Parameterrapport for geoteknisk utredning av kvikkleiresoner i Hvittingfoss og omegn

Program for økt sikkerhet mot leirskred, Kongsberg kommune

Hovedrapport: Rambøll. Uavhengig kvalitetssikring: NGI

67
2016

RAPPORT

RAMBØLL

NGI

KONGSBERG
KOMMUNE

Rapport nr 67-2016

Parameterrapport for geoteknisk utredning av kvikkleiresoner i Hvittingfoss og omegn

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Ellen Davis Haugen, NVE

Forfattere: Rambøll: Morten Tveit, Rolf Aasland. NGI: Håkon Heyerdahl

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag:

Forsidefoto: NVE Atlas

ISBN 978-82-410-1520-5

ISSN 1501-2832

Sammendrag: Denne NVE-publikasjonen omhandler parametre for stabilitetsberegninger i forbindelse med NVEs utredning av faresoner for kvikkleireskred i Hvittingfoss og omegn 2012-2016. Parameterrapporten er skrevet av Rambøll og kvalitetssikret av NGI.

Emneord: Kvikkleire, sprøbruddmaterialer, geotekniske styrkeparametre, områdestabilitet

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

2016

Innhold

Forord **5**
Vedlegg **6**

Forord

På oppdrag for NVE har Rambøll utført geoteknisk utredning av faresoner for kvikkleireskred i Hvittingfoss og omegn. Det er gjort grunnundersøkelser av Geostrøm AS. Disse har dannet grunnlag for en parameterrapport utarbeidet av Rambøll. Denne og de videre utredningsrapportene har gjennomgått uavhengig kvalitetssikring av NGI. Utredningen har dekket følgende soner:

Eksisterende soner	**Nye soner**
1320 Myrahaugen	1879 Vesetrud
1322 Hvittingfoss	1880 Søndre Vesetrud
1635 Haugen	1881 Evju
1324 Eknes	1882 Evjutunet
1308 Mørk	1897 Myrahaugen nord
	1898 Tuft
	1899 Myrahaugen sørøst

For alle sonene er det vurdert utstrekning av kvikkleire/sprøbruddmateriale samt behov for oppdeling av sonen. For noen av sonene er det gjort en fullstendig geoteknisk utredning i henhold til NVEs veileder 7/2014: *Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddmateriale*. Dette gjelder: 1320 Myrahaugen, 1635 Haugen, 1324 Eknes, 1881 Evju og 1882 Evjutunet. For disse sonene er det foreslått sikringstiltak i snitt hvor det er beregnet lav stabilitet.

Arbeidet er blitt utført i perioden 2012-2016. Resultatene er publisert som NVE-rapporter i 2016.

Ellen Davis Haugen har vært ansvarlig for oppdraget fra NVE region sør. Prosjektleder i Rambøll er Morten Tveit og i NGI Håkon Heyerdahl.

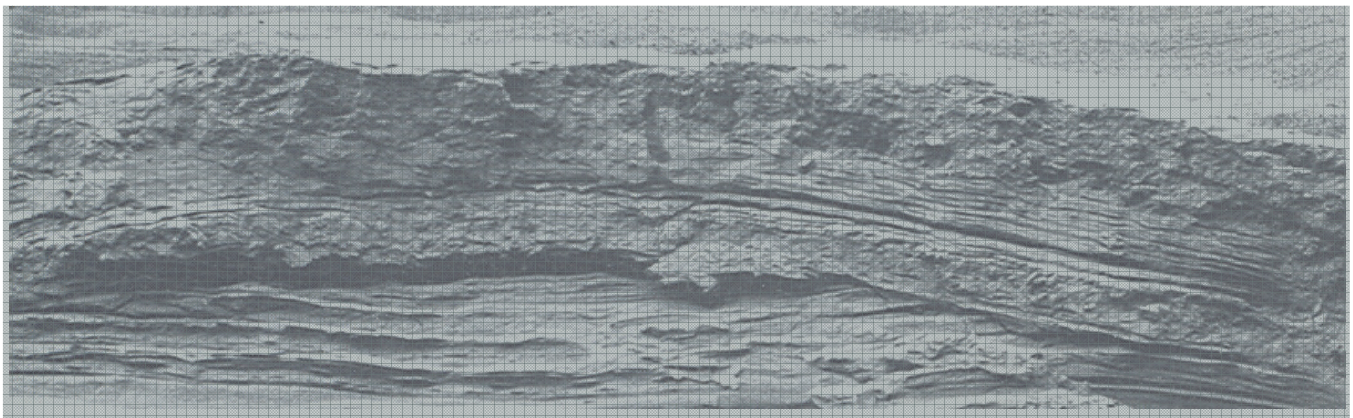
Vedlegg

Vedlegg 1. Rambøllrapport 6120285-01 Hvittingfoss. Kvikkleireutredning. Parameterrapport, rev. 1, 3.5.2013

Vedlegg 2. NGI teknisk notat 20120427-01-TN Gjennomgang av parameterrapport fra Rambøll AS, 5.4.2013

Vedlegg 1:

Rambøllrapport 6120285-01 Hvittingfoss. Kvikkleireutredning. Parameterrapport, 3.5.2013



Geoteknisk rapport – Parameterrapport

NVE Region Sør

Hvittingfoss - Kvikkleireutredning
Oppdrag nr: 6120285
Rapport nr. 01

Dato: 03.05.2013

RAMBØLL

DIVISJON GEO & MILJØ, TRONDHEIM/OSLO

Fylke	Kommune	Sted	UTM
Buskerud	Kongsberg	Hvittingfoss	05573 65946 (Euref 89, sone 32)

Byggherre	
Oppdragsgiver	NVE, Region Sør
Oppdrag formidlet av	NVE, Region Sør
Oppdragsreferanse	NVE, Region Sør v/Ellen Davis Haugen og Jan Eirik Hønsi

Antall sider	Tegn.nr	Bilag.nr.	Antall tillegg
15	201 - 216	1-16	-

Prosjekt-tittel

Hvittingfoss
Utredning av kvikkleiresoner i Hvittingfoss

Rapport-tittel

Parameterrapport

Oppdrag nr:	Rapport nr:	Rev:	Dato:	Kontr:
6120285Y	01	01	03.05.2013	OBD

Oppdragsleder: Rolf Aasland

Utarbeidet av: Morten Tveit/Rolf Aasland Rolf Aasland

SAMMENDRAG

NVE ønsker å utføre utrede kvikkleiresoner i Kongsberg kommune: Området rundt Hvittingfoss sentrum inkludert kvikkleiresonene 1320 Myrahaugen, 1322 Hvittingfoss og 1635 Haugen, samt kvikkleiresonene 1308 Mørk og 1324 Eknes.

Utredningen fokuserer kun på bebygde områder. Det er derfor ikke lagt opp til full utredning av samtlige soner. Det ønskes full utredning av 1635 Haugen og 1320 Hvittingfoss. For 1322 Hvittingfoss og 1324 Eknes ønsker man å se på deler av sonene med bebyggelse. I sone 1308 Mørk ønsker man kun en vurdering av sonen.

GeoStrøm utførte grunnundersøkelser for prosjektet i uke 33 - 45/2012, samt supplerende boringer 12/2013. Det er i tillegg blitt hentet inn data fra tidligere grunnundersøkelser i området.

Parameterrapporten inneholder valgte materialparametere, lagdeling og poretrykksfordeling for 11 beregningsprofiler.

INNHOLD

1 INNLEDNING ..... - 4 -

1.1 PROSJEKT ..... - 4 -
1.2 OPPDRAG ..... - 4 -
1.3 INNHOLD ..... - 4 -

2 BEREGNINGSFORUTSETNINGER ..... - 5 -

2.1 GENERELT ..... - 5 -
2.2 TERRENG OG GRUNNFORHOLD ..... - 5 -
2.3 VALG AV PROFIL ..... - 7 -
2.3.1 Profil 2-A ..... - 7 -
2.3.2 Profil 3-A ..... - 7 -
2.3.3 Profil 3-B, 3-C, 3-E ..... - 7 -
2.3.4 Profil 3-D ..... - 7 -
2.3.5 Profil 4-A, 4-B, 4-D og 4-E ..... - 7 -
2.3.6 Profil 4-C ..... - 7 -
2.4 PORETRYKK ..... - 8 -

3 MATERIALPARAMETRE ..... - 10 -

3.1 TYNGDETETTHET ..... - 10 -
3.2 OVERKONSOLIDERING ..... - 10 -
3.3 UDRENERT SKJÆRSTYRKE ..... - 10 -
3.3.1 SHANSEP ..... - 11 -
3.3.2 Tolket skjærstyrke fra prøveserier ..... - 11 -
3.4 ANISOTROPI OG TØYNINGSKOMPATIBILITET ..... - 11 -
3.5 EFFEKTIV SKJÆRSTYRKE ..... - 12 -
3.6 KVALITET AV UNDERSØKELSER ..... - 13 -

4 KRAV TIL MATERIALKOEFFISIENT ..... - 13 -

5 VIDERE ARBEID ..... - 14 -

5.1 BEHOV FOR SUPPLERENDE UNDERSØKELSER ..... - 14 -
5.2 STABILITETSBEREGNING OG ROS-ANALYSE ..... - 14 -

6 REFERANSER ..... - 15 -

TEGNINGER

Tegn. nr.	Tittel	Målestokk
201	Oversiktskart	1:100 000
202	Situasjonsplan – Mørk kvikkleiresone	1:4 000
203	Situasjonsplan m/profiler - Eknes kvikkleiresone	1:4 000
204	Situasjonsplan m/profiler – Myrhaugen kvikkleiresone + områdene rundt	1:4 000
205	Situasjonsplan m/profiler – Haugen og Hvittingfoss kvikkleiresone	1:4 000
206	Profil 2A – Lagdeling	1:400
207	Profil 3A – Lagdeling	1:400
208	Profil 3B – Lagdeling	1:400
209	Profil 3C – Lagdeling	1:400
210	Profil 3D – Lagdeling	1:400
211	Profil 3E – Lagdeling	1:400
212	Profil 4A – Lagdeling	1:400
213	Profil 4B – Lagdeling	1:400
214	Profil 4C – Lagdeling	1:400
215	Profil 4D – Lagdeling	1:400
216	Profil 4E – Lagdeling	1:400

BILAG

1	Tolkning av CPTU, pkt. 2-1
2	Tolkning av CPTU, pkt. 3-1
3	Tolkning av CPTU, pkt. 3-5
4	Tolkning av CPTU, pkt. 3-12
5	Tolkning av CPTU, pkt. NGI 1-4
6	Tolkning av CPTU, pkt. NGI 1-5
7	Tolkning av CPTU, pkt. NGI 1-6
8	Tolkning av ødometerforsøk benyttet for tolkning av prekonsolideringsspenning (14 sider)
9	Aktive treaksialforsøk benyttet for tolkning av udrenert styrkeparametere (12 sider)
10	Passive treaksialforsøk benyttet for tolkning av udrenert styrkeparametere (4 sider)
11	DSS-forsøk benyttet for tolkning av udrenert styrkeparametere (2 sider)
12	Treaksialforsøk benyttet for tolkning av effektive styrkeparametere (2 sider)
13	Tolkning av borprofil (3 sider)
14	Poretrykksmålinger
15	Dybdedata Nummedalslågen ved Hvittingfoss sentrum
16	Borprofil fra Geostrøm, supplerende boringer i 2013

1 INNLEDNING

1.1 Prosjekt

NVE ønsker å utrede kvikkleiresoner i Kongsberg kommune: Området rundt Hvittingfoss sentrum inkludert kvikkleiresonene 1320 Myrahaugen, 1322 Hvittingfoss og 1635 Haugen, samt kvikkleiresonene 1308 Mørk og 1324 Eknes.

NVE ønsker at utredningen fokuserer på bebygde områder. Det er derfor ikke lagt opp til full utredning av samtlige soner. Det ønskes full utredning av 1635 Haugen og 1320 Hvittingfoss. For 1322 Hvittingfoss og 1324 Eknes ønsker man å se på deler av sonene med bebyggelse. I sone 1308 Mørk ønskes kun en vurdering av sonen.

GeoStrøm utførte grunnundersøkelser for prosjektet i uke 33 - 45/2012, samt supplerende boringer 12/2013. Det er i tillegg blitt hentet inn data fra tidligere grunnundersøkelser i området. Omfanget av de grunnundersøkelsene ble satt opp av Rambøll, og skulle sørge for tilstrekkelig grunnlag til å vurdere områdestabiliteten.

1.2 Oppdrag

Rambøll Norge AS, avd. Geo og Miljø har fått i oppdrag å utarbeide borplan for supplerende grunnundersøkelser og utrede kvikkleiresonene.

Områdestabilitet skal utredes i henhold til NVEs retningslinjer 2/2011: Flaum- og skredfare i arealplaner – *Veileder for vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire og andre sensitive/kvikke jordarter med sprøbruddegenskaper.*[1]

1.3 Innhold

Rapporten inneholder materialparametere, lagdeling og poretrykksfordeling i grunnen for vurderinger av områdestabiliteten for følgende kvikkleiresoner.

Tabell 1.1: Kvikkleiresoner som er vurdert i rapporten.

Kvikkleiresone	Faregrad	Skadekonsekvens	Risikoklasse
1308 Mørk	Høy	Mindre alvorlig	2
1324 Eknes	Høy	Alvorlig	3
1320 Myrhaugen	Middels	Meget alvorlig	4
1635 Haugen	Lav	Alvorlig	3
1322 Hvittingfoss	Middels	Alvorlig	3

1.4 Revisjon

Rapport datert 06.03.2013 er oppdatert etter innspill fra 3.partskontrollør (NGI) i teknisk notat «Gjennomgang av parameterrapport fra Rambøll AS», datert 5. april 2013. Rambøll og NGI hadde et møte 19.04.2013 vedrørende valg av parameter i prosjektet.

Det er inkludert borprofil fra supplerende undersøkelser i 2013 i denne parameterrapporten.

2 BEREGNINGSFORUTSETNINGER

2.1 Generelt

Stabilitetsberegningene vil bli utført både ved:

- Totalspenningsanalyse – ADP (udrenert korttidstilstand)
- Effektivspenningsanalyse (drenert langtidssituasjon).

Totalspenningsanalysen vurderes som kritisk ved de opptredende grunnforhold med leire, stedvis kvikk eller sensitiv, for å ta hensyn til en potensiell situasjon med udrenerte spenningsendringer i grunnen.

Effektivspenningsanalysen vurderes som representativ for langtidssituasjonen for skråningene slik de ligger i dag.

Stabilitetsanalysene utføres med beregningsprogrammet GeoSuite Stabilitet, som er en del av GeoSuite-pakken. GeoSuite Stabilitet baserer seg på en likevektsbetraktning av potensielle bruddflater. Beregninger utføres for sirkulære og sammensatte glideflater.

Stabilitetsberegningene utføres for en plan tilstand i profilene.

Det er planlagt å utføre beregninger for totalt 11 profiler.

- 1308 Mørk: 0 profiler
- 1324 Eknes: 1 profil, 2A
- Hvittingfoss Nord (1635 Myrhaugen + områder rundt): 5 profiler, 3A – 3E
- Hvittingfoss Sør (1320 Haugen + 1322 Hvittingfoss): 5 profiler, 4A – 4E.

Beliggenheten av profilene er vist på situasjonsplanen, tegning 202-204

Antatt lagdeling er vist på tegning 206 – 215.

Laggrensene er tegnet med bakgrunn i grunnundersøkelser utført i perioden 1974-2012 av Bjørn Strøm, NGI, Løvlien Georåd, GeoStrøm og Statens Vegvesen.[3-15]

For rapportene fra Statens Vegvesen er det for flere rapporter kun tegnet cirka trasé for planlagt veilinje, hver enkeltboring er ikke plottet i situasjonsplanene. Det er for 2 profiler inkludert boringer fra disse veilinjene; profil 3E og 4E.

For data som er hentet fra andre rapporter enn utført for denne utredningen [8-10] er det angitt i beregningsprofilene hvilken rapport boring er hentet fra.

2.2 Terreng og grunnforhold

Kart og profiler er tegnet på bakgrunn av SOSI-fil mottatt av NVE/Kongsberg kommune i 2012.

<u>1308 Mørk kvikkleiresone</u>

Terrenget er dominert av skråning og raviner ned mot Lågen. Høydeforskjellen er 60 – 70 meter. Dagens ravineskråninger står tilnærmet på rasvinkel. Det ble observert en liten utglidning under befaring av området den 17.04.2012.

Tidligere sondering som er utført midt i sonen av NGI antyder en mektighet av kvikk/sensitiv leire på ca. 12 meter.

Sør-sørvest for sonen er det påvist fjell i dagen og 1 meter under terreng. Antageligvis ligger deler av vegen på utsprengt fjell. Fjell er ellers påvist fra 20 – 25 meter under terreng.

Det er ingen bebyggelse i sonen.

Forøvrig henvises det til datarapport 784-1/1[8], for mer detaljert beskrivelse av grunnforholdene.

<u>1324 Eknes kvikkleiresone</u>

Kvikkleiresonen ligger på en høyde ved Lågen. Høydeforskjellen ned til vannoverflaten er ca. 25 – 30 meter.

Det er kartlagt og påvist mektige lag av kvikk/sensitiv leire ved bolighusene (30 – 35 meter), på toppen av skråningen. Nordøst mot og på nordsiden av Lågen er det ikke indikasjoner på kvikk/sensitiv leire.

Det er stor dybde til fjell (fjelldybde over 40 m). Ingen av sonderingene er avsluttet i fjell.

Forøvrig henvises det til datarapport 784-1/1[8], for mer detaljert beskrivelse av grunnforholdene.

Hvittingfoss Nord

Terrenget er relativt flatt med bratte skråninger ned mot bekkeløp og Lågen. Skråningshøydene er ca. 10 – 20 meter.

Sonderinger og prøvetaking indikerer løsmasser bestående av silt og leire, stedvis er det påvist kvikkleire og sprøbruddsmateriale. Ødometerforsøk viser høy grad av overkonsolidering.

Sør i området ned mot Lågen er det påvist ca. 4 meter silt over 6 meter leire over 15 meter kvikk/sensitiv leire. Sonderingen er ikke avsluttet i fjell. (Profil 3-A)

Forøvrig henvises det til datarapport 784-2/1[9], for mer detaljert beskrivelse av grunnforholdene.

1320 Myrhaugen kvikkleiresone

Området består hovedsakelig av et platå med bratte skråninger mot sørvest, sør, sørøst og nord. Skråningene er brattest i sørvest. Området ligger generelt på kote + 90. Høydeforskjellen ned til bekken i vest er ca. 30 meter. Høydeforskjellen ned ved bebyggelsen i sørøst er ca. 20 meter.

Løsmassene i sonen består av 12 meter sand i vest, som utkiles østover til 3 meter. I nord ved borpunkt 3-9 er det også påvist ca. 10 meter sand i øvre lag. Under sanden er det ca. 15-20 meter leire. Stedvis er det et mer siltig lag over fjell.

I sørøst er det ca. 3 meter finsand over 8 meter leire over 10 meter leire som kan betraktes som sprøbruddsmateriale over sand/silt. (Profil 3-C).

I nord er det ca. 10 meter sand over 7 meter leire over 14 meter mulig kvikkleire. (Profil 3-E)

I sørvest er det 12 meter sand over 16 meter leire som klassifiseres som sprøbruddsmateriale og kvikkleire. Over fjell er det ca. 8 meter med antatt sand/silt. (Profil 3-B).

Forøvrig henvises det til datarapport 784-2/1[9], for mer detaljert beskrivelse av grunnforholdene.

1635 Haugen kvikkleiresone

Området består hovedsakelig av et platå som ligger på kote +80 til +88, med skråninger ned på alle kanter ned til kote ca. +65 til +70.

Løsmassene i området består hovedsakelig av 5 – 10 meter finsand over 15 – 20 meter leire. Mektigheten på den sensitive/kvikke leira er ca. 10 – 15 meter. I nord er sonderingene avsluttet før det er påtruffet faste lag, mens i sør er det påvist fjell i bunnen av bekken fra 0 – 7 meter under terreng.

Forøvrig henvises det til datarapport 784-3/1[10], for mer detaljert beskrivelse av grunnforholdene.

1322 Hvittingfoss kvikkleiresone

Området består hovedsakelig av et platå med raviner og skråning ned mot bekken i nord og vest. Høydeforskjellen fra platået og ned til bekken er ca. 20 meter.

Sonderingene er i hovedsak konsentrert rundt bebyggelsen i vest.

Løsmassene i området består av ca. 4 meter sand over et mektig sensitivt leirlag. Mektigheten på dette leirlaget er ikke kjent, men sonderingene er avsluttet ca. 20 - 22 meter under terreng.

Forøvrig henvises det til datarapport 784-3/1[10], for mer detaljert beskrivelse av grunnforholdene.

2.3 Valg av profil

2.3.1 Profil 2-A

Profil 2-A er vurdert som det mest kritiske snittet i sonen. Skråningen representerer den største høydeforskjellen i sonen, samt at det er den bratteste skråningen i sonen. Det ble supplert med borpunkt 2-3 for å vurdere mektighet av eventuell kvikkleire i skråningen mot øst fra gården, da denne skråningen kunne være mer kritisk enn profil 2-A på grunn av antatt mer kritiske poretrykksforhold. Borpunkt 2-3 antydet ikke kvikkleire, stabiliteten mot øst er dermed vurdert som mindre kritisk enn ut mot Lågen.

2.3.2 Profil 3-A

Valgt som et generelt snitt mot Lågen for å kontrollere faren for kvikkleireskred fra bebygd område og ut mot Lågen. Snittet er valgt i en «yttersving» hvor det kan være fare for erosjon fra elven. Det er relativt stor dybde av Lågen i området.

2.3.3 Profil 3-B, 3-C, 3-E

Valgte snitt for vurdering av stabilitet og utredning av sone 1320 Myrhaugen. Profil 3B og 3C vurderes som representative for stabilitet mot sørvest, sør og sørøst. Mellom snitt 3B og 3C (stabilitet ved Hvittingfoss skole) er det tidligere regnet sikkerhetsfaktor over 1,4 av Løvlien Georåd [5].

Det er også valgt å se på ett snitt mot nord, 3-E. Antatt kvikkleire ligger dypt i snittet, men dette gjelder også for eventuelle andre snitt mot øst, nord eller vest. Det vises til boringer spredte sonderinger utført rundt sonen (3-6, 3-8, 3-10, 3-11, 3-13). Det er generelt dypere til potensiell kvikkleire i disse punktene enn nivå for utløp for et eventuelt skred.

2.3.4 Profil 3-D

Valgt som representativt snitt for kontroll av stabilitet fra Evjutunet og ned mot bekkeløp. Snittet er valgt i et område med mye tilgjengelig data. NGI har tidligere beregnet sikkerhetsfaktor 1,22 lengre sør langs bekkeløpet [4]. Det antas å være tilsvarende stabilitetsforhold på begge sider av bekkeløpet. Det antas fare for noe erosjon i bekkeløpet.

2.3.5 Profil 4-A, 4-B, 4-D og 4-E

Antatt kritiske snitt for vurdering av stabilitet og utredning for sone 1635 Haugen. Snitt 4A og 4-E er valgt som representative snitt for stabiliteten mot nord og øst. Snitt 4D er valgt som representativt snitt for stabiliteten mot vest og 4B er vurdert som representativt for stabiliteten ned mot ravinen i sør. Det er antatt at det er fare for noe erosjon i ravinedalen i sør, og det er dermed vurdert som viktig å kartlegge stabiliteten mot ravinen. NGI har tidligere beregnet sikkerhetsfaktor 1,06 og 0,88 for profil 4A og et profil som tilsvarer 4B [4].

2.3.6 Profil 4-C

Snittet er vurdert som representativt for situasjonen mot vest og nord for husrekke i kvikkleiresone 1322 Hvittingfoss. Det er antatt potensiale for noe erosjon i bekkeløpet i tå av skråningen. NGI har tidligere beregnet sikkerhetsfaktor 1,29 for et tilsvarende snitt [4].

2.4 Poretrykk

Det vises til bilag 14 med resultater fra avlesning av poretrykksmålere.

Eknes – kvikkleiresone

Det er utført poretrykksmålinger i 1 punkt med to elektriske piezometer i forskjellige nivåer.

Målingene viser (28.09.2011):

- 43 % av hydrostatisk poretrykksfordeling mellom de to målerne

Antagelser (Profil 2A):

- Antatt GV kote +84
- 43% av hydrostatisk poretrykksfordeling fra underste måler til nivå for Lågen (kote +62), hydrostatisk poretrykksfordeling videre med dybden.
- Hydrostatisk poretrykksfordeling fra nivå for Lågen for høyre del av profil.

Myrhaugen – kvikkleiresone

Det er utført poretrykksmålinger i 2 punkt med to elektriske piezometer i forskjellige nivåer.

Målingene viser (21.11.2012):

- 27 % av hydrostatisk poretrykksfordeling i midtre del av nordre skråning (Pkt. 3-3B).
- Poretrykk tilsvarende 1,2 mVs 16 m u.terreng, øverste måler (8 m u.terreng) er målt tørr (Pkt. 3-12).

Antagelser (Profil 3B):

- Antatt 27% av hydrostatisk poretrykksfordeling fra under sandlag til nivå for bekk, antatt hydrostatisk videre med dybden.
- Antatt hydrostatisk fordelt poretrykk fra nivå av bekken i tå av skråningen.
- Antatt tilsvarende poretrykksforhold i punkt 3-5 som 3-3B.

Antagelser (Profil 3C):

- Hydrostatisk poretrykk fra nederste måler i punkt 3-12.
- Antatt hydrostatisk under topplag av finsand for høyre del av profilet

Antagelser (Profil 3E):

- Antatt hydrostatisk poretrykk under estimert GV-nivå, se profil.

Hvittingfoss Nord - Profil 3-A og 3-D

Målingene viser (07.09.11) [14]:

- Poretrykk som tilsvarer grunnvannstand ved kote +65,5 målt ved Evjutunet, vist som punkt L8 i tegning 204.

Antagelser (Profil 3A):

- Hydrostatisk fra vannstand i Lågen for høyre del av profil. Hydrostatisk fra kote +66,5 for venstre del av profilet.

Antagelser (Profil 3D):

- Antatt hydrostatisk poretrykk under estimert GV-nivå, se profil.

Haugen – kvikkleiresone

Det er utført poretrykksmålinger i 1 punkt med to elektriske piezometer i forskjellige nivåer.

Målingene viser (21.11.2012):

- Negativ poretrykksutvikling med dybden. -32 % av hydrostatisk poretrykksfordeling i øvre del av søndre skråning. (Pkt. NGI 1-6)

Antagelser (Profil 4A):

- Antatt hydrostatisk poretrykk under estimert GV-nivå, se profil.

Antagelser (Profil 4B):

- Antatt hydrostatisk poretrykk under estimert GV-nivå for venstre del av profil, se profil.
- Antatt konstant poretrykk mellom grunneste og dypeste måler (negativ poretrykksutvikling med dybden er neglisjert).
- Antatt hydrostatisk poretrykk under nederste måler i punkt NGI-1-6.

Antagelser (Profil 4D):

- Antatt hydrostatisk poretrykk under estimert GV-nivå, se profil.

Antagelser (Profil 4E):

- Antatt hydrostatisk poretrykk under estimert GV-nivå, se profil.

Hvittingfoss – kvikkleiresone

Det er utført poretrykksmålinger i 1 punkt med to hydrauliske piezometer i forskjellige nivåer.

Målingene viser:

- Negativ poretrykksutvikling med dybden. -25 % av hydrostatisk poretrykksfordeling i øvre del av skråning.

Antagelser (Profil 4C):

- Antatt hydrostatisk poretrykk under dypeste måler i punkt NGI-1-5
- Antatt konstant poretrykk mellom grunneste og dypeste måler (negativ poretrykksutvikling med dybden er neglisjert).
- Antatt hydrostatisk poretrykk under estimert GV-nivå for resterende del av profil, se profil.

Lokalisering av poretrykksmålerne er vist på situasjonsplanene, tegning 203 – 205.
Avlesninger fra poretrykksmålere er vist i Bilag 14.

Det presiseres at målingene i de nedsatte poretrykksmålere må fortsette, slik at eventuelle årstidsvariasjoner blir ”fanget opp”.

3 MATERIALPARAMETRE

3.1 Tyngdetetthet

Tyngdetetthet (romvekt) for bruk i stabilitetsberegningene er for de stedlige massene bestemt ut fra utførte laboratorieundersøkelser. For sand og morene er det benyttet erfaringsverdier.

Det vises til beregningsprofiler for benyttet tyngdetetthet.

3.2 Overkonsolidering

Utførte ødometerforsøk er presentert i bilag 7. Tolket forkonsolideringsspenning (p_c') og beregnet OCR er oppsummert i Tabell 3.1. Prøvene i punkt 2-1 og 3-12 er 54 mm prøver, og det er vanskelig å tolke p_c' fra disse forsøkene. Antydet verdier for p_c' er satt i parentes.

Tabell 3.1: OCR fra ødometerforsøk

Punkt	Dybde (m)	p_c' (kPa)	OCR
2-1	5,6	(320)	(3,3)
3-1	8,4	470	4,0
3-3B	7,2	690	5,2
3-12	5,4	(120)	(1,2)
NGI 1-5	6,2	140	1,6
NGI 1-6	6,4	185	2,0

3.3 Udrenert skjærstyrke

Udrenert skjærstyrke som benyttes i stabilitetsberegningene er valgt på grunnlag av tolkede CPTU–sonderinger, klassifiseringsforsøk (enaks og konus) og treaksialforsøk utført på uforstyrrede 54 mm og 75 mm prøver i laboratoriet.

Tolkning av CPTU er utført på grunnlag av poretrykksfaktoren $N_{\Delta u}$ og spissmotstandsfaktoren N_{KT}. Generelt er $N_{\Delta U}$ benyttet ved B_q – verdi (poretrykksrespons) høyere enn 0,5 - 0,6 og N_{kt} er benyttet ved B_q lavere enn 0,5 - 0,6.

For bestemmelse av faktorene $N_{\Delta u}$ og N_{kt} er korrelasjoner basert på CAUC – treaksialforsøk på blokkprøver av høy kvalitet benyttet.[16] For de valgte korrelasjonene for $N_{\Delta u}$ og N_{kt} – faktorene er det skilt mellom leire med sensitivitet (S_t) lavere og høyere enn 15.

Ved tolking av CPTU er det benyttet en romvekt på 18.5-20 kN/m^3 for alle materialer.

In situ poretrykk er bestemt ved poretrykksmålinger i de aktuelle punktene, eller vurdert ut fra måling i nærliggende punkter/dybder (se kapittel 2.3). Ved tolkning av CPTU er det disse poretrykksmålingene som er brukt som input. OCR (overkonsolideringsgrad) er beregnet ut fra tolkning fra CPTU og korrelert mot utførte ødometerforsøk.

Det er lagt hovedvekt på følgende verdier ved bestemmelse av aktiv udrenert skjærstyrke:

$N_{\Delta u}=4,0+4,5B_q$

$N_{kt}=7,8+2,5*\log OCR+0,082*I_p$ $N_{\Delta u}=6,9-4,0*\log OCR+0,07*I_p$ for $S_t<15$

$N_{kt}=8,5+2,5*\log OCR$ $N_{\Delta u}=9,8-4,5*\log OCR$ for $S_t>15$

OCR og I_p er henholdsvis overkonsolideringsgrad og plastisitetsindeks.

Det er iht. anbefaling i NVEs retningslinjer lagt inn en reduksjon for tolket aktiv skjærstyrke på 15 % i lag med kvikk eller sensitiv leire.[1] Styrkereduksjonen inkluderes i beregningene, ikke ved tolking av skjærstyrken. Vurdering av leiras sensitivitet er basert på utførte laboratorieundersøkelser og vurdering/tolkning av sonderinger (trykk- og dreietrykksondering).

Valg av udrenert skjærstyrke er prioritert i følgende rekkefølge:

1. CPTU – tolkning
2. Laboratorieundersøkelser (konus – og enaksiale trykkforsøk samt aktive treaksialforsøk) på 54/75 mm prøver

3.3.1 SHANSEP

For områder uten CPTU- eller laboratoriedata vil det i beregningene bli benyttet SHANSEP betraktninger. Dette gjelder for eksempel for estimering av skjærstyrkeprofil i tå av en skråning hvor man kun har data for toppen av skråningen. Det vil også benyttes SHANSEP for estimering av utvikling av skjærstyrke med dybden.

Karakteristisk aktiv skjærstyrke benyttet i stabilitetsvurderingene er bestemt ut fra sammenhengen $Su_A=\alpha*p_0'*OCR^{\beta}$ (iht. Shansep), med et antatt tidligere terrengnivå for bestemmelse av OCR. Tabell 3.2 viser normaliseringsforholdet α og spenningseksponenten β funnet fra kurvetilpasning mot design-profil funnet ved CPTU-tolkning, samt antatt tidligere terreng.

For bestemmelse OCR leddet i SHANSEP er det estimert et tidligere terrengnivå. For bestemmelse av tidligere terreng er det samtolket OCR fra ødometerforsøk, samt OCR fra CPTU. Det for en del punkter konservativt valgt en forsiktig verdi for tidligere terreng i forhold til OCR estimert fra ødometerforsøk. Det for antatt en overlagring lik 10 kPa for hver meter med tidligere terreng over dagens terreng.

Tabell 3.2: Normaliseringsforhold, spenningseksponent og antatt tidligere terreng.

Punkt	**α**	**β**	**Dagens terreng**	**Antatt tidligere terreng**	**Benyttet i profil**
2-1	0,26	0,60	+88,0	+95,0	2A
3-1	0,25	0,60	+70,7	+85,0	3A
3-5	0,28	0,50	+69,2	+85,0	3B
3-12	0,27	0,60	+89,3	+95,0	3C, 3E
NGI 1-4	0,30	0,80	+67,4	+92,0	4A, 4D
NGI 1-5	0,28	0,70	+85,6	+95,0	4C
NGI 1-6	0,28	0,60	+88,0	+98,0	4B, 4E

Effektiv overlagring (p_0') er beregnet ut fra tyngdetetthet som er bestemt i laboratoriet, samt antatt in situ poretrykk, tilsvarende som ved tolkning av CPTU.

3.3.2 Tolket skjærstyrke fra prøveserier

For punkt SVV-11 og SVV-18 i profil 3D er skjærstyrke tolket dirkete fra klassifiseringsforsøk i borprofil. Se bilag 13 for designprofil. Siden su-profilene i profil 3D er basert på borprofil vil dette profilet beregnes med konstant (gjennomsnittlig) skjærstyrke gjennom hele skjærflaten (ikke ADP-analyse).

For punkt FD381A-P2785 i profil 4E benyttes tolket design fra borprofilet benyttet som kontroll av verdier beregnet fra SHANSEP.

3.4 Anisotropi og tøyningskompatibilitet

I beregningene tas det hensyn til spenningsanisotropien i leira, dvs. at udrenert skjærstyrke varierer med hovedspenningsretningene (ADP-analyse). Utgangspunktet er udrenert aktiv skjærstyrke s_{uA} (styrke der glideflaten ligger i aktiv sone).

Direkte og passiv skjærstyrke er beregnet ut fra følgende sammenheng:

- s_{uD} = 0,66 s_{uA} (styrke for den tilnærmet horisontale delen av glideflaten)
- s_{uP} = 0,33 s_{uA} (styrke der glideflaten ligger i passiv sone)

Det er for dette prosjektet utført til sammen 2 passive og 6 aktive treaksialforsøk og 1 direkte skjærforsøk. Forsøkene viser 0,55 i s_{uP}/ s_{uA} for prøver fra pkt. 3-1 og 0,85 i s_{uD}/ s_{uA} – forhold og 0,52 i s_{uP}/ s_{uA} for prøver fra pkt. NGI 1-6. Det er da valgt å sammenligne skjærspenningen på 3 % skjærtøyning for forsøkene. DSS-forsøket ble konsolidert til en noe høyere in-situ-spenning enn treaksforsøkene. De relativt høye ADP-forholdene påvist i prøvene antas å være grunnet høy OCR i området.

