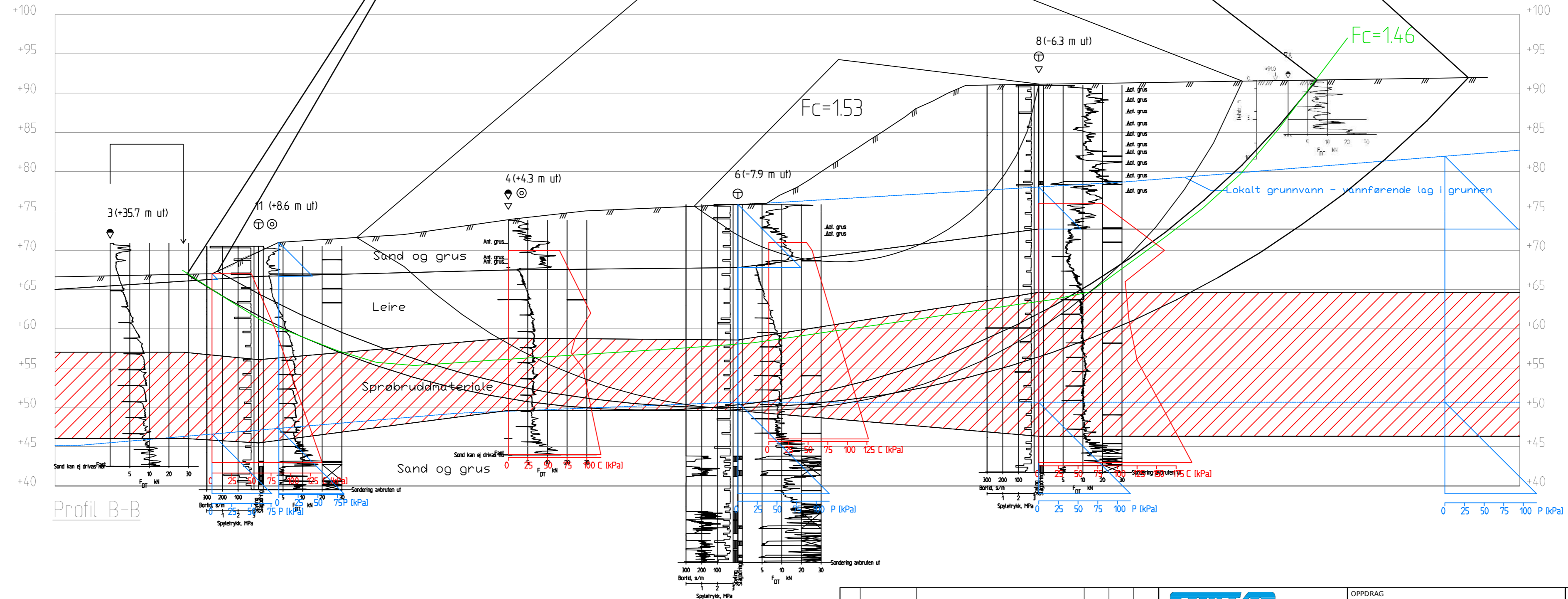
OPPDRAG  
 Stabilitetsberegninger Undset, Snåsa  
 OPPDRAGSGIVER  
 Norges vassdrags- og energidirektorat

INNHOOLD  
**STABILITETSBEREGNINGER**  
 Profil B  
 Effektivspenningsanalyse  
 Med sikringstiltak

OPPDRAG NR. 1350019680	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 1010	REV. 0



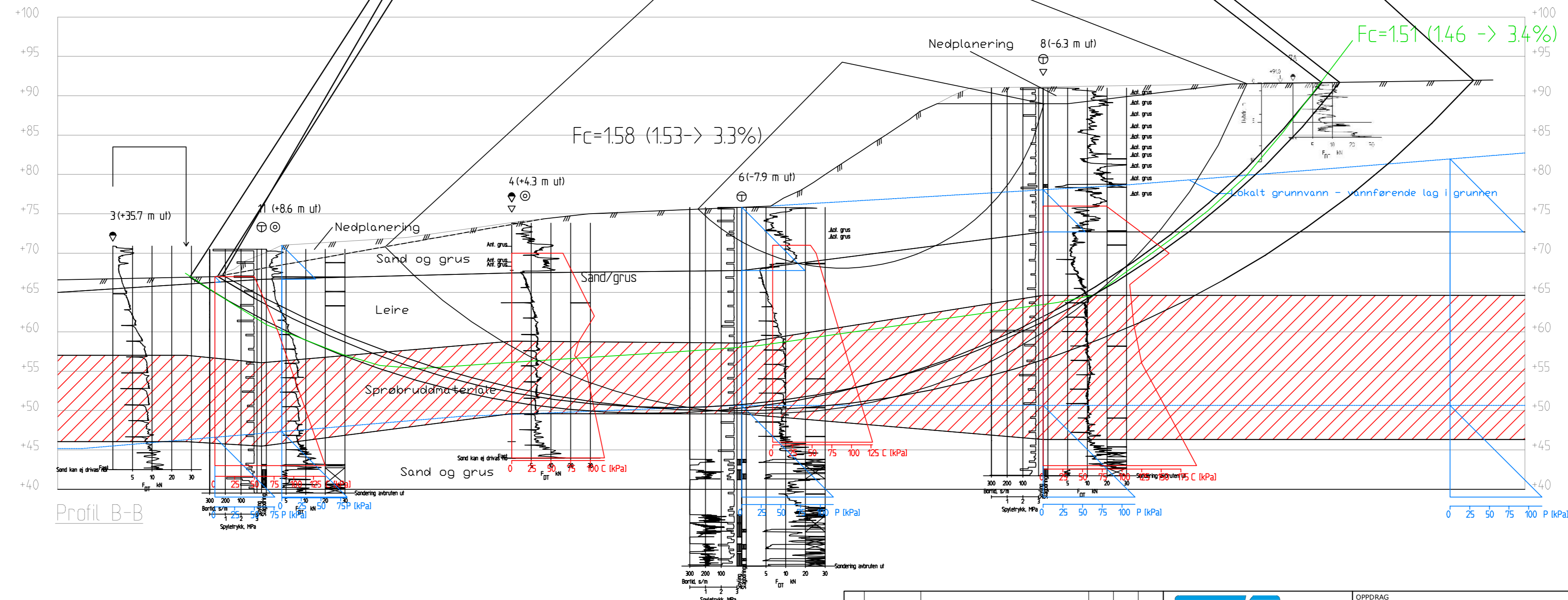
Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/grus	1	18.00	34.0	0.0				
Leire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.50
Sprøbrudd	3	20.00	---	---	C-profil	0.85	0.63	0.50
Sand/grus	4	18.00	34.0	3.4				



Profil B-B

00	19.05.2017		LETL	PAW	PAW	<b>RAMBOLL</b> Rambøll AS - Region Midt-Norge P.b. 9420 Sluppen Mellomlia 79, N-7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60 www.ramboll.no	OPPDRAG	Stabilitetsberegninger Undset, Snåsa	INNHOLD	STABILITETSBEREGNINGER	OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ		OPPDRAGSGIVER	Norges vassdrags- og energidirektorat	Profil B	Totalspenningsanalyse (ADP)	Dagens terreng	1350019680	1:400	01
TEGNINGSSTATUS											TEGNING NR.		REV.	
											1011		0	

Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/grus	1	18.00	34.0	0.0				
Leire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.50
Sprøbrudd	3	20.00	---	---	C-profil	0.85	0.63	0.50
Sand/grus2	4	18.00	34.0	3.4				



Profil B-B

00	19.05.2017		LETL	PAW	PAW
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

**RAMBOLL**  
 Ramboll AS - Region Midt-Norge  
 P.b. 9420 Sluppen  
 Mellomlia 79, N-7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
 Stabilitetsberegninger Undset, Snåsa  
 OPPDRAGSGIVER  
 Norges vassdrags- og energidirektorat

INNHOOLD  
**STABILITETSBEREGNINGER**  
 Profil B  
 Totalspenningsanalyse (ADP)  
 Med sikringstiltak

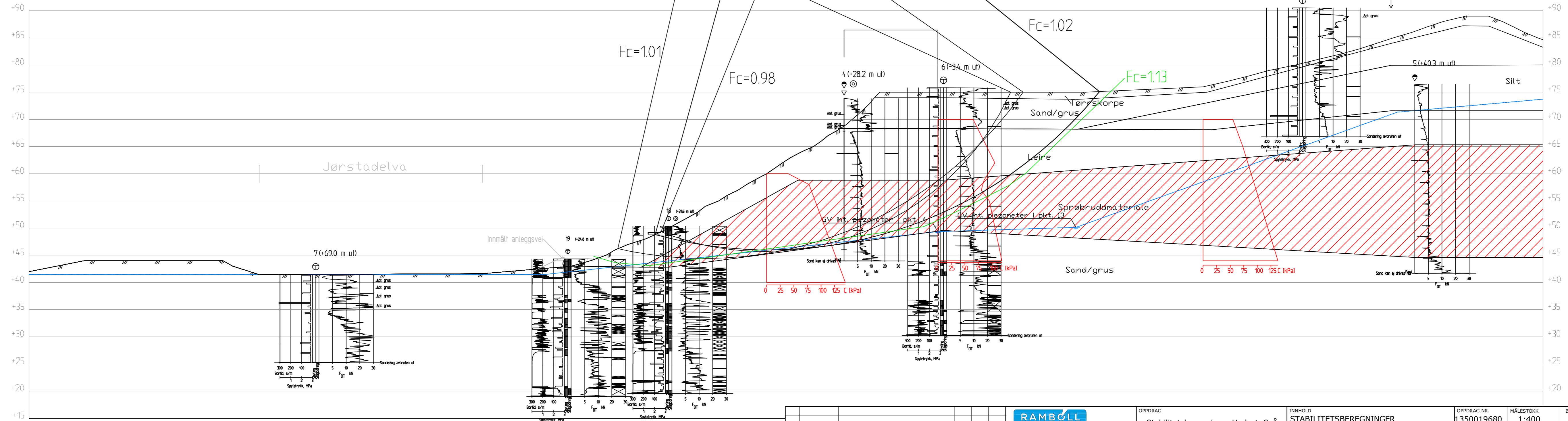
OPPDRAG NR. 1350019680	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 1012	REV. 0







Material	no	Un.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpe	1	20.00	30.0	0.0				
Sand/grus	2	18.00	34.0	34				
Silt	3	18.00	30.0	2.9				
Leire	4	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.50
Sprøbrudd	5	20.00	---	---	C-profil	0.85	0.63	0.50
Sand/grus	6	18.00	34.0	34				



Profil C-C

00	19.05.2017		LETL	PAW	PAW
REV.	DATE	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

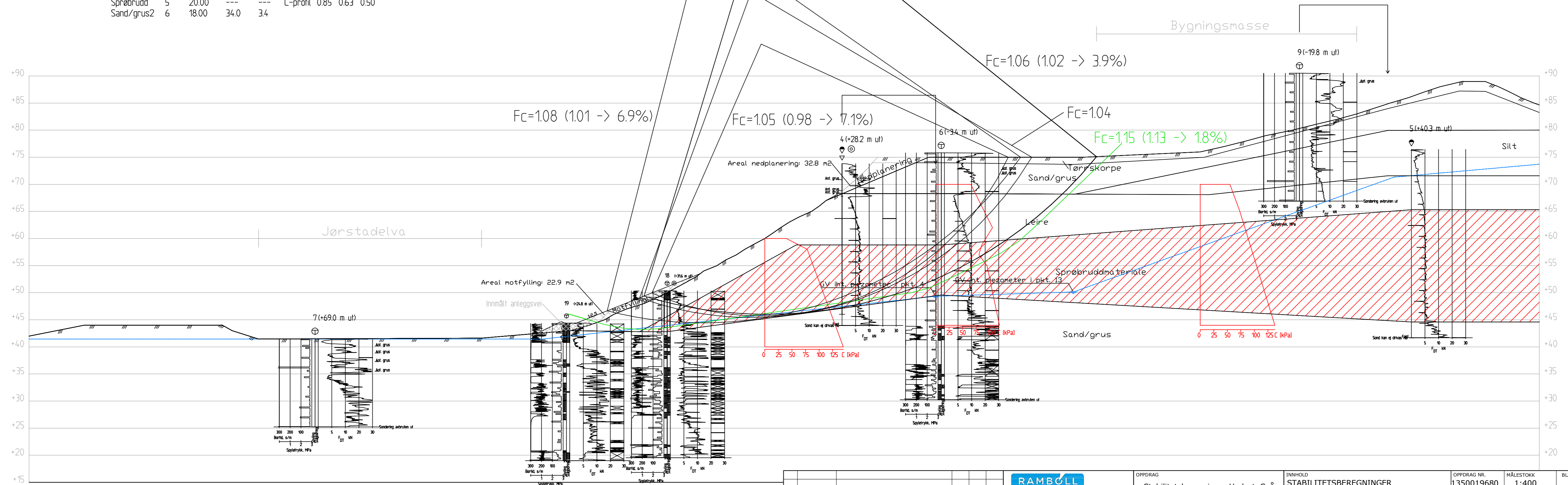
**RAMBOLL**  
 Ramboll AS - Region Midt-Norge  
 P.b. 9420 Sluppen  
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
 Stabilitetsberegninger Undset, Snåsa  
 OPPDRAGSGIVER  
 Norges vassdrags- og energidirektorat

INNHOOLD  
**STABILITETSBEREGNINGER**  
 Profil C  
 Totalspenningsanalyse (ADP)  
 Dagens terreng

OPPDRAG NR. 1350019680	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 1015	REV. 0

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	7	18.00	34.0	0.0				
Tørreskorpe	1	20.00	30.0	0.0				
Sand/grus	2	18.00	34.0	0.0				
Silt	3	18.00	30.0	2.9				
Leire	4	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.50
Sprøbrudd	5	20.00	---	---	C-profil	0.85	0.63	0.50
Sand/grus2	6	18.00	34.0	3.4				

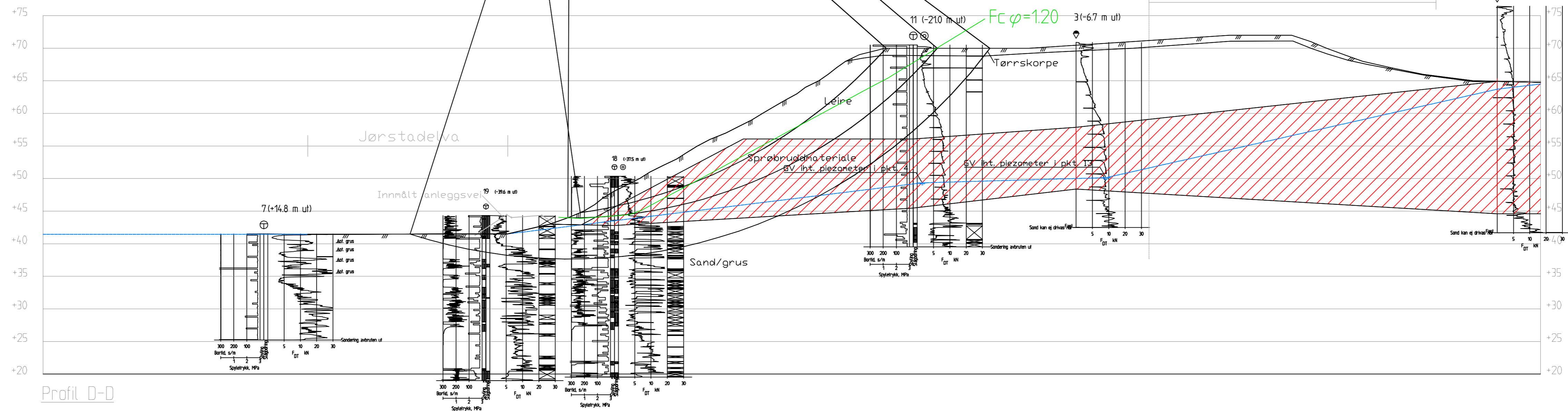


Profil C-C

00	19.05.2017		LETL	PAW	PAW	<b>RAMBOLL</b> Ramboll AS - Region Midt-Norge P.b. 9420 Sluppen Mellomlia 79, N-7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60 www.ramboll.no	OPPDRAG	Stabilitetsberegninger Undset, Snåsa	INNHOLD	STABILITETSBEREGNINGER	OPPDRAG NR.	1350019680	MÅLESTOKK	1:400	BLAD NR.	01	AV	01
REV.	DATE	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ		OPPDRAGSGIVER	Norges vassdrags- og energidirektorat	Profil C	Totalspenningsanalyse (ADP)	Med sikringstiltak	TEGNING NR.	1016	REV.	0			