Det er likevel valgt å benytte ADP–forhold i henhold til erfaringer fra tidligere forsøk utført bl.a. ved NGI[16]. Da vi vurderer 2 passivforsøk og 1 DDS-forsøk som for lite grunnlag for valg av ADP-forhold representativ for alle områdene. Erfaringsverdiene er konservative da disse i snitt tilsvarer ADP-forhold for leirer med lavere OCR-forhold enn påvist ved Hvittingsfoss. Det er også tatt hensyn til tøyningskompatibilitet ved at effektive og udrenert skjærstyrkeparametre tolket fra treaksialforsøk er tatt ut ved tilnærmet like deformasjoner (ca. 2.0 %). Henholdsvis 15%, 10% og 5% reduksjon av skjærstyrke for aktiv, direkte og passiv sone for de lagene med sprøbruddsoppførsel er tatt med i beregningen ved å redusere ADP-forholdene på følgende måte:

- $s_{uA\ (sprøbrudd/kvikk)}$ = 0,85 $s_{uA\ (ikke\ sprøbrudd)}$
- $s_{uD\ (sprøbrudd/kvikk)}$ = 0,59 $s_{uA\ (ikke\ sprøbrudd)}$
- $s_{uP\ (sprøbrudd/kvikk)}$ = 0,31 $s_{uA\ (ikke\ sprøbrudd)}$

3.5 Effektiv skjærstyrke

Bestemmelse av effektive skjærstyrkeparametere i leiren (delt inn i sensitiv og ikke sensitiv) er basert på utførte treaksialforsøk (Bilag 12) og erfaringsverdier. Datagrunnlaget for bestemmelse av effektivspenningsparametere er noe tynt. Basert på erfaringsverdier er det derfor valgt å velge noe lavere designverdier enn verdiene tolket fra treaksialforsøkene.

For sand og sand/silt er forsiktige erfaringsverdier lagt til grunn. Følgende verdier er benyttet for attraksjon og friksjonsvinkel:

Eknes kvikkleiresone

Sand/Finsand og silt/sand	a=0,0 kN/m^2	φ=31°
Leire	a=10 kN/m^2	φ=26°
Kvikk/sensitiv	a=10 kN/m^2	φ=24°

Myrhaugen kvikkleiresone + områdene rundt

Sand/Finsand og silt/sand	a=0,0 kN/m^2	φ=31°
Leire	a=10 kN/m^2	φ=26°
Kvikk/sensitiv	a=10 kN/m^2	φ=24°

Haugen/Hvittingfoss kvikkleiresone

Sand/Finsand og silt/sand	a=0,0 kN/m^2	φ=31°
Leire	a=10 kN/m^2	φ=26°
Kvikk/sensitiv	a=10 kN/m^2	φ=24°

3.6 Kvalitet av undersøkelser

Prøvekvaliteten for treaksprøvene ligger hovedsakelig i kvalitetsklasse 2 - forstyrret. Bestemmelse av prøvekvalitet er basert på volumtøyning (utpresset porevann under konsolidering til antatt in-situ spenningsnivå) iht. tabell 5.1.[1] Tabell 3.3 viser volumtøyning for hvert enkelt av treaksialforsøkene.

Det er kun kjørt treaksialforsøk på 75 mm sylinderprøver, og med prøver fra rundt 10 meter under terreng ville vi forventet større andel av prøver med kvalitetsklasse 0 og 1. Vi antar at grunnen til at de fleste prøvene faller innenfor kvalitetsklasse 2 er generelt høy OCR i området og dermed strenge krav til volumtøyning av prøven ved konsolidering. Videre har vi målt lavt poretrykk i områdene, og dermed er det beregnet høy in-situ effektivspenninger – dette har medført generelt høye konsolideringsspenninger i forsøkene noe som også kan ha medvirket til relativt store volumtøyninger. Prøvene består i hovedsak av sensitive leirer med høyt innhold av silt samt stedvis innslag av grovere fraksjoner som sand – det er vanskelig å ta gode prøver av sensitive leire med innslag av grovere fraksjoner.

Generelt antyder spenningstiene på prøvene grei prøvekvalitet, man ser for eksempel ved flere av forsøkene tydelig sprøbruddsoppførsel. Vi har dermed valgt å anse disse prøvene som tilstrekkelig for design. Designverdiene er kontrollert mot erfaringsverdier.

Tabell 3.3: Kvalitetsklasse for prøver basert på volumtøyning.

Punkt	Dybde	Treaksial forsøk	dw (%)	Kvalitetsklasse
3-1	11,42	CAUA	5,4	2 Forstyrret
3-1	11,54	CAUP	3,5	2 Forstyrret
3-3B	9,35	CAUA	2,9	2 Forstyrret
3-5	12,54	CAUA	3,8	2 Forstyrret
NGI 1-5	8,47	CAUA	3,2	1 Akseptabel
NGI 1-6	8,38	CAUA	3,1	1 Akseptabel
NGI 1-6	10,27	CAUP	6,4	2 Forstyrret
NGI 1-6	10,42	CAUA	4,8	2 Forstyrret

CPTU-sonderingene ligger i anvendelsesklasse 4. Dette fordi sondene ikke måler helningsavvik.[17]. Dette vurderes å ha liten betydning for tolking av selve forsøksresultatene, men kan ha en viss betydning for nøyaktighet av angitt dybde, spesielt ved store dybder. Helningsavviket kan medføre en litt konservativ vurdering av skjærstyrke i dybden.

Poretrykksresponsen ved CPTU-sonderingene vurderes generelt sett å være god.

4 KRAV TIL MATERIALKOEFFISIENT

I områder med fare for skred i sprøbruddmaterialer (kvikkleire) stiller NVEs retningslinjer krav til minste sikkerhet (materialkoeffisient). Kravet gjelder arealer med potensielle glideflater gjennom sprøbruddmaterialet, og er differensiert i forhold til tiltakskategori.

Valg av tiltakskategori avhenger av i hvilken grad tiltaket påvirker konsekvensene.

De aktuelle tiltakene innenfor kvikkleiresonene i dette prosjektet vurderes å ligge innenfor tiltakskategori K3.

5 VIDERE ARBEID

5.1 Behov for supplerende undersøkelser

Det er vurdert at det er behov for noe ekstra prøvetakning og sonderinger for profil 3A. Dette for å kunne avgrense leirlaget i dybden, samt utbredelse av eventuelle kvikkleirelag mot bebyggelsen.

5.2 Stabilitetsberegning og ROS-analyse

Basert på foreliggende parameterrapport vil det beregnes stabilitet i viste beregningsprofil. Det vil utarbeides en rapporten med resultatene fra disse beregningene. Rapporten vil også ta for seg oppdatert ROS-analyse for kvikkleiresone samt vurderinger av eventuelle endringer av sonegrenser og forslag til stabiliserende tiltak for kritiske profil.

6 REFERANSER

1. NVE Retningslinjer 2/2011: ”Flaum- og skredfare i arealplaner”, med Veileder for: ”Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper”.
2. Statens vegvesen håndbok 016. Geoteknikk i vegbygging rev. juni 2010.
3. Bjørn Strøm. 4254R01, Reguleringsplan, Hvittingfoss – Grunnundersøkelse. 28.06.2008.
4. NGI. 20071440, Utbygging Kongsberg kommune. Hvittingfoss, Grunnundersøkelser og stabilitetsvurderinger. 21.08.2008.
5. Løvlien Georåd. 08-225 nr. 1, Hvittingfoss skole, Grunnundersøkelse. 26.01.2009
6. NGI. 99001-2. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. 06/1999
7. NGI. 960084-2. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. 03/1997
8. GeoStrøm. 784-1/1. Grunnundersøkelser Kvikkleiresonene 1324 Eknes og 1308 Mørk. 20.09.2012.
9. GeoStrøm. 784-2/1. Grunnundersøkelser Kvikkleiresone 1320 Myrahaugen. 20.09.2012.
10. GeoStrøm. 784-3/1. Grunnundersøkelser Kvikkleiresonene 1322 Hvittingfoss og 1635 Haugen og omegn. 20.09.2012.
11. F 157A-1 Foreløpige Grunnundersøkelser for ny parsell av Rv. 8 Vestfold Gr. – Hvittingfoss N. 22.07.1974
12. FD 625A Foreløpig geoteknisk rapport RV. 40 HP 02 Hvittingfoss – X32. Parsell: G/S-VEG Evjufeltet – Reine bru. 05.03.04
13. FD 625A Geoteknikk. Fv40 Evjufeltet – Reine bru. Geotenisk rapport for anbud. 18.05.2012
14. Løvlien Georåd. 11-152 nr. 1, Evjutunet, grunnundersøkelse. 23.09.2011
15. Bjørn Strøm 4065R2 – Supplerende grunnundersøkelser for Brannstasjon Hvittingfoss. 28.11.2007
16. Karlsrud, K., Lunne, T, Kort, D.A. & Strandvik, S. 2005. CPTU correlations for clays. Proceedings, ICSMGE, Osaka, 2005: 693 - 702.
17. NGF melding nr. 5, rev. 3, 2010. Veiledning for utførelse av trykksondering.

00	21.02.2013		MTV	RAD	OBD
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ

TEGNINGSSTATUS

RAMBØLL

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

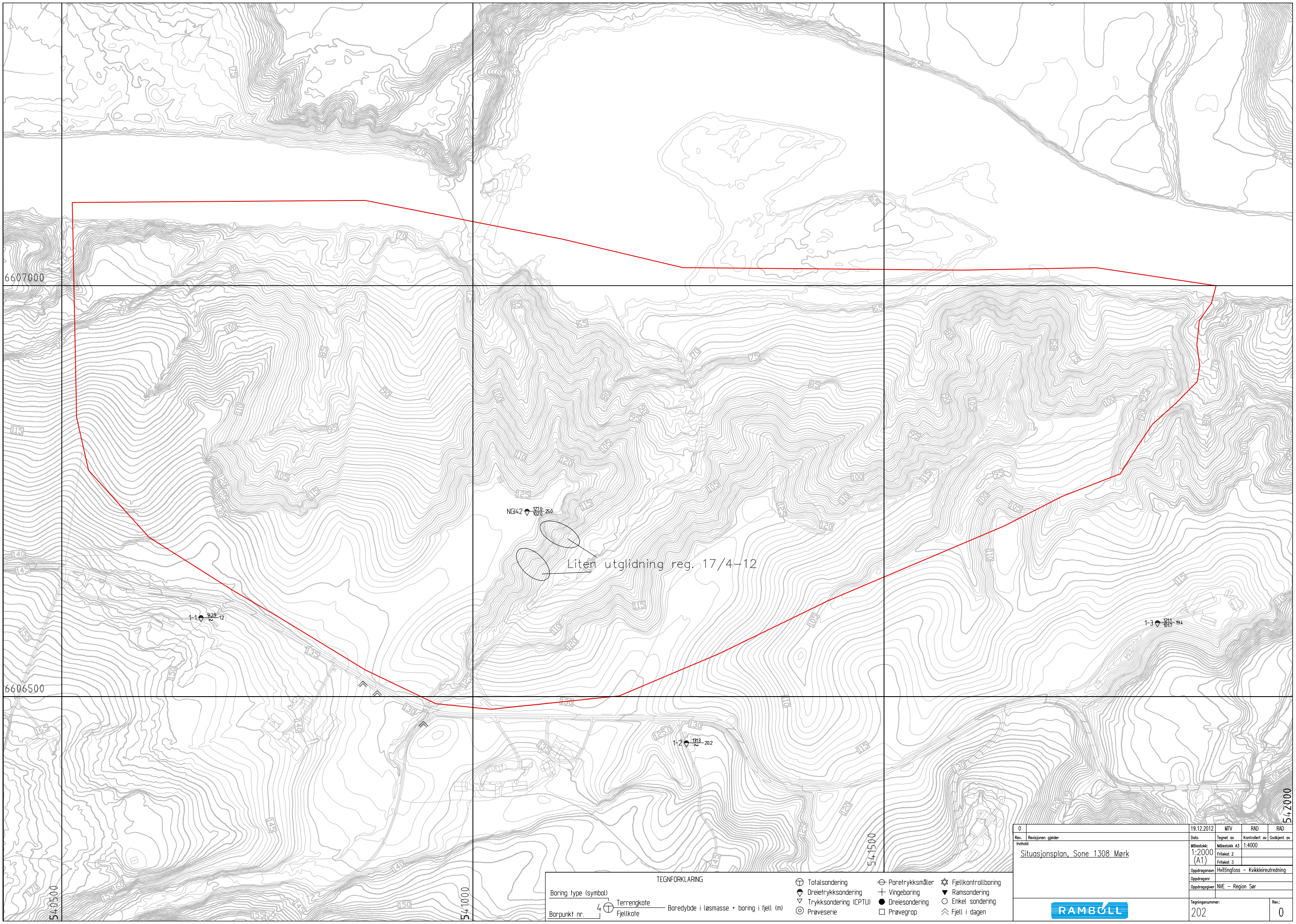
OPPDRAG
Hvittingfoss

OPPDRAGSGIVER
NVE - Region Sør

INNHOLD
Oversiktskart, Euref 89, UTM - Sone 32
Mørk: 05410 66070
Eknes: 05520 65950
Hvittingfoss: 05580 65960

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120285Y	1:100 000	-	-

TEGNING NR.	REV.
201	0



Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet av	Kontrollert av	Godkjent av
0		19.12.2012	MTV	RAD	RAD

Innhold: Situasjonsplan, Sone 1308 Mørk

Målestokk: 1:2000 (A1)

Målestokk A3: 1:4000

Fritekst 2

Fritekst 3

Oppdragsnavn: Hvittingfoss – Kvikkleireutredning

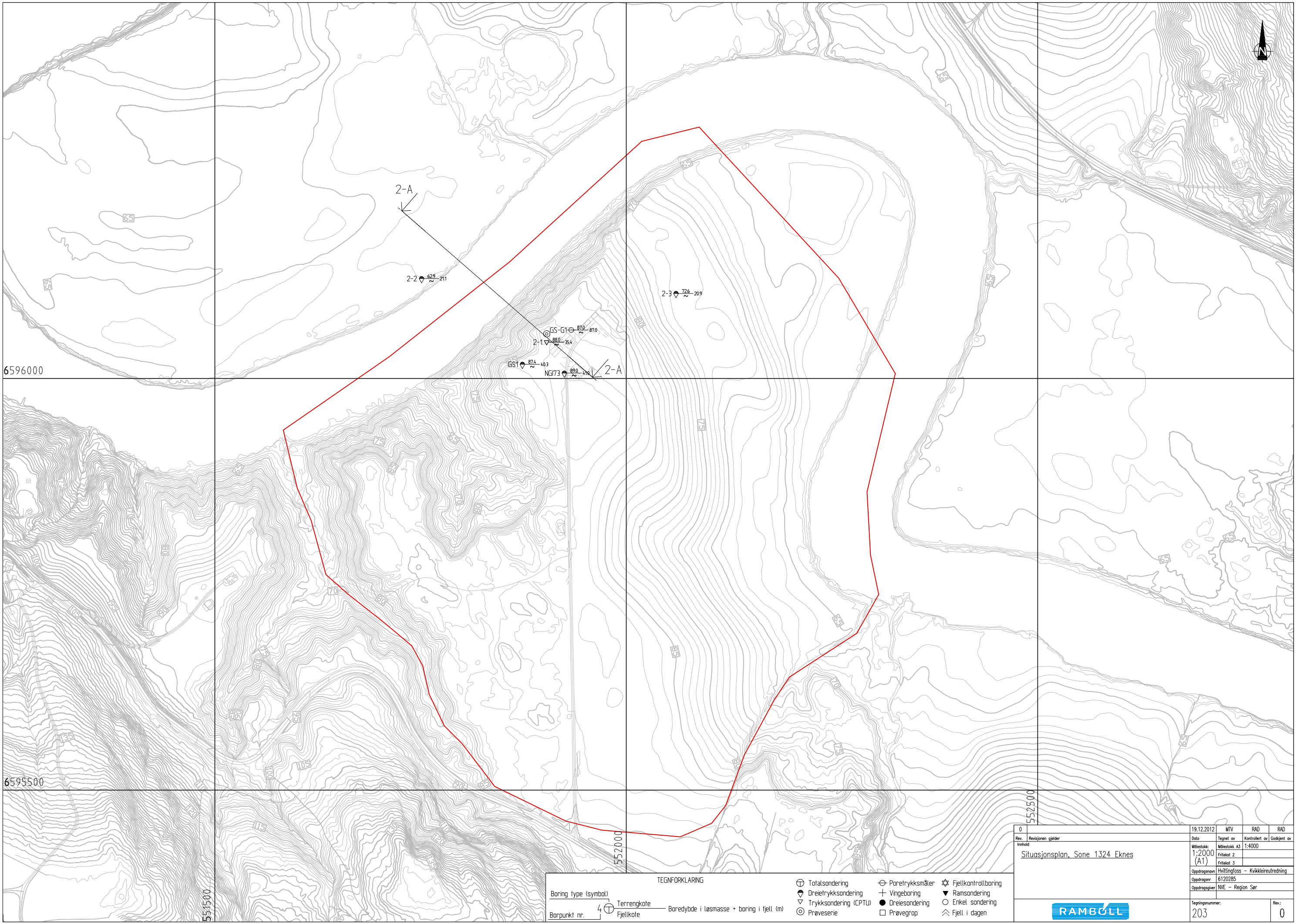
Oppdragsnr

Oppdragsgiver: NVE – Region Sør

RAMBØLL

Tegningsnummer: 202

Rev.: 0



TEGNFORKLARING

Boring type (symbol)

4 Borpunkt nr.

Terrengkote

Fjellkote

Boredybde i løsmasse + boring i fjell (m)

- Totalsondering
- Dreietrykksondering
- Trykksondering (CPTU)
- Prøveserie
- Poretrykksmåler
- Vingeboring
- Dreiesondering
- Prøvegrop
- Fjellkontrollboring
- Ramsondering
- Enkel sondering
- Fjell i dagen

Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet av	Kontrollert av	Godkjent av
0		19.12.2012	MTV	RAD	RAD

Innhold: Situasjonsplan, Sone 1324 Eknes

Målestokk:	1:2000 (A1)
Målestokk A3	1:4000
Fritekst 2	
Fritekst 3	
Oppdragsnavn	Hvittingfoss – Kvikkleireutredning
Oppdragsnr	6120285
Oppdragsgiver	NVE – Region Sør
Tegningsnummer:	203
Rev.:	0

RAMBØLL

6595500

6595000

6594500

556500

557500

YTRE AVGRENSNING FOR UTREDNINGEN

FV 157

FV 625

3E

3B

3-A

SVV-10 684 28.3

SVV-9 704 28.5

SVV-8 724 29.7

SVV-7 721 100

SVV-71 764 57

SVV-6 727 100

SVV-5 680 16.3

SVV-4 678 13.6

SVV-31 SVV-3

SVV-18 684 12.8

SVV-17 680 18.0

SVV-172 610 19.8

SVV-1 683 19.9

SVV-11 695 20

NGI1-2 715 14.0

3-3 712 15.0

3-5 692 16.9

3-6 768 21.0

3-8 901 30.4

3-9 897 31.0

3-10 918 25.1

3-11 811 17.0

3-12 893 29.2

3-13 718 30.9

3-14 705 31.1

3-1 708 36.7 34.0

BS102 770 16.8

BS101 800 35.8

3-3B 714 14.0

BS1

BS2

BS3

BS4

BS5

BS6

L201 805 30.0

L202 816 15.0

L203 895 30.1

L204 796 15.0

BS-8 8.0

NGI1-3 686 15.8

NGI1-1 682 21.0

L1 685 433 25.2 +0.3

L4 621 458 16.3 +1.0

L2 678 441 23.7 +0.8

L8 678 417 26.1 +0.9

L5 625 411 21.4 +0.9

L3 644 357 28.6 +0.4

L6 630 292 33.8 +0.5

TEGNFORKLARING

Boring type (symbol)

Borpunkt nr. 4 — Terrengkote / Fjellkote — Boredybde i løsmasse + boring i fjell (m)

- Totalsondering
- Dreietrykksondering
- Trykksondering (CPTU)
- Prøveserie
- Poretrykksmåler
- Vingeboring
- Dreiesondering
- Prøvegrop
- Fjellkontrollboring
- Ramsondering
- Enkel sondering
- Fjell i dagen

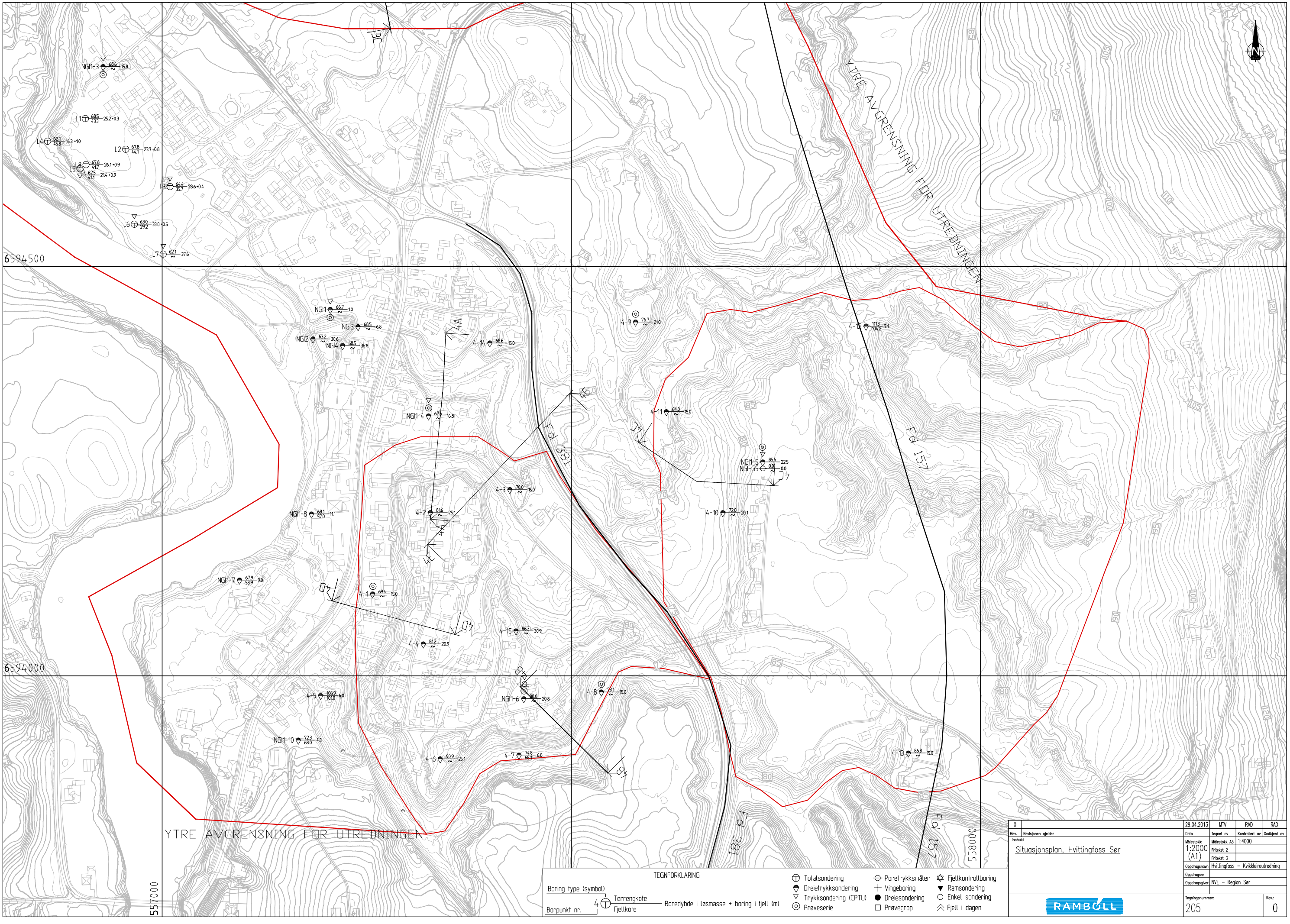
0		29.04.13	MTV	RAD	RAD
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet av	Kontrollert av	Godkjent av

Innhold: Situasjonsplan, Hvittingfoss Nord

Målestokk: 1:2000 (A1)	Målestokk A3: 1:4000
	Fritekst 2
	Fritekst 3
Oppdragsnavn	Hvittingfoss – Kvikkleireutredning
Oppdragsnr	
Oppdragsgiver	NVE – Region Sør

RAMBØLL

Tegningsnummer: 204 — Rev.: 0

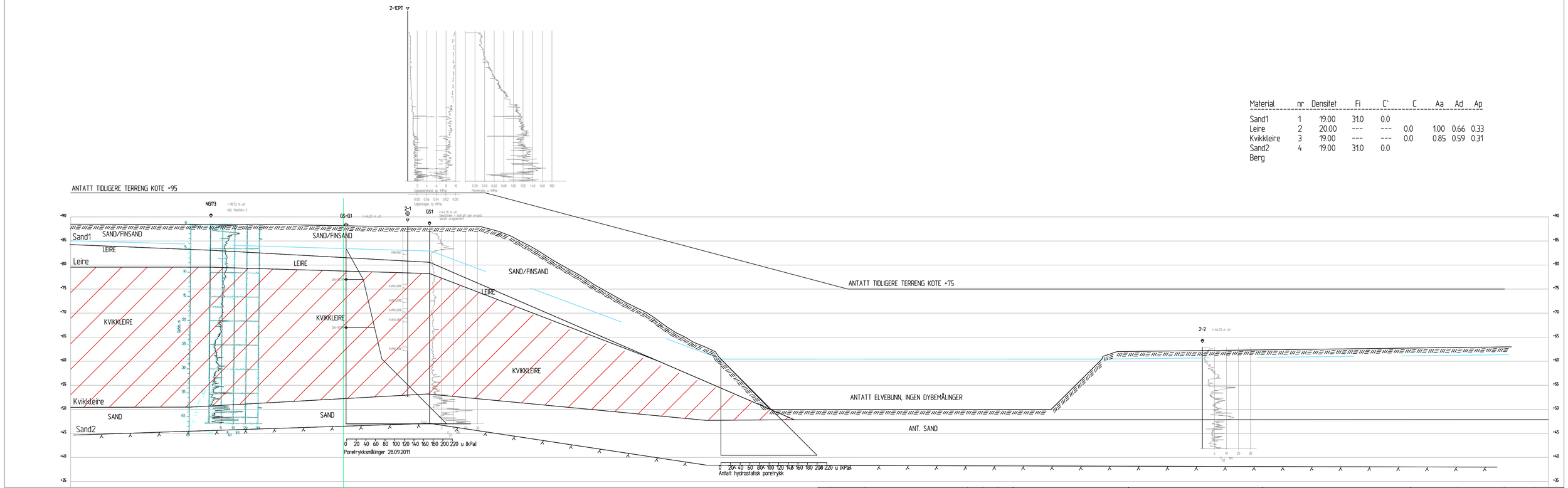


0		29.04.2013	MTV	RAD	RAD
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Tegnet av	Kontrollert av	Godkjent av

Innhold: Situasjonsplan, Hvittingfoss Sør

Målestokk: 1:2000 (A1)	Målestokk A3: 1:4000
	Fritekst 2
	Fritekst 3
Oppdragsnavn	Hvittingfoss – Kvikkleireutredning
Oppdragsnr	
Oppdragsgiver	NVE – Region Sør
Tegningsnummer:	205
Rev.:	0

RAMBØLL



Material	nr	Densitet	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sand1	1	19.00	31.0	0.0				
Leire	2	20.00	---	---	0.0	1.00	0.66	0.33
Kvikkleire	3	19.00	---	---	0.0	0.85	0.59	0.31
Sand2	4	19.00	31.0	0.0				
Berg								

REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
00	29.04.2013		RAD	MTV	MTV

TEGNINGSSTATUS

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

OPPDRAG: Hvittingfoss

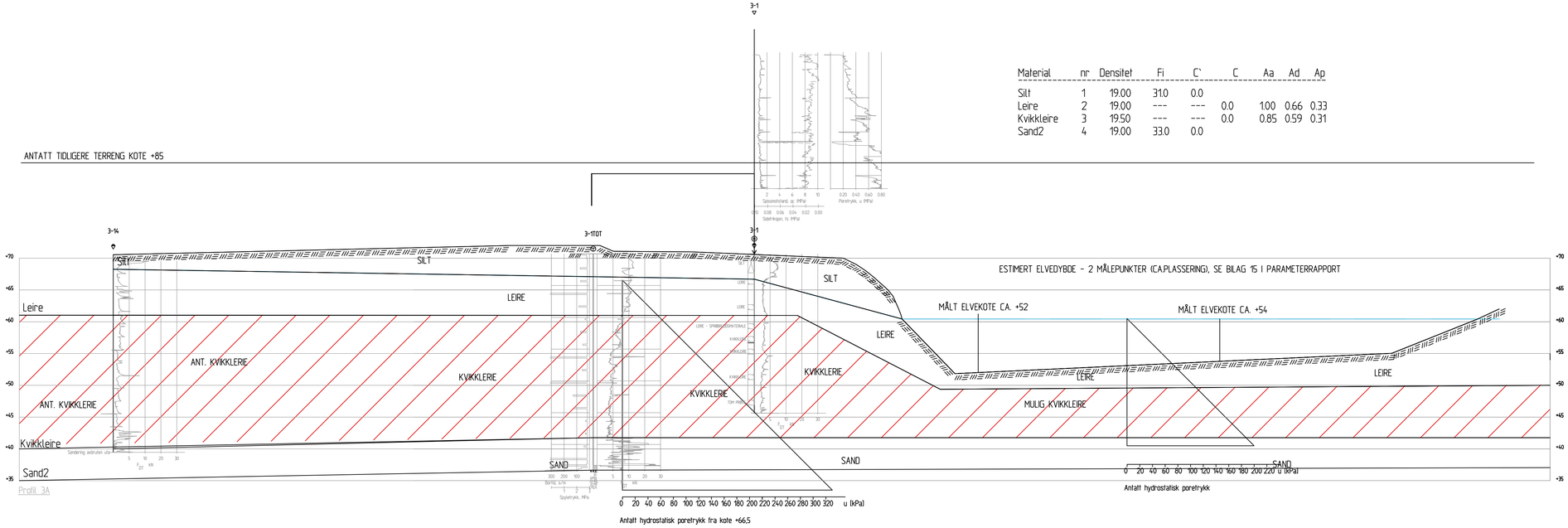
OPPDRAGSGIVER: NVE - Region Sør

INNHOLD: Profil 2A
Dagens situasjon

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120285	1:400		

TEGNING NR.: 206

REV.: 0



Material	nr	Densitet	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Silt	1	19.00	31.0	0.0				
Leire	2	19.00	---	---	0.0	1.00	0.66	0.33
Kvikkleire	3	19.50	---	---	0.0	0.85	0.59	0.31
Sand2	4	19.00	33.0	0.0				

Profil 3A

REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
00	29.04.2013		RAD	MTV	MTV

TEGNINGSSTATUS

RAMBØLL
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.rambøll.no

OPPDRAG: Hvittingfoss

OPPDRAGSGIVER: NVE - Region Sør

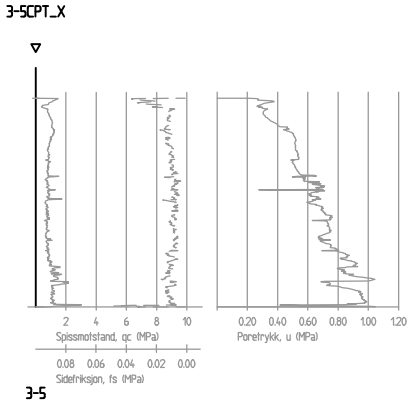
INNHOLD: Profil 3A
Dagens situasjon

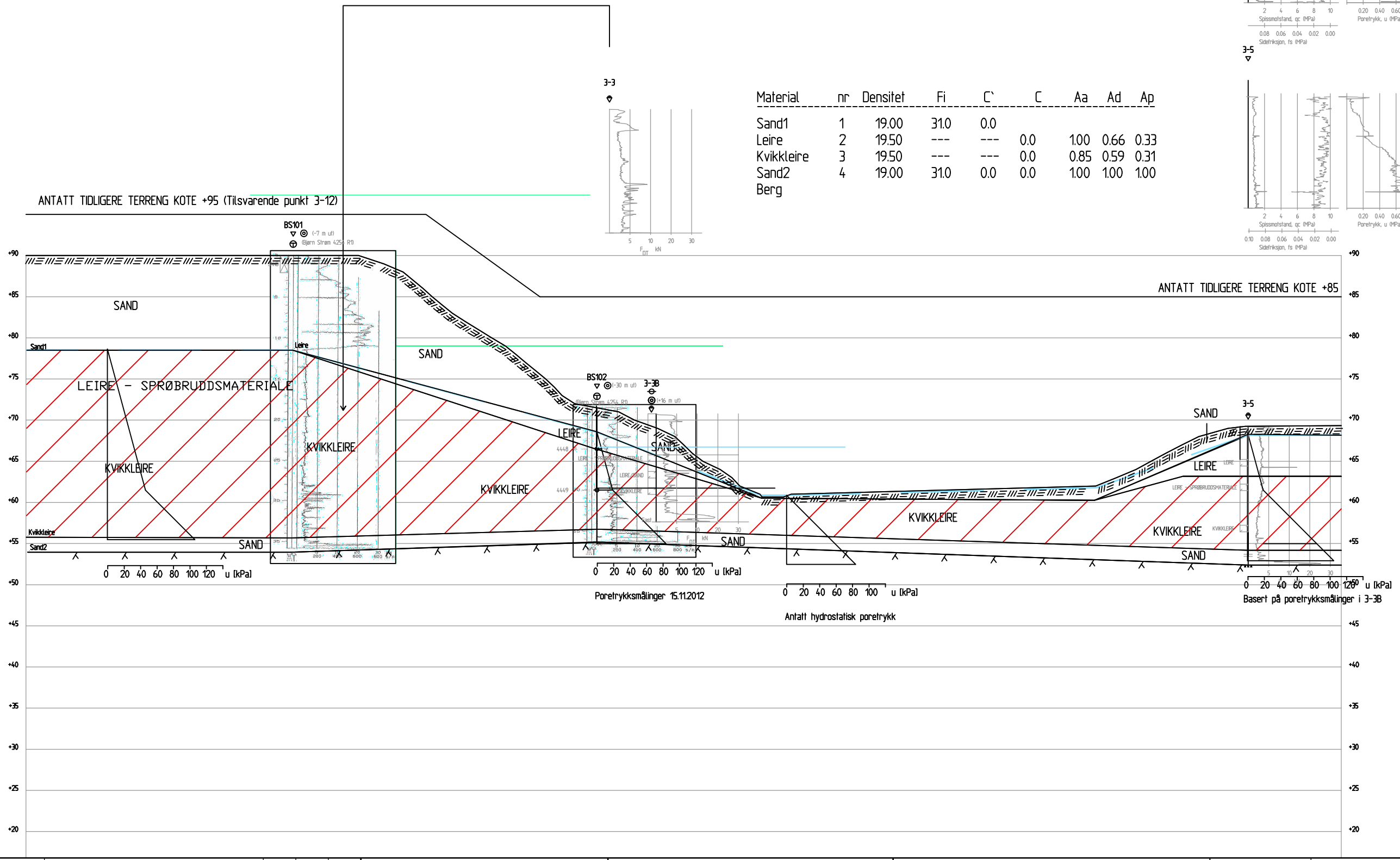
OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120285	1:400		

TEGNING NR.: 207

REV.: 0

Material	nr	Densitet	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sand1	1	19.00	31.0	0.0				
Leire	2	19.50	---	---	0.0	1.00	0.66	0.33
Kvikkleire	3	19.50	---	---	0.0	0.85	0.59	0.31
Sand2	4	19.00	31.0	0.0	0.0	1.00	1.00	1.00
Berg								





REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
00	21.02.2013		MTV	RAD	RAD

TEGNINGSSTATUS

RAMBØLL
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: Hvittingfoss

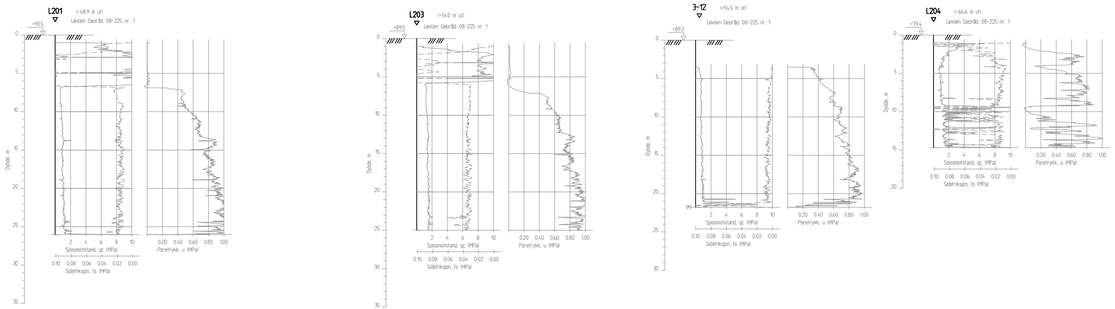
OPPDRAGSGIVER: NVE - Region Sør

INNHOLD: Profil 3B

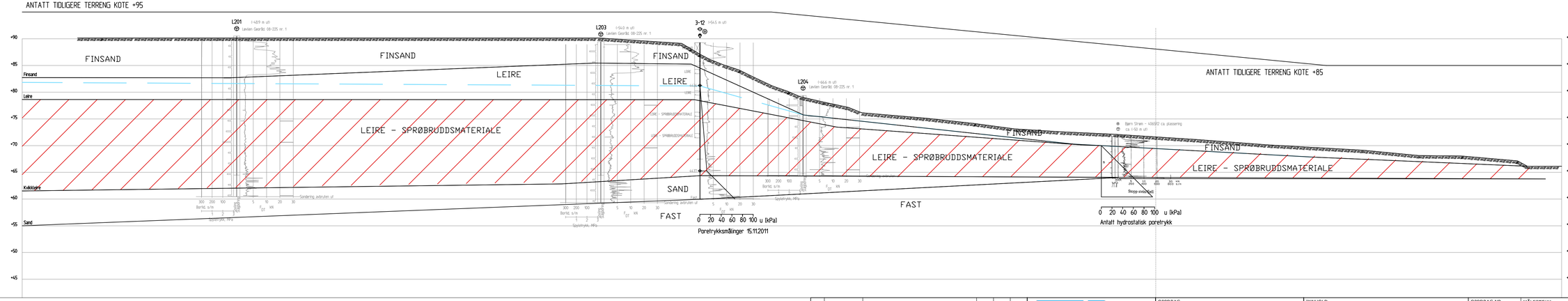
OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120285	1:500	-	-

TEGNING NR.: 208

REV.: 0



Material	nr	Densitet	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Finsand	1	19.00	31.0	0.0				
Leire	2	19.50	---	---	0.0	1.00	0.66	0.33
Kvikkleire	3	19.50	---	---	0.0	0.85	0.59	0.31
Sand	4	19.00	31.0	0.0				



REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
00	29.04.2013		RAD	MTV	MTV

TEGNINGSSTATUS

RAMBØLL
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.rambøll.no

OPPDRAG: Hvittingfoss

OPPDRAGSGIVER: NVE - Region Sør

INNHOLD: Profil 3C

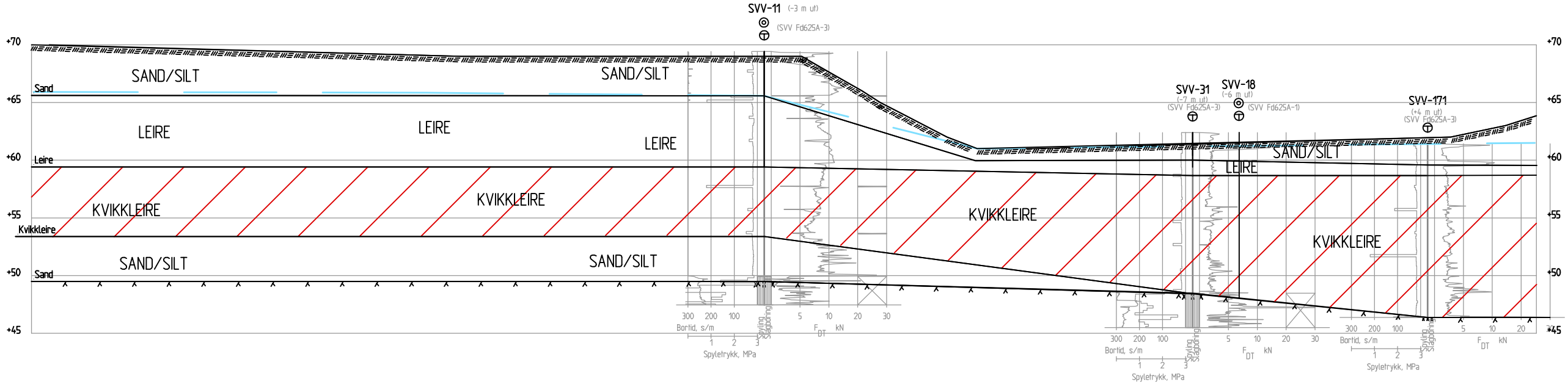
OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120285	1:400		

TEGNING NR.: 209

REV.: 0

ANTATT TIDLIGERE TERRENG KOTE +85

Material	nr	Densitet	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sand	1	19.00	31.0	0.0				
Leire	2	20.00	---	---	0.0	1.00	1.00	1.00
Kvikkleire	3	20.00	---	---	0.0	1.00	1.00	1.00
Sand	4	19.00	31.0	0.0				
Berg								



REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
00	01.03.2013		RAD	MTV	MTV

TEGNINGSSTATUS

RAMBØLL
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: Hvittingfoss

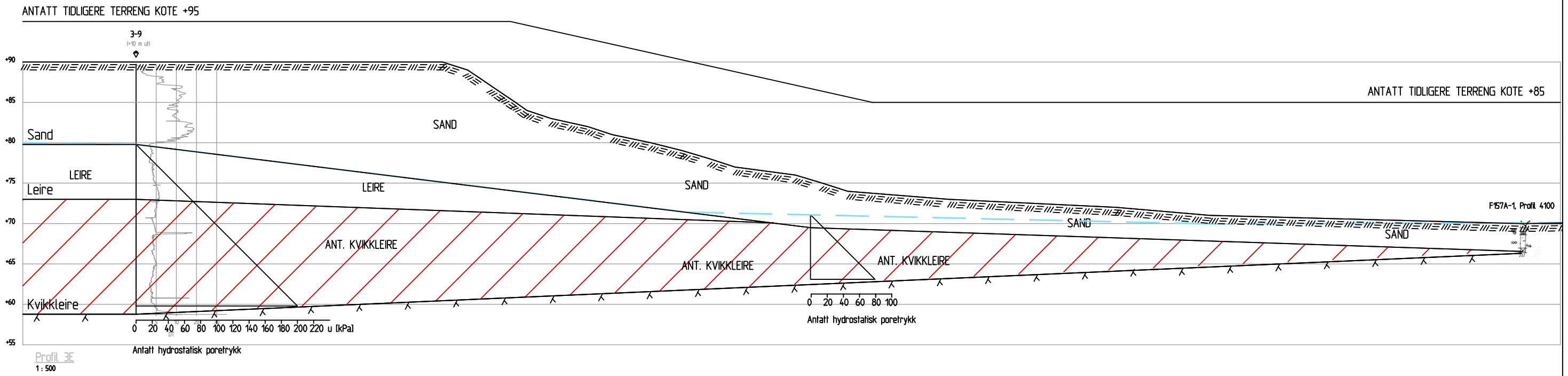
OPPDRAGSGIVER: NVE - Region Sør

INNHOLD: Profil 3D

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120285	1:400	-	-

TEGNING NR.	REV.
210	0

Material	nr	Densitet	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sand	1	19.00	31.0	0.0				
Leire	2	19.00	---	---	0.0	1.00	0.66	0.33
Kvikkleire	3	19.00	---	---	0.0	0.85	0.59	0.31
Berg								



REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
00	21.02.2013		MTV	RAD	RAD

TEGNINGSSTATUS

RAMBØLL
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

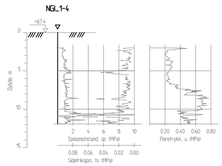
OPPDRAG: Hvittingfoss

OPPDRAGSGIVER: NVE - Region Sør

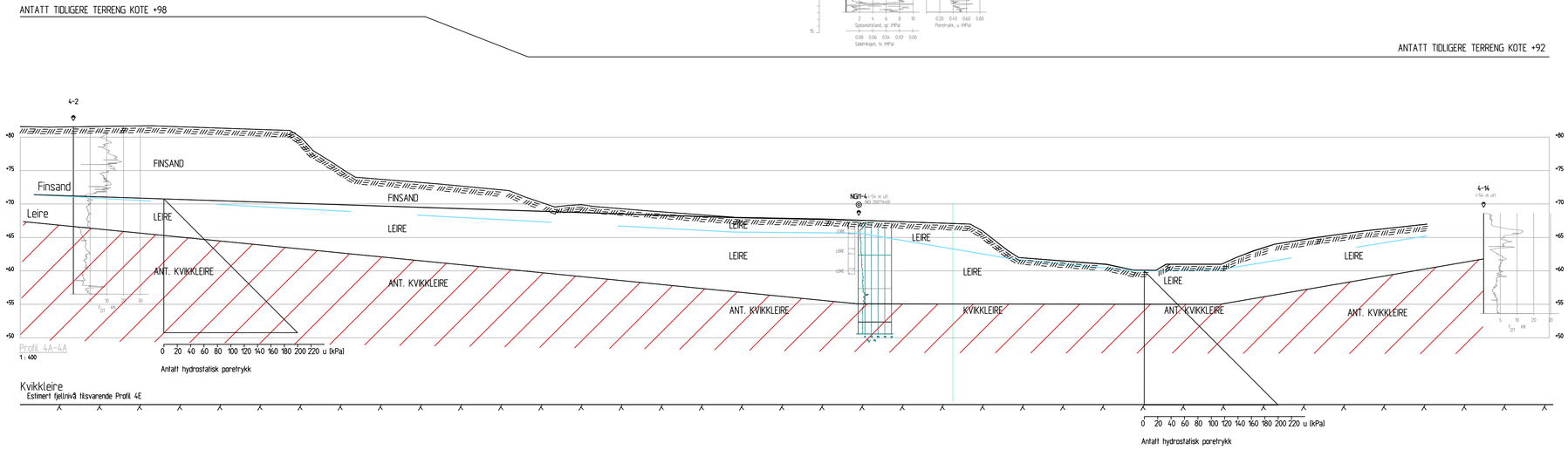
INNHOLD: Profil 3E

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120285	1:500	-	-

TEGNING NR.	REV.
211	0



Material	nr	Densitet	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Finsand	1	19.00	31.0	0.0				
Leire	2	19.00	---	---	0.0	1.00	0.66	0.33
Kvikkleire	3	19.50	---	---	0.0	0.85	0.59	0.31
Berg								



REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
00	01.03.2013		RAD	MTV	MTV

TEGNINGSSTATUS

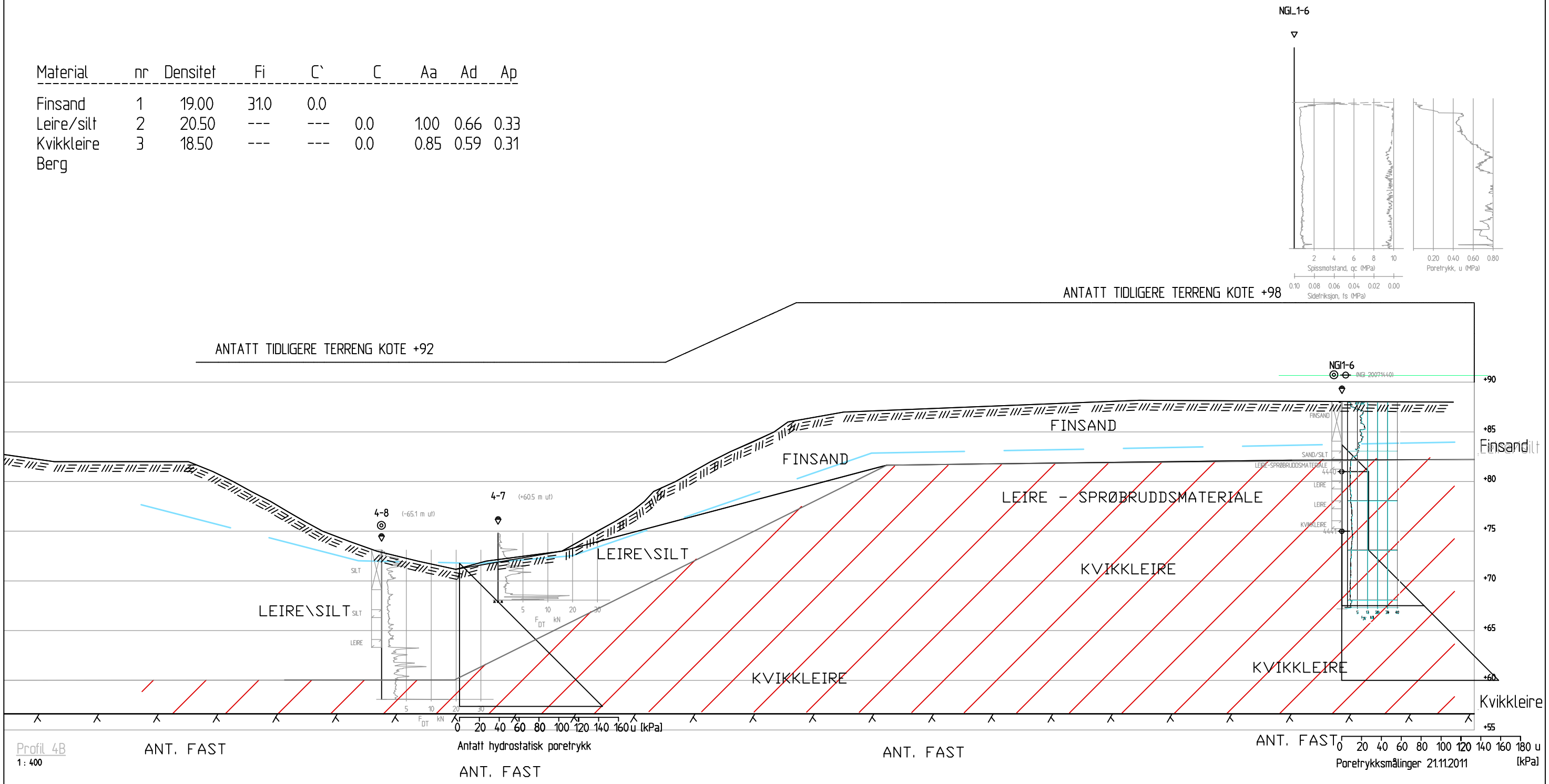
RAMBØLL
Ramboll AS - Region Midt-Norge
P.b. 9420 Sluppen
Mellomila 79, N-7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
www.ramboll.no

OPPDRAG: Hvittingfoss
OPPDRAGSGIVER: NVE Region Sør
INNHOLD: Profil 4A

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120285	1:400		

TEGNING NR. 212 | REV. 0

Material	nr	Densitet	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Finsand	1	19.00	31.0	0.0				
Leire/silt	2	20.50	---	---	0.0	1.00	0.66	0.33
Kvikkleire	3	18.50	---	---	0.0	0.85	0.59	0.31
Berg								



Profil 4B
1 : 400

REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
00	21.02.2013		MTV	RAD	RAD

TEGNINGSSTATUS

RAMBØLL
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

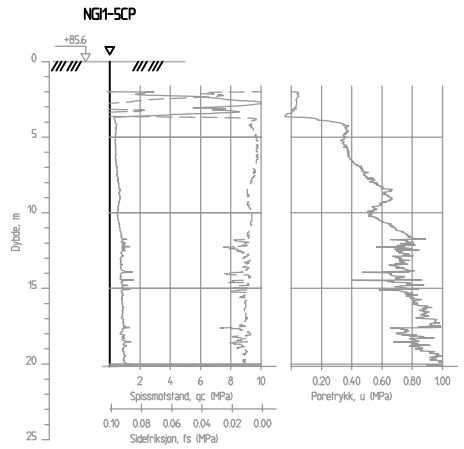
OPPDRAG: Hvittingfoss

OPPDRAGSGIVER: NVE - Region Sør

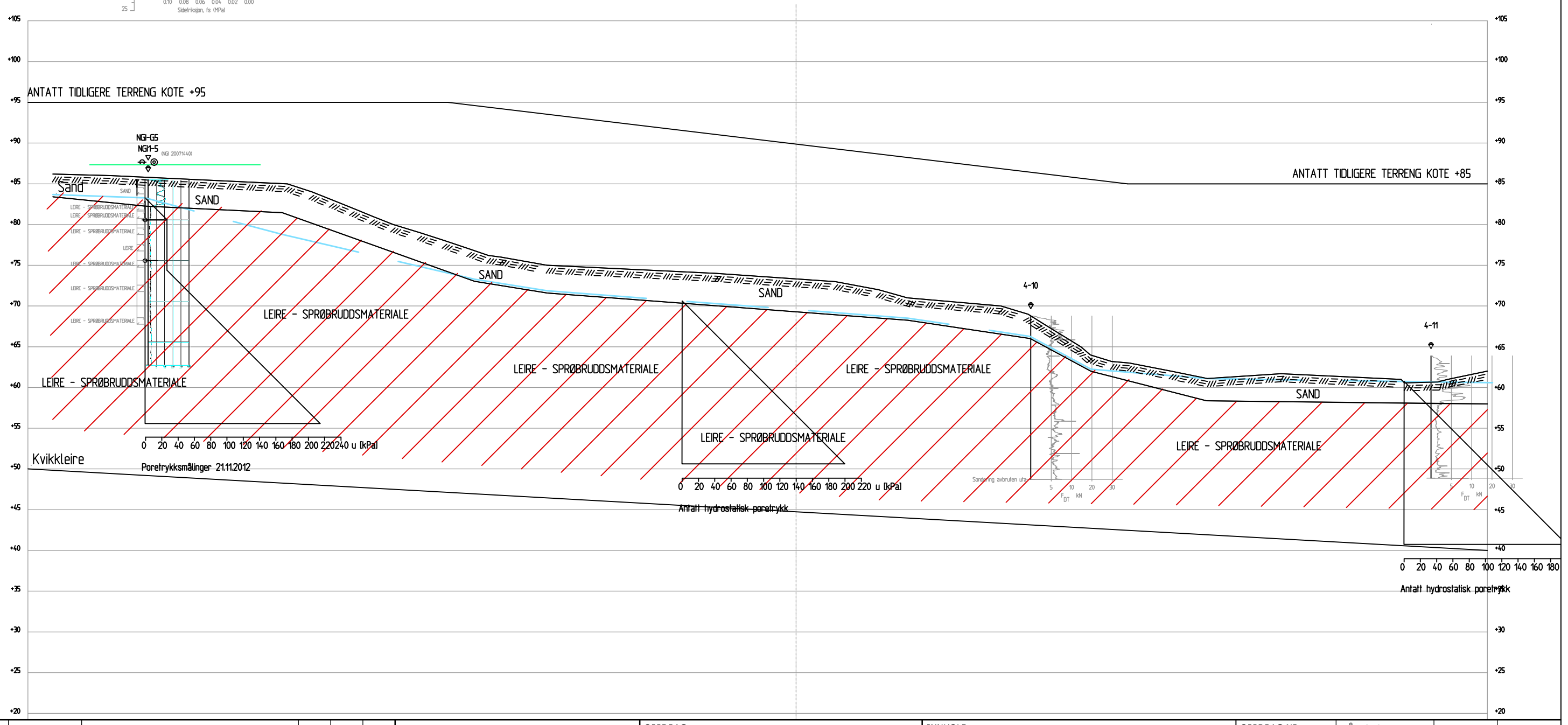
INNHOLD: Profil 4B

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120285	1:400	-	-

TEGNING NR.	REV.
213	0



Material	nr	Densitet	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sand	1	19.00	31.0	0.0				
Kvikkleire	2	19.50	---	---	0.0	0.85	0.59	0.31



REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
00	21.02.2013		MTV	RAD	RAD

TEGNINGSSTATUS

RAMBØLL
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: Hvittingfoss

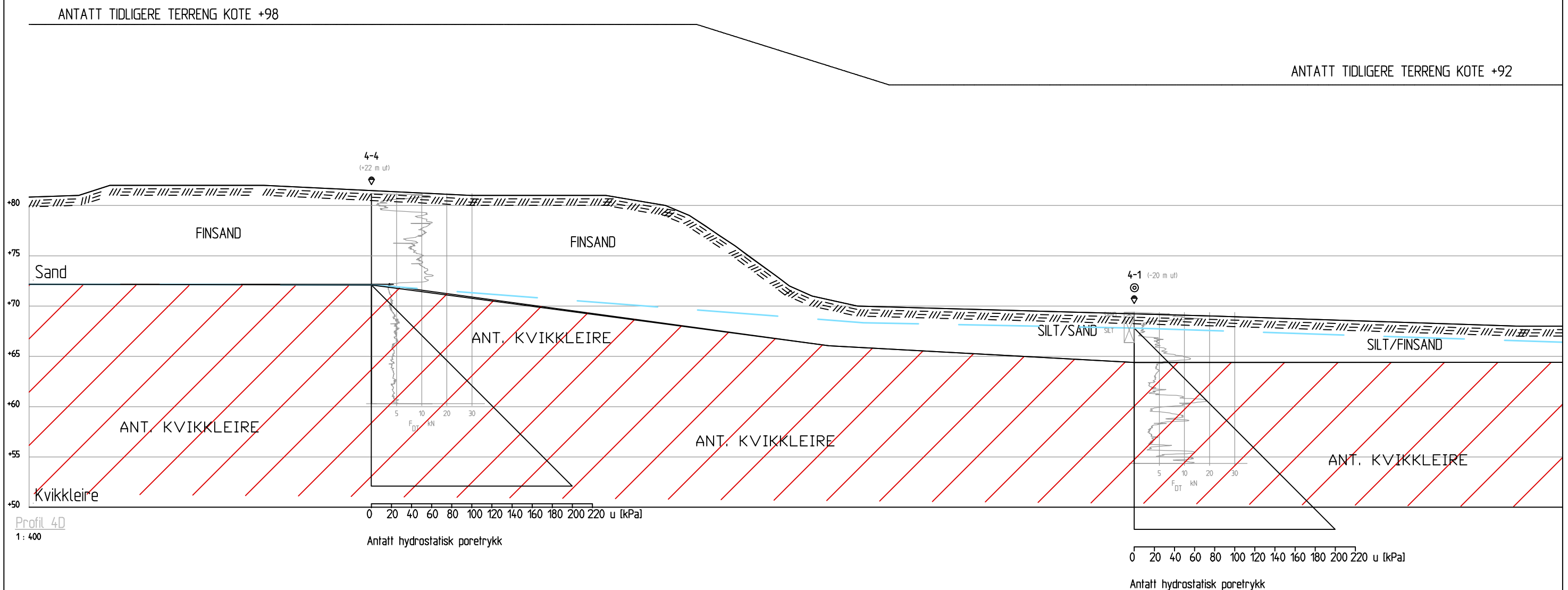
OPPDRAGSGIVER: NVE - Region Sør

INNHOLD: Profil 4C

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120285	1:500	-	-

TEGNING NR.	REV.
214	0

Material	nr	Densitet	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sand	1	19.00	31.0	0.0				
Kvikkleire	2	19.50	---	---	0.0	0.85	0.59	0.31



Profil 4D
1 : 400

REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
00	21.02.2013		MTV	RAD	RAD

TEGNINGSSTATUS

RAMBØLL
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: Hvittingfoss

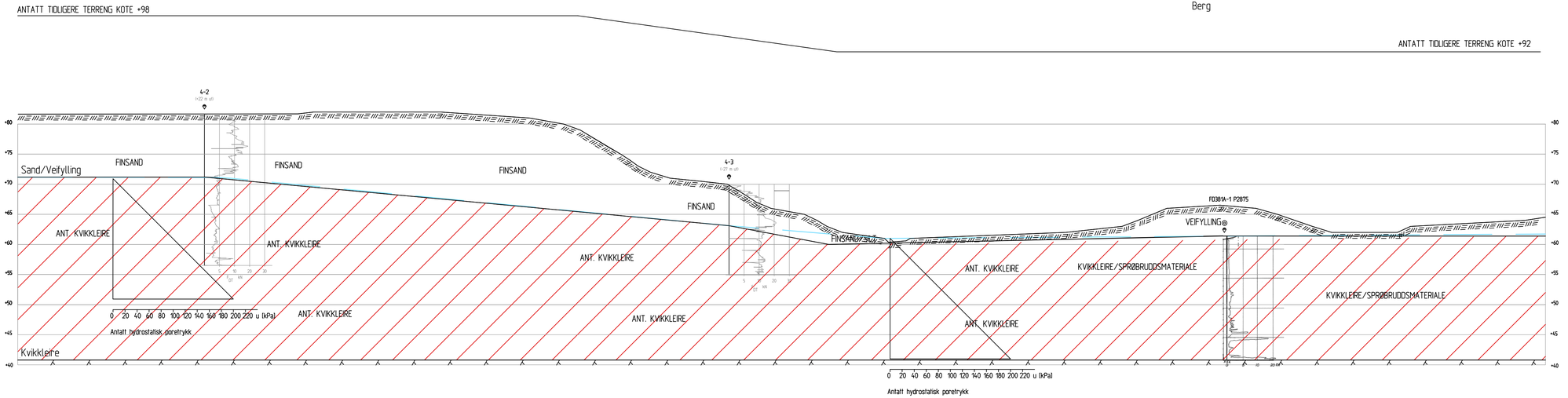
OPPDRAGSGIVER: NVE - Region Sør

INNHOLD: Profil 4D

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120285	1:400	-	-

TEGNING NR.	REV.
215	0

Material	nr	Densitet	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Veifylling	1	19.00	31.0	0.0				
Kvikkleire	2	19.50	---	---	0.0	0.85	0.59	0.31
Berg								



REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
00	21.02.2013		RAD	MTV	MTV

TEGNINGSSTATUS

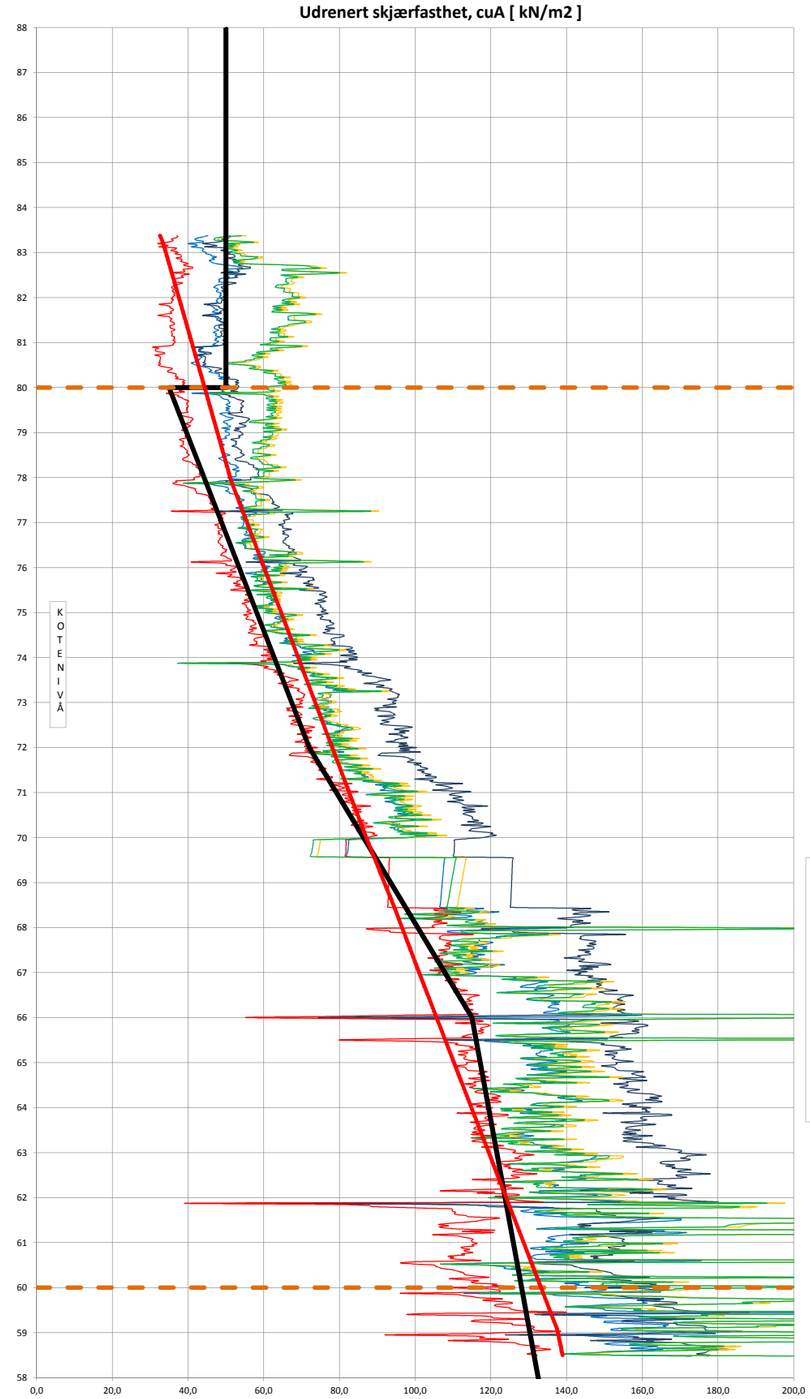
RAMBØLL
Rambøll AS - Region Midt-Norge
P.b. 9420 Sluppen
Mellomila 79, N-7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
www.ramboll.no

OPPDRAG: Hvittingfoss
OPPDRAGSGIVER: NVE - Region Sør
INNHOLD: Profil 4E

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6120285	1:400		

TEGNING NR.: 216
REV.: 0

Udrenert skjærfasthet, cuA [kN/m2]



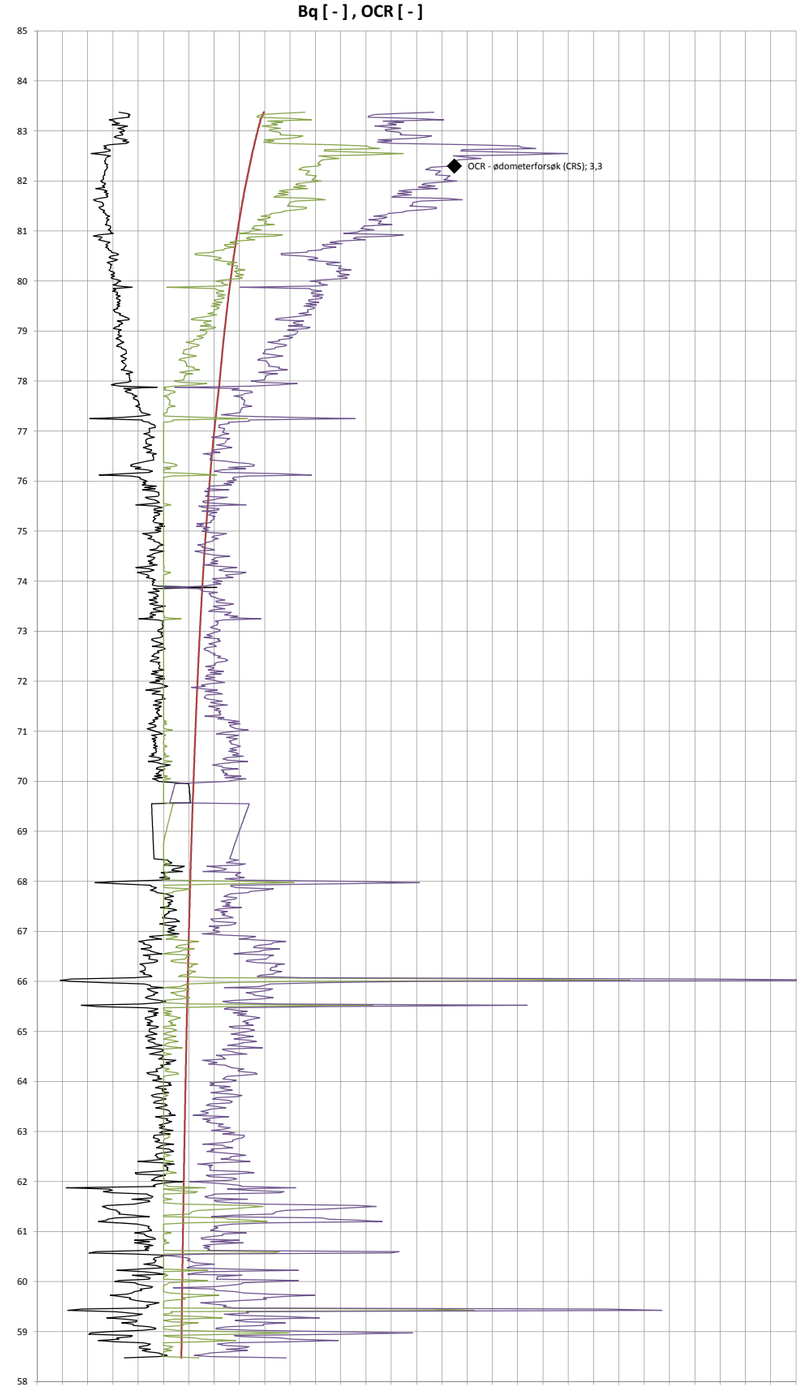
Ndu=4+4.5*Bq
Ndu=6.9-4.0*logOCR+0.07*Ip - St<15
Nkt=7.8+2.5*logOCR+0.082*Ip - St<15
Ndu=9.8-4.5*log(OCR) - St>15
Nkt=8.5+2.5*logOCR - St>15
CAUA - treaksialforsøk
Designlinje
KL - øvre grense
KL - nedre grense
SHANSEP

Shanshep - normalisering:
Antatt tidligere terrengkote (OCR): +95.0
alfa=0.26
Beta=0.60

Prøvedata:
Fra pkt. 2-1.