Material	no	Un.Weigth	Fi	C'
Tørrskorpe	1	20.00	30.0	0.0
Leire	2	19.50	26.6	5.0
Sprøbrudd	3	20.00	26.6	5.0
Sand/grus	4	18.00	34.0	3.4



Profil D-D

00	19.05.2017		LETL	PAW	PAW
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

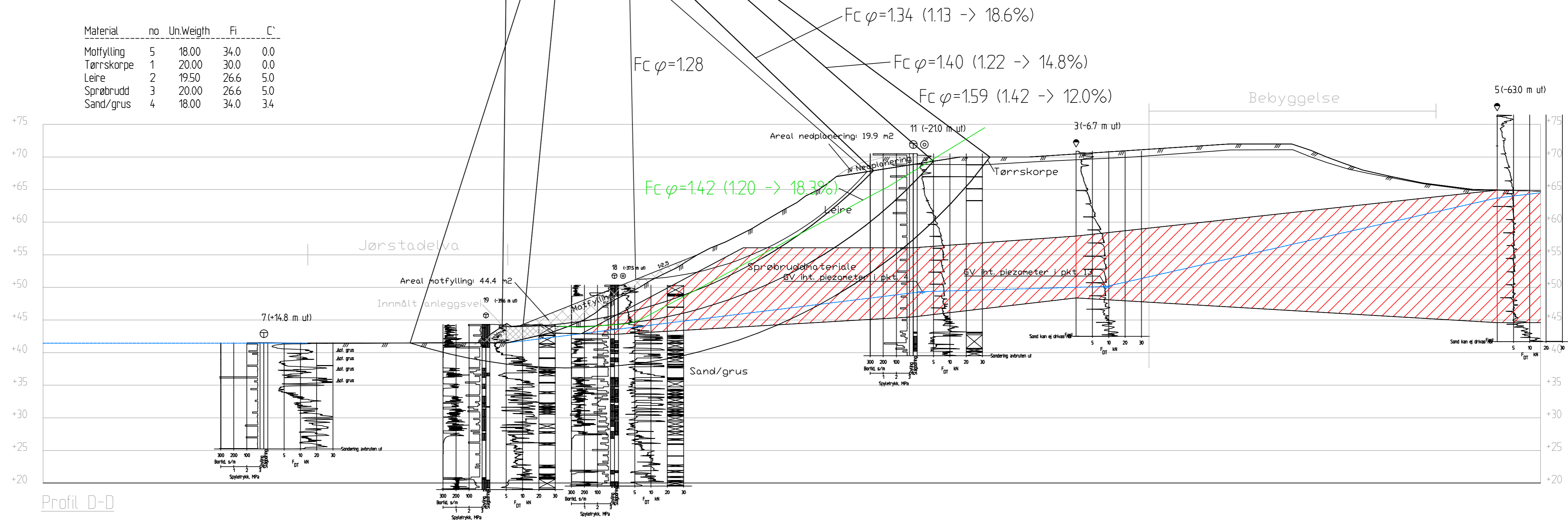
**RAMBOLL**  
 Ramboll AS - Region Midt-Norge  
 P.b. 9420 Sluppen  
 Mellomlia 79, N-7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
 Stabilitetsberegninger Undset, Snåsa  
 OPPDRAGSGIVER  
 Norges vassdrags- og energidirektorat

INNHOOLD  
**STABILITETSBEREGNINGER**  
 Profil D  
 Effektivspenningsanalyse  
 Dagens terreng

OPPDRAG NR. 1350019680	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 1017	REV. 0

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'
Motfylling	5	18.00	34.0	0.0
Tørsskorpe	1	20.00	30.0	0.0
Leire	2	19.50	26.6	5.0
Sprøbrudd	3	20.00	26.6	5.0
Sand/grus	4	18.00	34.0	3.4



Profil D-D

00	19.05.2017		LETL	PAW	PAW
REV.	DATE	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

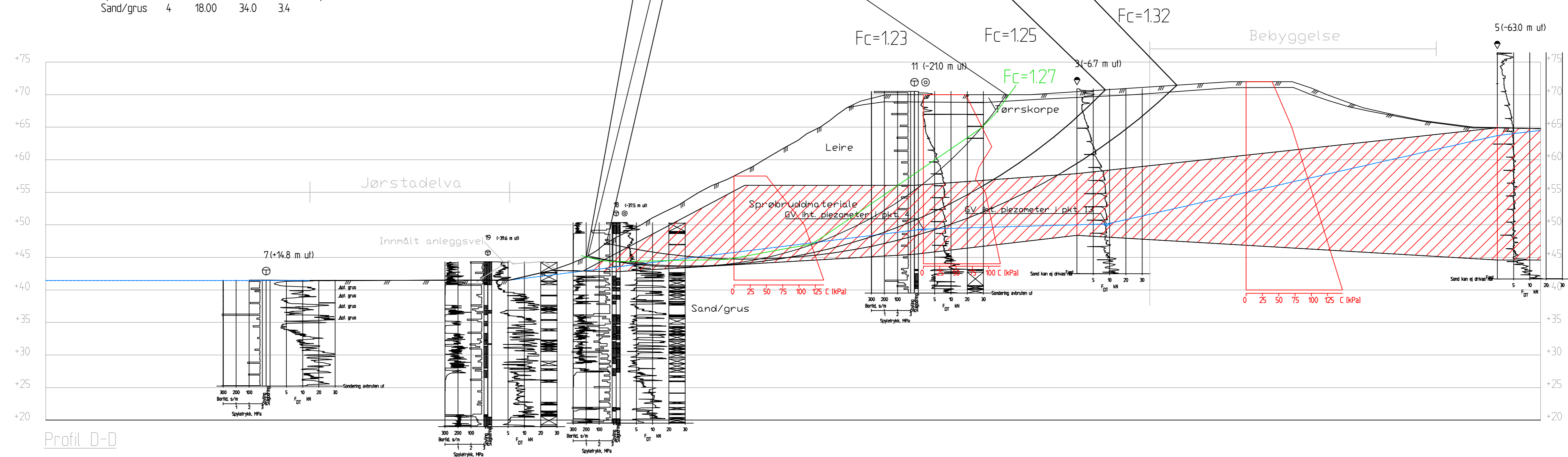
**RAMBOLL**  
 Ramboll AS - Region Midt-Norge  
 P.b. 9420 Sluppen  
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
 Stabilitetsberegninger Undset, Snåsa  
 OPPDRAGSGIVER  
 Norges vassdrags- og energidirektorat

INNHOOLD  
**STABILITETSBEREGNINGER**  
 Profil D  
 Effektivspenningsanalyse  
 Med sikringstiltak

OPPDRAG NR. 1350019680	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 1018	REV. 0

Material	no	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	1	20.00	30.0	0.0				
Leire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.50
Sprøbrudd	3	20.00	---	---	C-profil	0.85	0.63	0.50
Sand/grus	4	18.00	34.0	3.4				



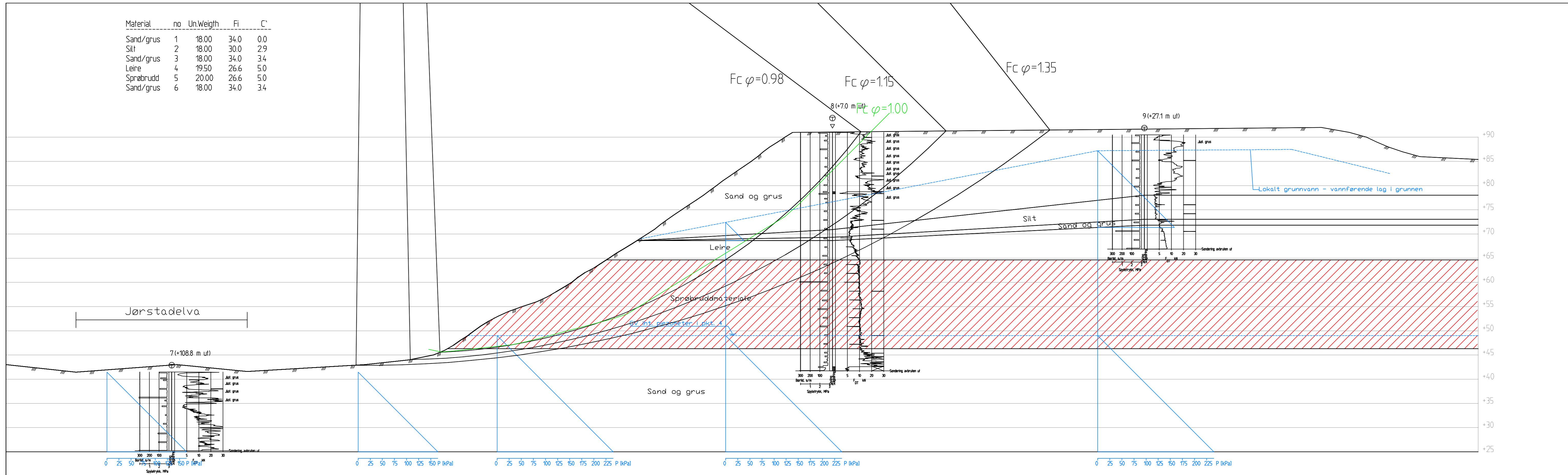
Profil D-D

00	19.05.2017		LETL	PAW	PAW	<b>RAMBOLL</b> Rambøll AS - Region Midt-Norge P.b. 9420 Sluppen Mellomila 79, N-7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60 www.ramboll.no	OPPDRAG	Stabilitetsberegninger Undset, Snåsa	INNHOLD	STABILITETSBEREGNINGER	OPPDRAG NR.	1350019680	MÅLESTOKK	1:400	BLAD NR.	01	AV	01
REV.	DATE	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ		OPPDRAGSGIVER	Norges vassdrags- og energidirektorat	STABILITETSBEREGNINGER	Profil D	Totalspenninganalyse (ADP)	TEGNING NR.		1019		REV.	0	
TEGNINGSSTATUS									Dagens terreng									



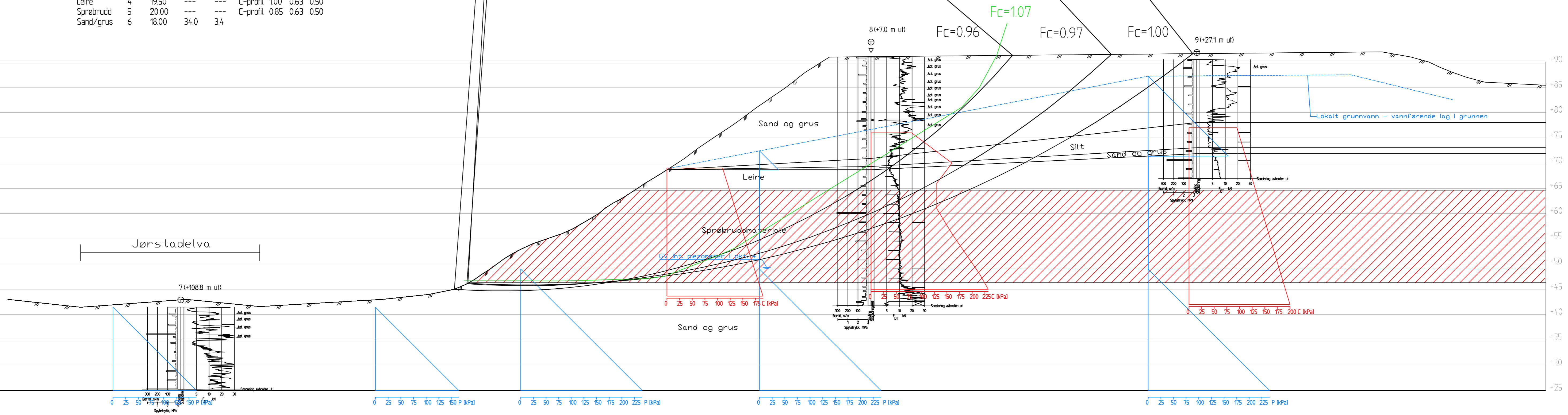


Material	no	Un.Weigth	Fi	C'
Sand/grus	1	18.00	34.0	0.0
Silt	2	18.00	30.0	2.9
Sand/grus	3	18.00	34.0	3.4
Leire	4	19.50	26.6	5.0
Sprøbrudd	5	20.00	26.6	5.0
Sand/grus	6	18.00	34.0	3.4



00	19.05.2017		LETL	PAW	PAW	<b>RAMBOLL</b> Rambøll AS - Region Midt-Norge P.b. 9420 Sluppen Mellomlia 79, N-7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60 www.ramboll.no	OPPDRAG	STABILITETSBEREGNINGER Undset, Snåsa	INNHOLD	OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
REV.	DATE	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ		OPPDRAGSGIVER	Norges vassdrags- og energidirektorat	STABILITETSBEREGNINGER	1350019680	1:400	01	01
TEGNINGSSTATUS									Profil G	TEGNING NR.	REV.		
									Effektivspenningsanalyse	1021	0		
									Dagens terreng				

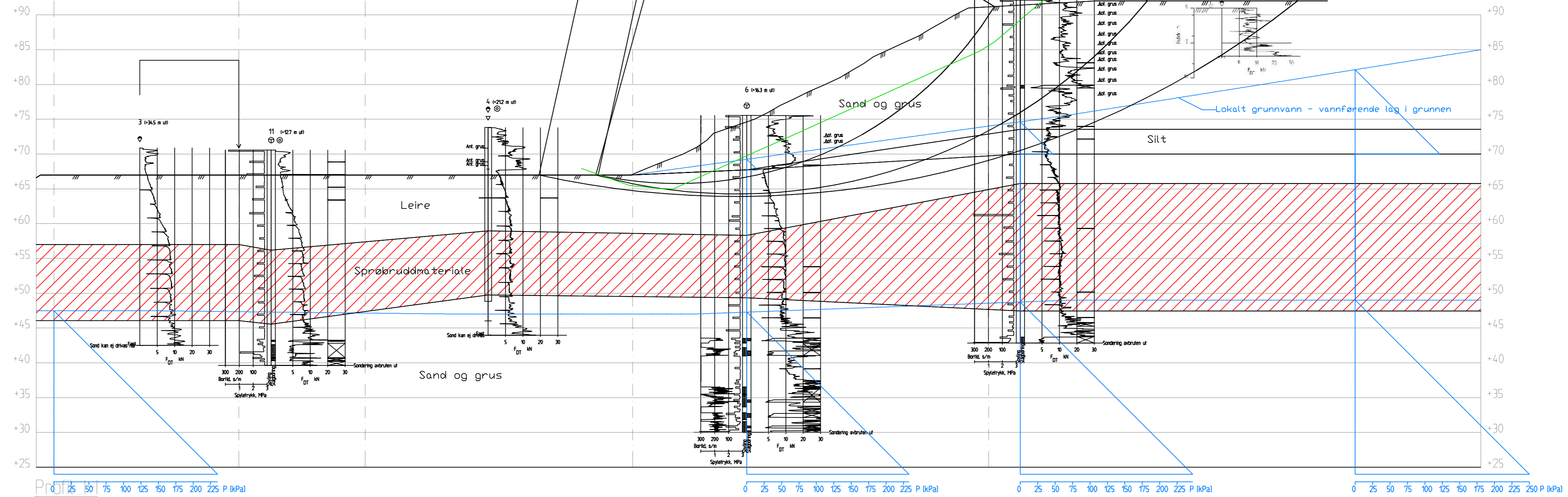
Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/grus	1	18.00	34.0	0.0				
Silt	2	18.00	30.0	2.9				
Sand/grus	3	18.00	34.0	3.4				
Leire	4	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.63	0.50
Sprøbrudd	5	20.00	---	---	C-profil	0.85	0.63	0.50
Sand/grus	6	18.00	34.0	3.4				