Poretrykksutvikling:
Se profil 2-A

Bq [-] , OCR [-]

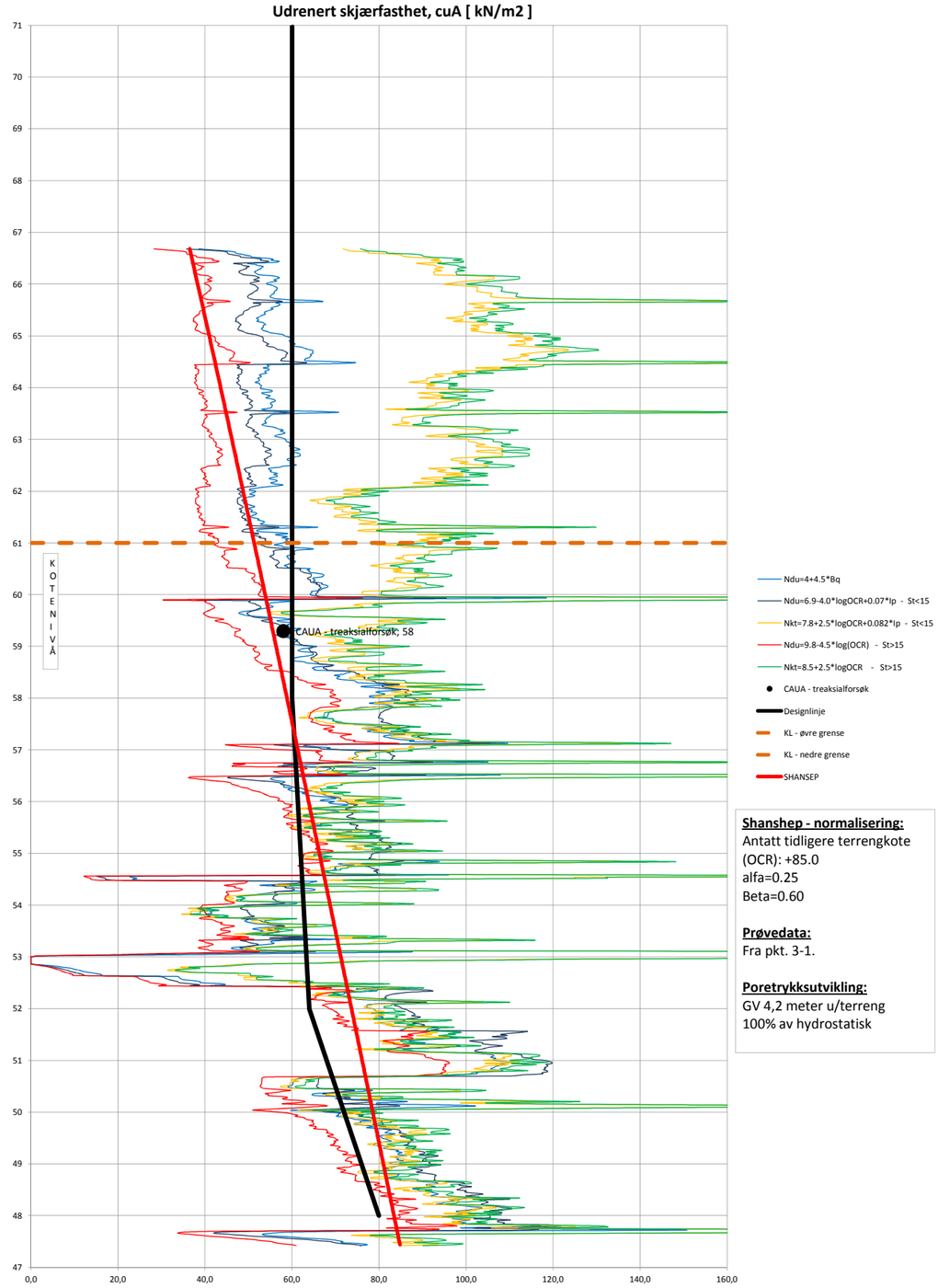


Poretrykksparameter Bq
OCR benyttet ved tolking av udrenert skjærstyrke
OCR f(Q,St<15)
OCR f(Q,St>15)
OCR - ødometerforsøk (CRS)

RAMBØLL

NVE			Oppdrag 6120285
Hvittingfoss		Tegn./kontr. MTV/RAD	Vedlegg 1
Borpunkt: 2-1	Terrengkote: 87,9		
Tolking/presentasjon av CPTU Udrenert skjærfasthet og OCR		Dato 05.03.2013	Tegn. Nr. -

Udrenert skjærfasthet, cuA [kN/m2]

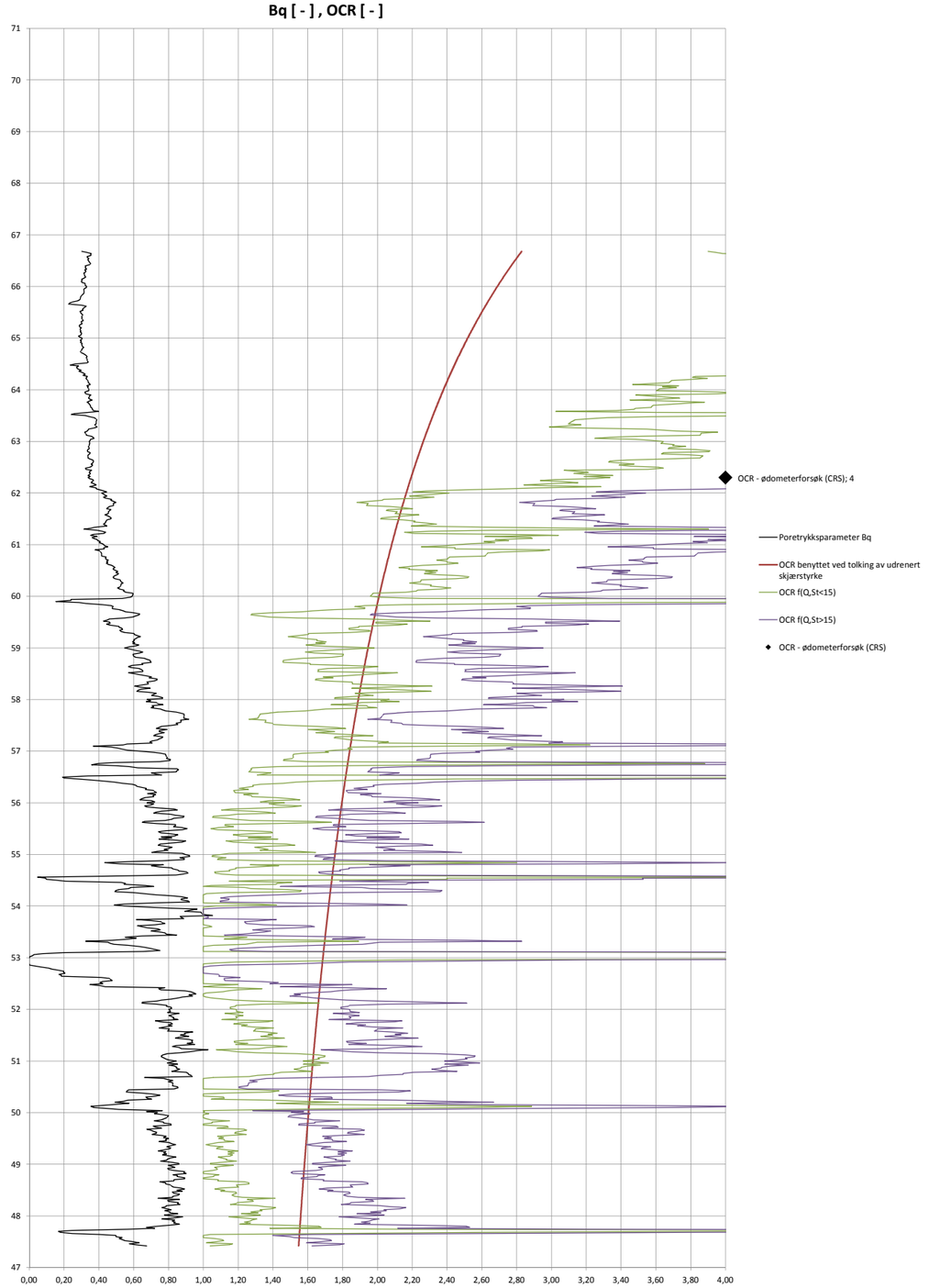


Shanshep - normalisering:
Antatt tidligere terrengkote (OCR): +85.0
alfa=0.25
Beta=0.60

Prøvedata:
Fra pkt. 3-1.

Poretrykksutvikling:
GV 4,2 meter u/terreng
100% av hydrostatisk

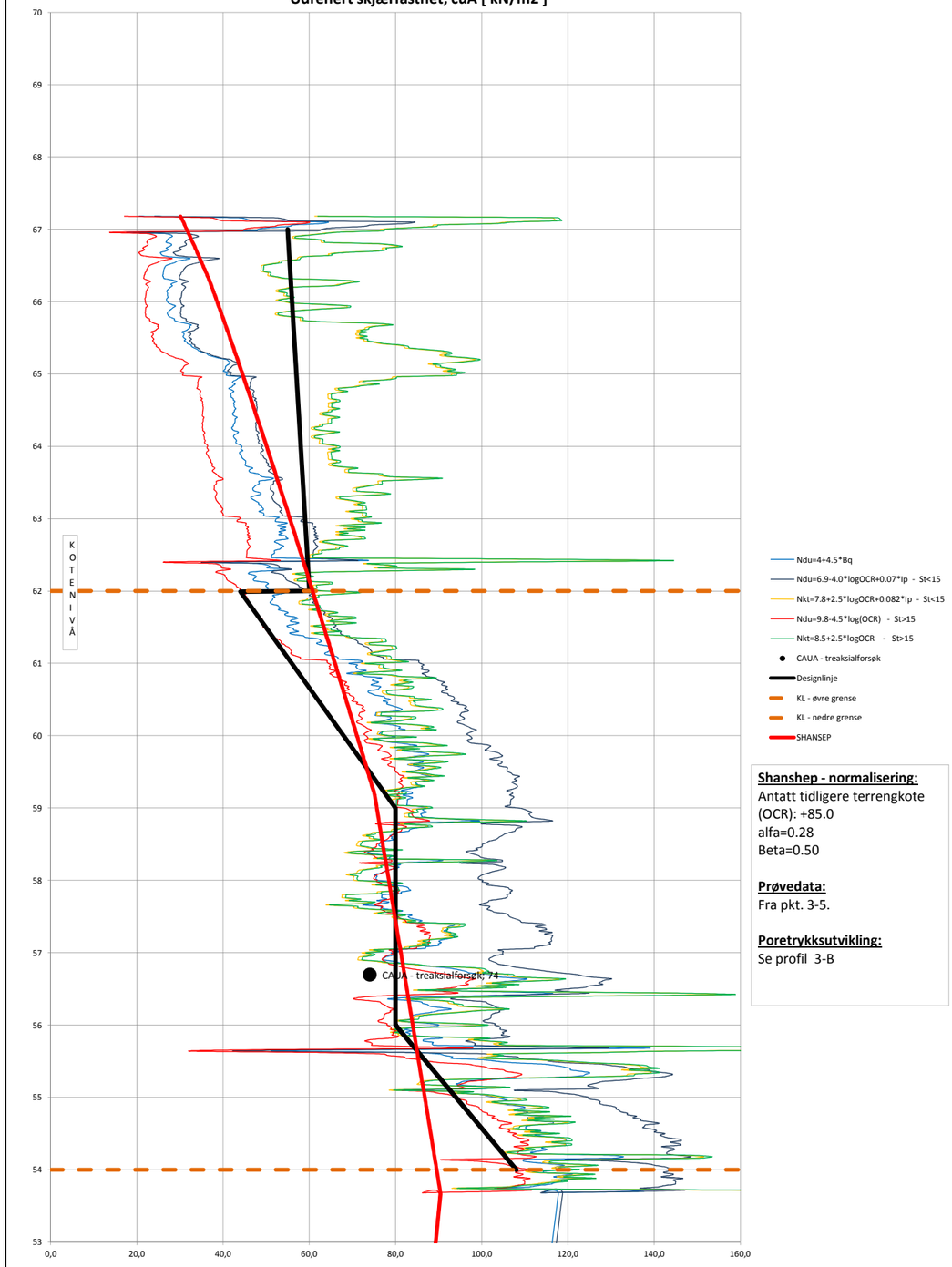
Bq [-] , OCR [-]



RAMBØLL

NVE			Oppdrag 6120285
Hvittingfoss		Tegn./kontr. MTV/RAD	Vedlegg 2
Borpunkt: 3-1	Terrengkote: 70,7		
Tolking/presentasjon av CPTU Udrenert skjærfasthet og OCR		Dato 05.03.2013	Tegn. Nr. -

Udrenert skjærfasthet, cuA [kN/m2]

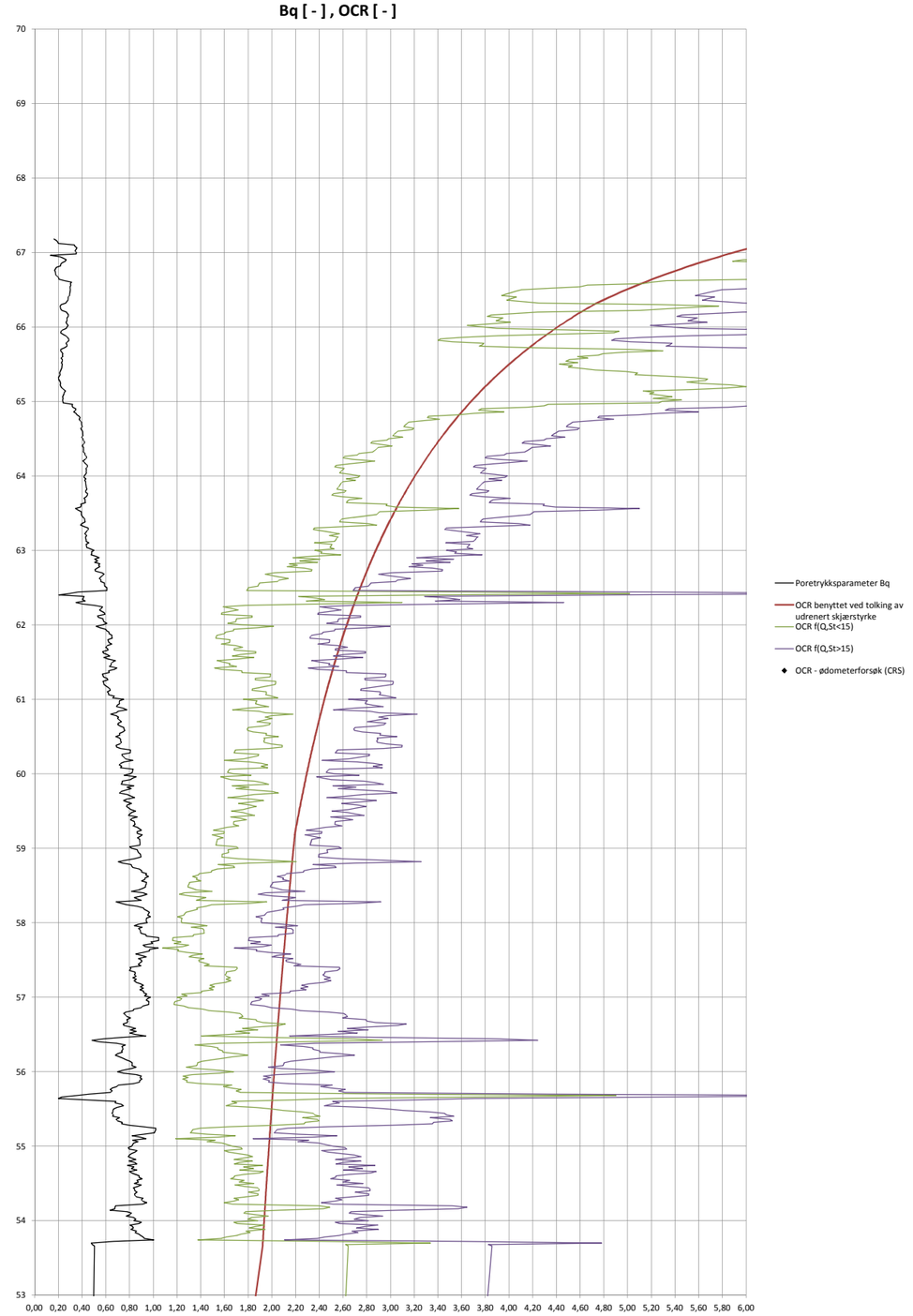


Shanshep - normalisering:
Antatt tidligere terrengkote (OCR): +85.0
alfa=0.28
Beta=0.50

Prøvedata:
Fra pkt. 3-5.

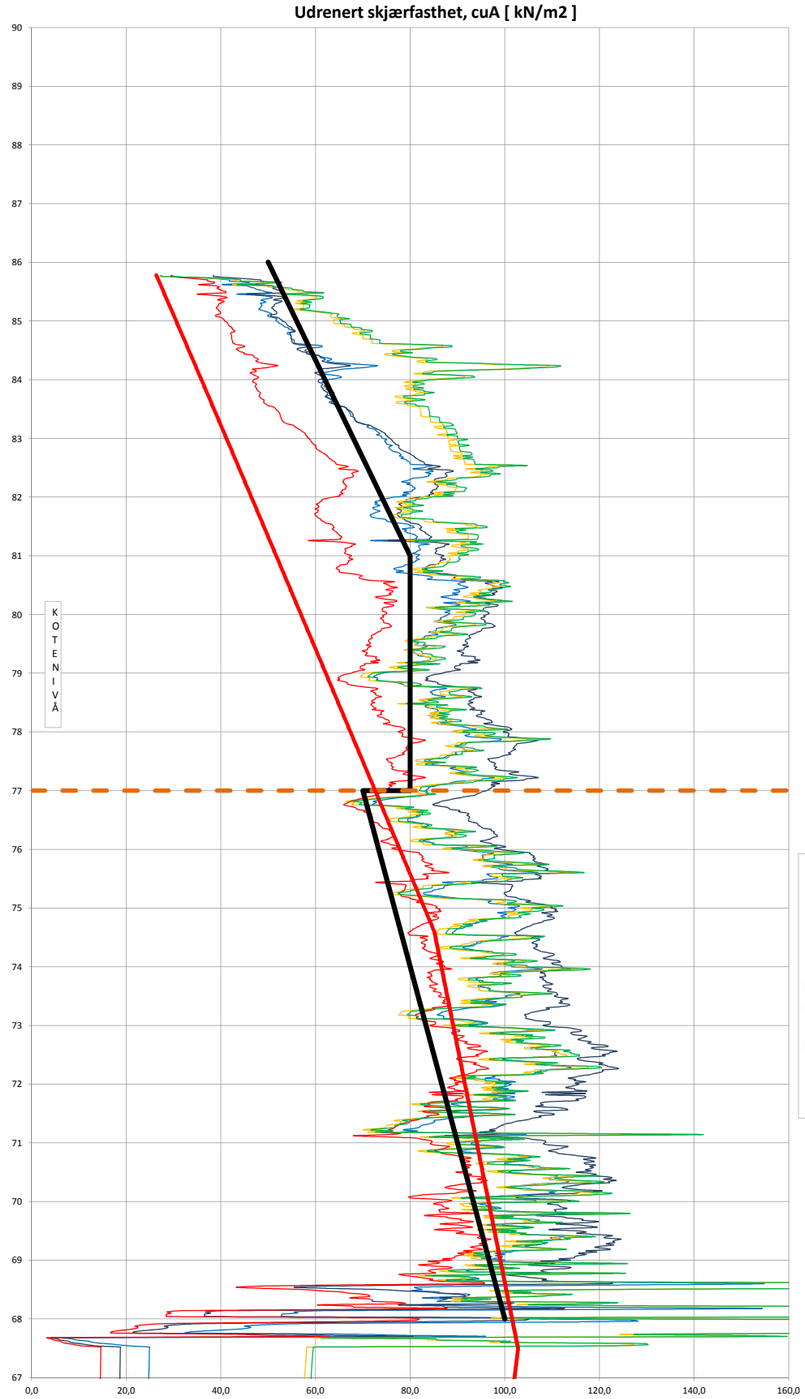
Poretrykksutvikling:
Se profil 3-B

Bq [-] , OCR [-]



NVE			Oppdrag 6120285
Hvittingfoss		Tegn./kontr. MTV/RAD	Vedlegg 3
Borpunkt: 3-5	Terrengkote: 69,2		
Tolking/presentasjon av CPTU Udrenert skjærfasthet og OCR		Dato 05.03.2013	Tegn. Nr. -

Udrenert skjærfasthet, cuA [kN/m2]



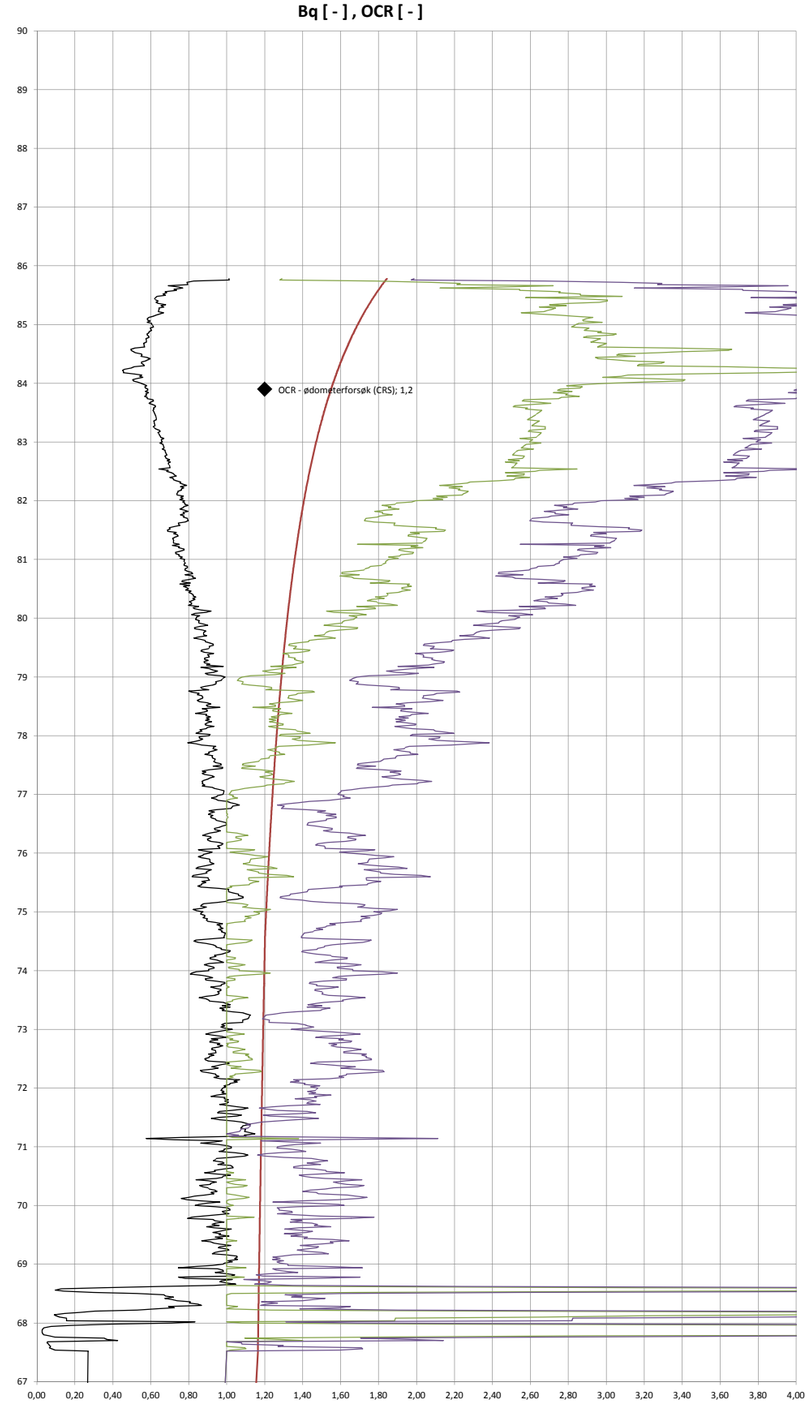
Ndu=4+4.5*Bq
Ndu=6.9-4.0*logOCR+0.07*Ip - St<15
Nkt=7.8+2.5*logOCR+0.082*Ip - St<15
Ndu=9.8-4.5*log(OCR) - St>15
Nkt=8.5+2.5*logOCR - St>15
CAUA - treaksialforsøk
Designlinje
KL - øvre grense
KL - nedre grense
SHANSEP

Shanshep - normalisering:
Antatt tidligere terrengkote (OCR): +95
alfa=0.27
Beta=0.60

Prøvedata:
Fra pkt. 3-12.

Poretrykksutvikling:
GV 14.7 meter u/terreng
100% av hydrostatisk

Bq [-] , OCR [-]

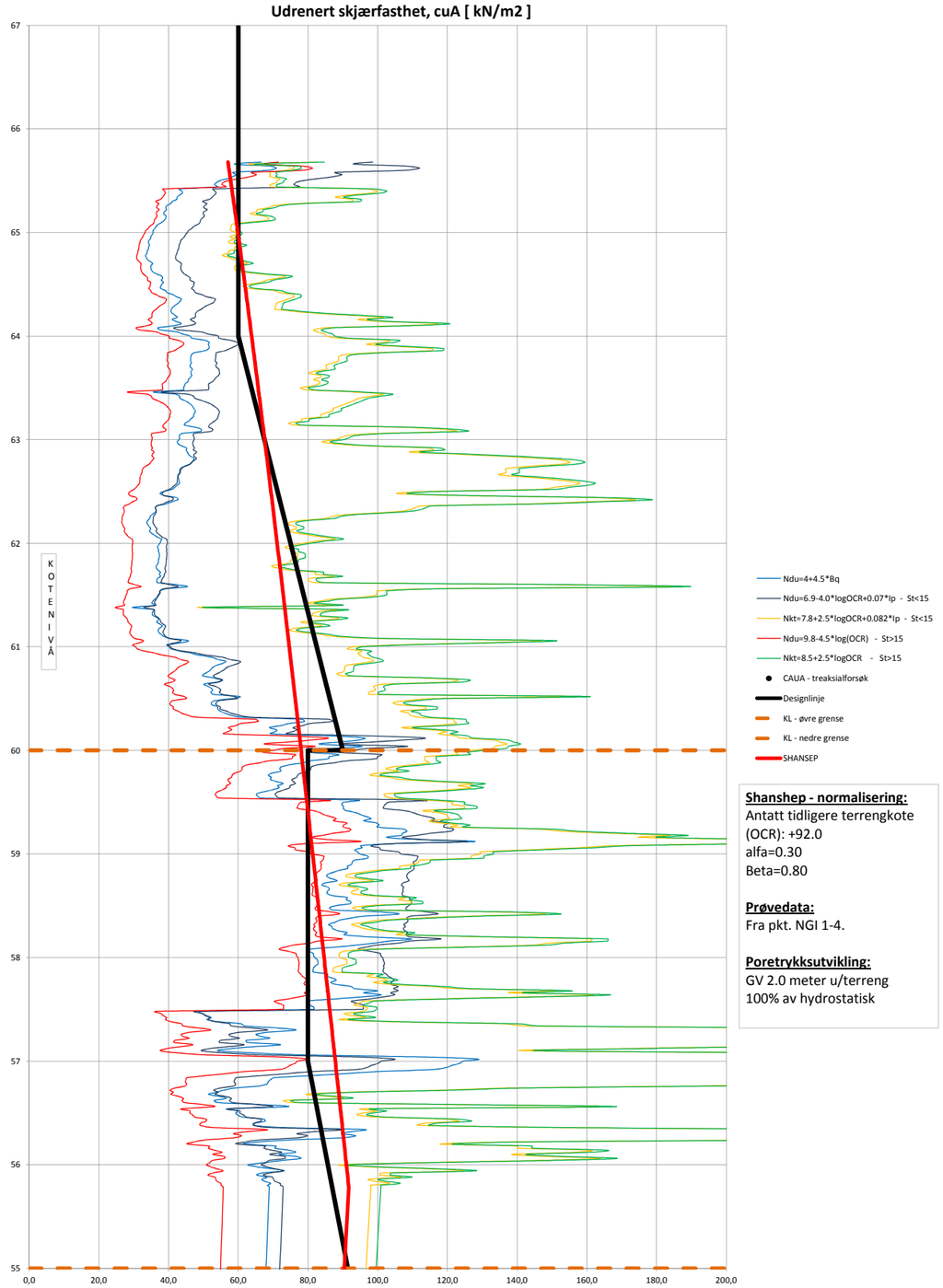


Poretrykksparameter Bq
OCR benyttet ved tolking av udrenert skjærstyrke
OCR f(Q,St<15)
OCR f(Q,St>15)
OCR - ødometerforsøk (CRS)

RAMBØLL

NVE			Oppdrag 6120285
Hvittingfoss		Tegn./kontr. MTV/RAD	Vedlegg 4
Borpunkt: 3-12	Terrengkote: 89,3		
Tolking/presentasjon av CPTU Udrenert skjærfasthet og OCR		Dato 05.03.2013	Tegn. Nr. -

Udrenert skjærfasthet, cuA [kN/m2]

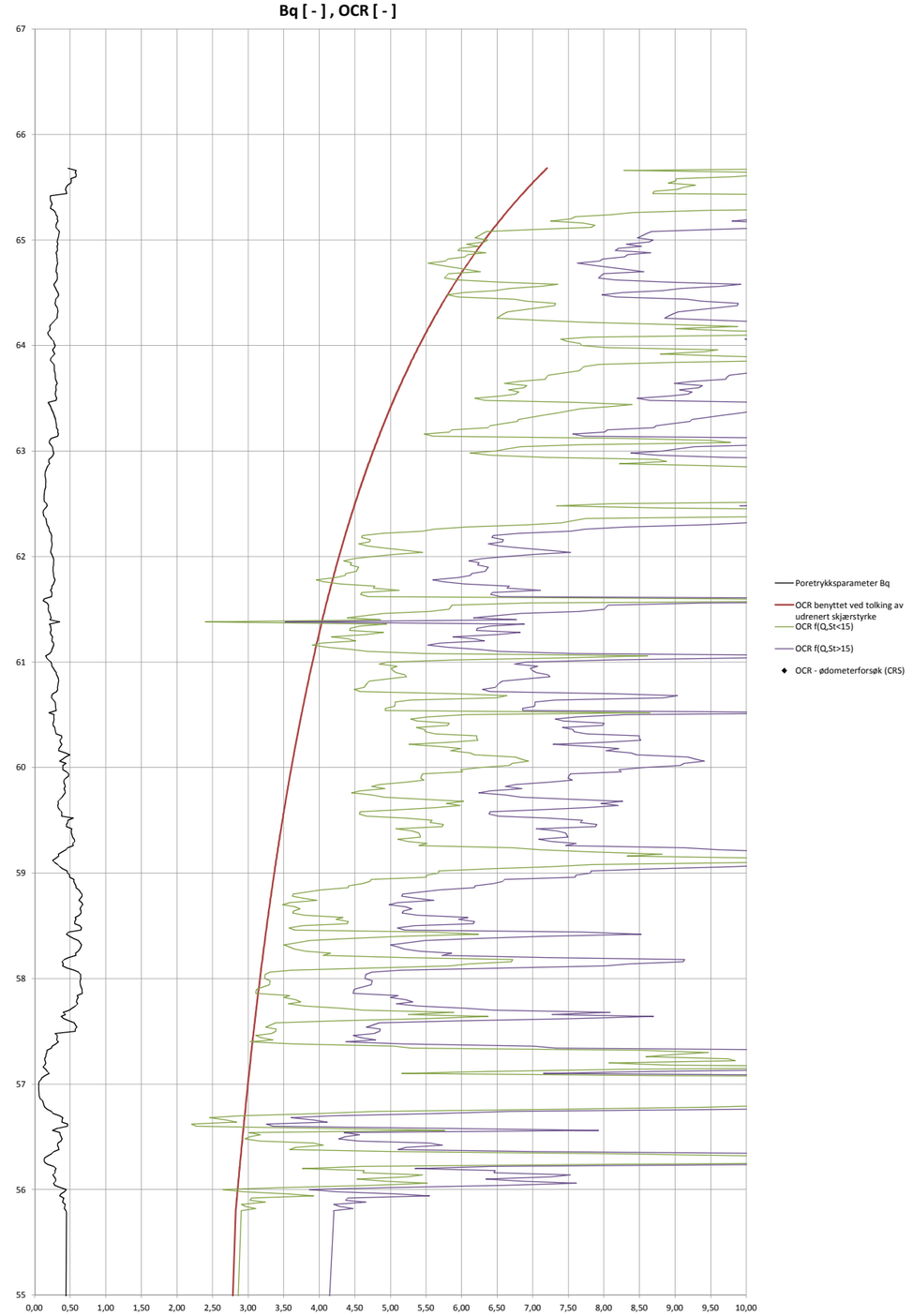


Shanshep - normalisering:
Antatt tidligere terrengkote (OCR): +92.0
alfa=0.30
Beta=0.80

Prøvedata:
Fra pkt. NGI 1-4.

Poretrykksutvikling:
GV 2.0 meter u/terreng
100% av hydrostatisk

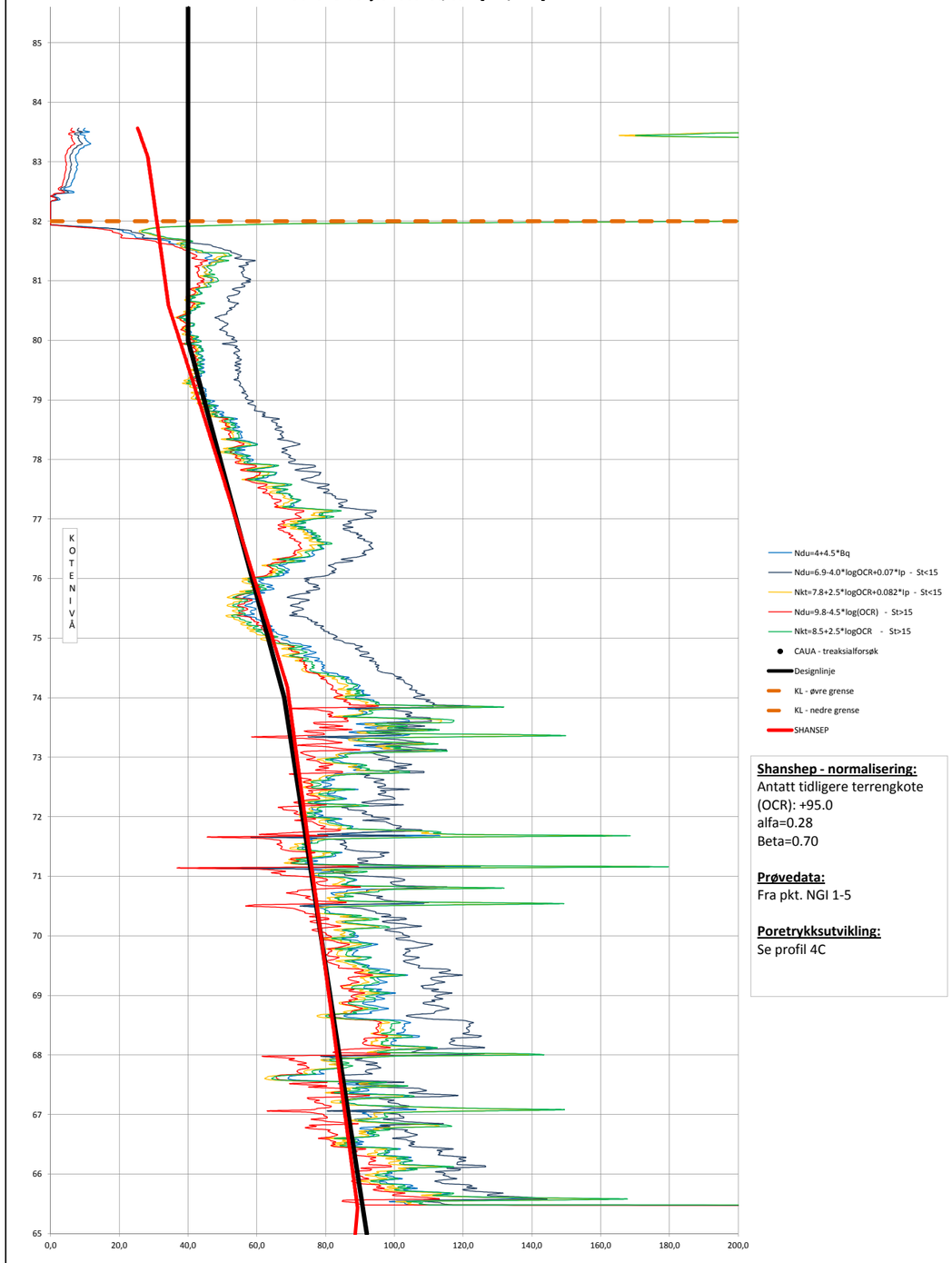
Bq [-] , OCR [-]



RAMBØLL

NVE			Oppdrag 6120285
Hvittingfoss		Tegn./kontr. MTV/RAD	Vedlegg 5
Borpunkt: NGI1-4	Terrengkote: 67,7		
Tolking/presentasjon av CPTU Udrenert skjærfasthet og OCR		Dato 05.03.2013	Tegn. Nr. -

Udrenert skjærfasthet, cuA [kN/m2]

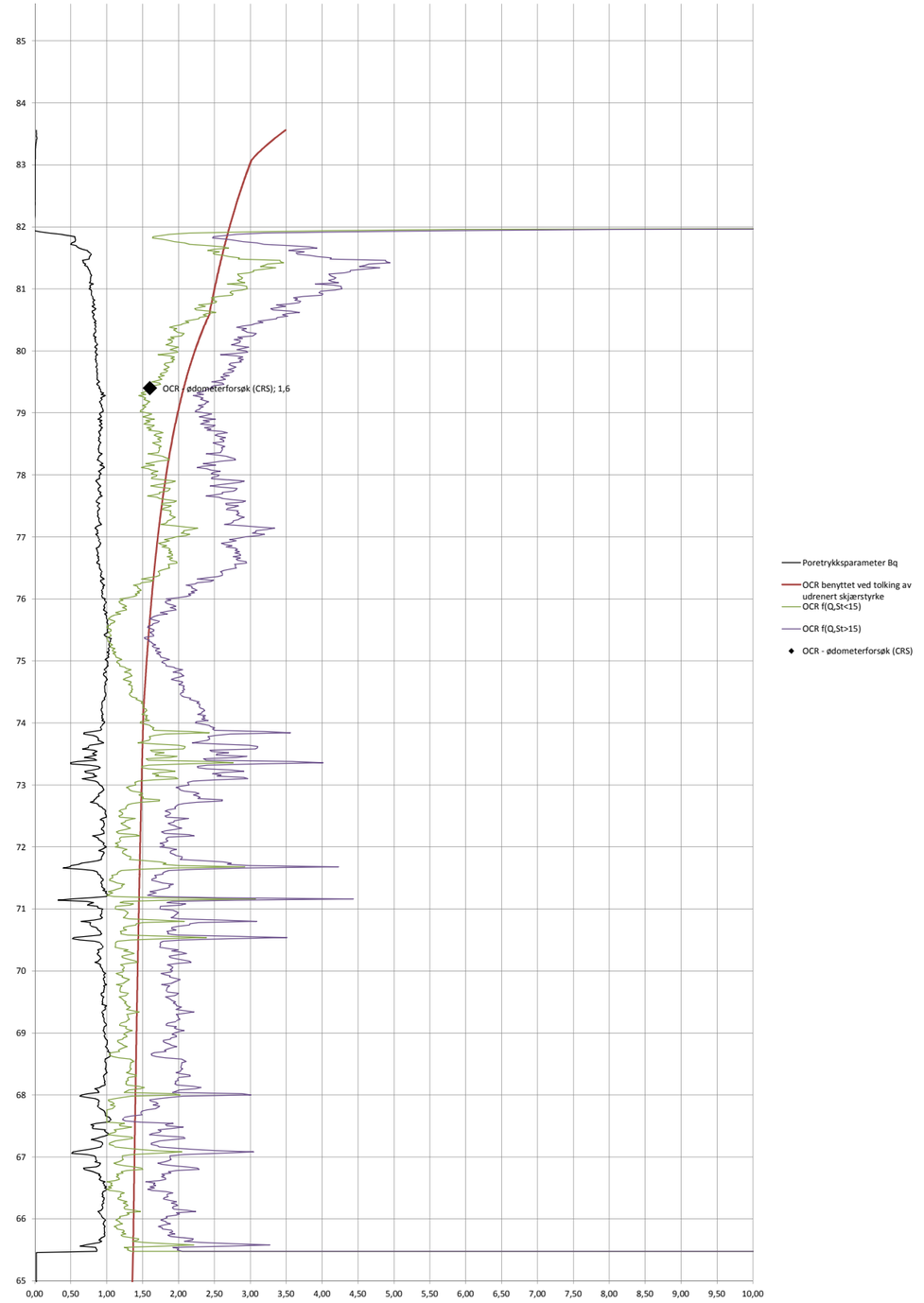


Shanshep - normalisering:
Antatt tidligere terrengkote (OCR): +95.0
alfa=0.28
Beta=0.70

Prøvedata:
Fra pkt. NGI 1-5

Poretrykksutvikling:
Se profil 4C

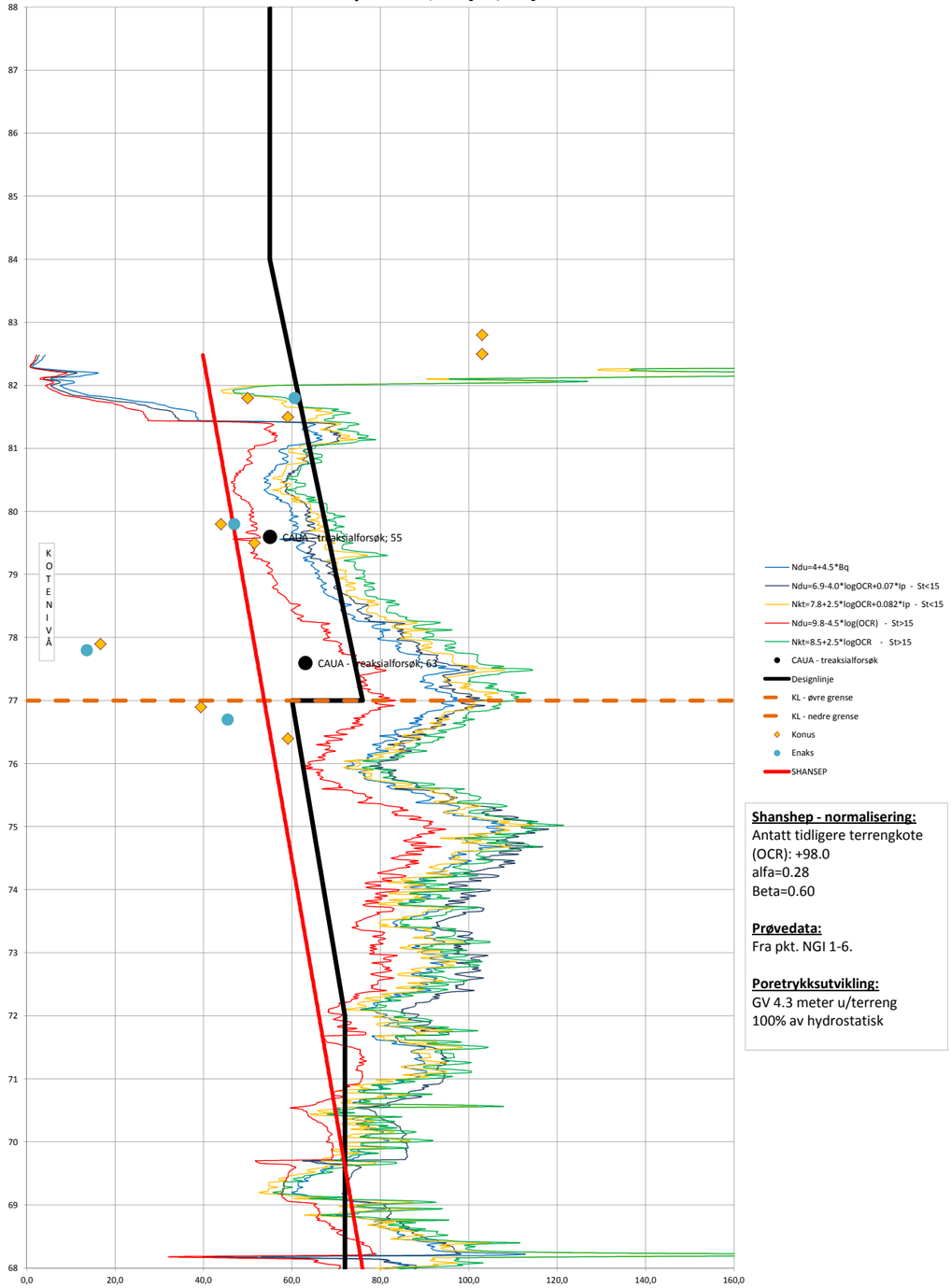
Bq [-] , OCR [-]



RAMBØLL

NVE			Oppdrag 6120285
Hvittingfoss		Tegn./kontr. RAD/MTV	Vedlegg 6
Borpunkt: NGI 1-5	Terrengkote: 85,6		
Tolking/presentasjon av CPTU Udrenert skjærfasthet og OCR		Dato 05.03.2013	Tegn. Nr. -

Udrenert skjærfasthet, cuA [kN/m2]

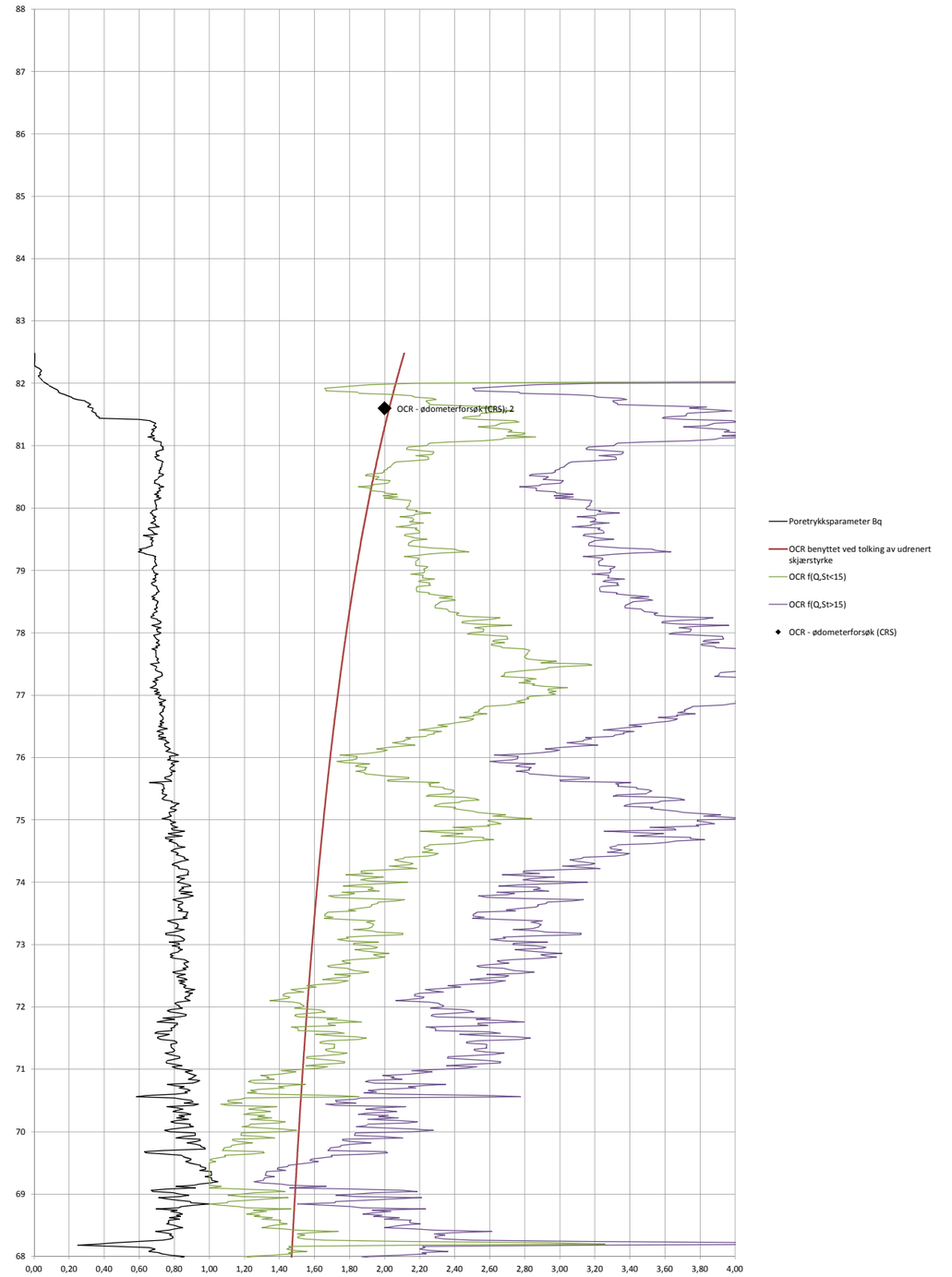


Shanshep - normalisering:
Antatt tidligere terrengkote (OCR): +98.0
alfa=0.28
Beta=0.60

Prøvedata:
Fra pkt. NGI 1-6.

Poretrykksutvikling:
GV 4.3 meter u/terreng
100% av hydrostatisk

Bq [-] , OCR [-]



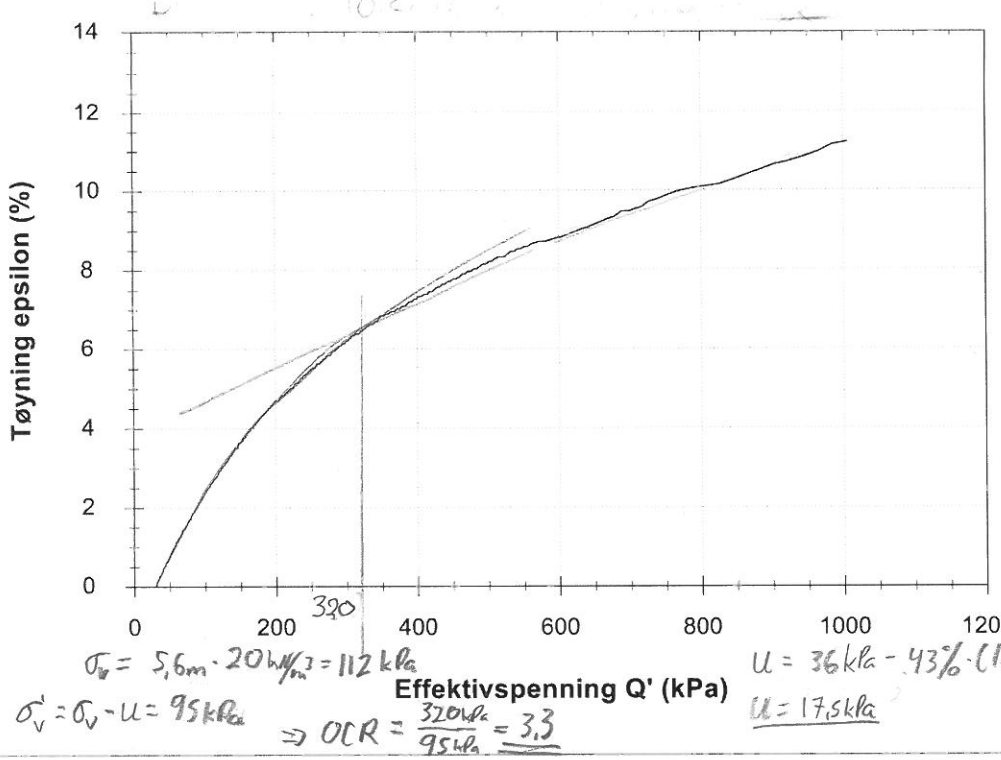
RAMBØLL

NVE			Oppdrag 6120285
Hvittingfoss		Tegn./kontr. MTV/RAD	Vedlegg -
Borpunkt: NGI 1-6	Terrengkote: 88		
Tolking/presentasjon av CPTU Udrenert skjærfasthet og OCR		Dato 19.02.2013	Tegn. Nr. -

BILAG 8

TOLKNING AV ØDOMETERFORSØK BENYTTET FOR TOLKNING AV PREKONSOLIDERINGSSPENNING

14 SIDER



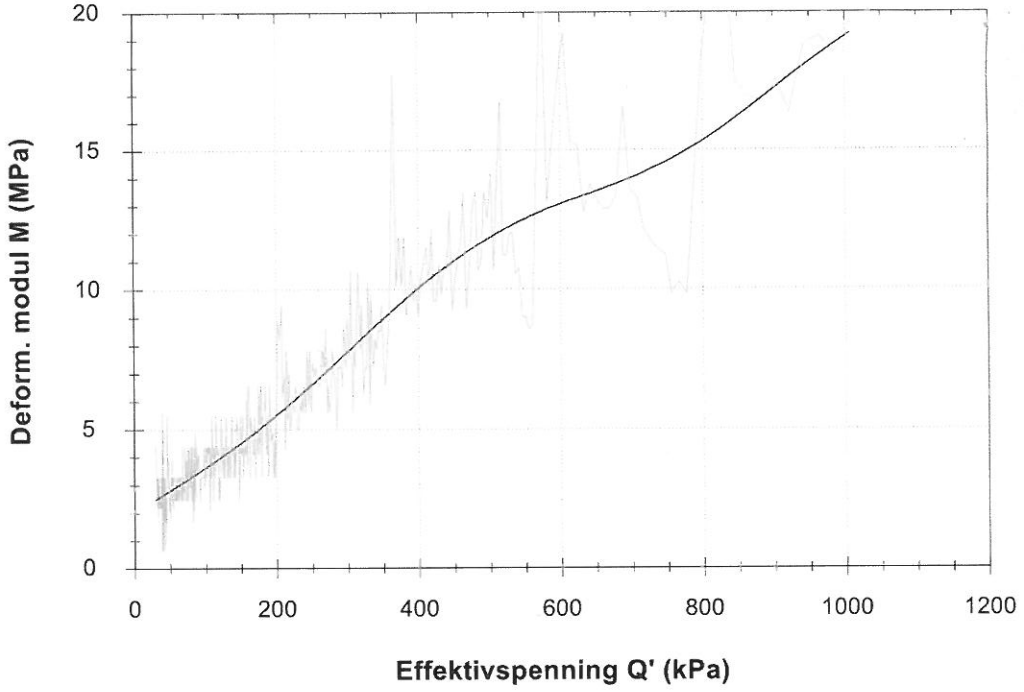
$\sigma_v = 5{,}6\,m \cdot 20\,kN/m^3 = 112\,kPa$

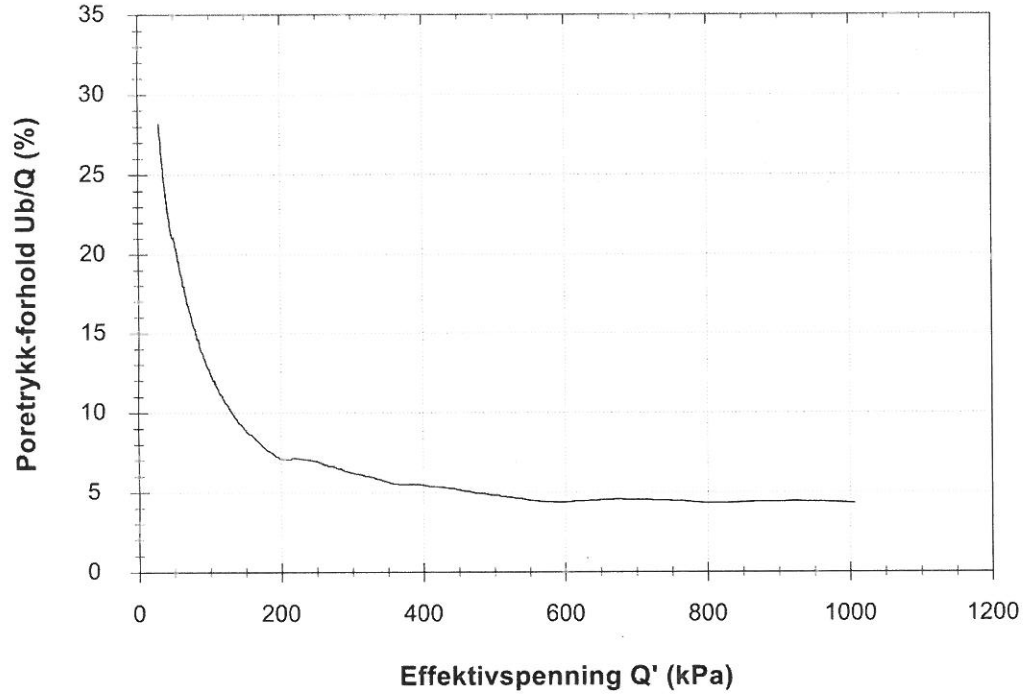
$\sigma_v' = \sigma_v - u = 95\,kPa$

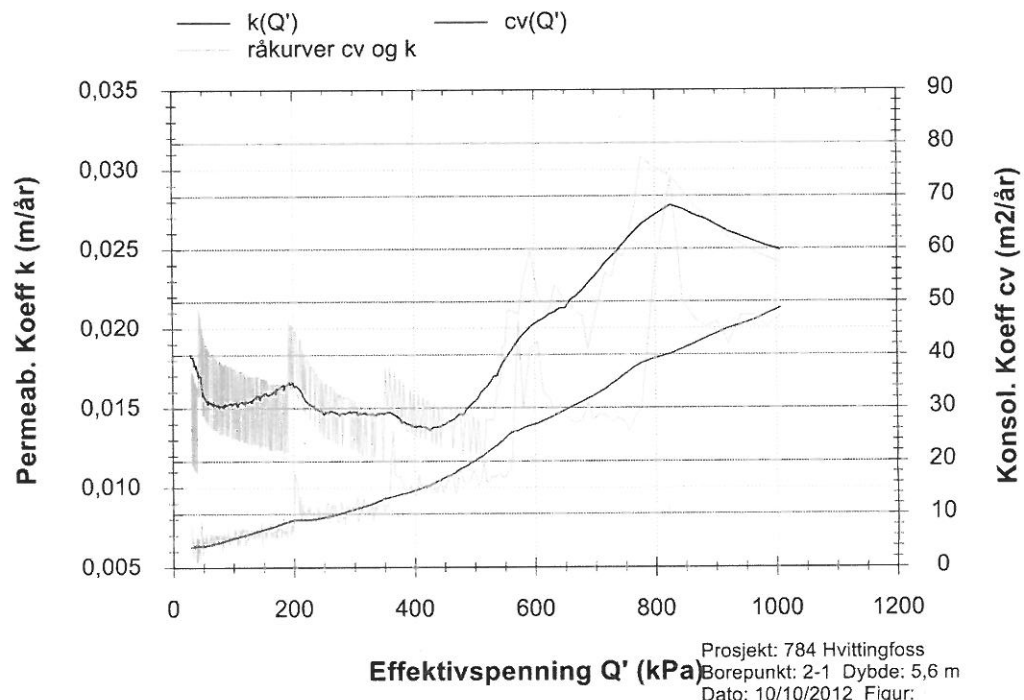
$\Rightarrow OCR = \frac{320\,kPa}{95\,kPa} = 3{,}3$

$u = 36\,kPa - 43\% \cdot (10 - 5{,}7)$

$u = 17{,}5\,kPa$

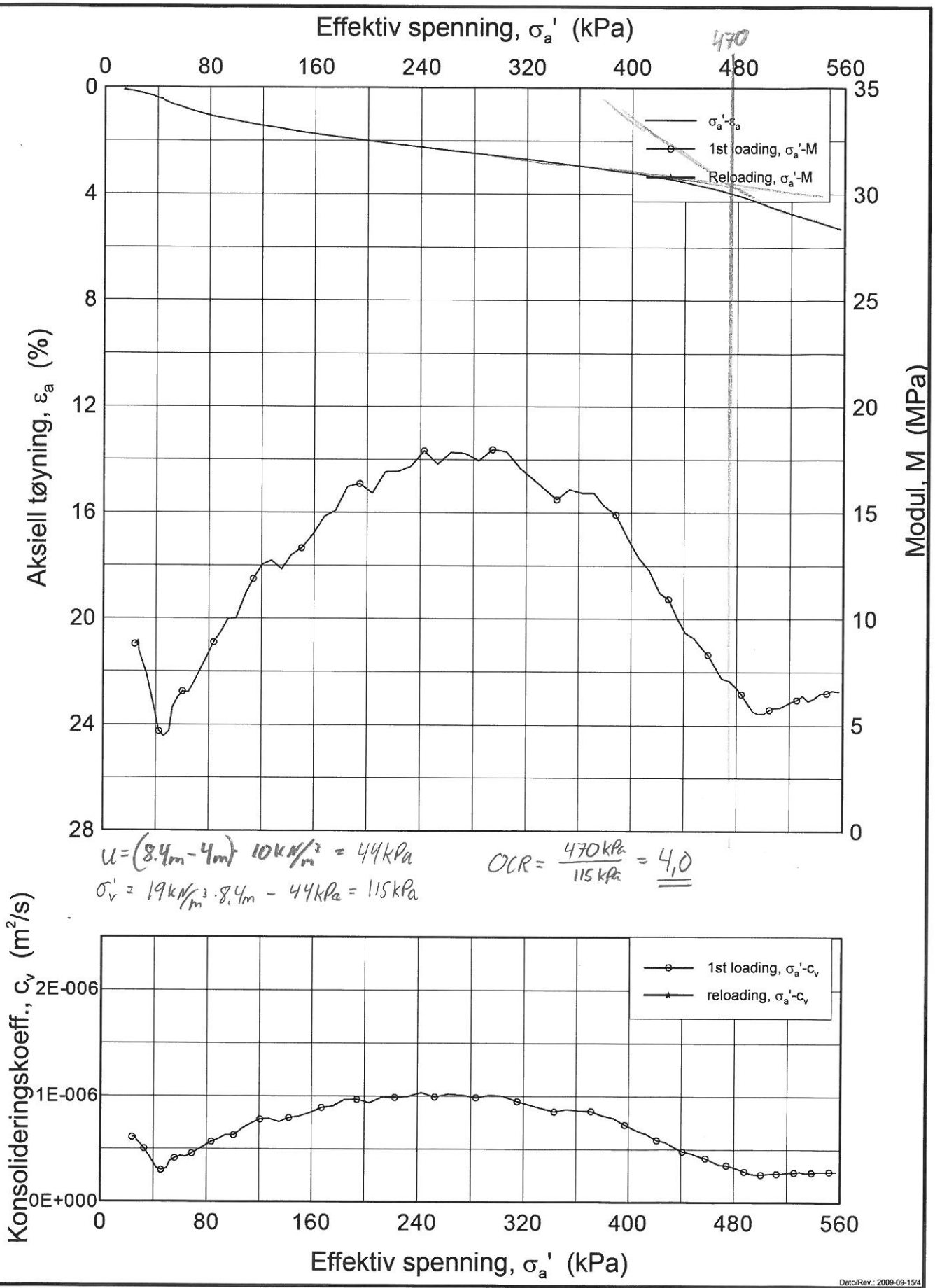






Prosjekt: 784 Hvittingfoss
Borepunkt: 2-1 Dybde: 5,6 m
Dato: 10/10/2012 Figur:

k ikke nøyaktig pga økt kjørehastighet



Dato/Rev.: 2009-09-15/4

H:\LABDATA\2012\20120223\2- Hvittingfoss\Oedom\3-1-2-B-1 lin-2 (crs2152).grf

Hvittingfoss

Dokumentnr.: 20120223-2

Dato: 2012-11-21

Oedometer test (CRSC)

Dybde = 8.37 m

Borhull: ~~3-2~~ 3-1 Sylinder: 2

p_o' = 83.7 kPa

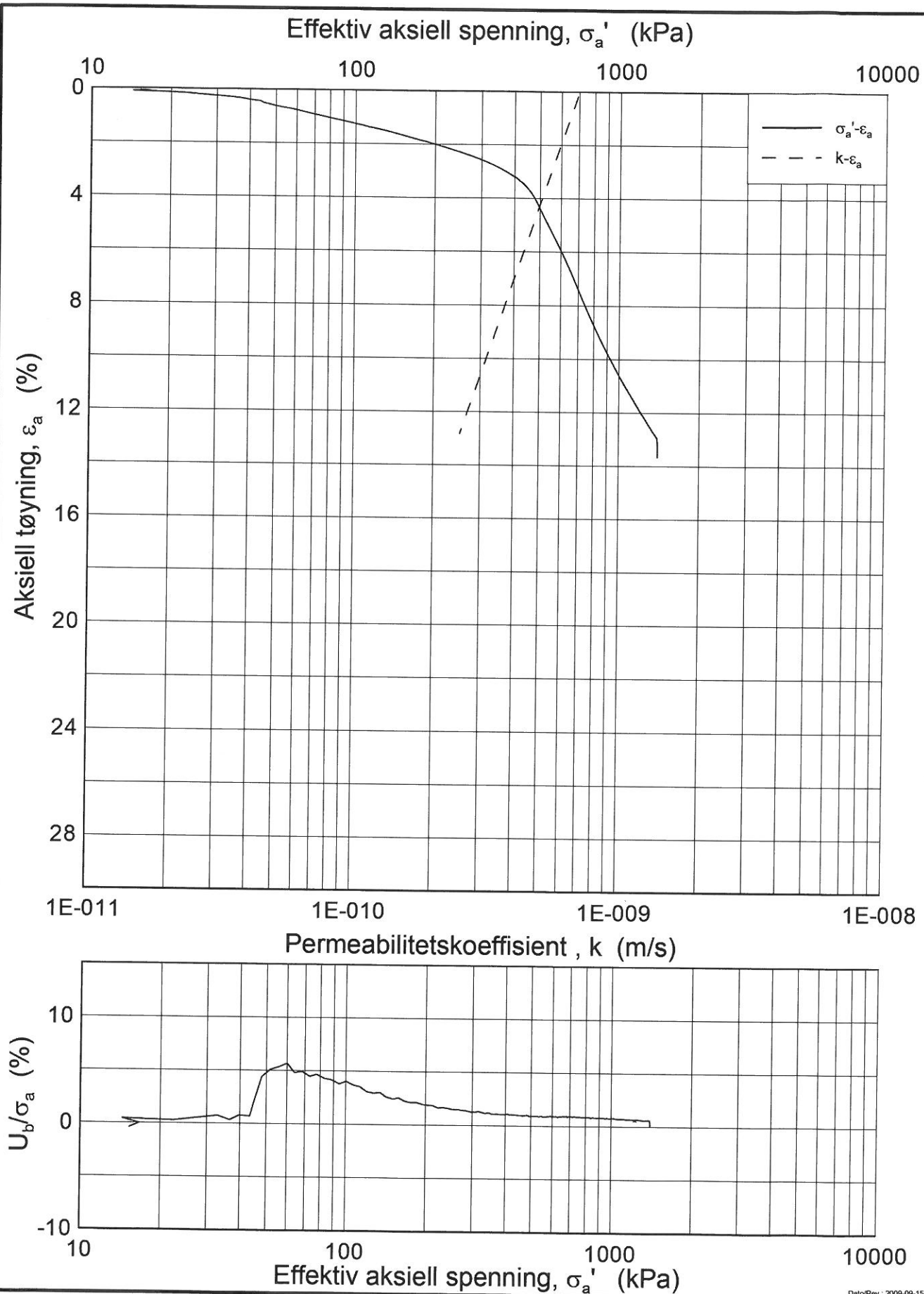
Del: B Test: 1

w_i = 32.75 %

Figurnr.: xx.xx

Tegner: FP

NGI



Dato/Rev.: 2009-09-15/3

H:\LABDATA\2012\20120223\2- Hvittingfoss\Oedom\3-1-2-B-1 log (crs2152).grf

Hvittingfoss

Dokumentnr. 20120223-2

Ødometer test (CRSC)

Dybde = 8.37 m

Dato 2012-11-21

Borhull: 3-1 Sylinder: 2

p_o' = 83.7 kPa

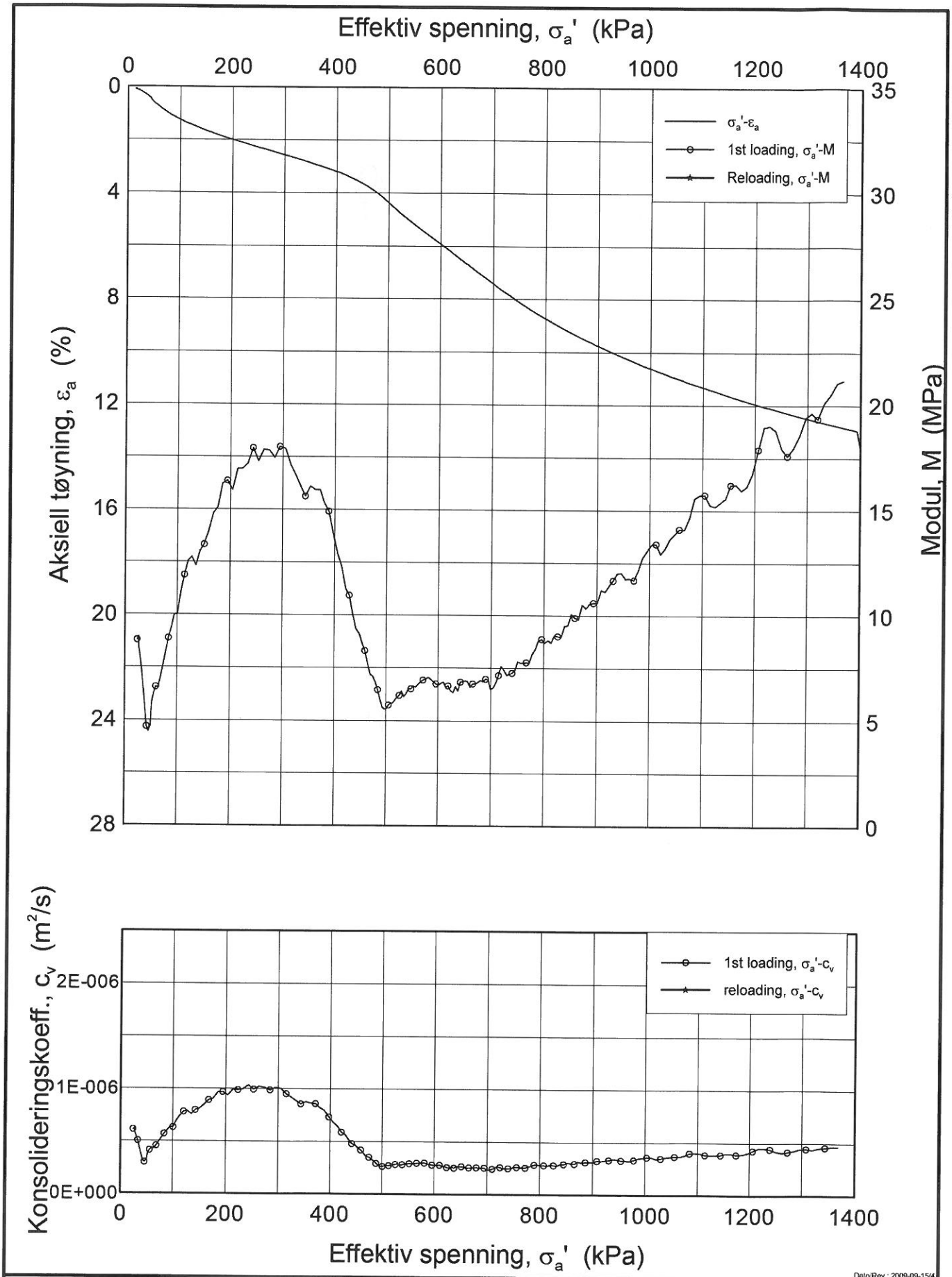
Figurnr. xx.xx

Del: B Test: 1

w_i = 32.75 %

Tegner FP

NGI



Dato/Rev.: 2009-09-15/4

H:\LABDATA\2012\20120223\2- Hvittingfoss\Oedom\3-1-2-B-1 lin (crs2152).grf

Hvittingfoss

Dokumentnr. 20120223-2

Oedometer test (CRSC)