00	19.05.2017		LETL	PAW	PAW	<b>RAMBOLL</b> Rambøll AS - Region Midt-Norge P.b. 9420 Sluppen Mellomila 79, N-7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60 www.ramboll.no	OPPDRAG	Stabilitetsberegninger Undset, Snåsa	INNHOLD	STABILITETSBEREGNINGER	OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
REV.	DATE	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ		OPPDRAGSGIVER	Norges vassdrags- og energidirektorat	Profil G	Totalspenningsanalyse (ADP)	Dagens terreng	1350019680	1:400	01
TEGNINGSSTATUS											TEGNING NR.		REV.	
											1022		0	



Material	no	Un.Weigth	Fi	C'
Sand/grus	1	18.00	34.0	0.0
Silt	2	18.00	30.0	2.9
Leire	3	19.50	26.6	5.0
Sprøbrudd	4	20.00	26.6	5.0
Sand/grus	5	18.00	34.0	3.4



00	19.05.2017		LETL	PAW	PAW
REV.	DATE	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

**RAMBOLL**  
 Rambøll AS - Region Midt-Norge  
 P.b. 9420 Sluppen  
 Mellomlia 79, N-7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60  
 www.ramboll.no

OPPDRAG  
 Stabilitetsberegninger Undset, Snåsa  
 OPPDRAGSGIVER  
 Norges vassdrags- og energidirektorat

INNHOOLD  
**STABILITETSBEREGNINGER**  
 Profil I  
 Effektivspenningsanalyse  
 Dagens terreng

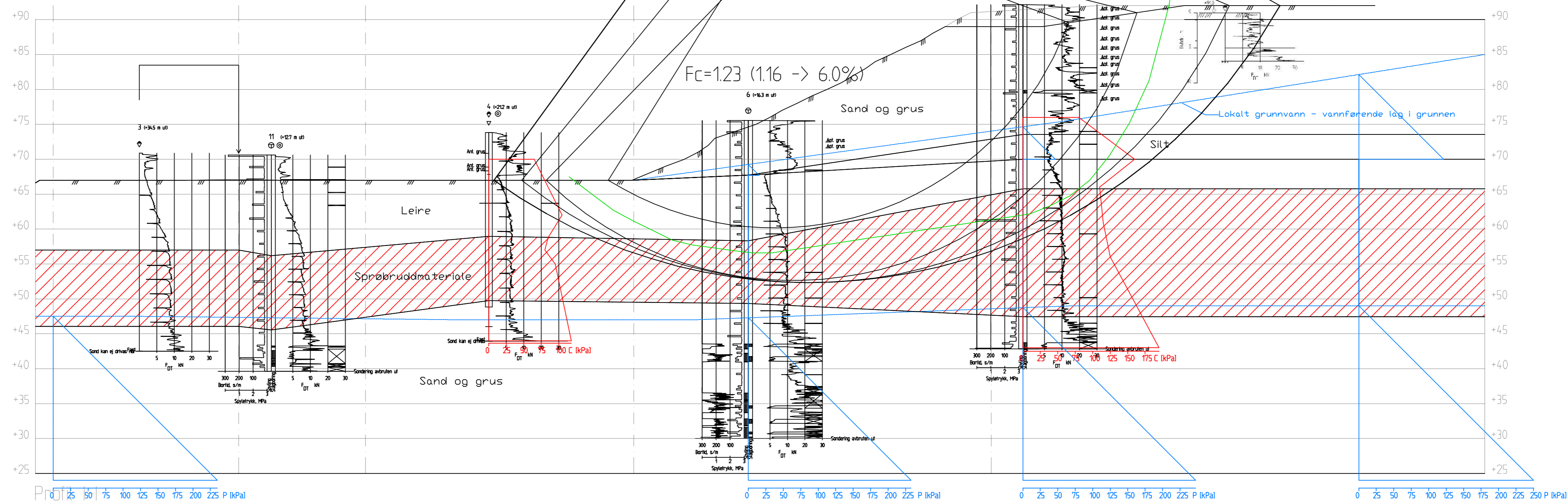
OPPDRAG NR. 1350019680	MÅLESTOKK 1:400	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 1023	REV. 0





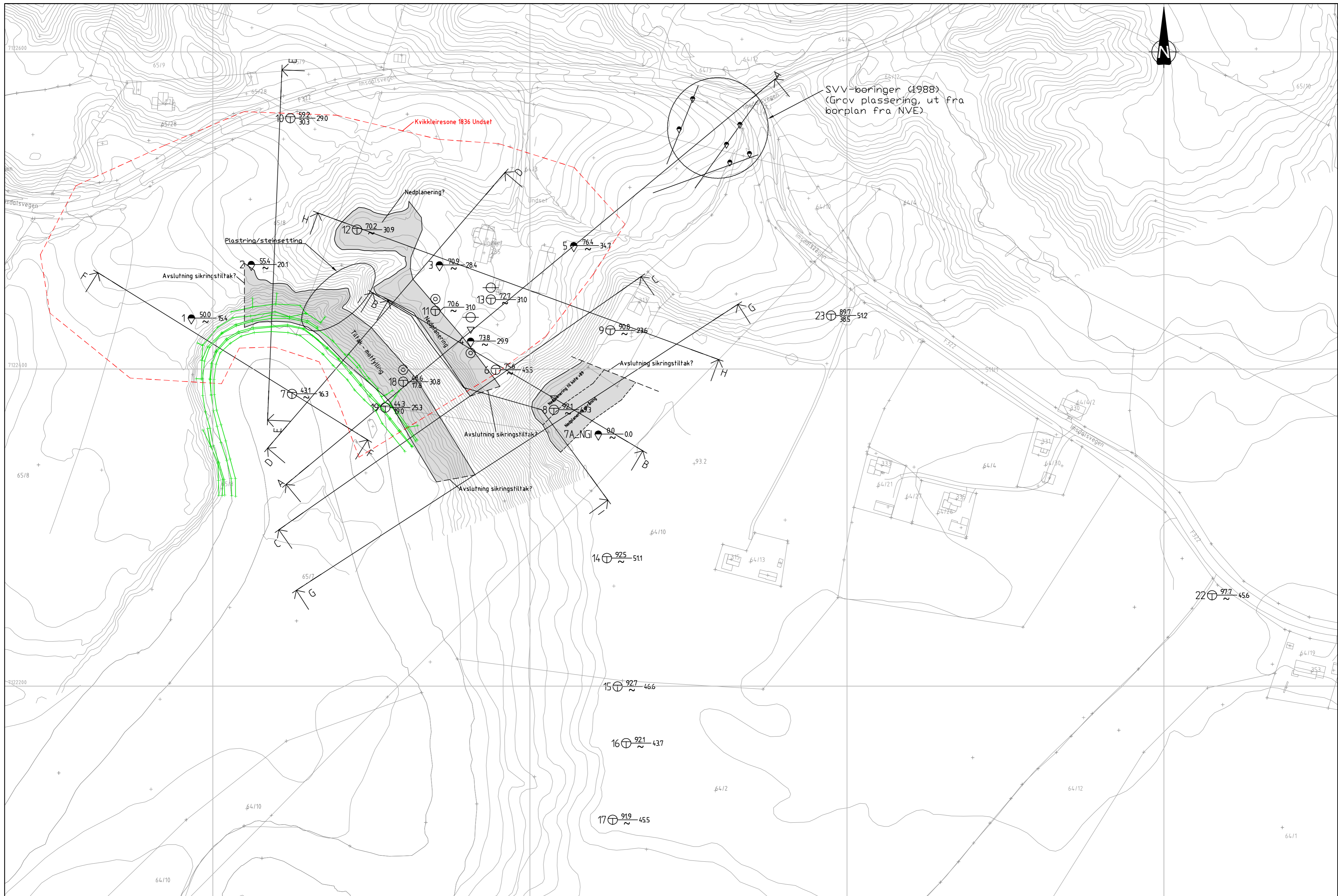


Material	no	Un.Weighth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/grus	1	18.00	34.0	0.0				
Silt	2	18.00	30.0	2.9				
Leire	3	19.50	---	---	C-profil	100	0.63	0.50
Sprøbrudd	4	20.00	---	---	C-profil	0.85	0.63	0.50
Sand/grus	5	18.00	34.0	3.4				



00	19.05.2017		LETL	PAW	PAW	<b>RAMBOLL</b> Rambøll AS - Region Midt-Norge P.b. 9420 Sluppen Mellomlia 79, N-7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60 www.ramboll.no	OPPDRAG	Stabilitetsberegninger Undset, Snåsa	INNHOLD	STABILITETSBEREGNINGER	OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
REV.	DATE	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ		OPPDRAGSGIVER	Norges vassdrags- og energidirektorat	Profil I	Totalspenningsanalyse (ADP)	Med sikringstiltak	1350019680	1:400	01
TEGNINGSSTATUS											TEGNING NR.		REV.	
											1026		0	





00	19.05.2017		LETL	PAW	PAW
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

**RAMBOLL**  
 Rambøll AS - Region Midt-Norge  
 P.b. 9420 Sluppen  
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim  
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60  
 www.ramboll.no

OPPDRAG	Stabilitetsberegning Undset, Snåsa
OPPDRAGSGIVER	Norges vassdrags- og energidirektorat

INNHold	SITUASJONSPLAN
	Omfang sikringstiltak

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
1350019680	1:1500 (A2)	01	01
TEGNING NR.			REV.
1027			0

1350019680 Kvikkleiresone 1836 Undset  
Rapport nr. 1 – Geoteknisk rapport

# VEDLEGG 1

Bilder fra befaring 20.12.2016 og 10.01.2017.





**Foto 1:** Erosjonsforholdene i elvas yttersving, 20.12.2016





**Foto 2:** Første del av hastetiltaket langs elvekanten igangsatt, 20.12.2016



**Foto 3:** Hastetiltaket utført in mot yttersvingen i elva, 10.01.2017





**Foto 4:** Vegfylling legges ut i elva, 10.01.2017





**Foto 5:** Utglidning på østsiden av terrengplatået og oppstrøms i Jørstadeøva, 10.01.2017



**Foto 6:** Terrenget bak utglidning på østsiden av terrengplatået og oppstrøms i Jørstadeøva, 10.01.2017

1350019680 Kvikkleiresone 1836 Undset  
Rapport nr. 1 – Geoteknisk vurderingsrapport

# VEDLEGG 2

Soneklassifiseringsark



# SONEKLASSIFISERINGSARK

**Kvikkleiresone 1836 Undset**  
**Kommune Snåsa**

Rev. 00      Dato sone opprettet 14.07.2017      Opprettet av Rambøll, LETL/PAWTRH



**Kvikkleire -  
Faregrad**

-  Høy
-  Middels
-  Lav

Skadekonsekvens - Alvorlig  
Faregradsklasse - Middels  
Risikoklasse - 3

Poengverdi  
14  
20  
1307

## Referanser

Rambøll, G-rap-001 1350019680, 14.07.2017.  
Rambøll, G-rap-003 1350018749, 24.03.2017.  
NGI, 20110935-02-R, 05.02.2014.  
Statens vegvesen, VD-1012 A, 11.01.1989.

Utført  
Utført  
Utført  
Utført

## Merknader

Kvikkleiresonen er utredet, jf. G-rap-001 1350019680.

Status:     Hele sonen utredet     Deler av sonen utredet  
Kvalitetssikret av uavhengig foretak:  Ikke utført     Utført av NGI

ref: "Program for økt sikkerhet mot leirskred, Metode for kartlegging og klassifisering av faresone, kvikkleire"  
 20001008-2 datert 31 august 2001. Revisjon 3 datert 8 oktober 2008

## Skadekonsekvens Forklaring

vurdering:					Konsekvens, score					
Faktor	vektall	før tiltak	etter tiltak	kommentar	Faktor	vektall	3	2	1	0
Boligheter	4	1	1		Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt >5	Spredt <5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	1	1		Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen
Annen Bebyggelse, verdi	1	1	1		Annen Bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei	2	1	1		Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje	2	0	0		Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	1	1		Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemming/flo	2	2	2		Oppdemming/flo	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Poeng (score x vektall):		15	15							
Beregnet skadekonsekvensklasse:		Alvorlig								
Skadekonsekvens		0.33	0.33							

## Faregradsklasser (sannsynlighet) Forklaring

vurdering:					Faregrad, score					
Faktor	vektall	Før tiltak	etter tiltak	kommentar	Faktor	vektall	3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	3	3	Flere skred i området	Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde	2	3	3	31 m	Skråningshøyde, m	2	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå	2	2	2		Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, overtrykk	3	0	0	ingen overtrykk	Poretrykk, overtrykk (kPa)	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Poretrykk, undertrykk	-3	3	3	pga. stor dybde til grunnvannspeil	Poretrykk, undertrykk (kPa)	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	2	2	9.3m -> H/2-H/4	Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	3	3	>100	Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	3	1	erosjonssikring	Erosjon	3	Aktiv/Glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forverring	3	0	0		Inngrep, forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	0	2	motfylling og nedplanering	Inngrep, forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Poeng (score x vektall):		20	8							
Beregnet faregradsklasse:		Middels								
Faregrad		0.39	0.16							

Risiko (skadekonsekvens x faregrad)	1307	523
Risikoklasse:	3	2

ref: "Program for økt sikkerhet mot leirskred, Metode for kartlegging og klassifisering av faresone, kvikkleire"  
 20001008-2 datert 31 august 2001. Revisjon 3 datert 8 oktober 2008

## Skadekonsekvens

## Forklaring

vurdering:				
Faktor	vektall	før tiltak	etter tiltak	kommentar
Boligheter	4	1	1	
Næringsbygg, personer	3	1	1	
Annen Bebyggelse, verdi	1	1	1	
Vei	2	1	1	
Toglinje	2	0	0	
Kraftnett	1	1	1	
Oppdemming/flo	2	2	2	
Poeng (score x vektall):		15	15	
Beregnet skadekonsekvensklasse:		<b>Alvorlig</b>	<b>Alvorlig</b>	
Skadekonsekvens		0.33	0.33	

Faktor	vektall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt >5	Spredt <5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen
Annen Bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemming/flo	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen

## Faregradsklasser (sannsynlighet)

## Forklaring

vurdering:				
Faktor	vektall	Før tiltak	etter tiltak	kommentar
Tidligere skredaktivitet	1	3	3	Flere skred i området
Skråningshøyde	2	3	3	48m
Tidligere/nåværende terrengnivå	2	2	2	
Poretrykk, overtrykk	3	0	0	ingen overtrykk
Poretrykk, undertrykk	-3	3	3	pga. stor dybde til grunnvannspeil
Kvikkleiremektighet	2	2	2	18.4m -> H/2-H/4
Sensitivitet	1	3	3	>100
Erosjon	3	3	1	erosjonssikring
Inngrep, forverring	3	0	0	
Inngrep, forbedring	-3	0	0	
Poeng (score x vektall):		20	14	
Beregnet faregradsklasse:		<b>Middels</b>	<b>Lav</b>	
Faregrad		0.39	0.27	

Faktor	vektall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, m	2	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk, overtrykk (kPa)	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
Poretrykk, undertrykk (kPa)	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/Glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep, forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Inngrep, forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen

Risiko (skadekonsekvens x faregrad)