Dybde = 8.37 m

Dato 2012-11-21

Borhull: 3-2 Sylinder: 2

p_o' = 83.7 kPa

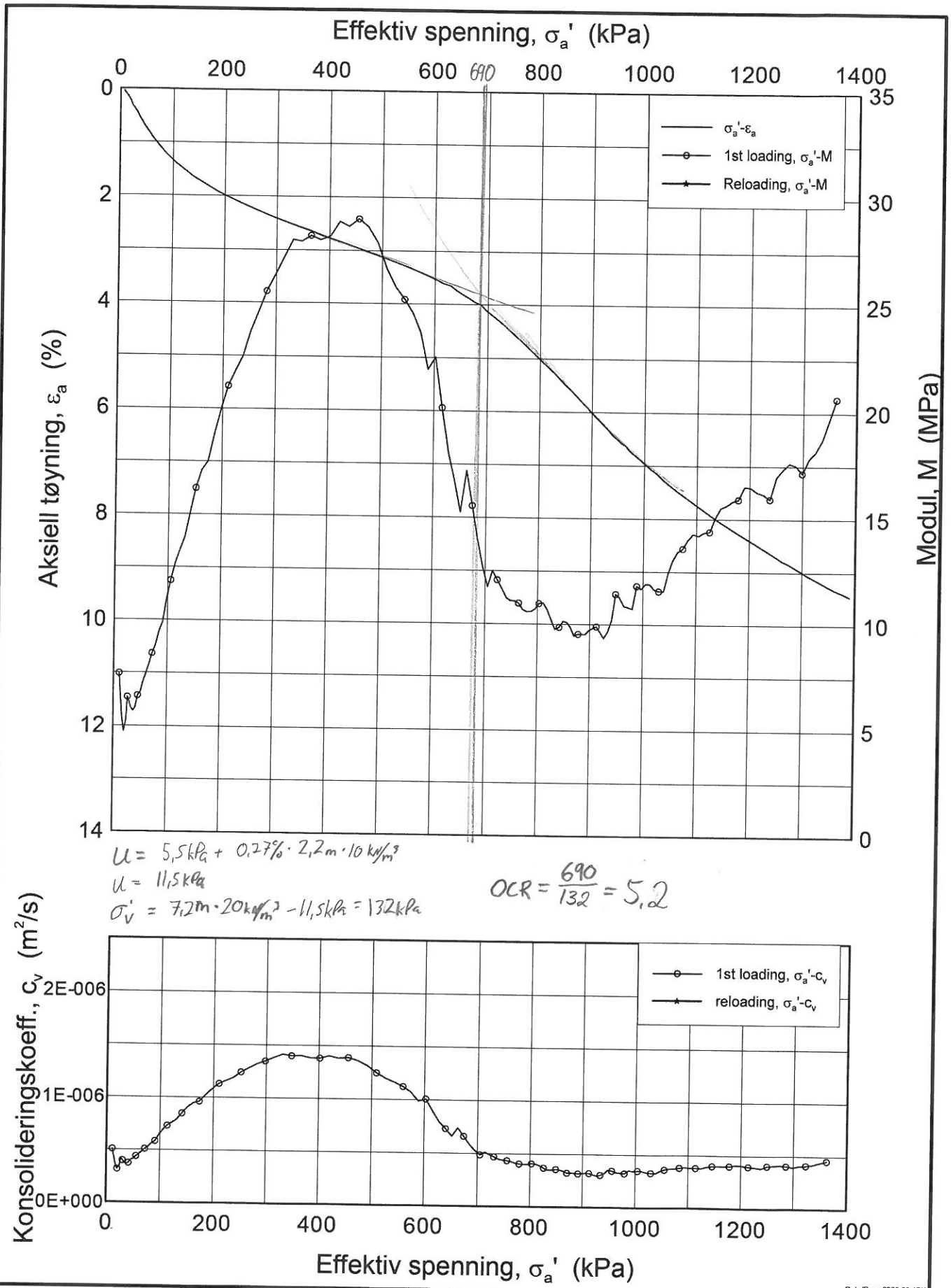
Figurnr. xx.xx

Del: B Test: 1

w_i = 32.75 %

Tegner FP

NGI



Dato/Rev.: 2009-09-15/4

Hvittingfoss

Dokumentnr. 20120223-2

Oedometer test (CRSC)

Dybde = 7.23 m

Dato 2012-11-21

Borhull: 3-3 Sylinder: 2

p_o' = 72.3 kPa

Figurnr. xx.xx

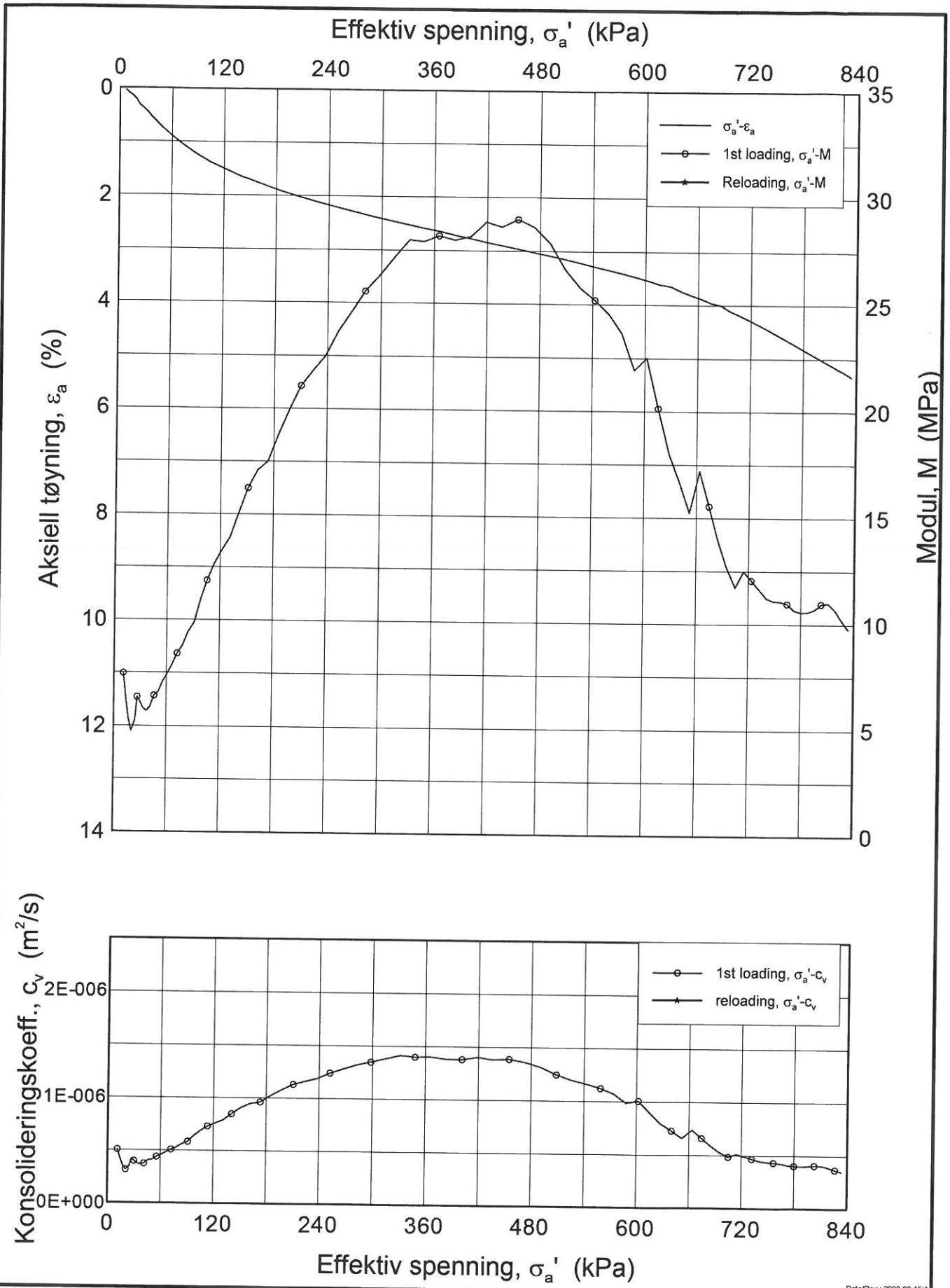
Del: A Test: 1

w_i = 25.63 %

Tegner FP

NGI

H:\LABDATA\2012\20120223\2- Hvittingfoss\Oedom\3-3-2-A-1 lin (crs2153).grf



Dato/Rev.: 2009-09-15/4

H:\LABDATA\2012\20120223\2- Hvittingfoss\Oedom\3-3-2-A-1 lin-2 (crs2153).grf

Hvittingfoss

Dokumentnr. 20120223-2

Oedometer test (CRSC)

Dato 2012-11-21

Borhull: 3-3 Sylinder: 2

Del: A Test: 1

Dybde = 7.23 m

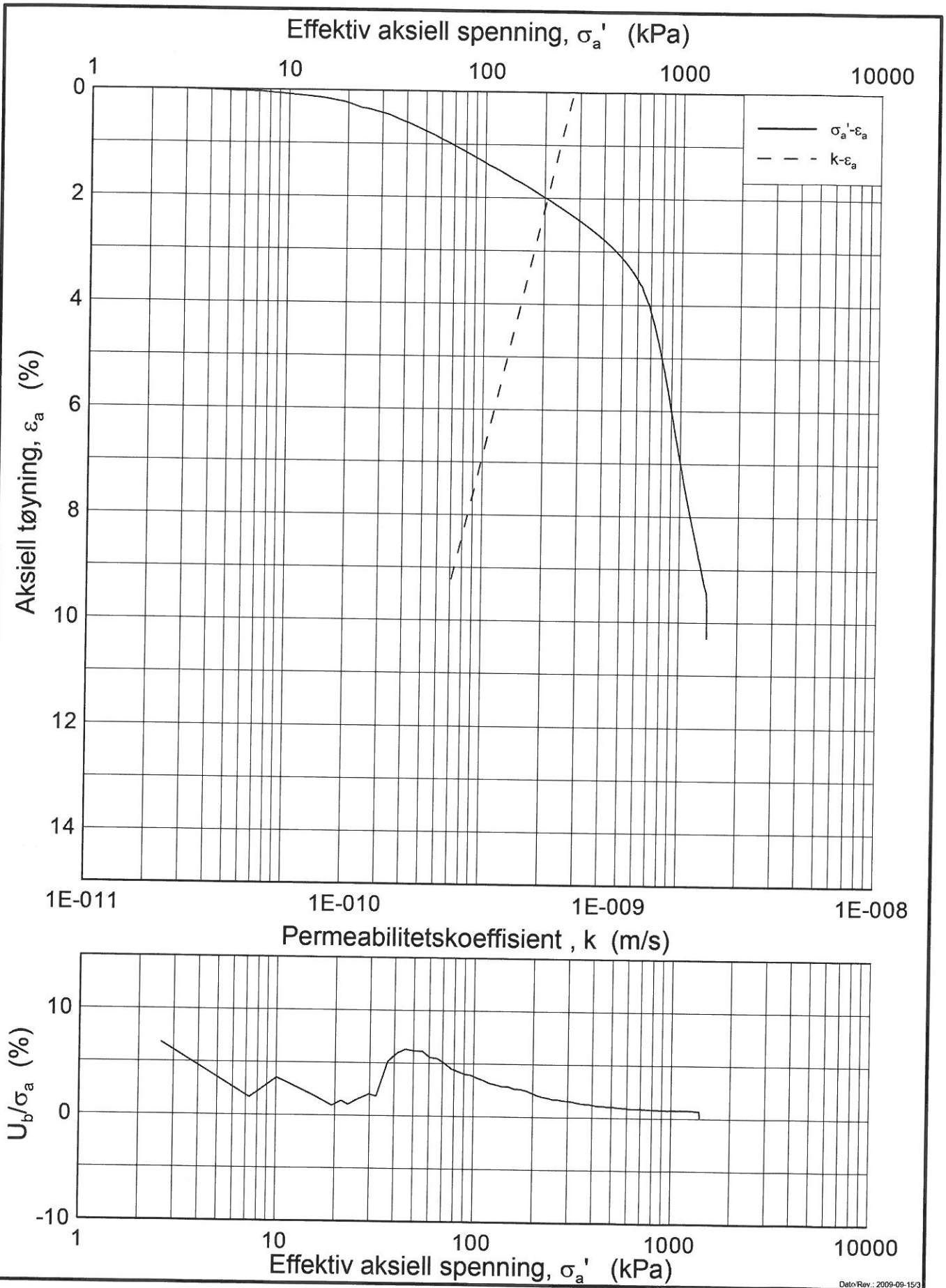
p_o' = 72.3 kPa

w_i = 25.63 %

Figurnr. xx.xx

Tegner FP

NGI



Dato/Rev.: 2009-09-15/3

H:\LABDATA\2012\20120223\2- Hvittingfoss\Oedom\3-3-2-A-1 log (crs2153).grf

Hvittingfoss

Dokumentnr. 20120223-2

Ødometer test (CRSC)

Dato 2012-11-21

Borhull: 3-3 Sylinder: 2

Del: A Test: 1

Dybde = 7.23 m

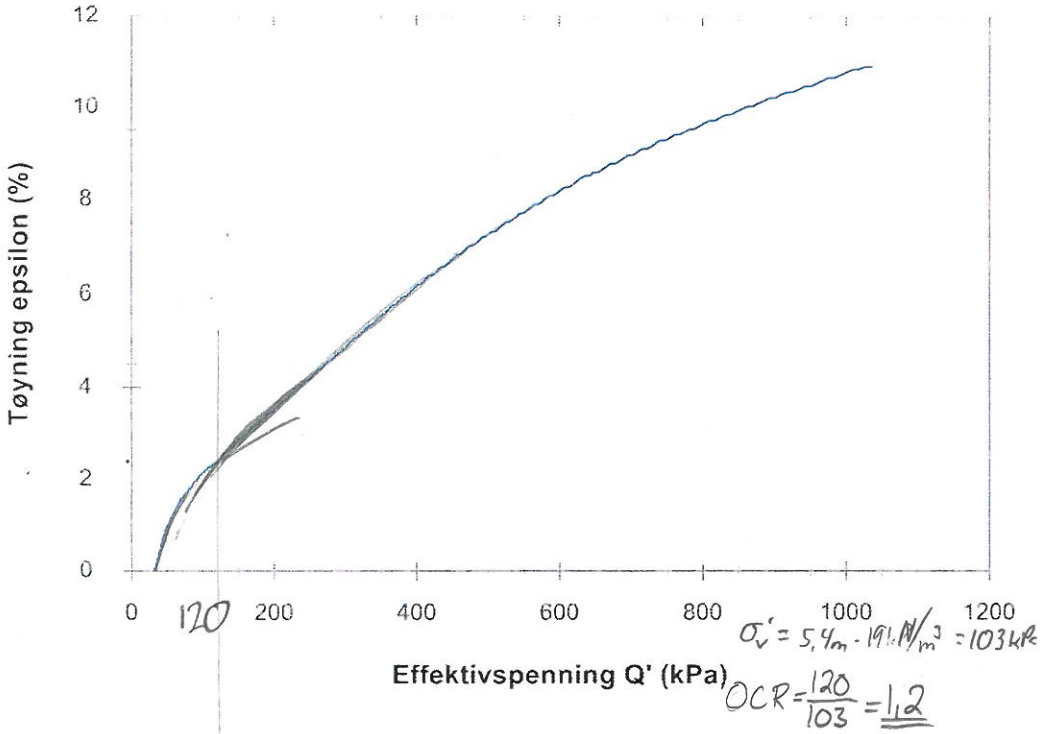
p_o' = 72.3 kPa

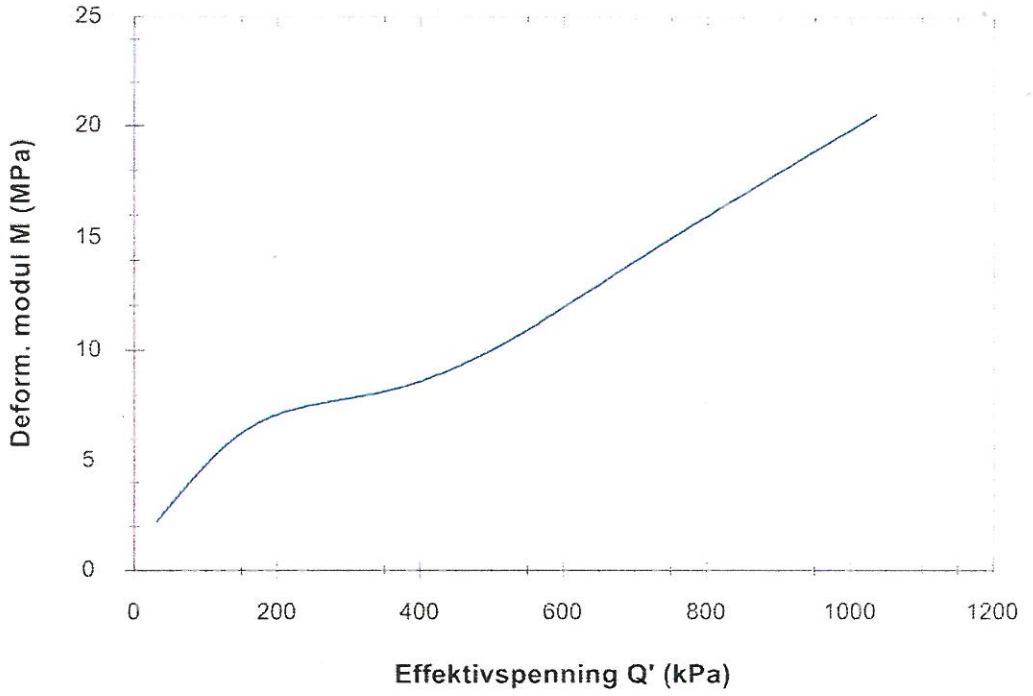
w_i = 25.63 %

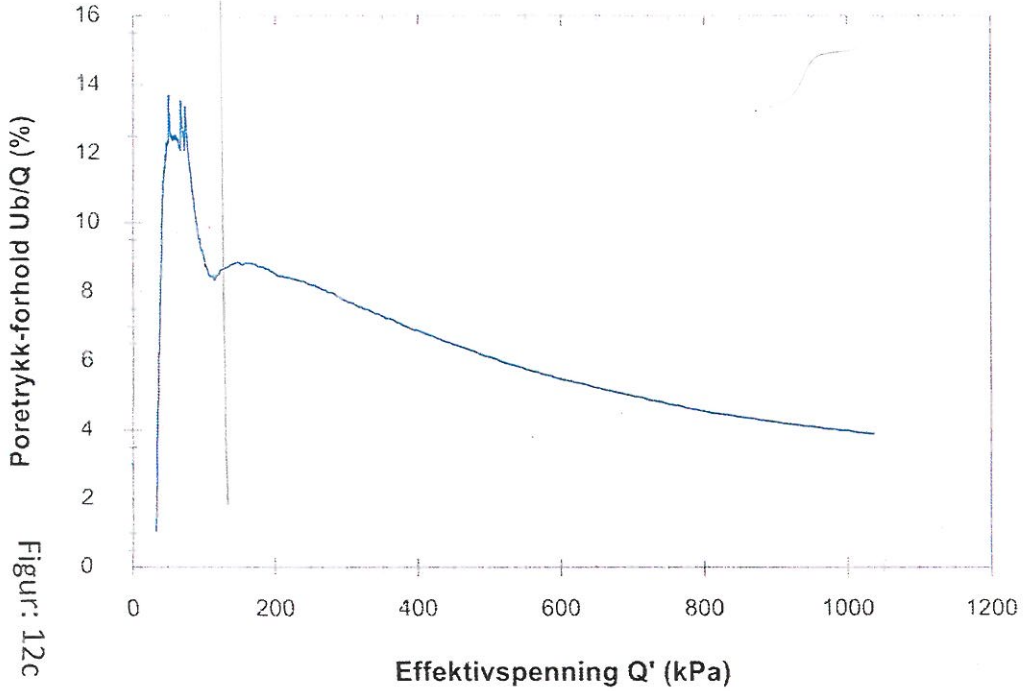
Figurnr. xx.xx

Tegner FP

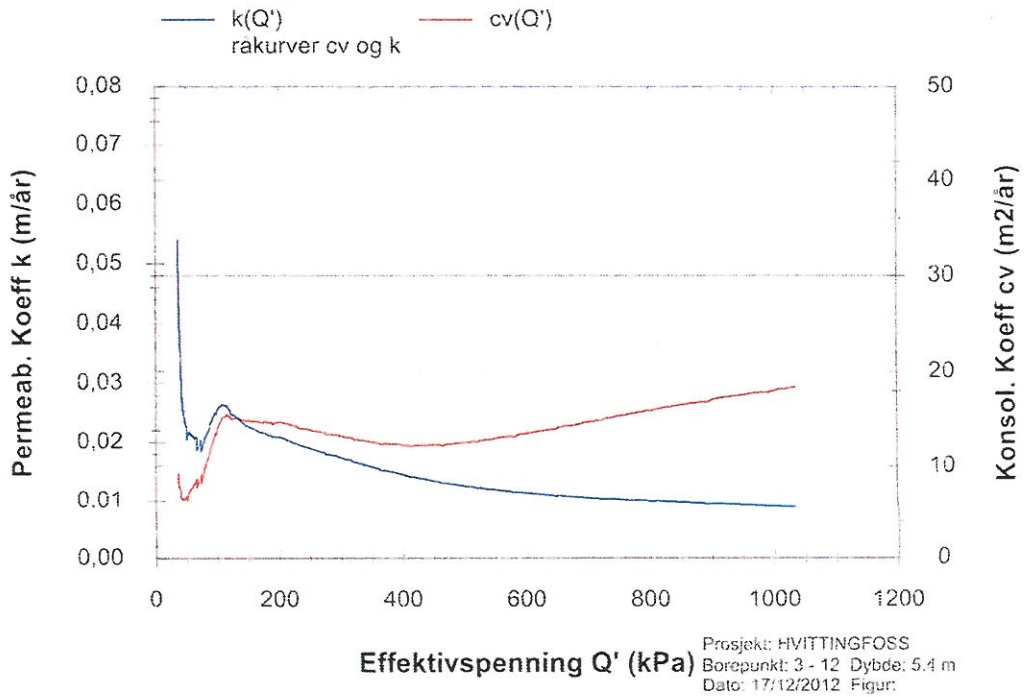
NGI



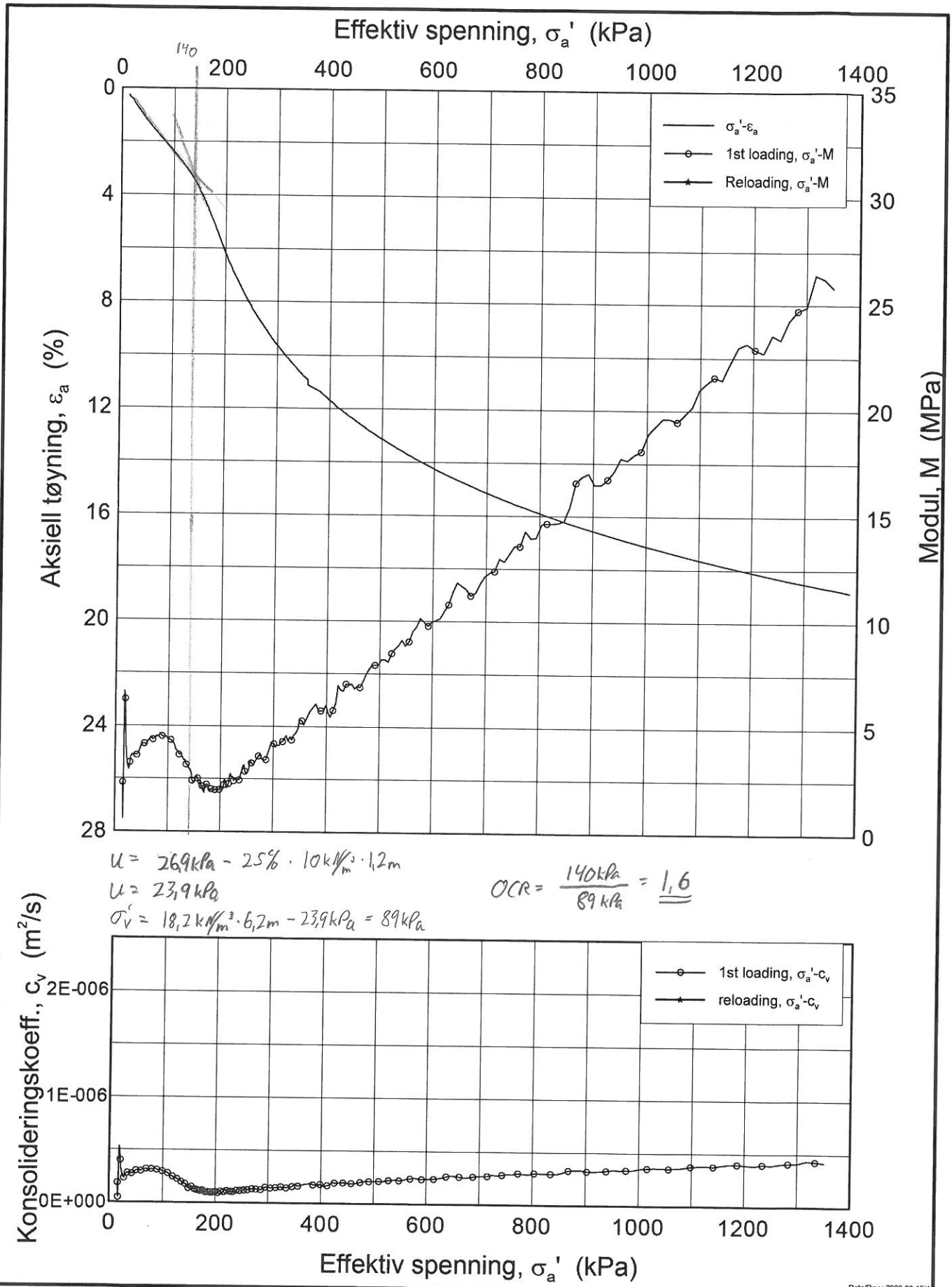




Figur: 12c



Prosjekt: HVITTINGFOSS
Borepunkt: 3 - 12 Dybde: 5.4 m
Dato: 17/12/2012 Figur:



Dato/Rev.: 2009-09-15/A

H:\LABDATA\2012\20120223\2- Hvittingfoss\Oedom\NGI1-5-4-A-1 lin (crs2158).grf

Hvittingfoss

Dokumentnr. 20120223-2

Oedometer test (CRSC)

Dato 2012-12-18

Dybde = 6.17 m

Borhull: NGI1-5 Sylinder: 4

p_o' = 61.7 kPa

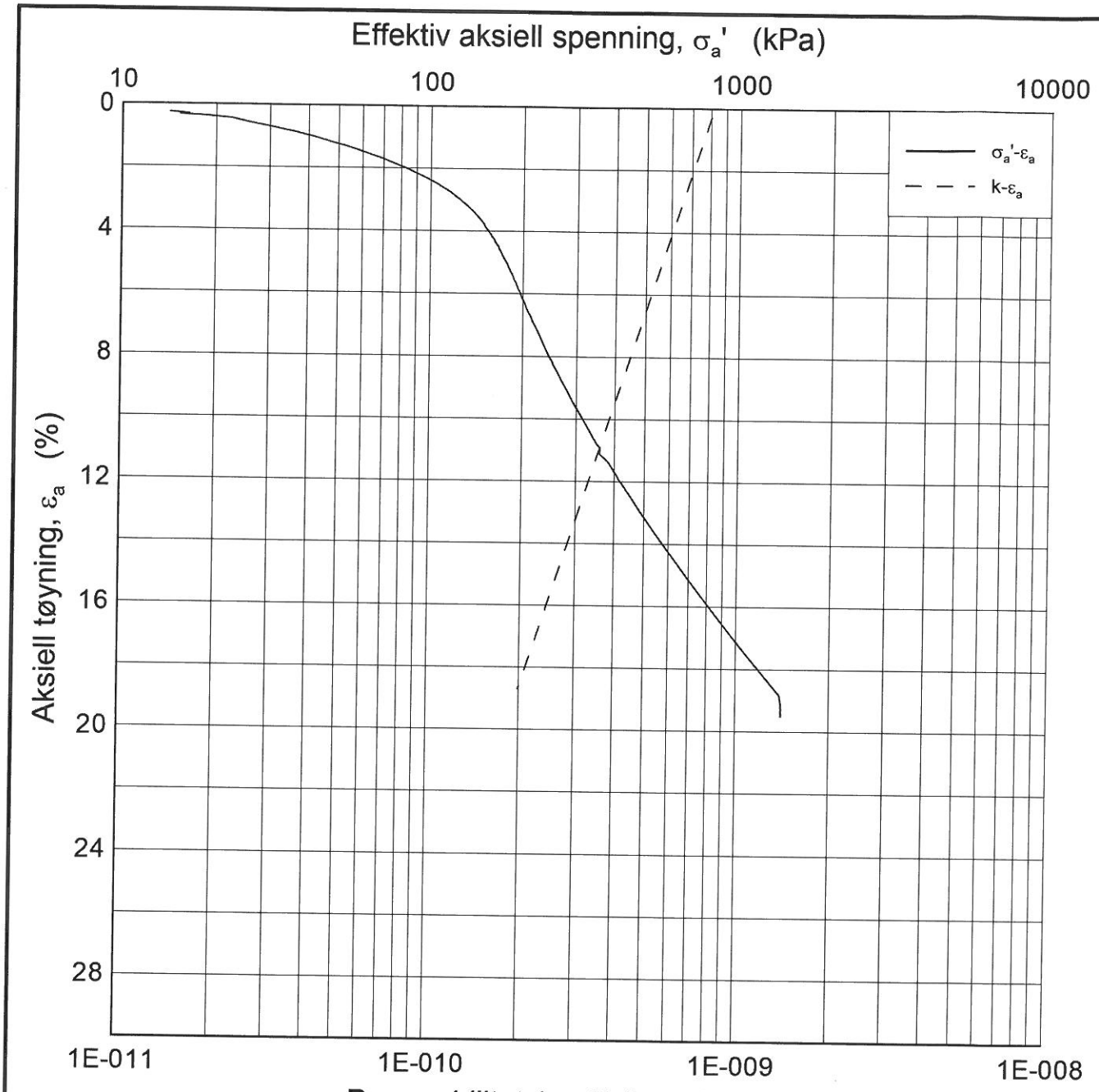
Figurnr. xx.xx

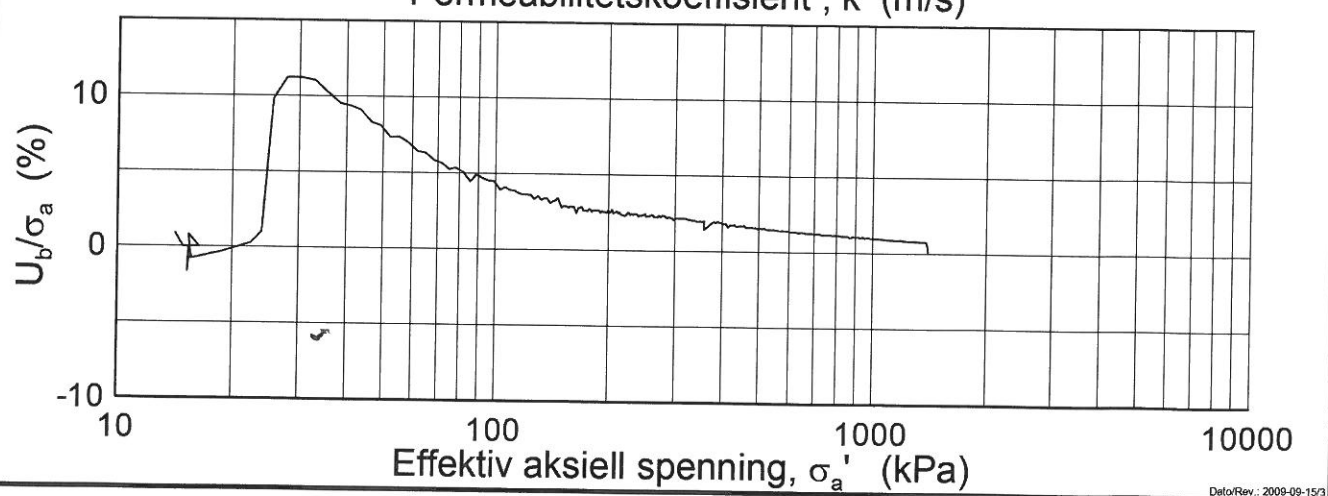
Del: A Test: 1

w_i = 41.24 %

Tegner FP

NGI





Dato/Rev.: 2009-09-15/3

Hvittingfoss

Dokumentnr. 20120223-2

Ødometer test (CRSC)

Dato 2012-12-18

Borhull: NGI1-5 Sylinder: 4

Dybde = 6.17 m

p_o' = 61.7 kPa

Figurnr. xx.xx

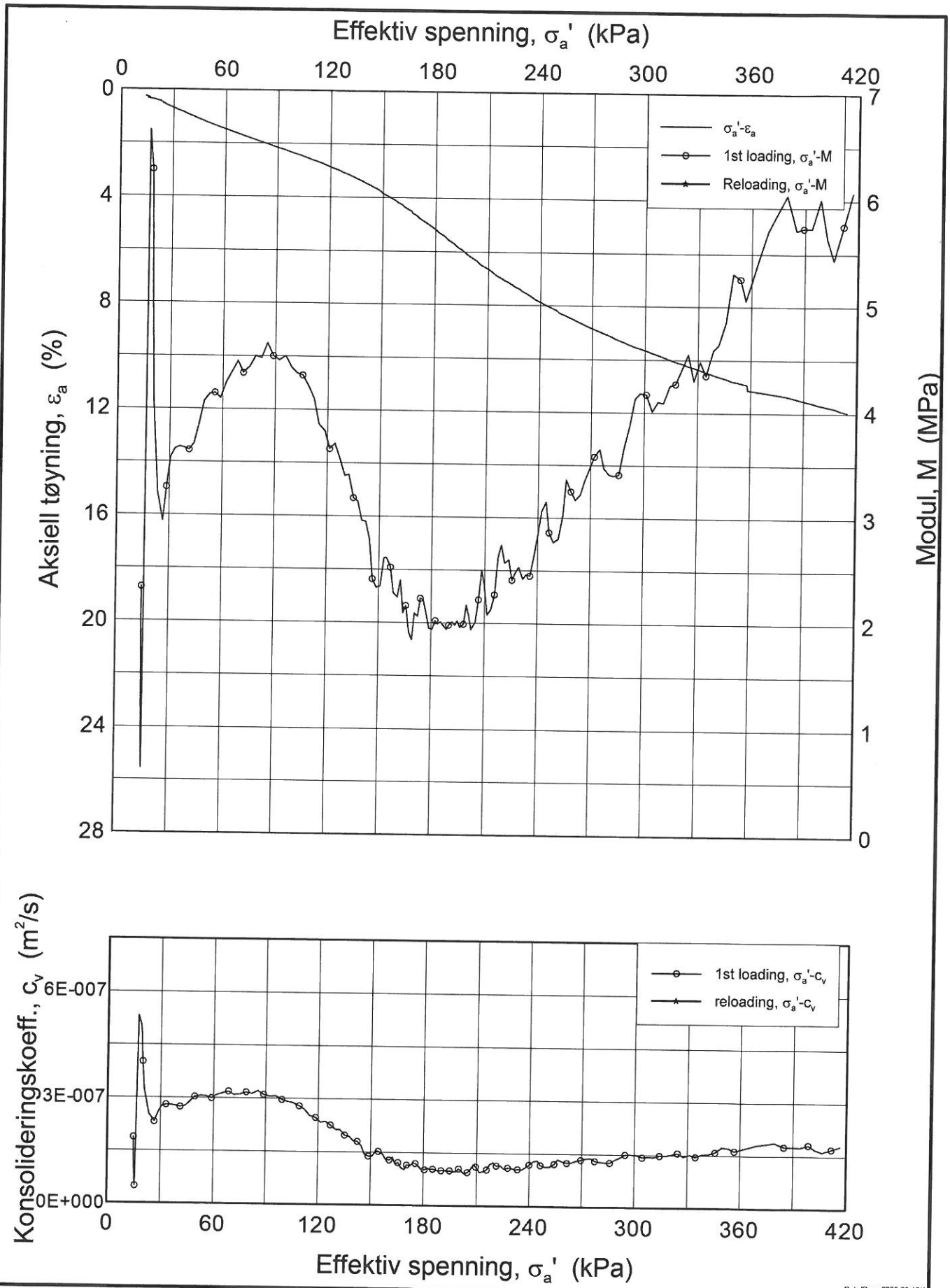
Del: A Test: 1

w_i = 41.24 %

Tegner FP

NGI

H:\LABDATA\2012\20120223\2- Hvittingfoss\Oedom\NGI1-5-4-A-1 log (crs2158).grf



H:\LABDATA\2012\20120223\2- Hvittingfoss\Oedom\NGI1-5-4-A-1 lin-2 (crs2158).grf

Dato/Rev.: 2009-09-15/4

Hvittingfoss

Dokumentnr. 20120223-2

Oedometer test (CRSC)