1307      915

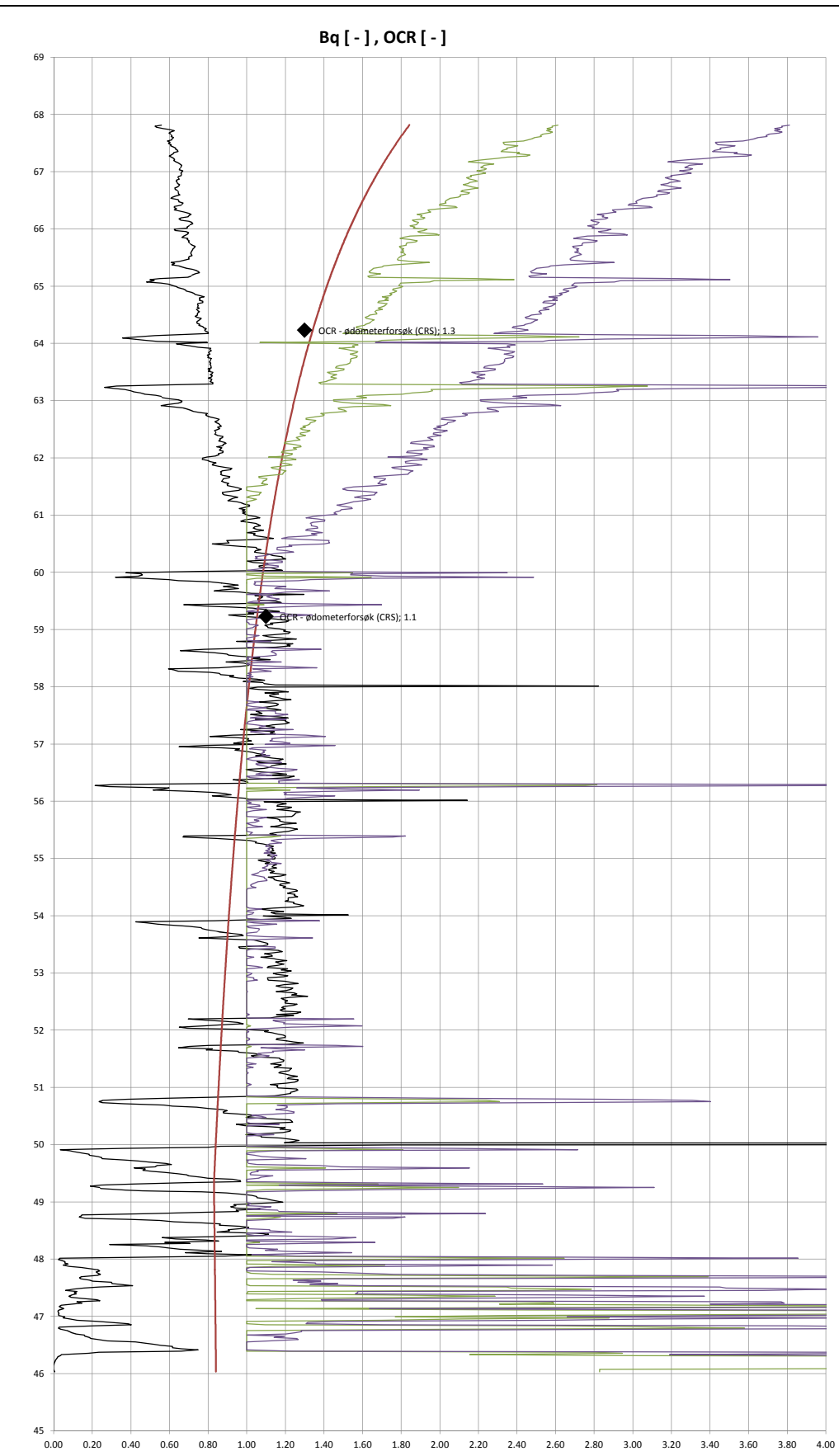
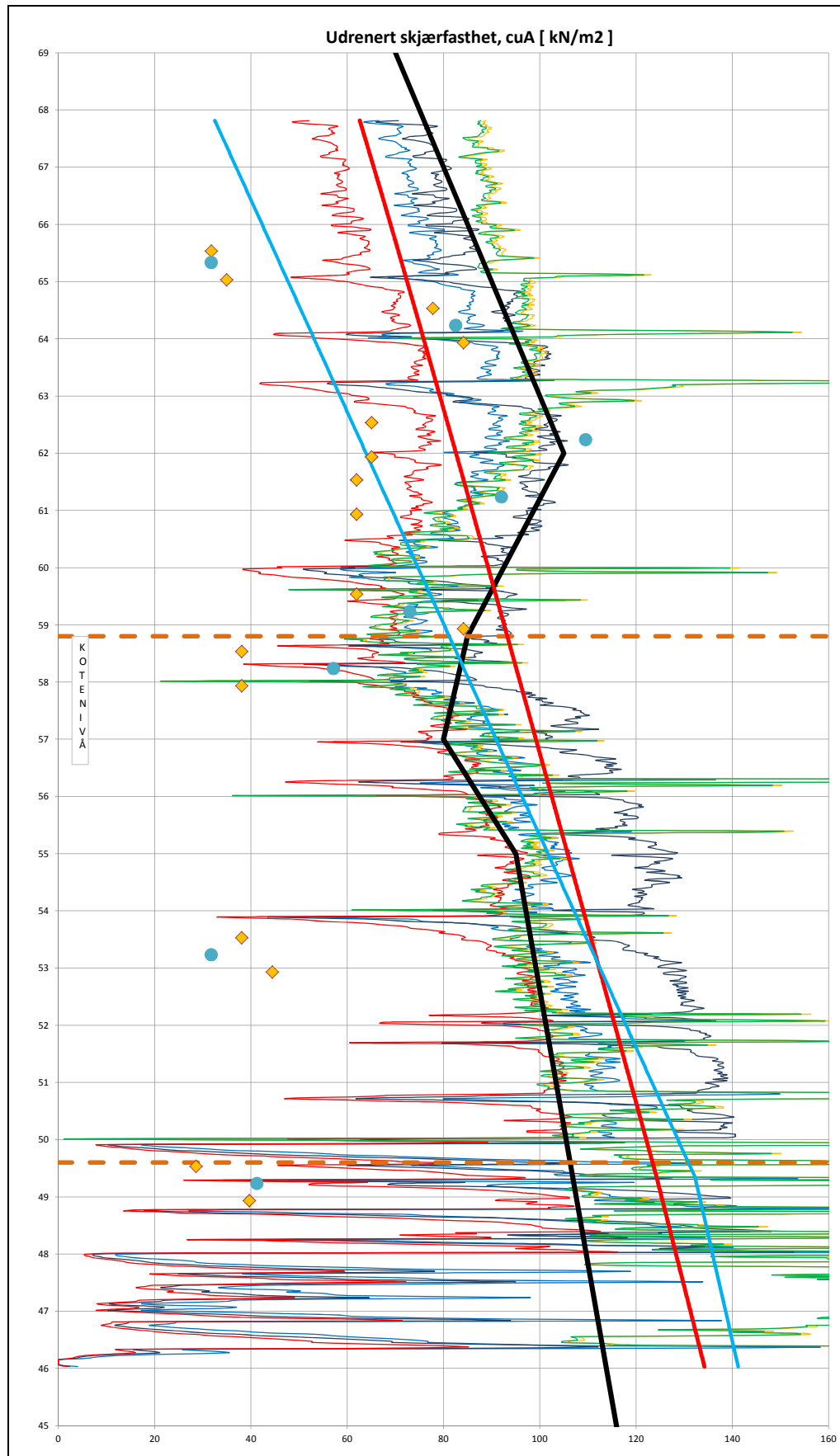
**Risikoklasse: 3      3**



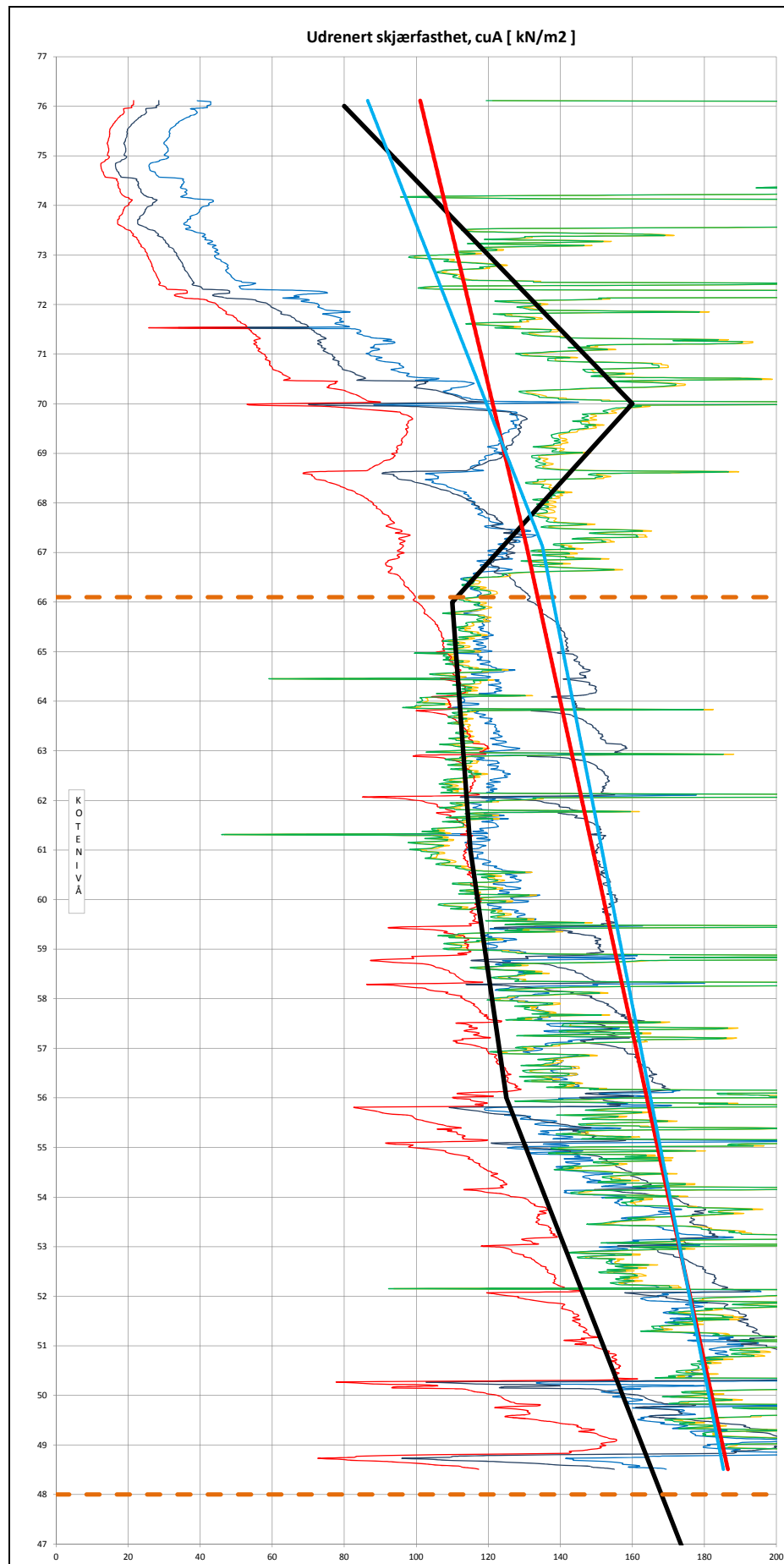
1350019680 Kvikkleiresone 1836 Undset  
Rapport nr. 1 – Geoteknisk vurderingsrapport

# VEDLEGG 3

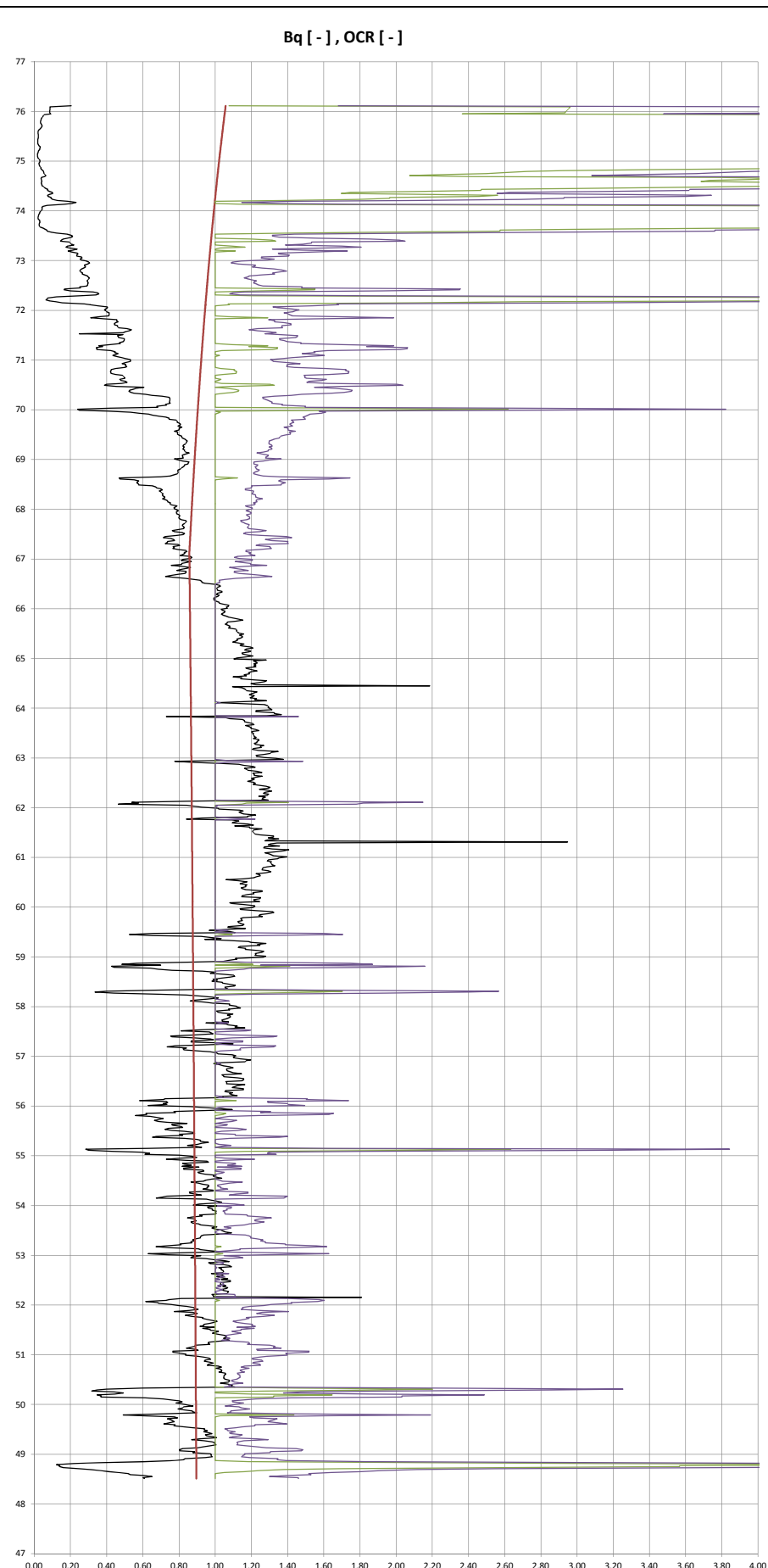
Tolking av CPTU



	NVE		Oppdrag 1350019680
	Undset i Snåsa		Tegn./kontr. Vedlegg
	Borpunkt: 4	Terrengkote: 73.83	LET/L/PAW 3
	Tolking/presentasjon av CPTU Udrenert skjærfasthet og OCR		Dato 07.04.2017
			Tegn. Nr. -



- $N_d = 4.4.5 \cdot B_q$
- $N_d = 6.9.4.0 \cdot \log(OCR) + 0.07 \cdot p - St < 15$
- $N_{kt} = 7.8.2.5 \cdot \log(OCR) + 0.082 \cdot p - St < 15$
- $N_d = 9.8.4.5 \cdot \log(OCR) - St > 15$
- $N_{kt} = 8.5.2.5 \cdot \log(OCR) - St > 15$
- CAUA - treksialforsøk
- Designlinje
- KL - øvre grense
- KL - nedre grense
- Konus
- Enaks
- SHANSEP
- $S_u A = 0.27 \cdot p_0'$



- Poretrykksparameter Bq
- OCR benyttet ved tolking av udrenert skjærstyrke
- OCR f(Q, St < 15)
- OCR f(Q, St > 15)



NVE		Oppdrag 1350019680
Undset i Snåsa		
Borpunkt: 8	Terrengekote: 92.13	Tegn./kontr. LETL/PAW
Tolking/presentasjon av CPTU Udrenert skjærfasthet og OCR		Dato 07.04.2017
		Vedlegg 3
		Tegn. Nr. -

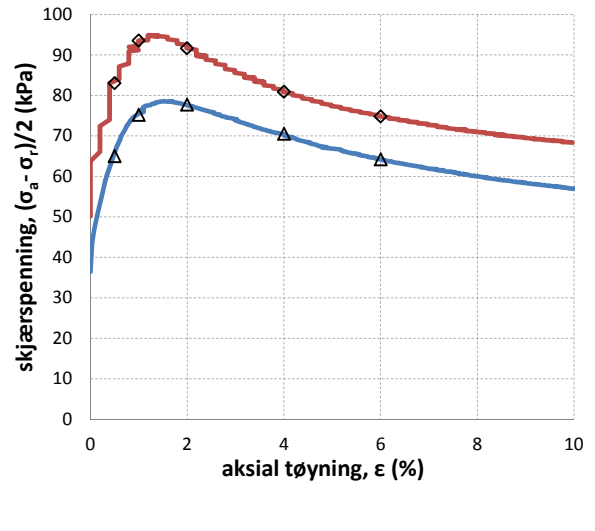
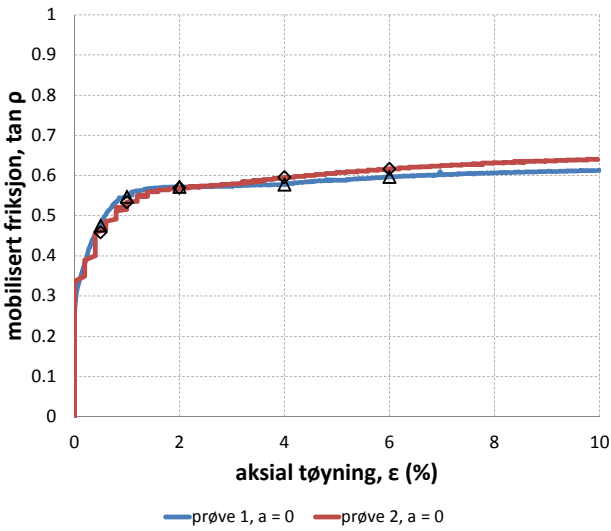
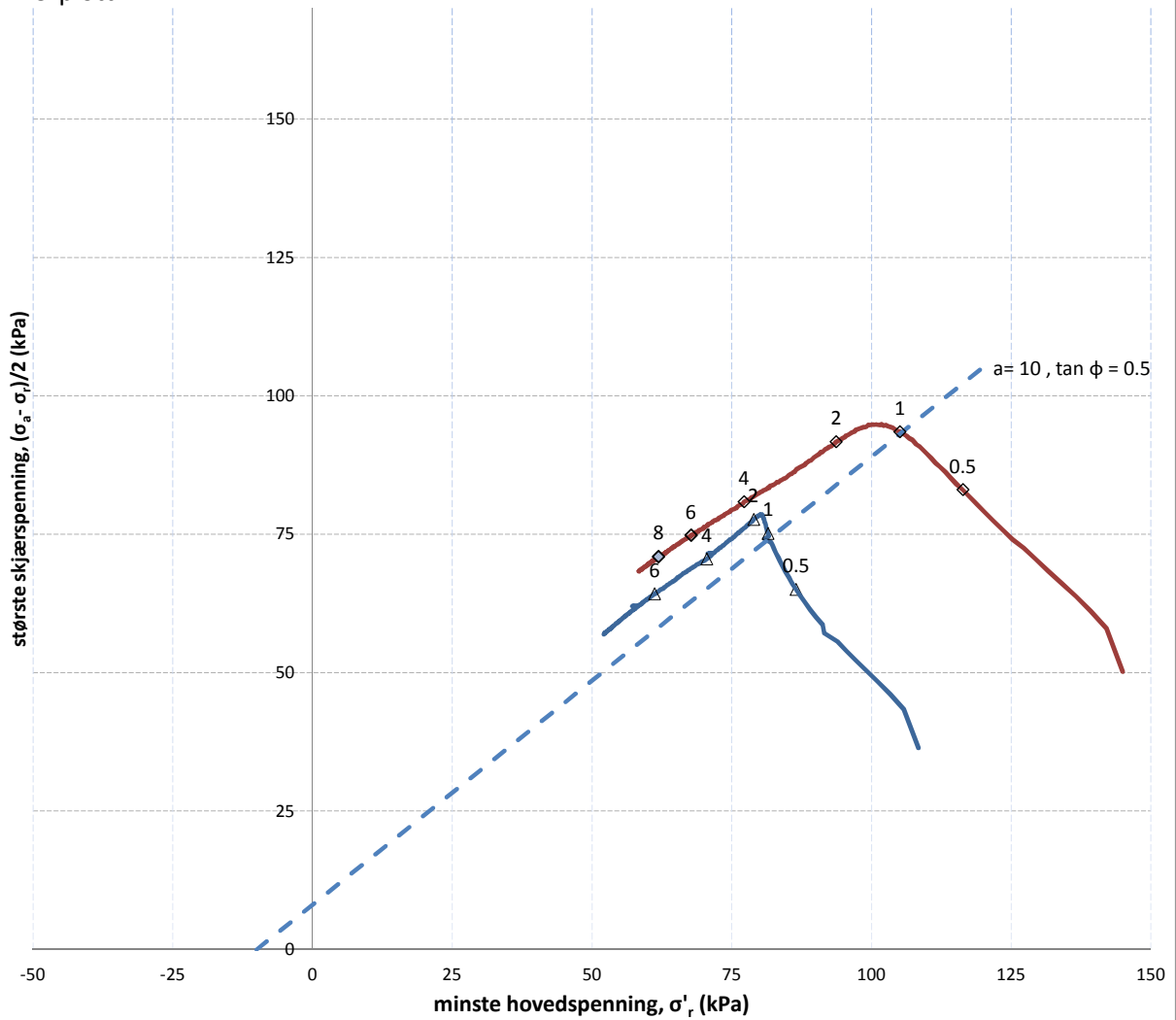


1350019680 Kvikkleiresone 1836 Undset  
Rapport nr. 1 – Geoteknisk vurderingsrapport

# VEDLEGG 4

Tolking av treksialforsøk

NTNU-plott



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	w(vekt%)	dV (%)	de/e <sub>0</sub>	Konsolideringsspenninger			KOMMENTAR
									p <sub>0</sub> ' (kPa)	p <sub>a</sub> ' (kPa)	p <sub>r</sub> ' (kPa)	
1	Δ	4	46	11,45m	CAUc	32.7	1.0	0.022	0	180	109	Leire m/ siltlag
2	◇	4	46	11,60m	CAUc	30.6	1.1	0.024	0	244	145	Leire m/ siltlag



Undset, Snåsa

TREAKSIALFORSØK

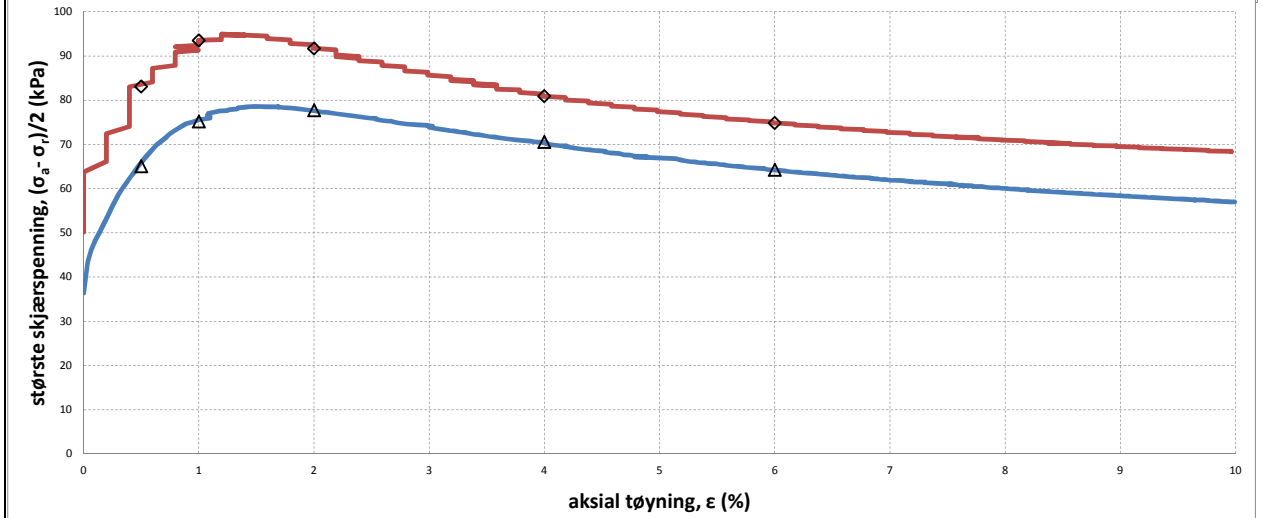
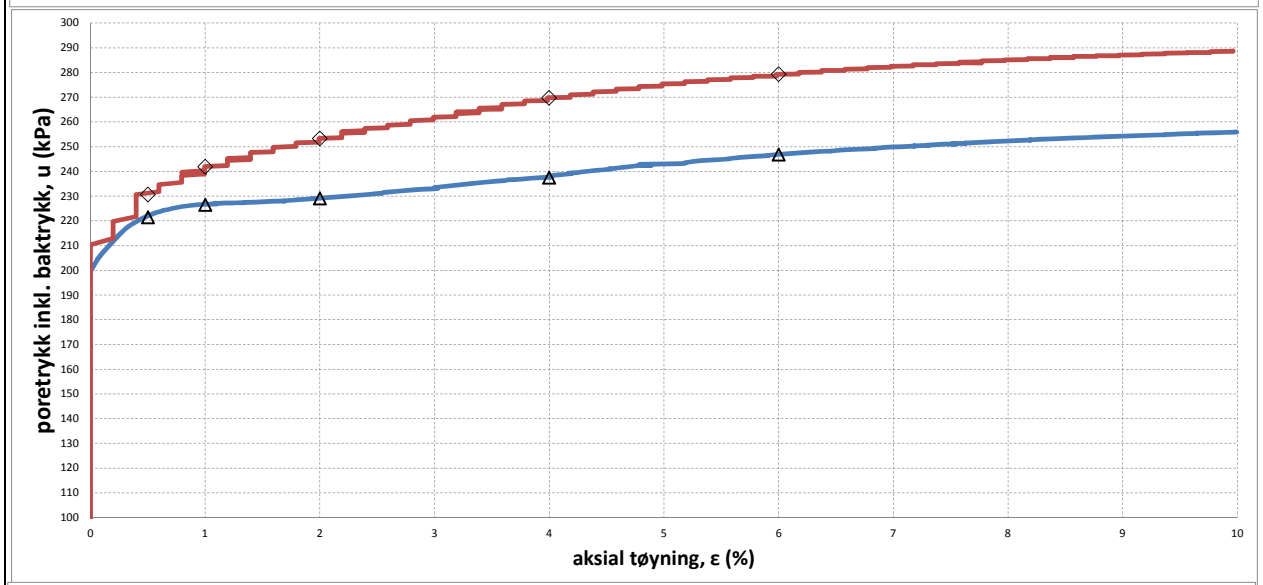
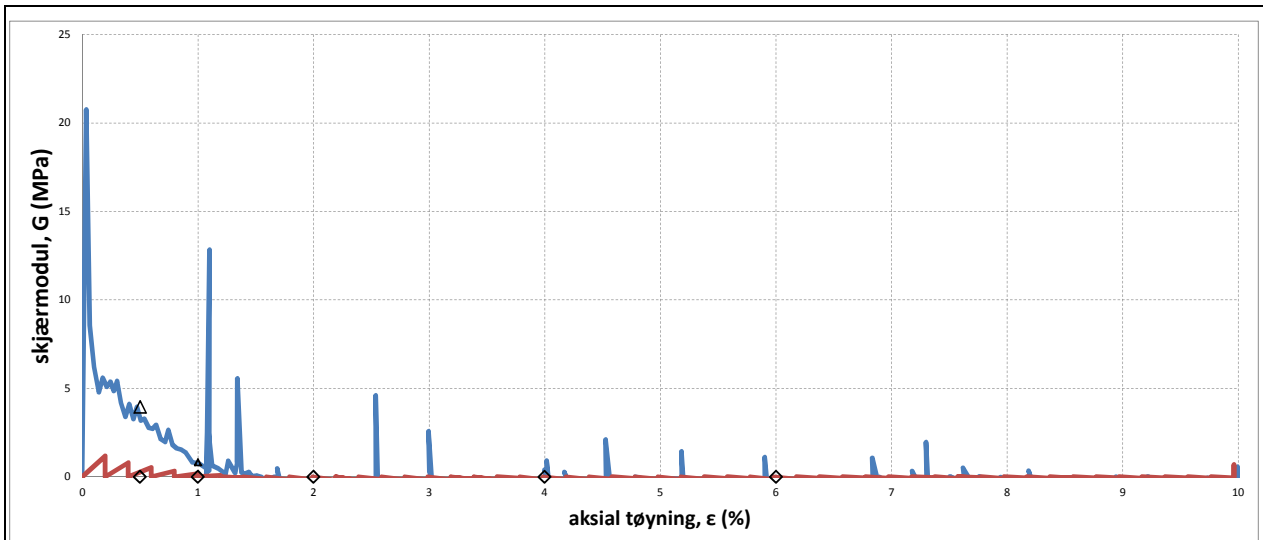
Oppdrag  
1350019680