Dybde = 6.17 m

Borhull: NGI1-5 Sylinder: 4

p_o' = 61.7 kPa

Del: A Test: 1

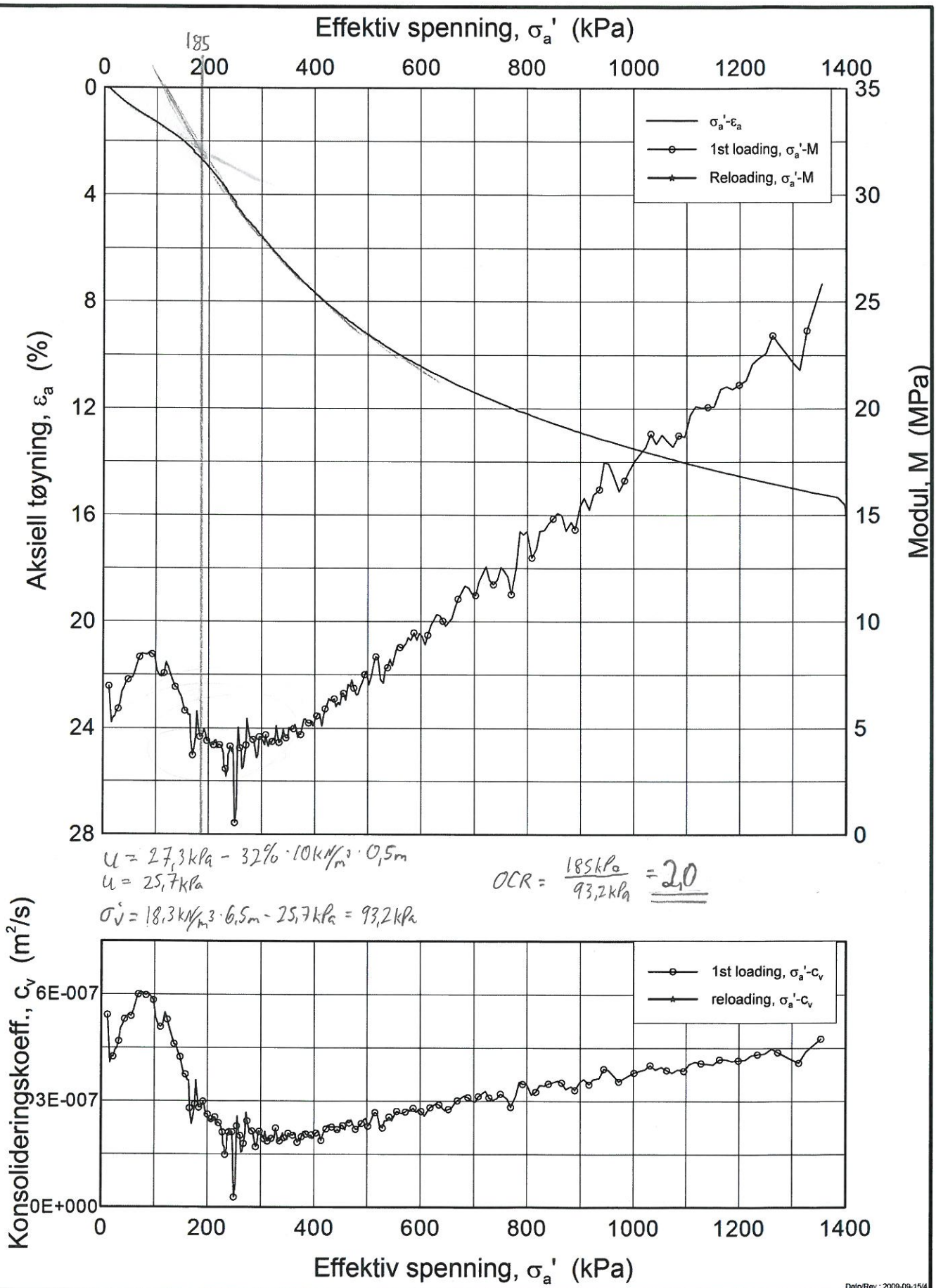
w_i = 41.24 %

Dato 2012-12-18

Figurnr. xx.xx

Tegner FP

NGI



Dato/Rev.: 2009-09-15/4

H:\LABDATA\2012\20120223\2- Hvittingfoss\Oedom\1-6-2-C-1 lin (crs2151).grf

Hvittingfoss

Dokumentnr.: 20120223-2

Oedometer test (CRSC)

Dybde = 6.47 m

Borhull: 1-6 Sylinder: 2 p_o' = 64.7 kPa

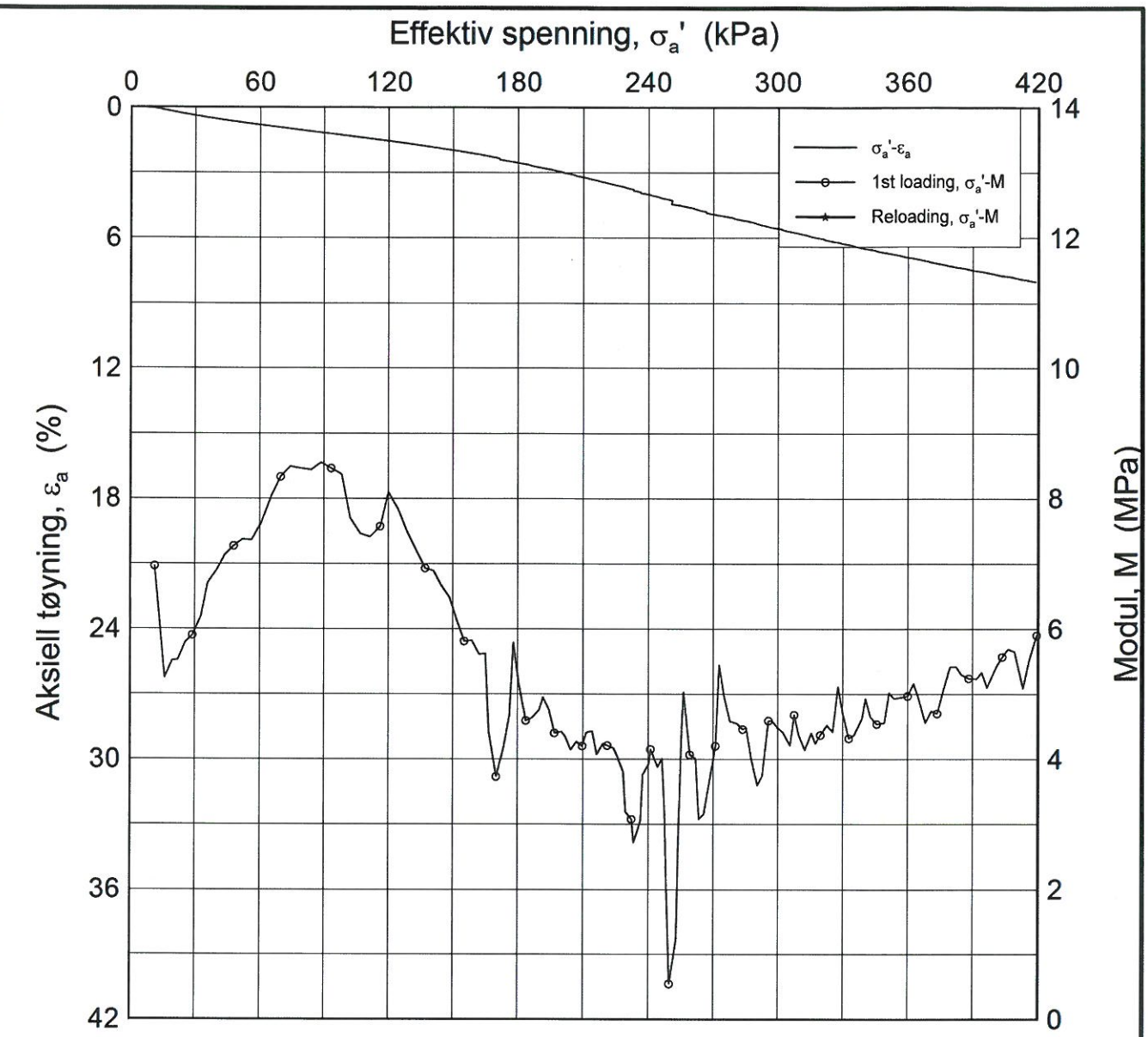
Del: C Test: 1 w_i = 38.03 %

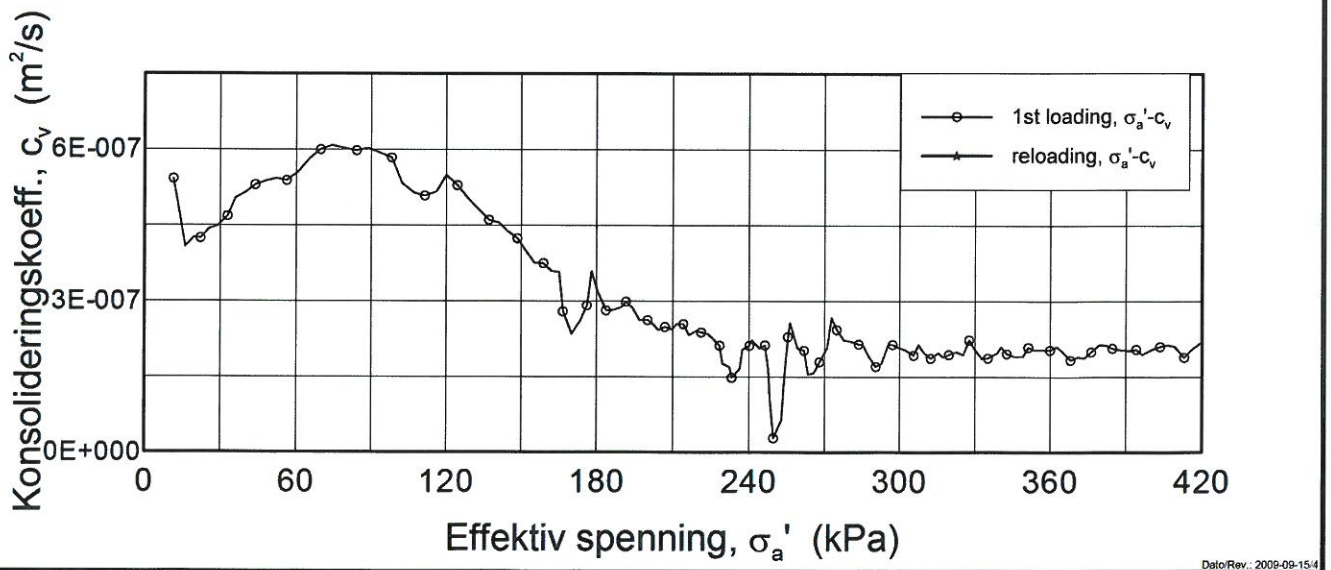
Dato: 2012-11-22

Figurnr.: xx.xx

Tegner: FP

NGI





Dato/Rev.: 2009-09-15/4

Hvittingfoss

Dokumentnr. 20120223-2

Oedometer test (CRSC)

Dybde = 6.47 m

Borhull: 1-6 Sylinder: 2 p_o' = 64.7 kPa

Del: C Test: 1 w_i = 38.03 %

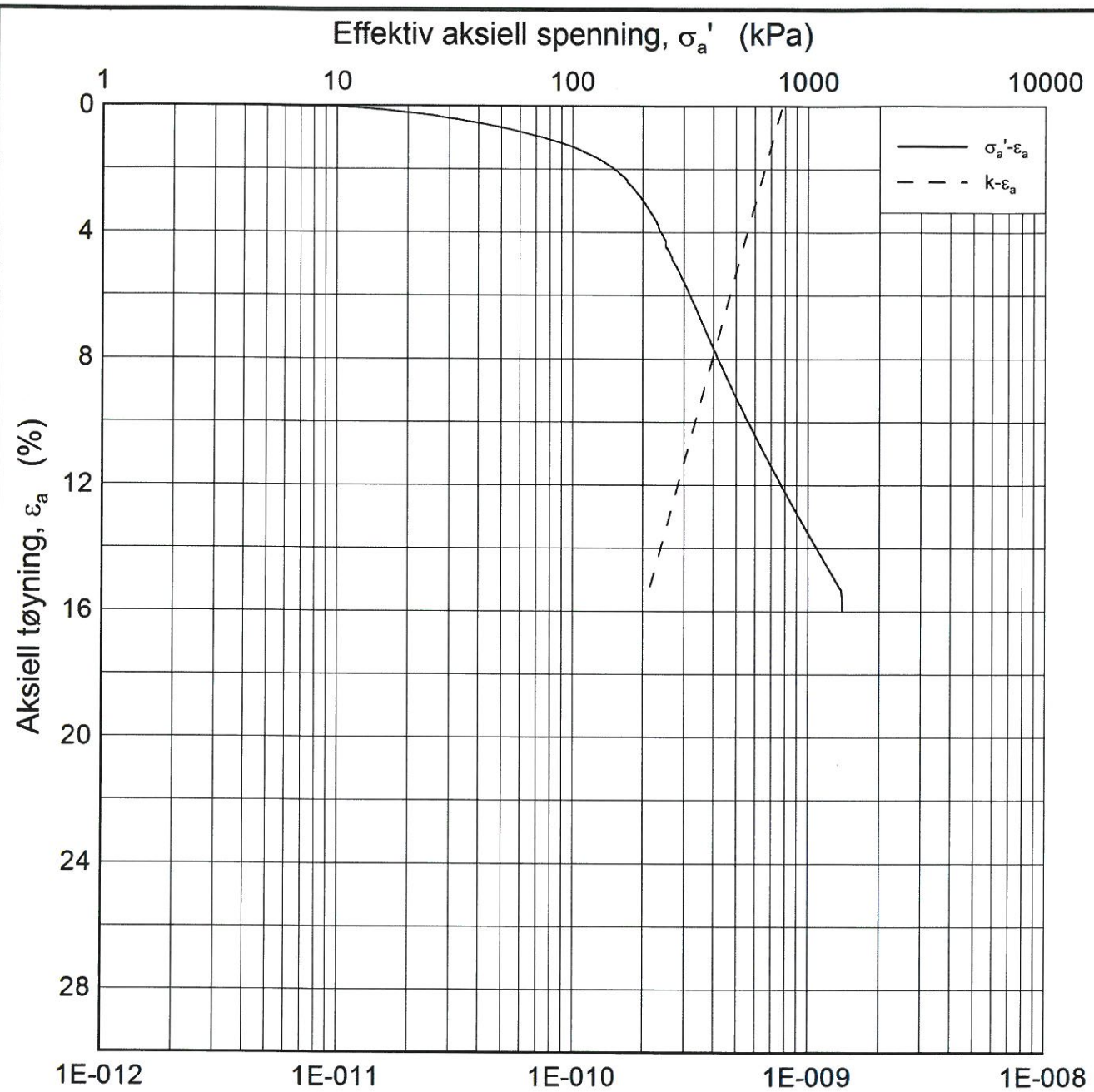
Dato 2012-11-22

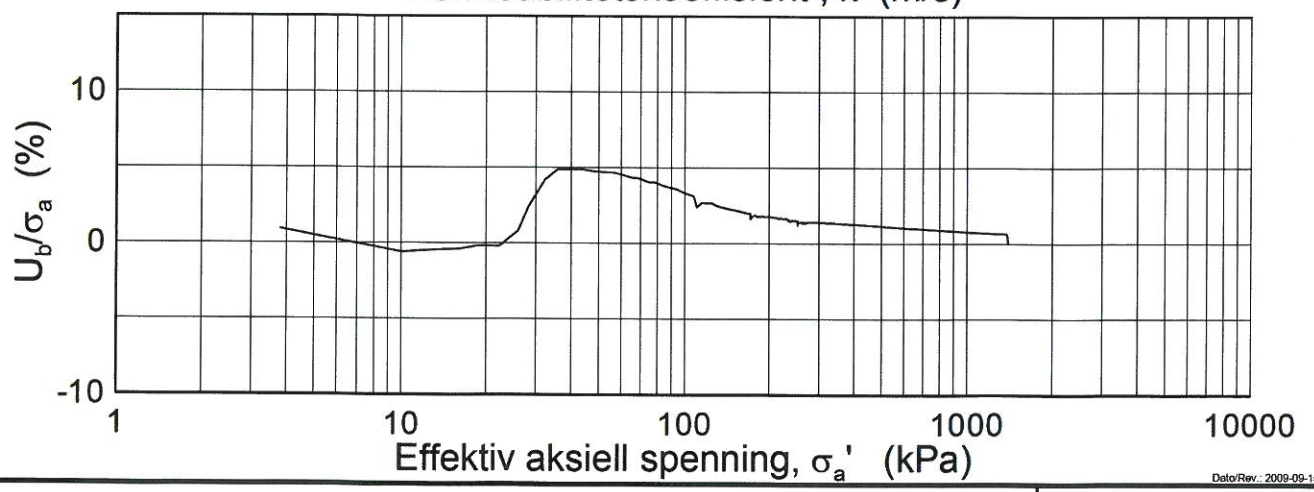
Figurnr. xx.xx

Tegner FP

NGI

H:\LABDATA\2012\20120223\2- Hvittingfoss\Oedom\1-6-2-C-1 lin-2 (crs2151).grf





Dato/Rev.: 2009-09-15/3

Hvittingfoss

Dokumentnr. 20120223-2

Ødometer test (CRSC)

Dato 2012-11-22

Dybde = 6.47 m

Borhull: 1-6 Sylinder: 2

p_o' = 64.7 kPa

Figurnr. xx.xx

Del: C Test: 1

w_i = 38.03 %

Tegner FP

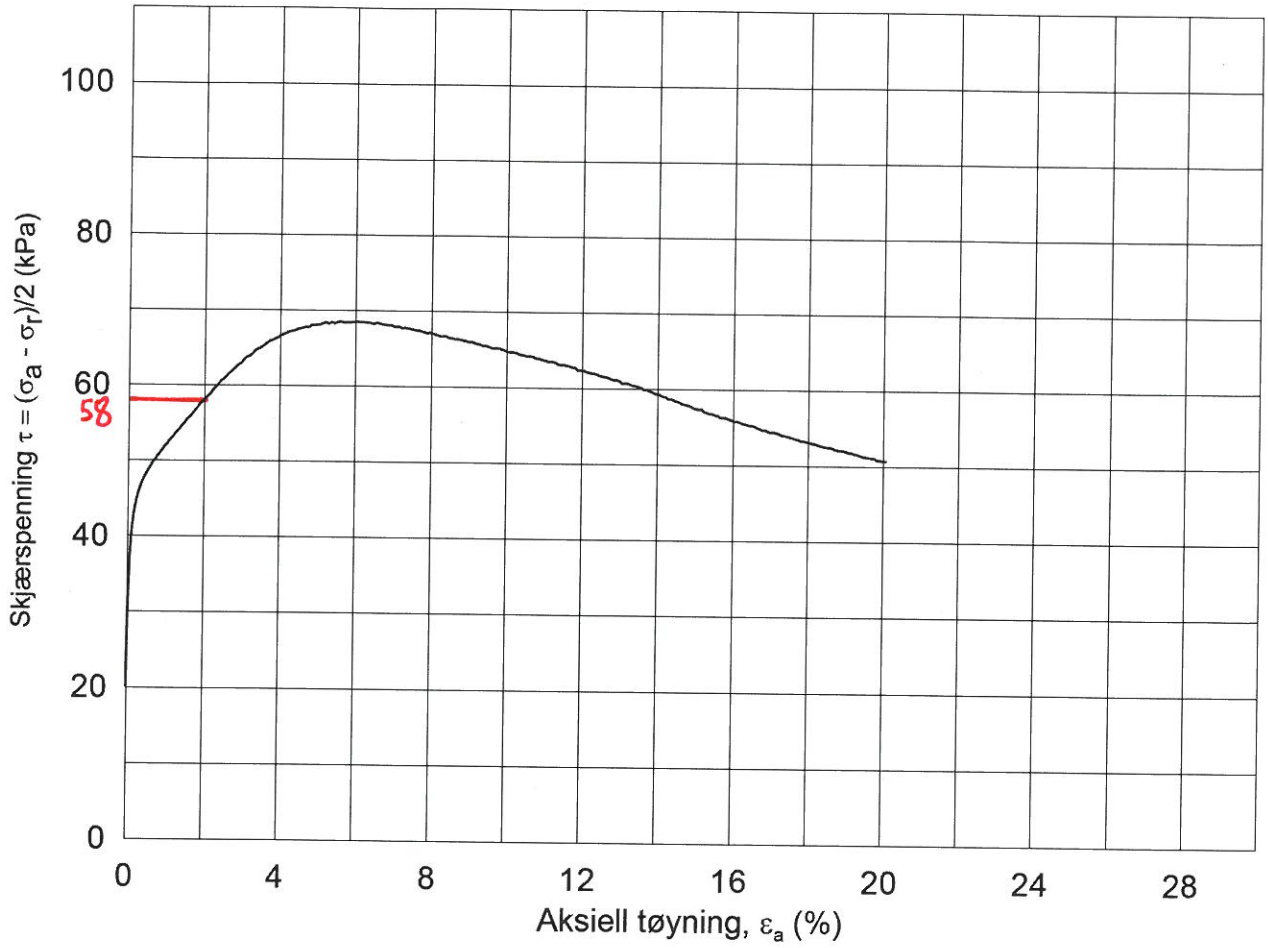
NGI

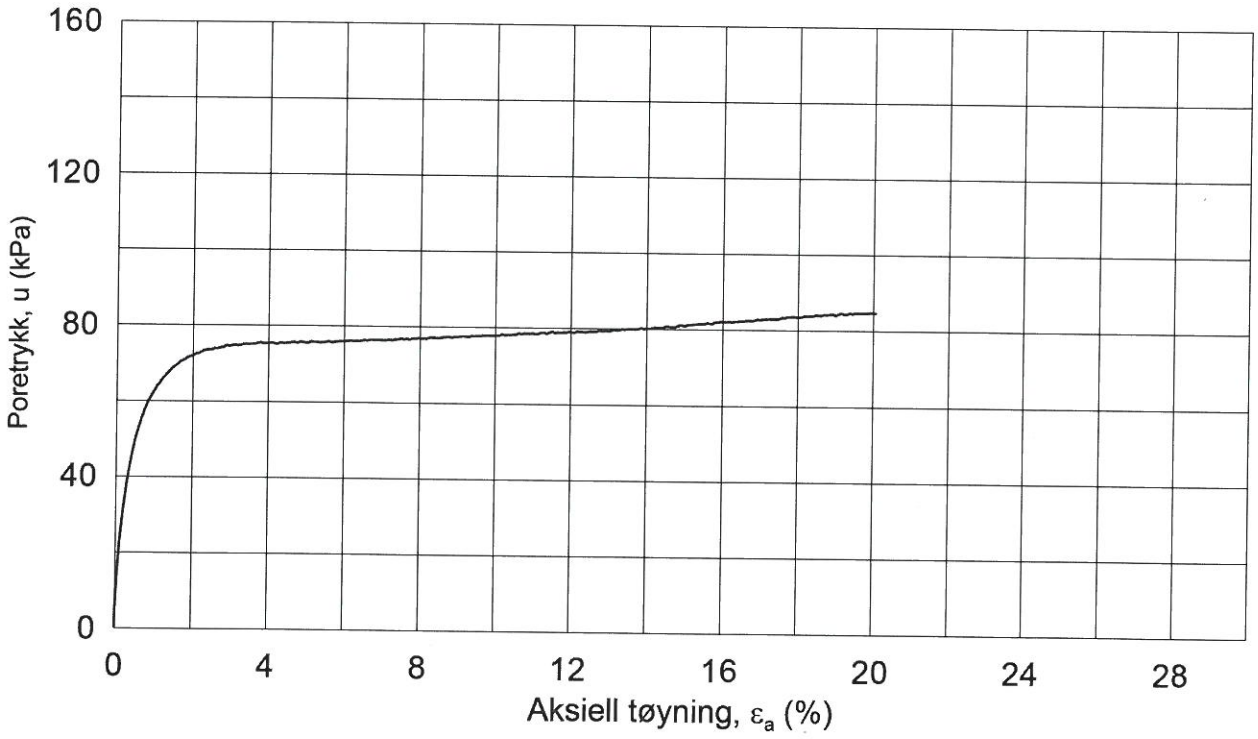
H:\LABDATA\2012\20120223\2- Hvittingfoss\Oedom\1-6-2-C-1 log (crs2151).grf

BILAG 9

AKTIVE TREAKSIALFORSØK BENYTTET FOR TOLKNING AV UDRENERT STYRKESPARAMETERE

14 SIDER





Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss

Dokument nr.: 20120223-1

Dato: 2012-12-07

Figur nr.:

Tegnet av: -

Treaksial forsøk: **CAUA**

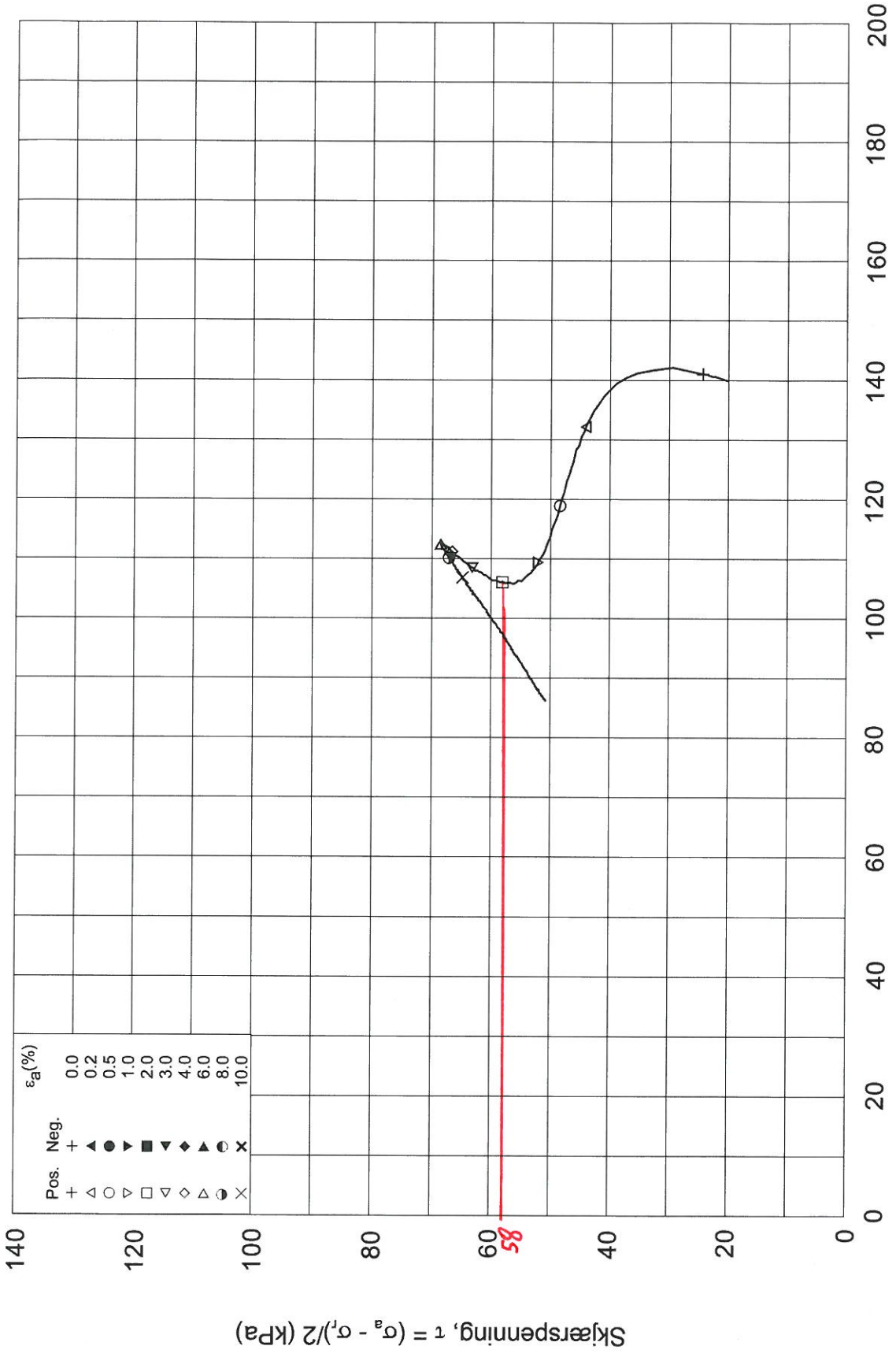
Boring:	**3-1**	Dybde =	**11.42**	m		
Sylinder:	**3**	p_o' =	**160.0**	kPa		
Del:	**A**	w_i =	**29.3**	%		
Test:	**1**	w_c =	**25.8**	%		

Konsolidering-spenninger

(kPa)	maks.	min.	endelig
σ_{ac}' =	-	-	**160.1**
σ_{rc}' =	-	-	**119.9**

NGI

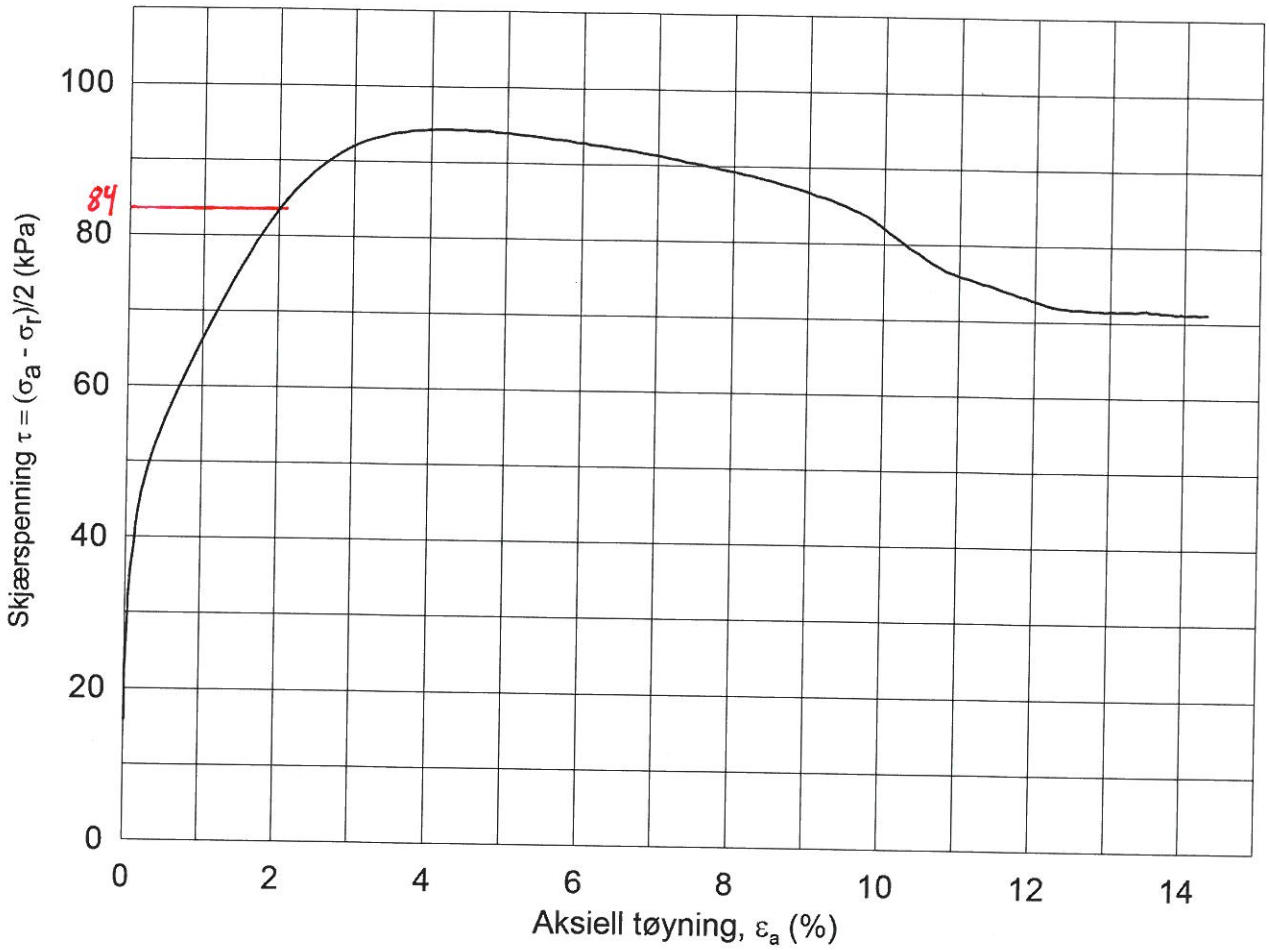
3-1-3-A-1.Plot1.grf

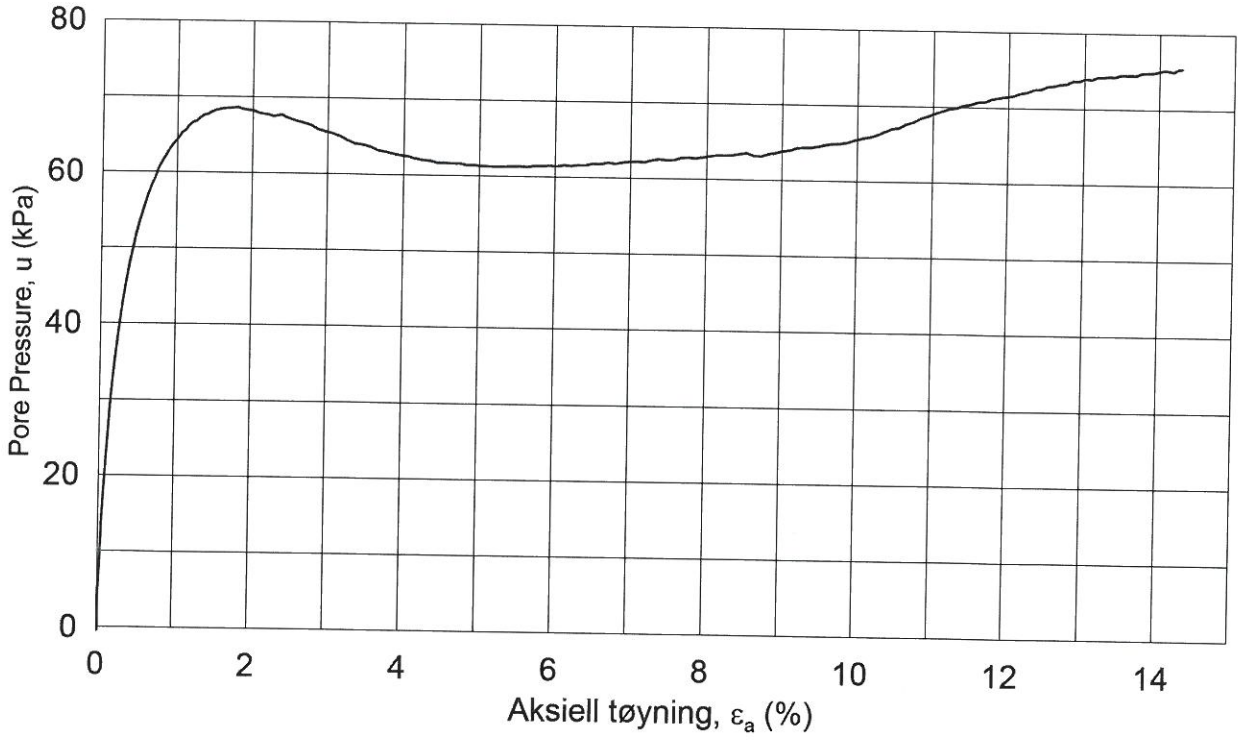


Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss					Dokument nr. 20120223-1	
Treaksial forsøk: **CAUA**					Dato 2012-12-07	
Boring: **3-1**	Dybde = **11.42** m	Konsolidering-spenninger			Figur nr.	NGI
Sylinder: **3**	p_o' = **160.0** kPa	(kPa)	maks.	min. endelig		
Del: **A**	w_i = **29.3** %	σ_{ac}' =	-	- **160.1**	Tegnet av MAS	
Test: **1**	w_c = **25.8** %	σ_{rc}' =	-	- **119.9**		