Tegn./kontr.  
AKM/LETL

Dato  
02.05.2017

Bilag  
4

Tegn. Nr.  
-



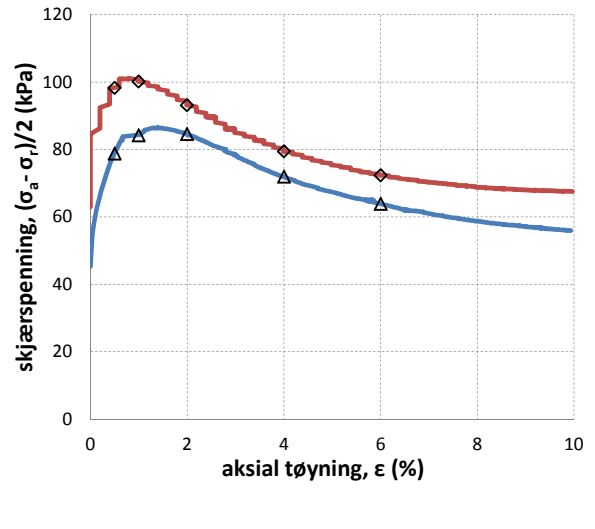
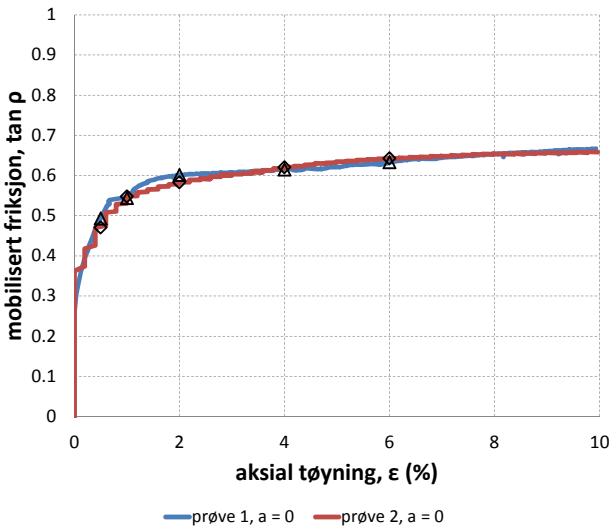
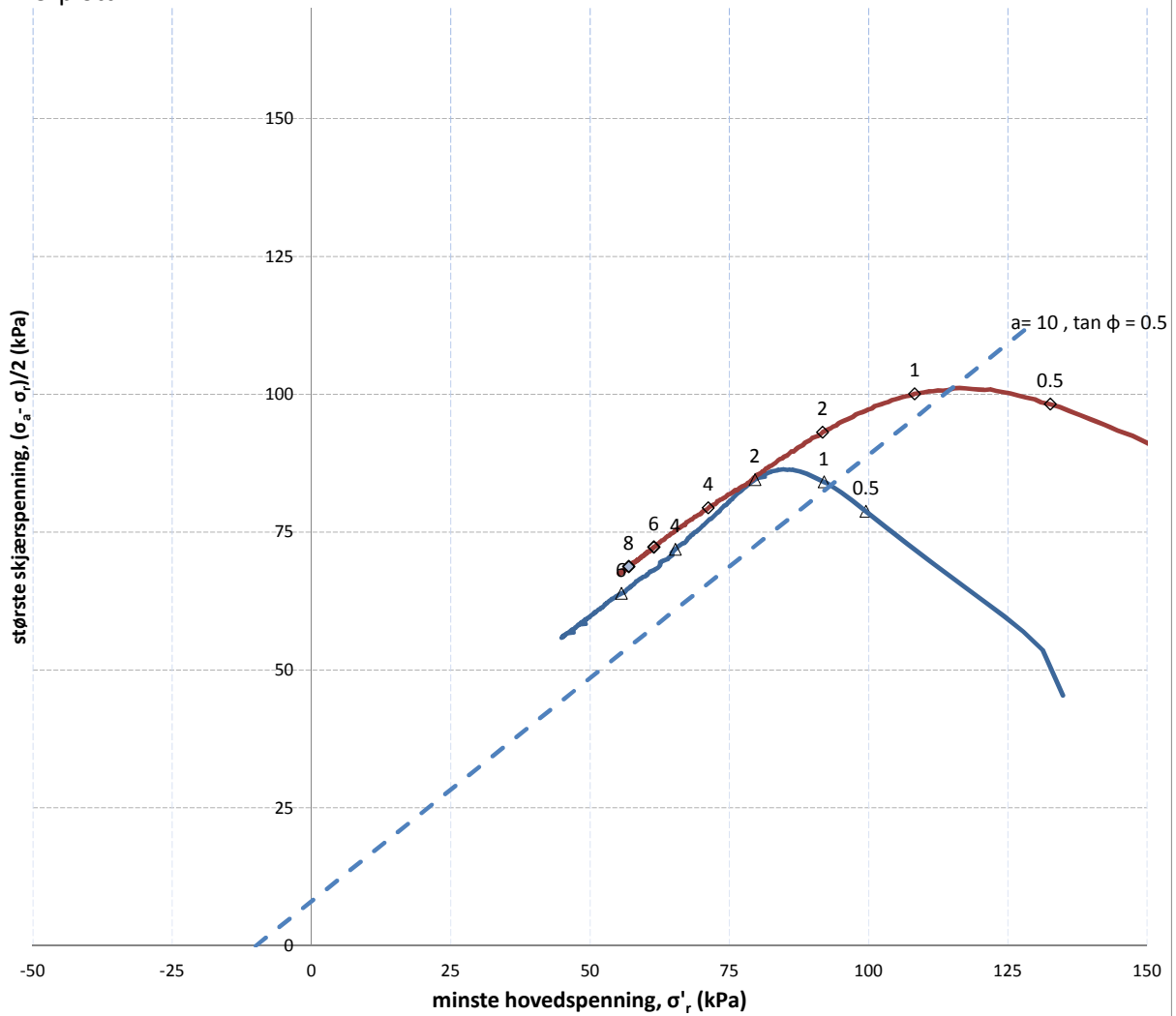
PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	w(vekt%)	dV (%)	de/e <sub>0</sub>	Konsolideringsspenninger			KOMMENTAR
									p <sub>0</sub> ' (kPa)	p <sub>a</sub> ' (kPa)	p <sub>v</sub> ' (kPa)	
1	Δ	4	46	11,45m	CAUc	32.7	1.0	0.022	0	180	109	Leire m/ siltlag
2	◇	4	46	11,60m	CAUc	30.6	1.1	0.024	0	244	145	Leire m/ siltlag



Undset, Snåsa	Tegn./kontr. AKM/LETL	Oppdrag 1350019680
		Bilag 4
		Tegn. Nr. -
TREKSIALFORSØK	Dato 02.05.2017	



NTNU-plott



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	w(vekt%)	dV (%)	de/e <sub>0</sub>	Konsolideringsspenninger			KOMMENTAR
									p <sub>0</sub> ' (kPa)	p <sub>a</sub> ' (kPa)	p <sub>r</sub> ' (kPa)	
1	Δ	11	54	14,50m	CAUc	28.3	1.3	0.029	282	225	135	Leire m/ siltlag
2	◇	11	54	14,70m	CAUc	28.2	1.8	0.040	282	308	184	Leire m/ siltlag

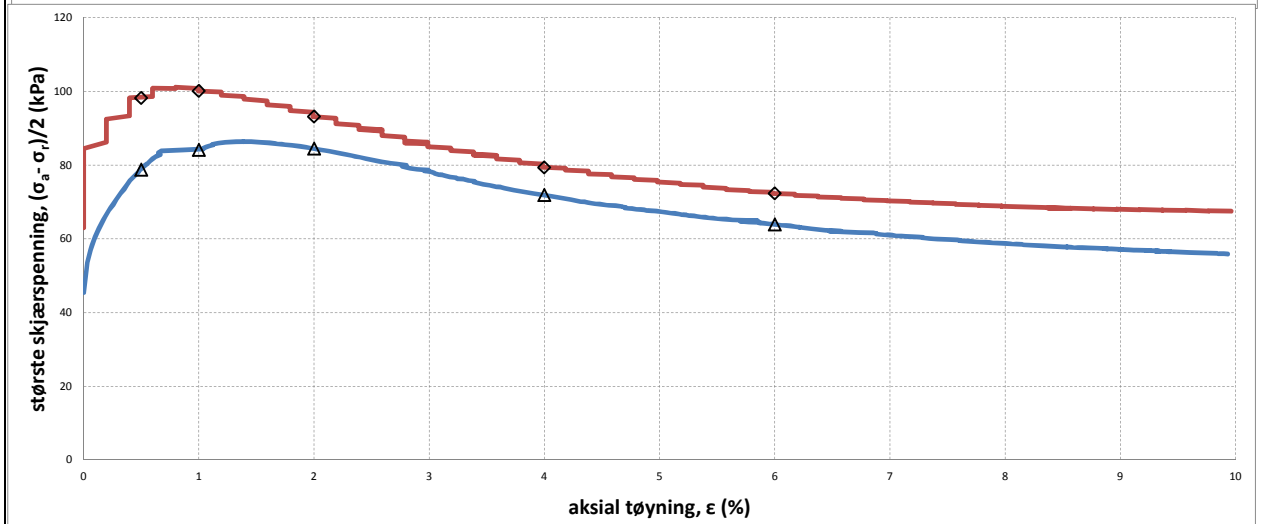
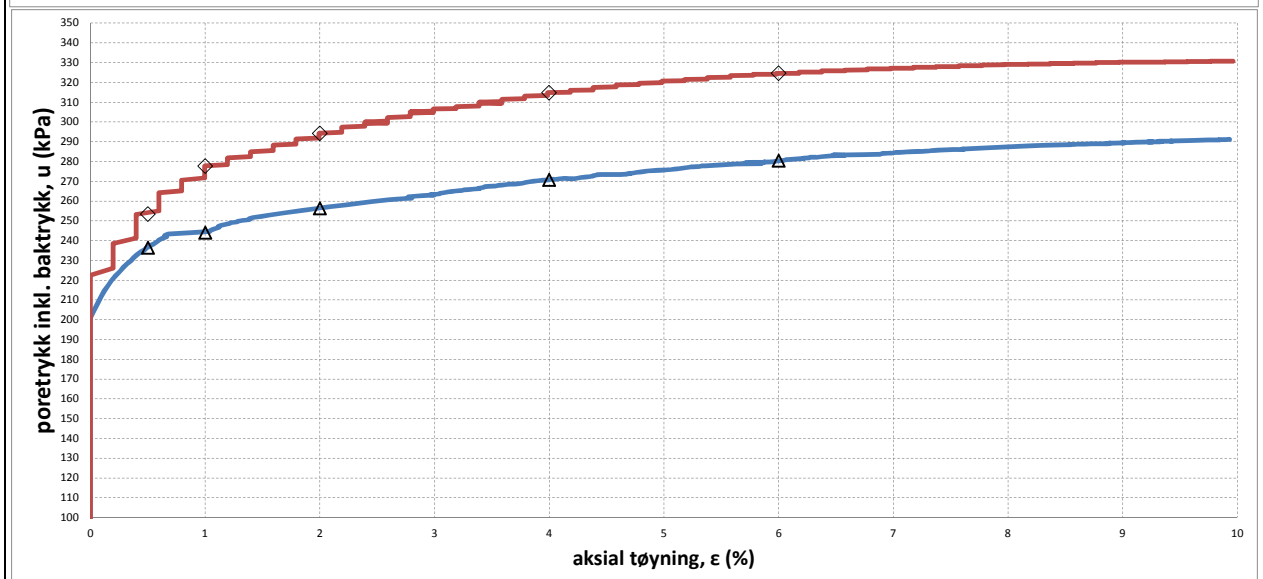
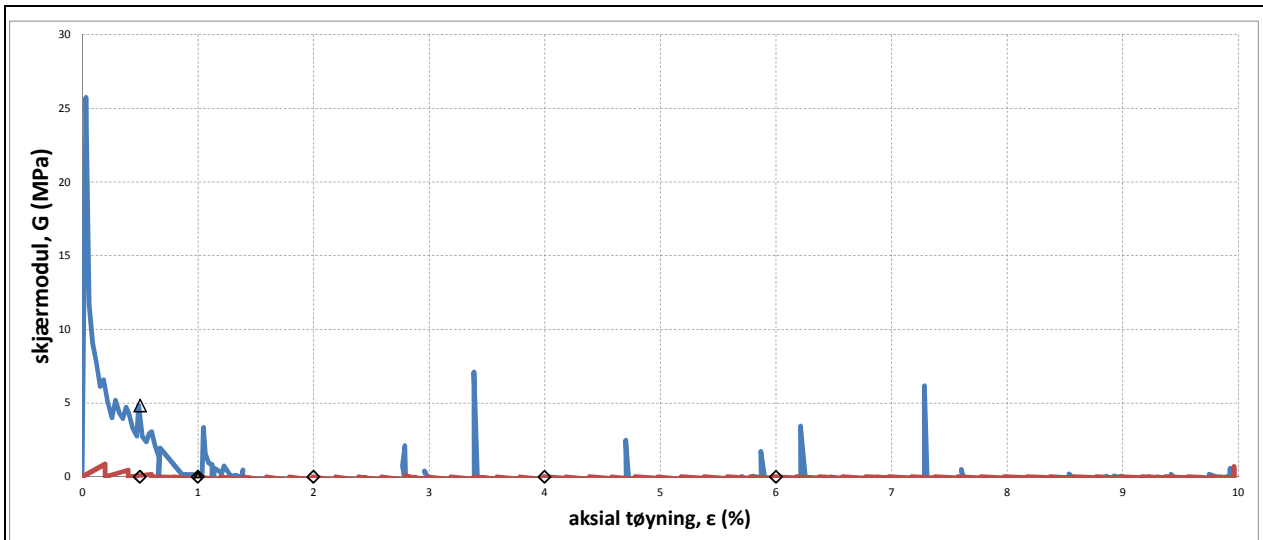


Undset, Snåsa

TREAKSIALFORSØK

Tegn./kontr.  
AKM/LETL  
Dato  
02.05.2017

Oppdrag  
1350019680  
Bilag  
4  
Tegn. Nr.  
-

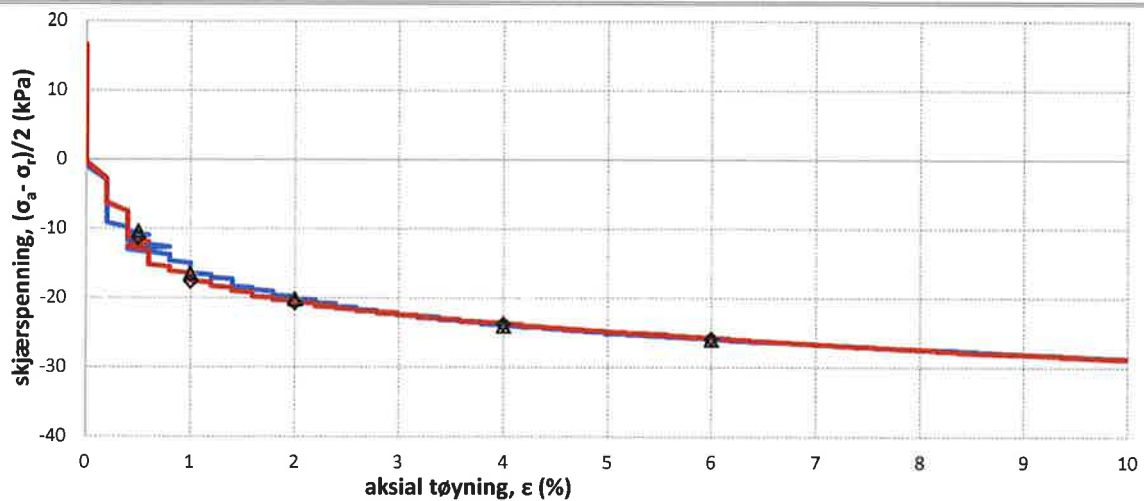
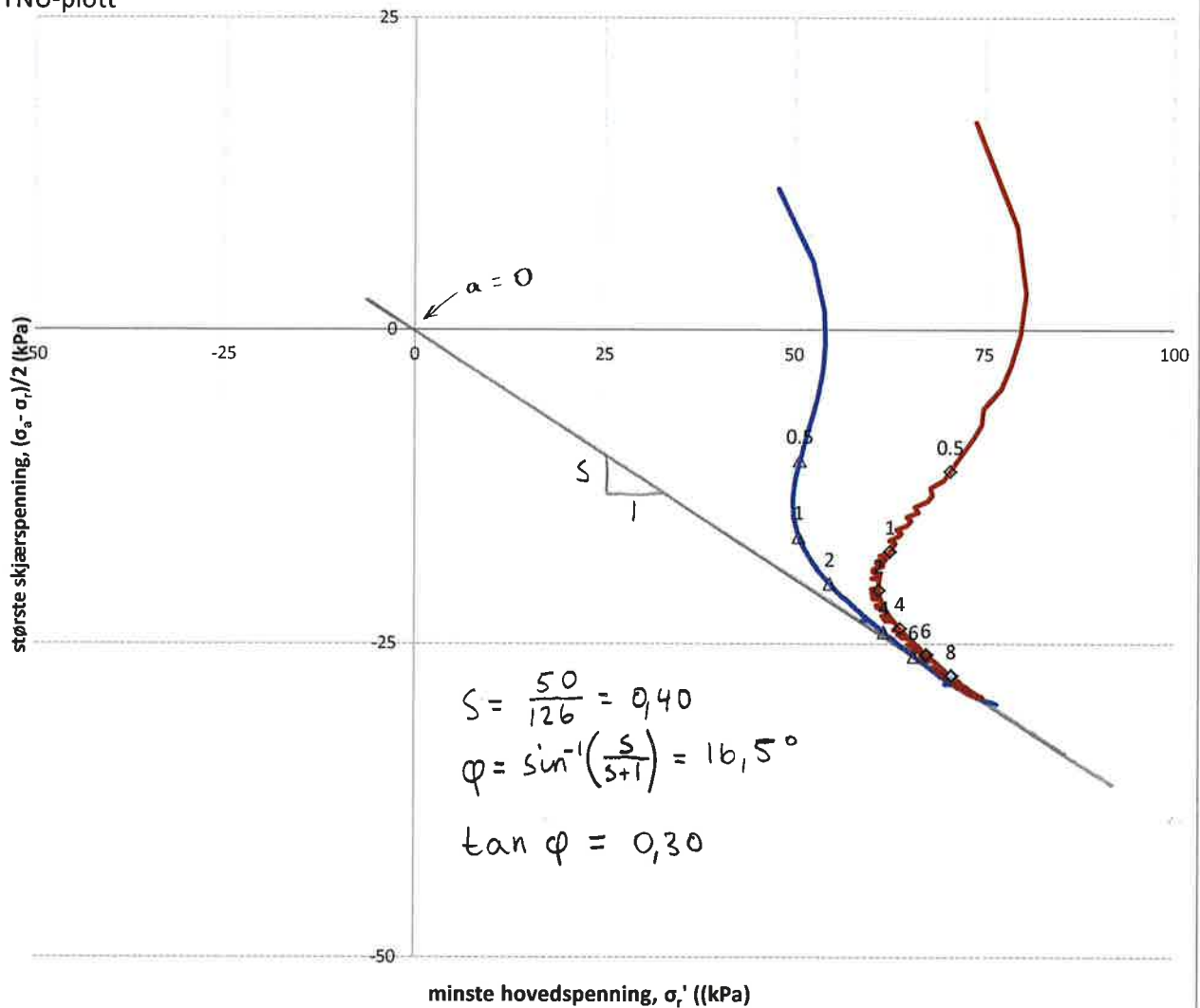


PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	w(vekt%)	dV (%)	de/e <sub>0</sub>	Konsolideringsspenninger			KOMMENTAR
									p <sub>0</sub> ' (kPa)	p <sub>a</sub> ' (kPa)	p <sub>r</sub> ' (kPa)	
1	Δ	11	54	14,50m	CAUc	28.3	1.3	0.029	282	225	135	Leire m/ siltlag
2	◇	11	54	14,70m	CAUc	28.2	1.8	0.040	282	308	184	Leire m/ siltlag



Undset, Snåsa	Oppdrag	1350019680
	Tegn./kontr.	Bilag 4
	AKM/LETL	
TREAKSIALFORSØK	Dato	02.05.2017
	Tegn. Nr.	-

NTNU-plott



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	w(vekt%)	dV (%)	de/e <sub>0</sub>	Konsolideringsspenninger			KOMMENTAR
									p <sub>0</sub> ' (kPa)	p <sub>a</sub> ' (kPa)	p <sub>v</sub> ' (kPa)	
1	▲	18	60	5,25m	CAUc	29.0	1.9	0.043	72	70	48	Kvikkl., sandlag, meget lagd.
2	◆	18	60	5,35m	CAUc	28.1	3.0	0.067	72	106	74	Kvikkl., sandlag, meget lagd.



NVE

Kvikkleiresone 1836 Undset, Snåsa kommune

TREAKSIALFORSØK

Tegn./kontr.  
ESK/LETL

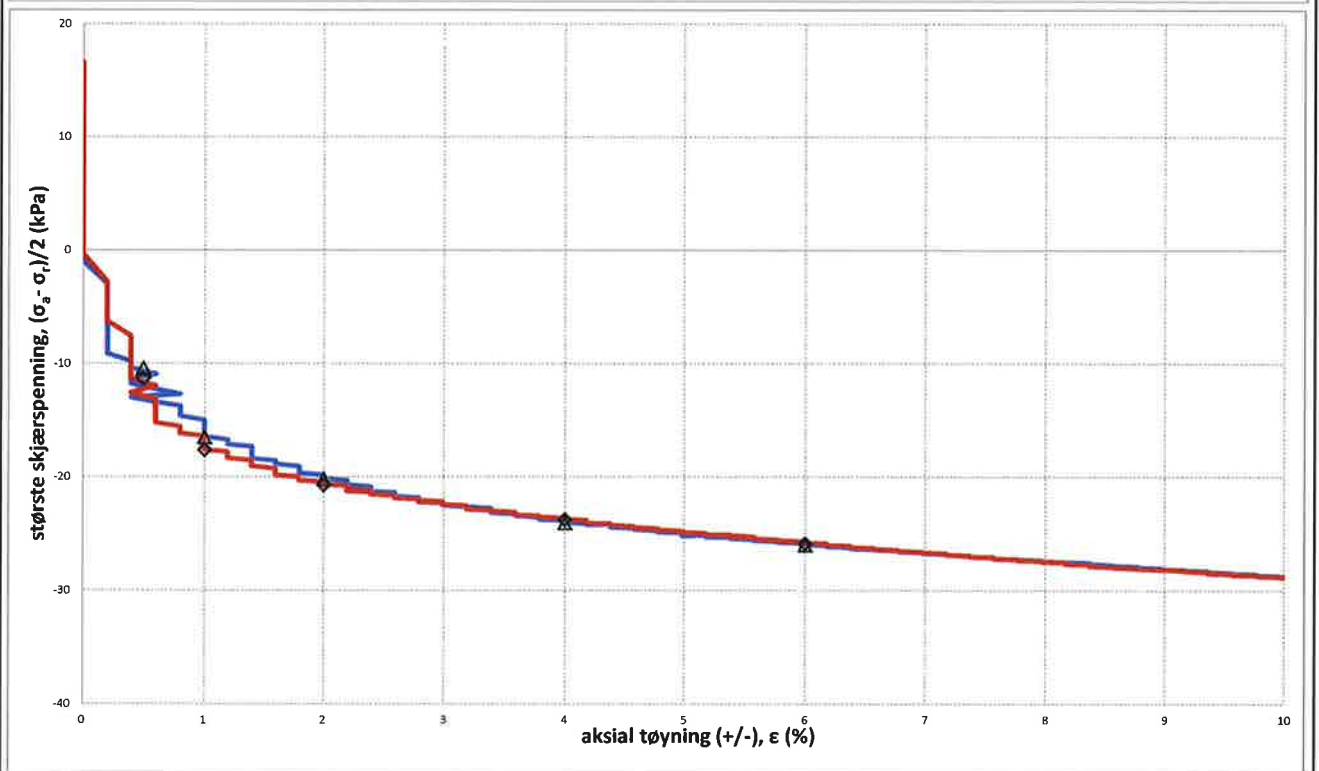
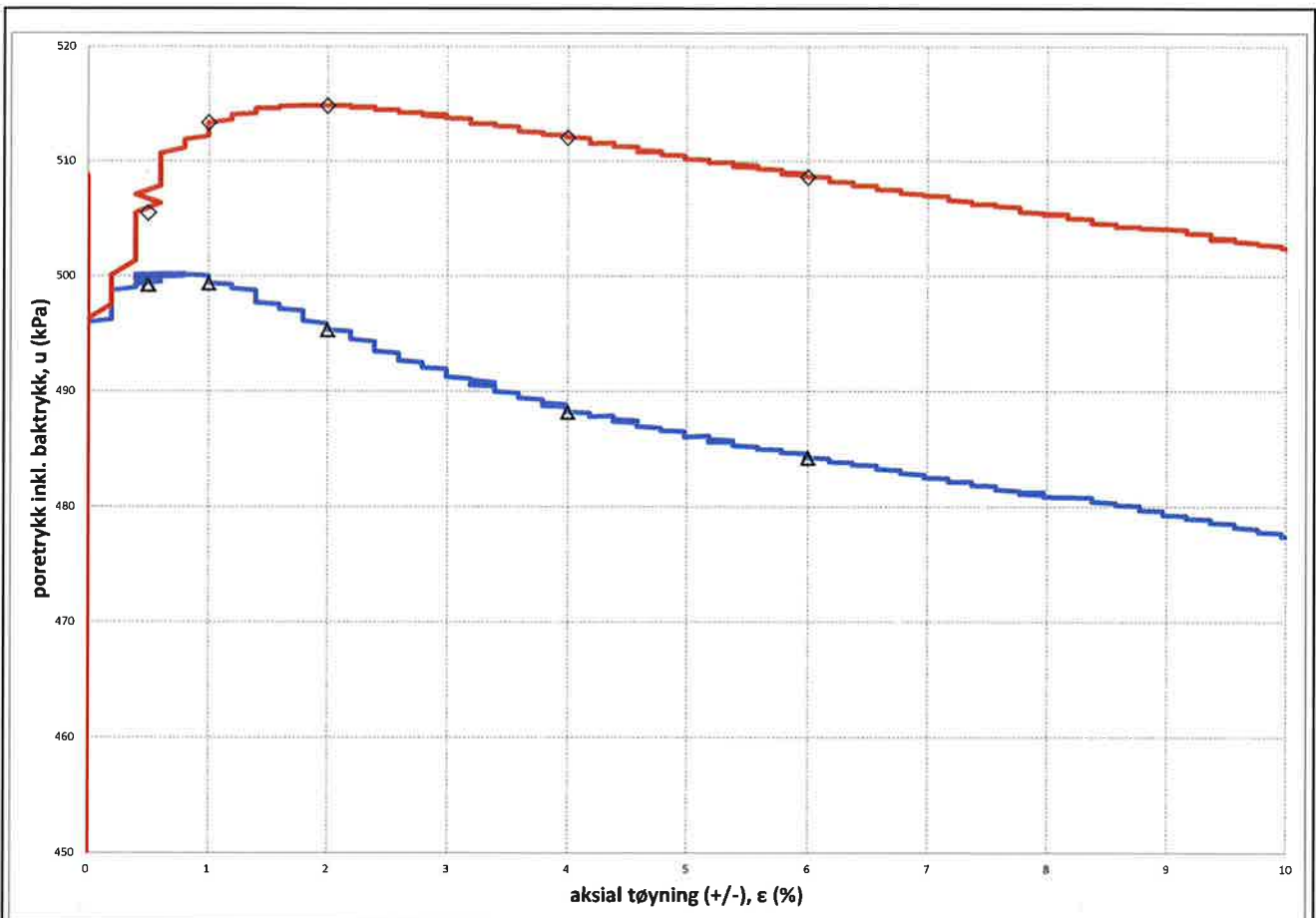
Dato  
02.05.2017

Oppdrag  
1350019680

Bilag  
4

Tegn. Nr.  
-





PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	w(vekt%)	dV (%)	de/e₀	Konsolideringsspenninger			KOMMENTAR
									p₀' (kPa)	pₐ' (kPa)	pᵣ' (kPa)	
1	Δ	18	60	5,25m	CAUc	29.0	1.9	0.043	72	70	48	Kvikkl., sandlag, meget lagd.
2	◊	18	60	5,35m	CAUc	28.1	3.0	0.067	72	106	74	Kvikkl., sandlag, meget lagd.



Kvikkleiresone 1836 Undset, Snåsa kommune

NVE

TREKSIALFORSØK

Oppdrag  
1350019680

Tegn./kontr.  
ESK/LETL

Dato  
02.05.2017

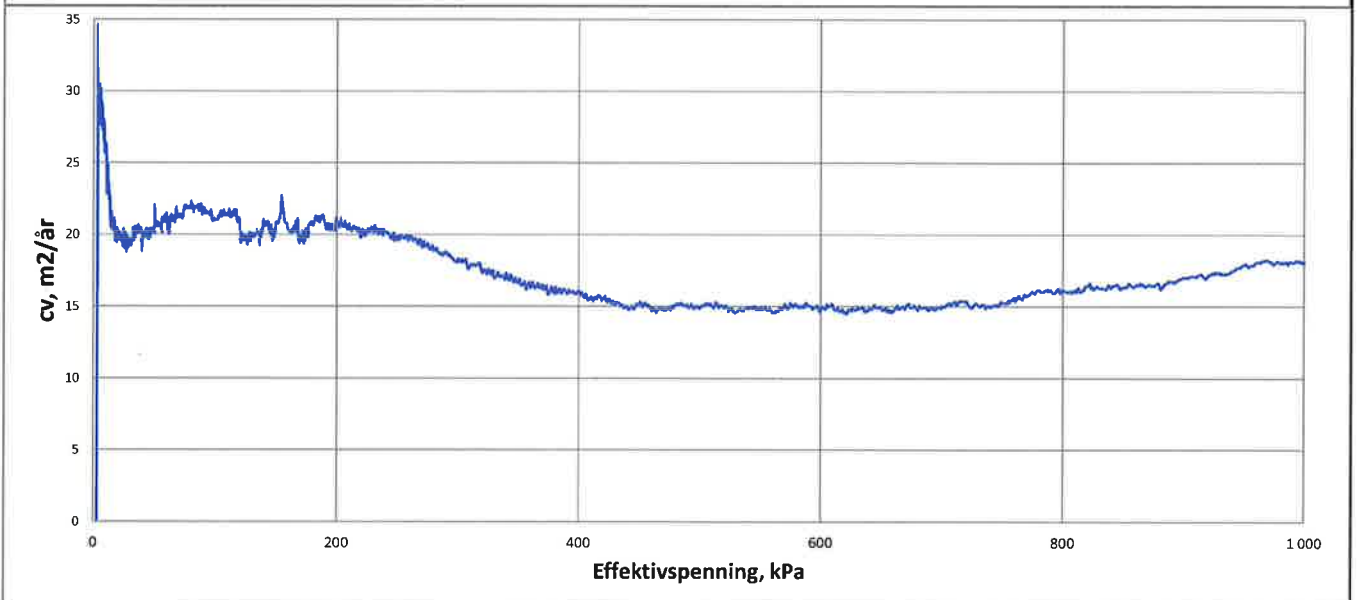
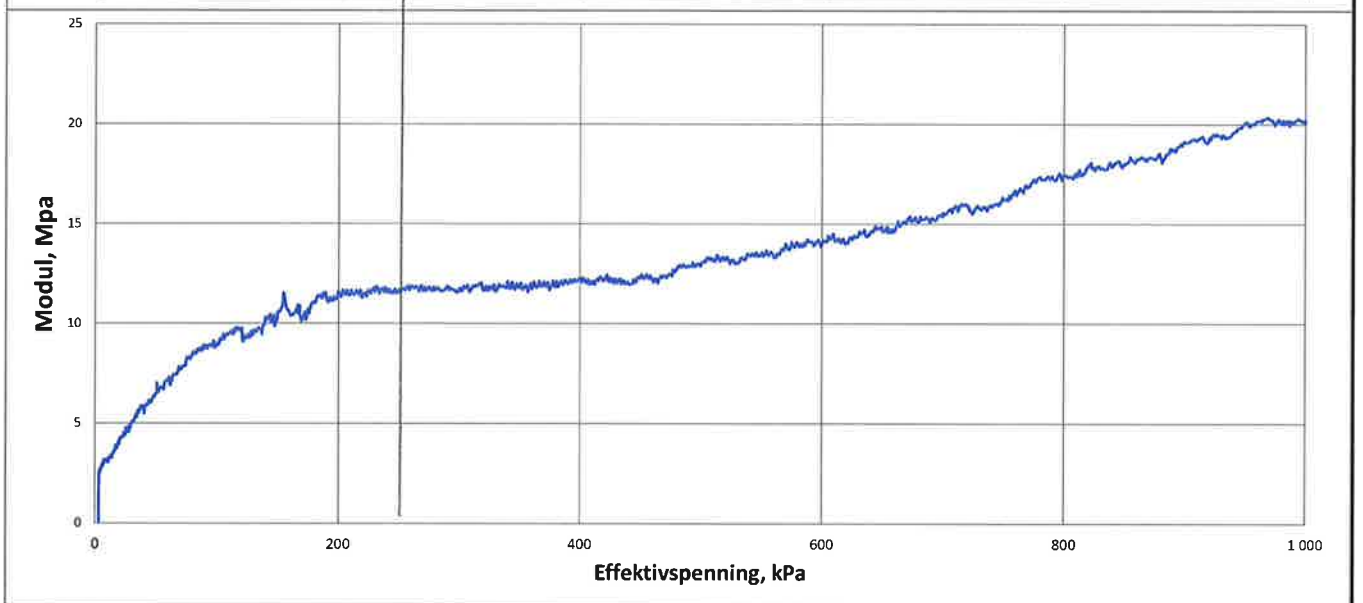
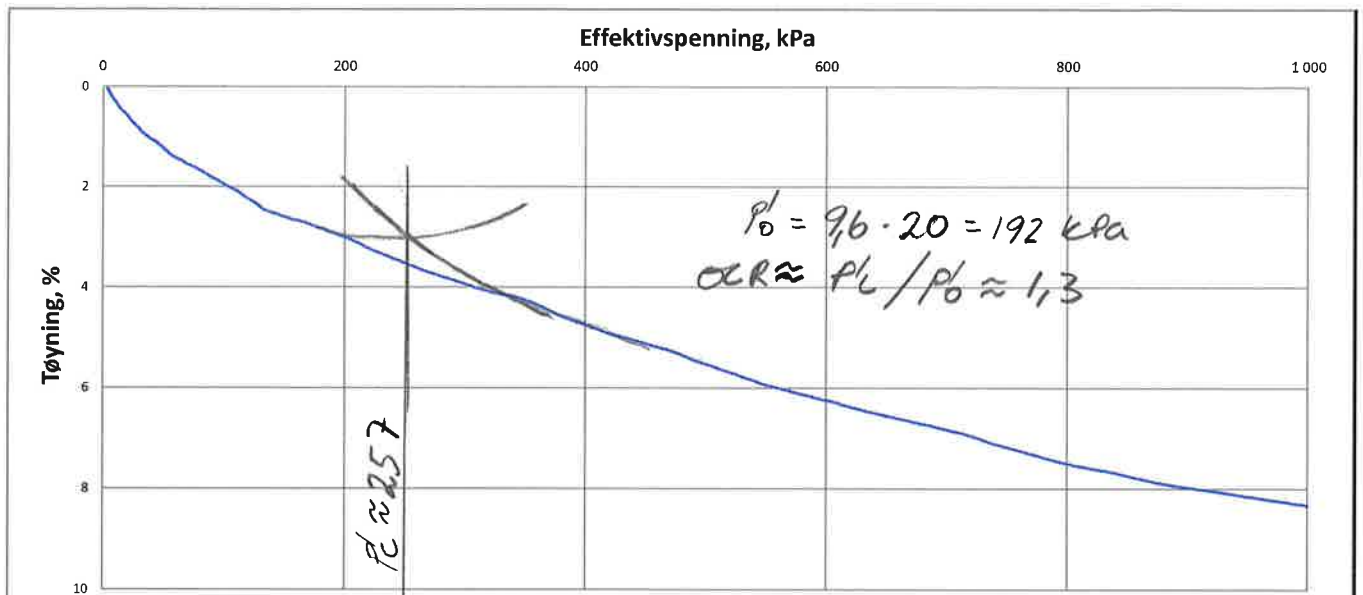
Bilag  
4

Tegn. Nr.  
-

1350019680 Kvikkleiresone 1836 Undset  
Rapport nr. 1 – Geoteknisk vurderingsrapport

# VEDLEGG 5

Tolking av ødometerforsøk



pkt 4 lab 45 dybde 9,60m Leire med tynne siltlag



Kvikkleiresone 1836 Undset, Snåsa kommune

NVE

ØDOMETERFORSØK

Oppdrag  
1350019680

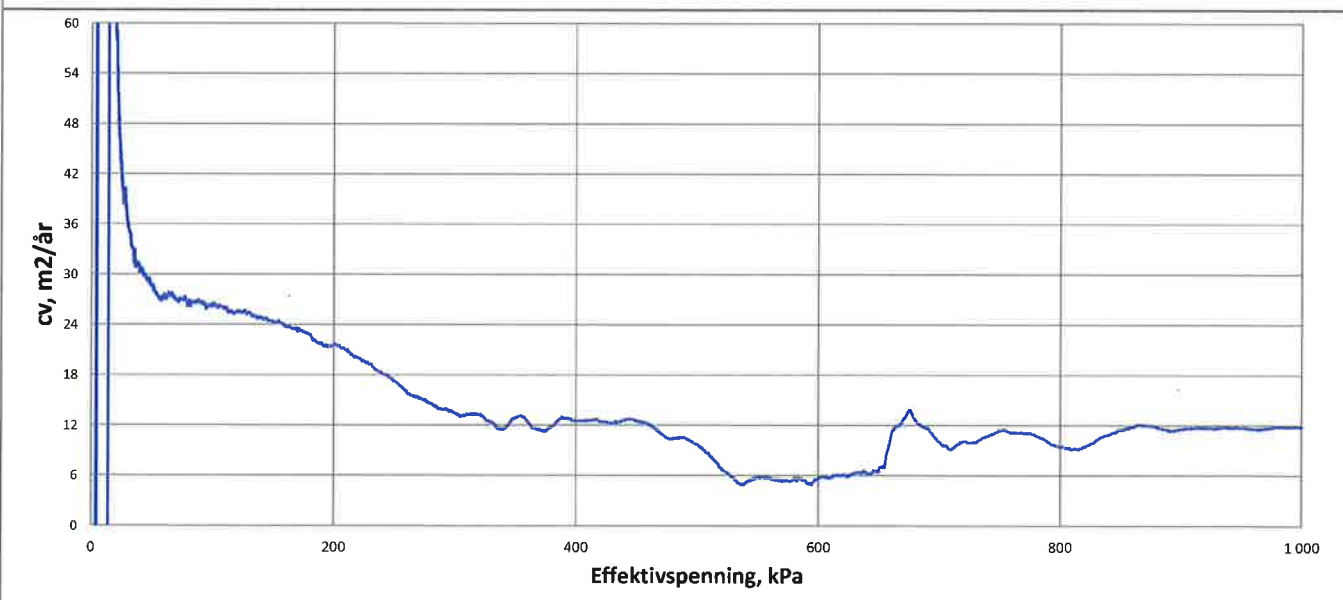
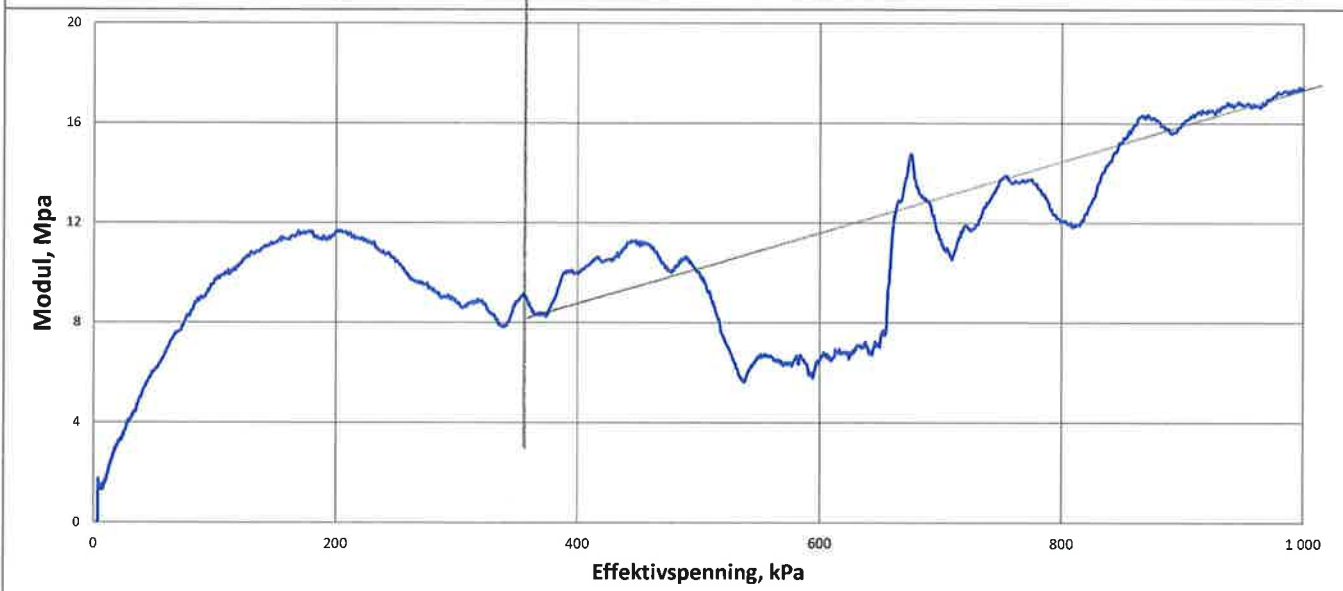
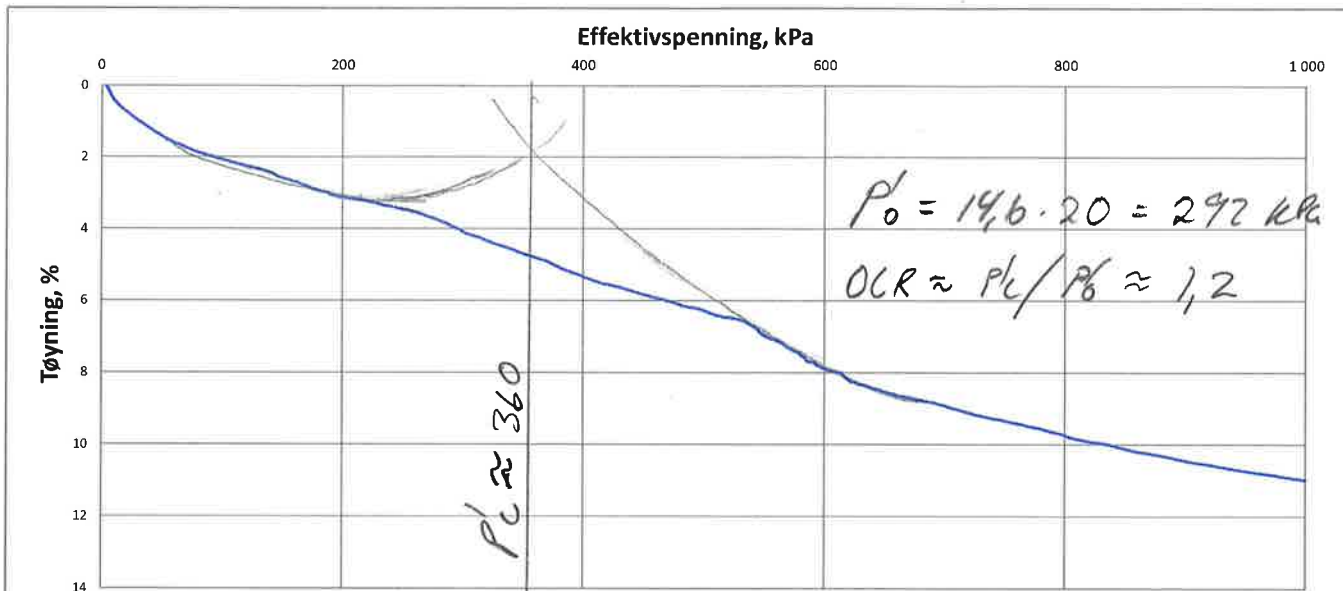
Tegn./kontr.  
AKM/LETL

Dato  
02.05.2017

Bilag  
5

Tegn. Nr.  
-





pkt 4 lab 47 dybde 14,60m Leire med siltlag



Kvikkleiresone 1836 Undset, Snåsa kommune

NVE

ØDOMETERFORSØK

Oppdrag  
1350019680

Tegn./kontr.  
AKM/LETL

Dato  
02.05.2017

Bilag  
5


Tegn. Nr.  
-

1350019680 Kvikkleiresone 1836 Undset  
Rapport nr. 1 – Geoteknisk vurderingsrapport

# VEDLEGG 6


Kvalitetsskjema CPTU

# DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4353	Oppløsning:	18-bit
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0.841	Arealforhold, b:	0
Kalibreringsdato:	22.09.2015	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning [MPa]	50	0.5	2
Måleområde [MPa]:	50	0.5	2
Oppløsning 12-bit [kPa]:	-	-	-
Oppløsning 18-bit [kPa]:	0.5775	0.0102	0.0219
Max. temp. effekt, ubelastet [kPa]:	56.595	1.0098	0.5913
Temperaturområde [°C]:	0-40	0-40	0-40
Merknad:			
UTFØRELSE			
Borpunkt nr.:	4	Dato:	16.11.2016
Borleder:	Krokstad, Jon Løvås	Assistent:	Ingen
Filtertype:	Ferdigmettet porøfilter	Mettningsmedium:	Frostvæske
Forankring:	Ja	Sondetemperatur start [°C]:	6.4
Forboring [m]:	6	Sondetemperatur slutt [°C]:	7
Sum boring [m]:	27.81	Kontroll skriver [m]:	27.81
Avstand mellom målinger [mm]:	20	Max. helning [°]:	4.34
Er det kontrollert at riktige/siste kalibreringsdata for sonden er lagt inn i programvaren?	Ja		
Merknad nullpunktskontroll:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt [kPa]:	0.8489	0.0151	0.0089
NULLPUNKTKONTROLL			
FAKTOR	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering:			
Etter sondering:			
Avvik [MPa/kPa/kPa]:	0.0005	0.1	-0.3
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
MÅLESTØRRELSE	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Samlet nøyaktighet, $\Delta_{TOT}$ [kPa]:	1.9264	0.1253	0.3308
Tillatt nøyaktighet A1, $\Delta_k$ [kPa]:	35	5	10
Tillatt nøyaktighet A2, $\Delta_k$ [kPa]:	100	15	25
Tillatt nøyaktighet A3, $\Delta_k$ [kPa]:	200	25	50
ANVENDELSESKLASSE:	1	1	1
Vurdering profil:			
Oppdragsgiver: <b>NVE</b> Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet	Oppdrag: <b>Kvikkleiresone 1836 Undset, Snåsa kommune</b>		
Borpunkt nr.:	<b>4</b>	Sonde:	<b>4353</b>
	Dato: <b>17.03.2017</b>	Tegnet: <b>Krokstad, Jon Løvås</b>	Kontrollert: <b>LETL</b>
	Oppdragsnr.: <b>1350018749</b>	Bilag nr.: <b>6</b>	



# DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4353	Opplysning:	18-bit
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0.841	Arealforhold, b:	0
Kalibreringsdato:	22.09.2015	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning [MPa]	50	0.5	2
Måleområde [MPa]:	50	0.5	2
Opplysning 12-bit [kPa]:	-	-	-
Opplysning 18-bit [kPa]:	0.5775	0.0102	0.0219
Max. temp. effekt, ubelastet [kPa]:	56.595	1.0098	0.5913
Temperaturområde [°C]:	0-40	0-40	0-40
Merknad:			
UTFØRELSE			
Borpunkt nr.:	8	Dato:	02.01.2017
Borleder:	Krogstad, John Løvås	Assistent:	Innleid
Filtertype:	Spaltefilter	Mettningsmedium:	Frostvæske
Forankring:	Ja	Sondetemperatur start [°C]:	10.2
Forboring [m]:	16	Sondetemperatur slutt [°C]:	6.8
Sum boring [m]:	43.62	Kontroll skriver [m]:	43.62
Avstand mellom målinger [mm]:	20	Max. helning [°]:	23.1
Er det kontrollert at riktige/siste kalibreringsdata for sonden er lagt inn i programvaren?	Ja		
Merknad nullpunktskontroll:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt [kPa]:	4.8106	0.0858	0.0503
NULLPUNKTKONTROLL			
FAKTOR	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering:			
Etter sondering:			
Avvik [MPa/kPa/kPa]:	0.0012	-0.1	0.5
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
MÅLESTØRRELSE	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Samlet nøyaktighet, $\Delta_{TOT}$ [kPa]:	6.5881	0.1960	0.5722
Tillatt nøyaktighet A1, $\Delta_k$ [kPa]:	35	5	10
Tillatt nøyaktighet A2, $\Delta_k$ [kPa]:	100	15	25
Tillatt nøyaktighet A3, $\Delta_k$ [kPa]:	200	25	50
ANVENDELSESKLASSE:	1	1	1
Vurdering profil:			
Oppdragsgiver: <b>NVE</b> Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet	Oppdrag: <b>Kvikkleiresone 1836 Undset, Snåsa kommune</b>		
Borpunkt nr.:	<b>8</b>	Sonde:	<b>4353</b>
	Dato: <b>17.03.2017</b>	Tegnet: <b>Krogstad, John Løvås</b>	Kontrollert: <b>LETL</b>
	Oppdragsnr.: <b>1350018749</b>	Bilag nr.: <b>6</b>	