3-1-3-A-1.Plot2.grf





Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss

Dokument nr.: 20120223-1

Dato: 2013-01-04

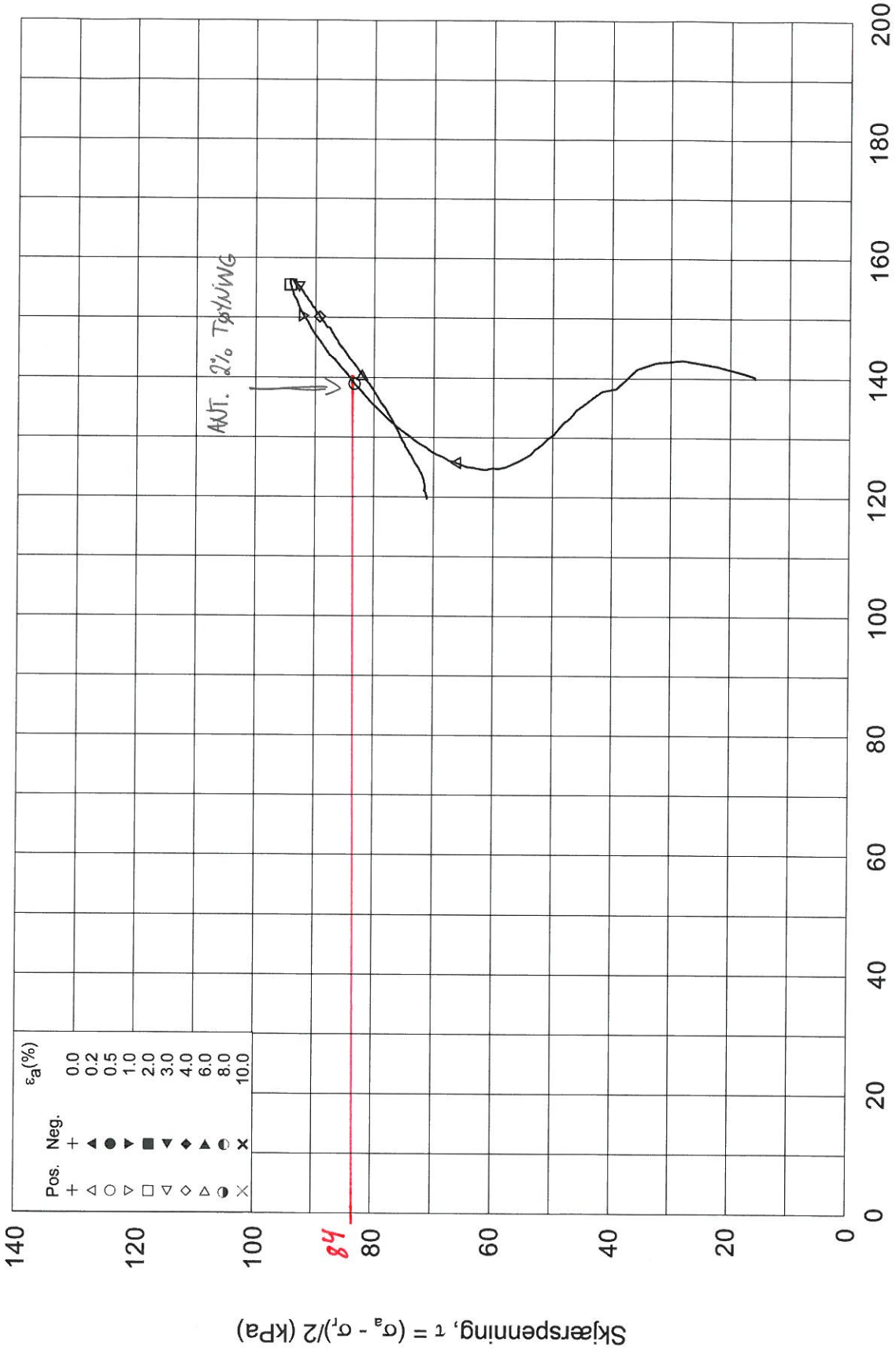
Figur nr.:

Tegnet av: MAS

Treaksial forsøk: **CAUA**

Boring:	**3-3**	Dybde =	**9.35**	m	Konsolidering-spenninger			
Sylinder:	**3**	p_o' =	**155.0**	kPa	(kPa)	maks.	min.	endelig
Del:	**A**	w_i =	**25.3**	%	σ_{ac}' =	-	-	**154.8**
Test:	**1**	w_c =	**23.5**	%	σ_{rc}' =	-	-	**123.8**

3-3-3-A-1.Plot1.grf



Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss

Dokument nr. 20120223-1

Dato 2013-01-04

Treaksial forsøk: **CAUA**

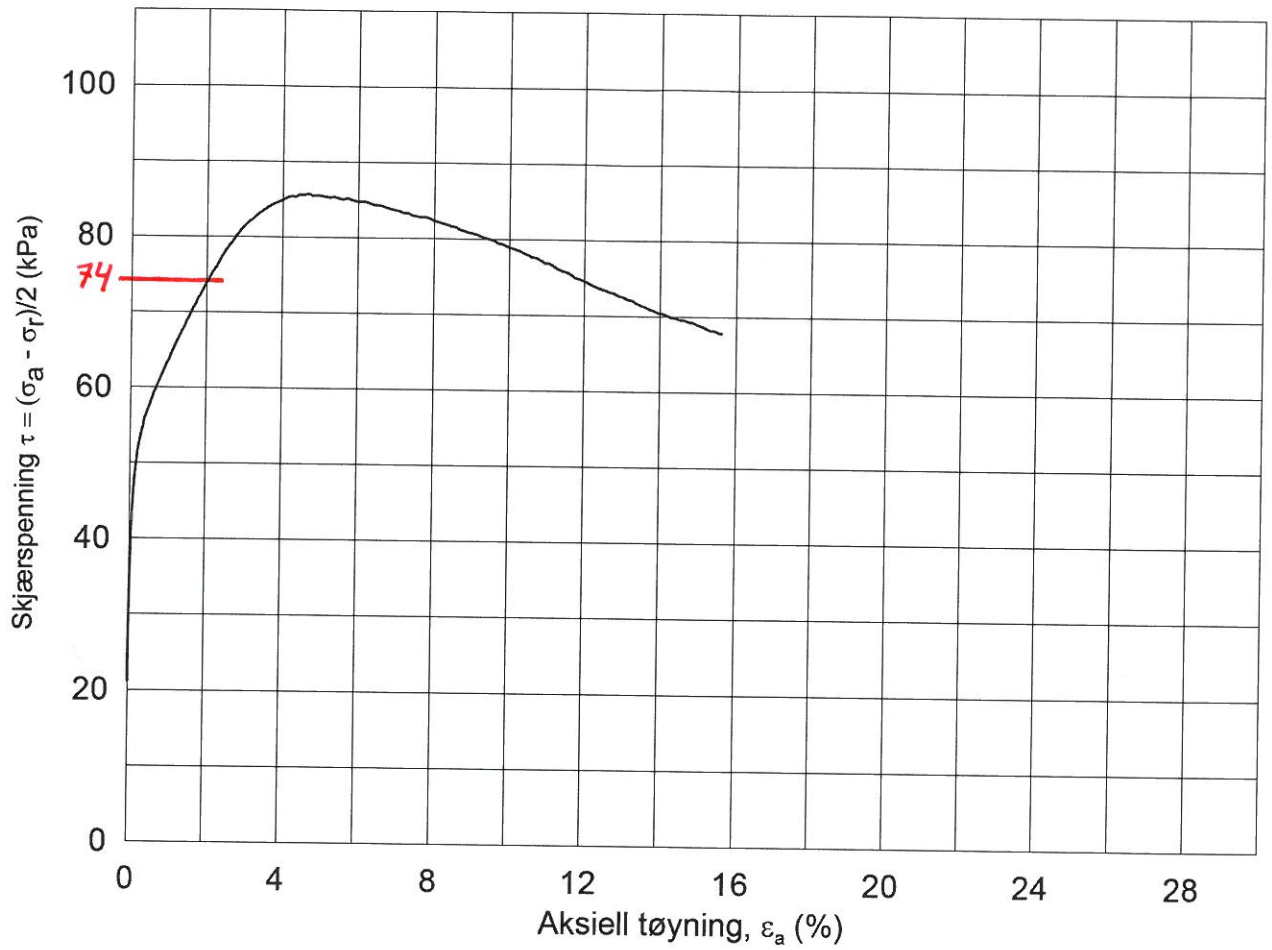
Boring:	**3-3**	Dybde =	**9.35**	m	Konsolidering-spenninger		
Sylinder:	**3**	p_o' =	**155.0**	kPa	(kPa)	maks.	min.	endelig
Del:	**A**	w_i =	**25.3**	%	σ_{ac}' =	-	-	**154.8**
Test:	**1**	w_c =	**23.5**	%	σ_{rc}' =	-	-	**123.8**

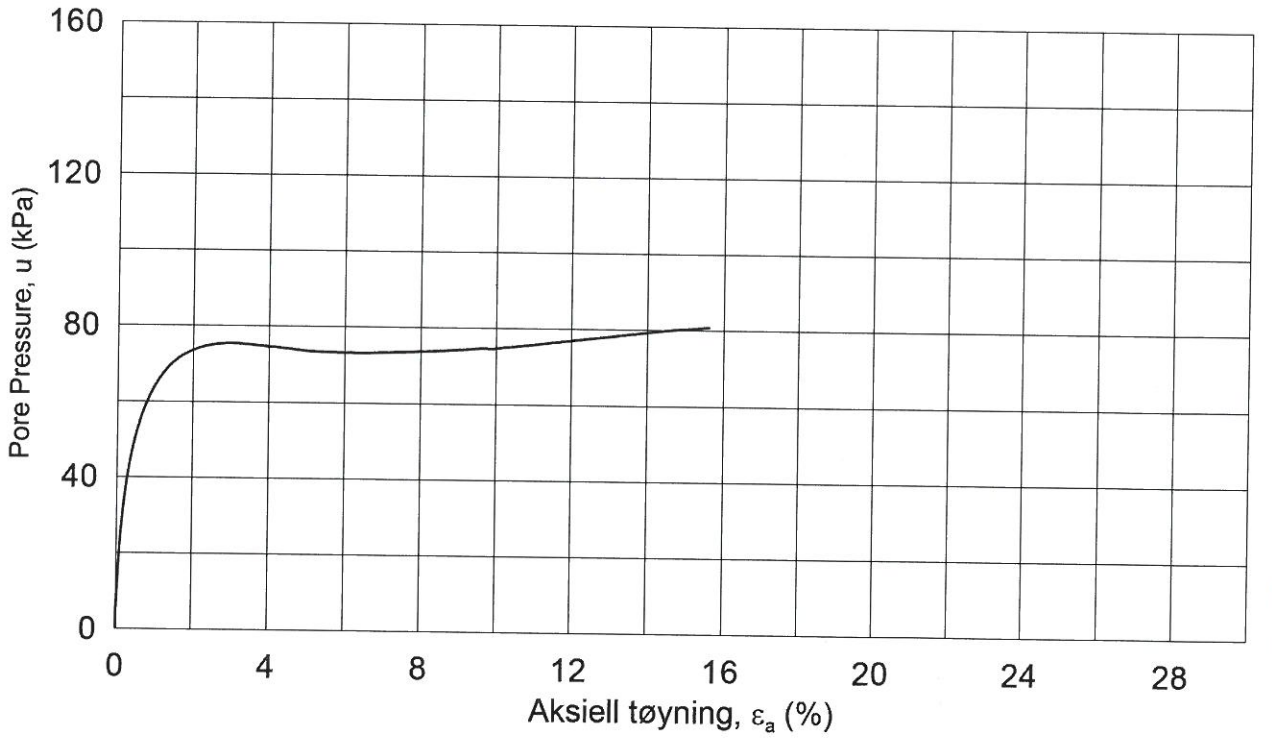
Figur nr.

Tegnet av MAS

NGI

3-3-3-A-1.Plot2.grf





Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss

Dokument nr.: 20120223-1

Dato: 2013-01-04

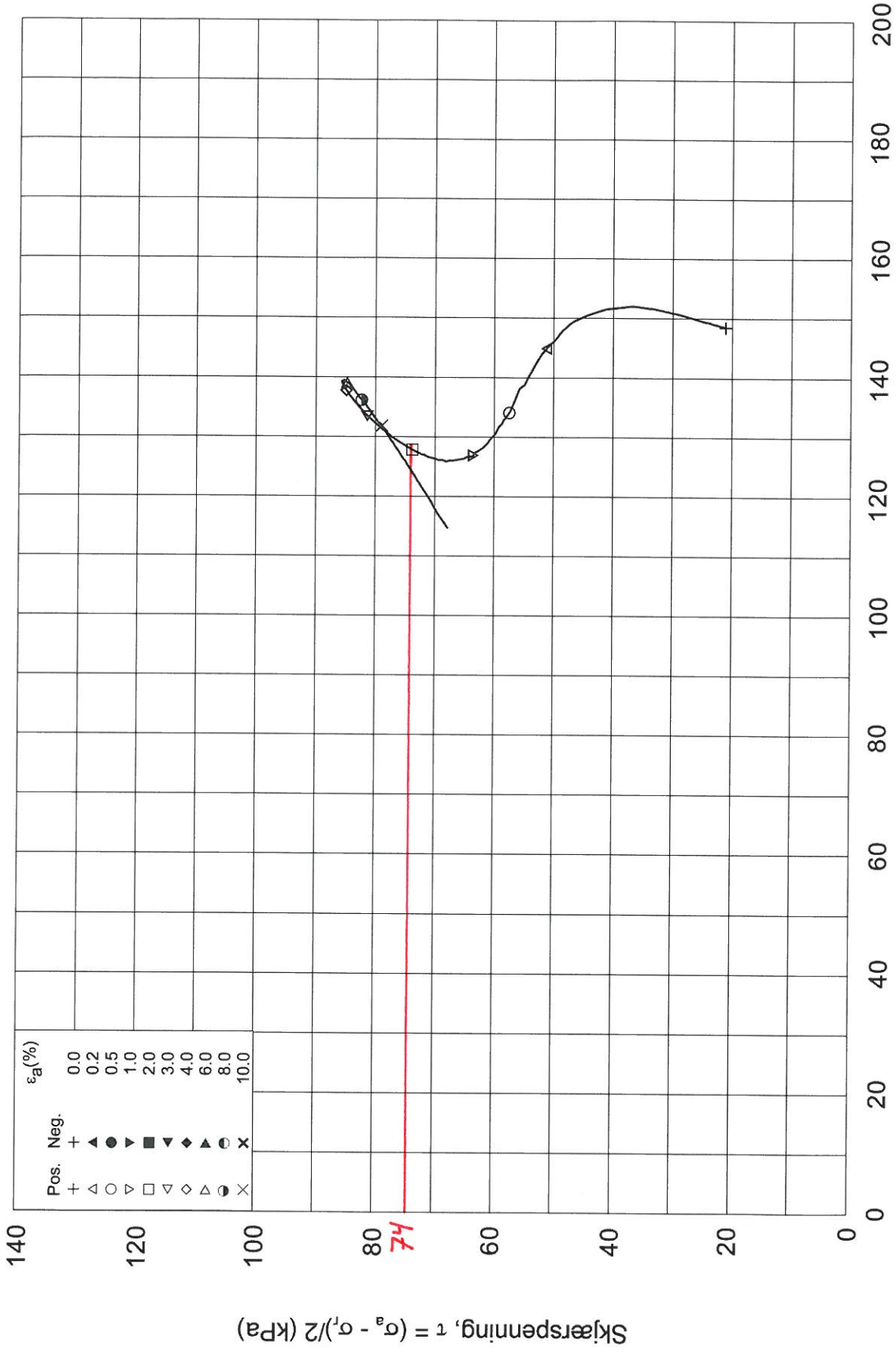
Figur nr.:

Tegnet av: MAS

Treaksial forsøk: **CAUA**

Boring:	**3-5**	Dybde =	**12.54**	m	Konsolidering-spenninger		
Sylinder:	**3**	p_o' =	**170.0**	kPa	(kPa)	maks.	min.	endelig
Del:	**A**	w_i =	**31.2**	%	σ_{ac}' =	-	-	**169.9**
Test:	**1**	w_c =	**28.7**	%	σ_{rc}' =	-	-	**127.4**

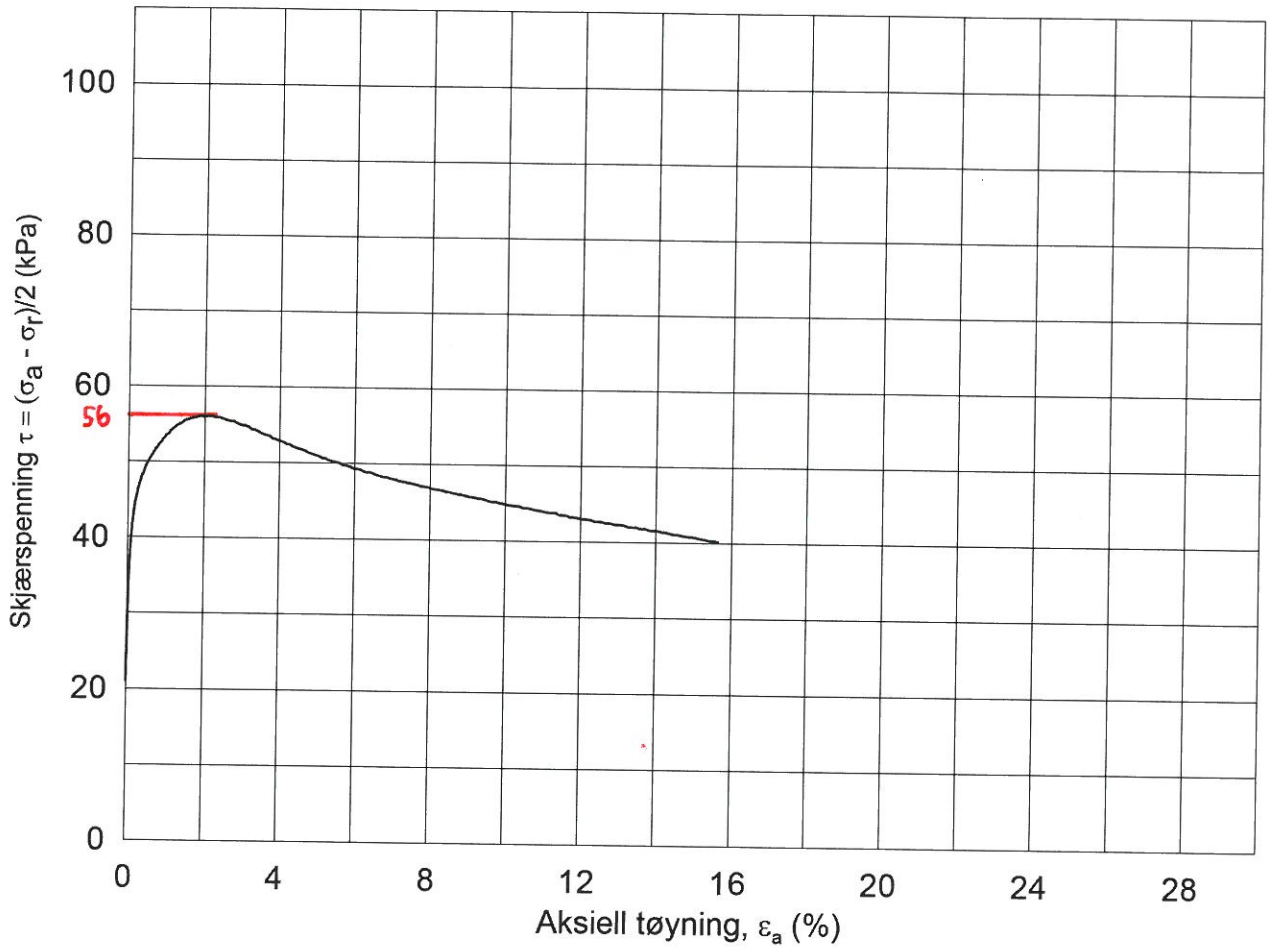
3-5-3-A-1.Plot1.grf

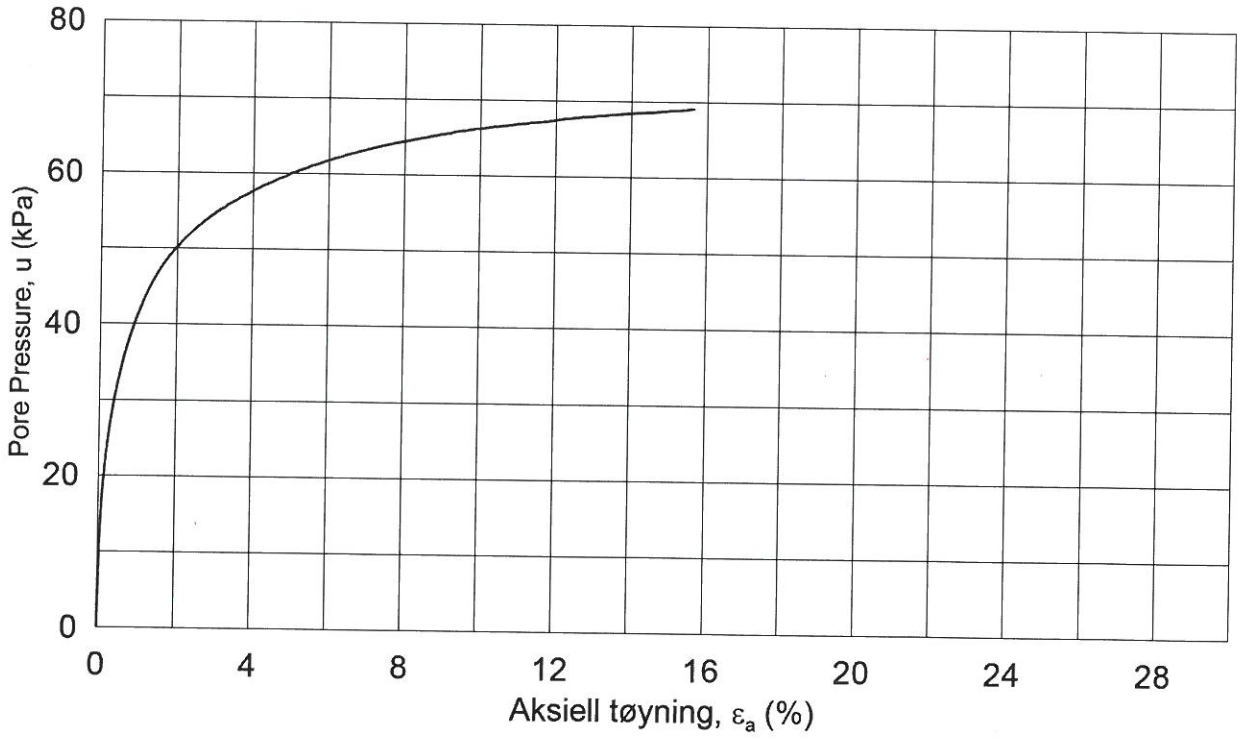


Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss					Dokument nr. 20120223-1	
Treaksial forsøk: **CAUA**					Dato 2013-01-04	
Boring: **3-5**	Dybde = **12.54** m	Konsolidering-spenninger			Figur nr.	NGI
Sylinder: **3**	p_o' = **170.0** kPa	(kPa)	maks.	min. endelig		
Del: **A**	w_i = **31.2** %	σ_{ac}' =	-	- **169.9**	Tegnet av MAS	
Test: **1**	w_c = **28.7** %	σ_{rc}' =	-	- **127.4**		

3-5-3-A-1.Plot2.grf





Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss

Dokument nr. 20120223-1

Dato 2012-12-07

Figur nr. 3

Tegnet av MAS

Treaksial forsøk: **CAUA**

Boring: **NGI1-5**

Sylinder: **5**

Del: **A**

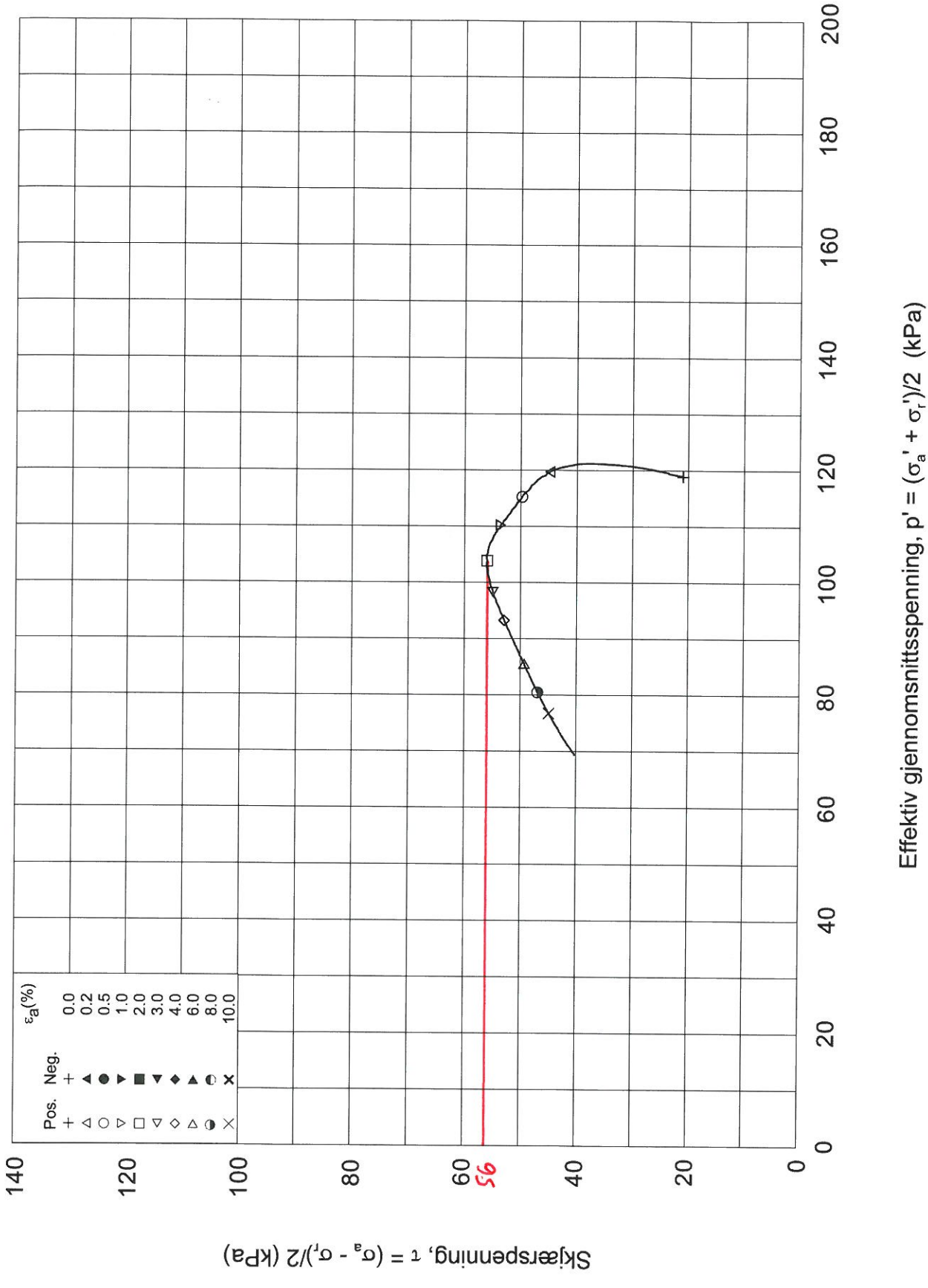
Test: **1**

Dybde =	**8.47**	m	
p_o' =	**140.0**	kPa	
w_i =	**40.2**	%	
w_c =	**37.7**	%	

Konsolidering-spenninger (kPa)	maks.	min.	endelig
σ_{ac}' =	-	-	**139.9**
σ_{rc}' =	-	-	**98.0**

NGI

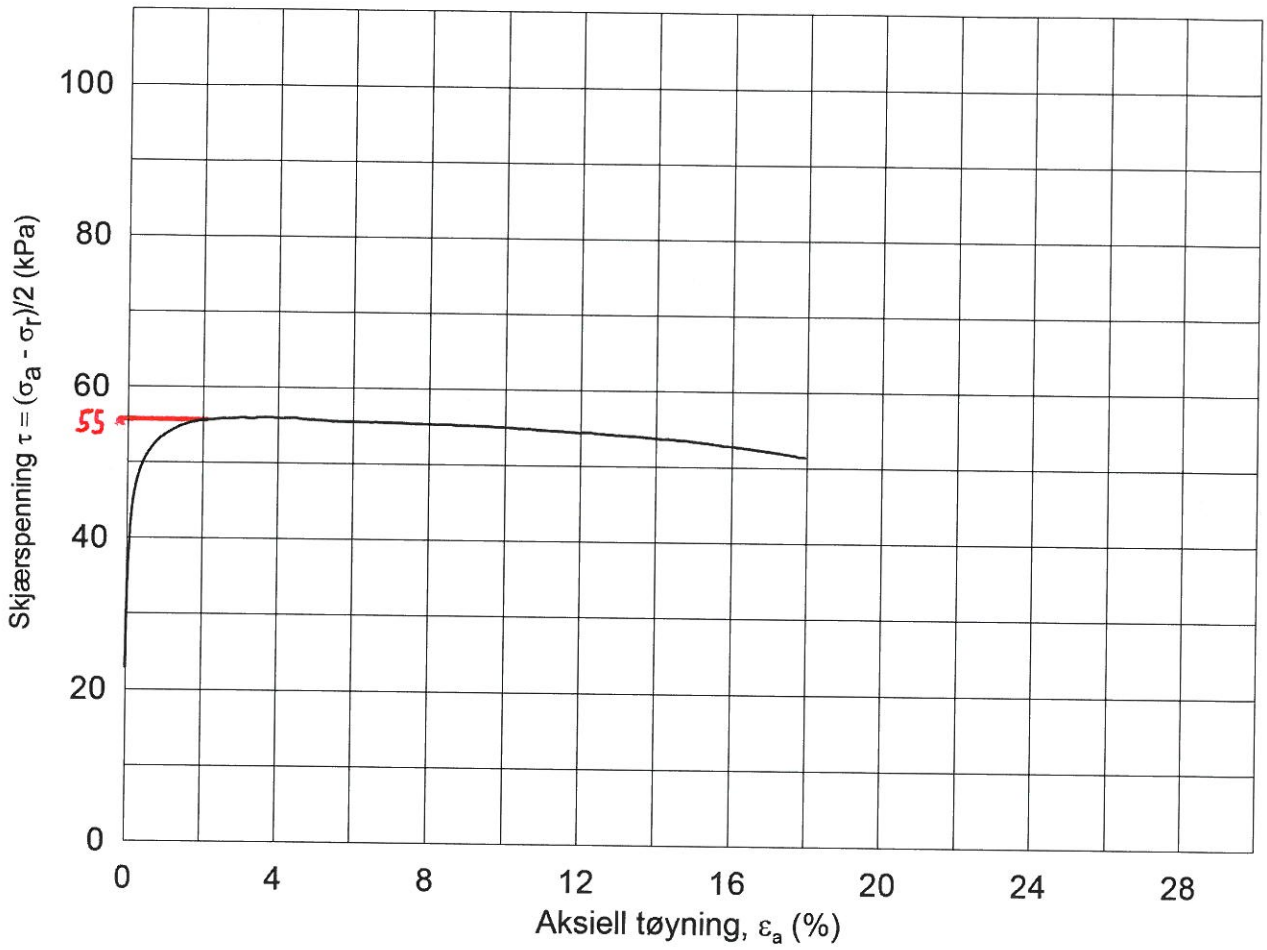
NGI1-5-5-A-1.Plot1.grf

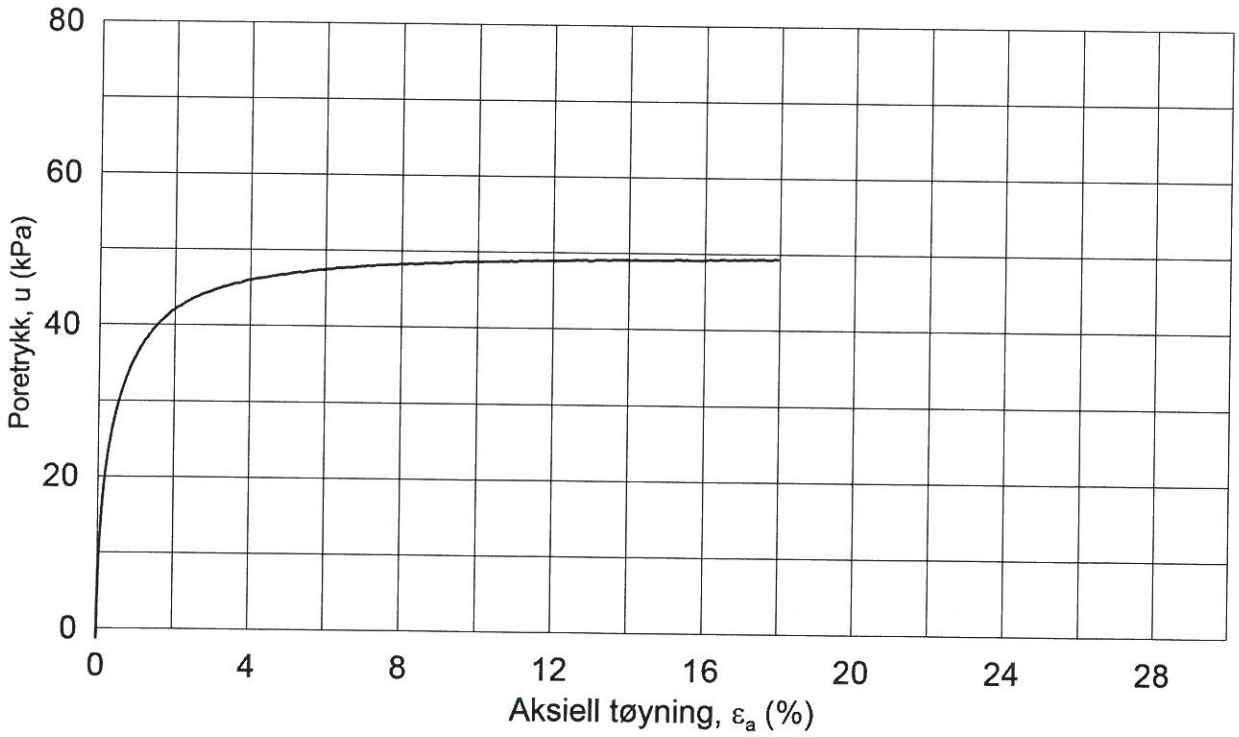


Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss				Dokument nr. 20120223-1	
Treaksial forsøk: **CAUA**				Dato 2012-12-07	
Boring: **NGI1-5**	Dybde = **8.47** m	Konsolidering-spenninger		Figur nr. 4	NGI
Sylinder: **5**	p_o' = **140.0** kPa	(kPa)	maks. min. endelig		
Del: **A**	w_i = **40.2** %	σ_{ac}' =	- - **139.9**	Tegnet av MAS	
Test: **1**	w_c = **37.7** %	σ_{rc}' =	- - **98.0**		

NGI1-5-5-A-1.Plot2.grf





Dato/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss

Dokument nr. 20120223-1

Dato 2012-12-07

Treaksial forsøk: **CAUA**

Boring: **NGI1-6**

Sylinder: **3**

Del: **B**

Test: **1**

Dybde =	**8.38**	m	
p_o' =	**135.0**	kPa	
w_i =	**36.1**	%	
w_c =	**33.9**	%	

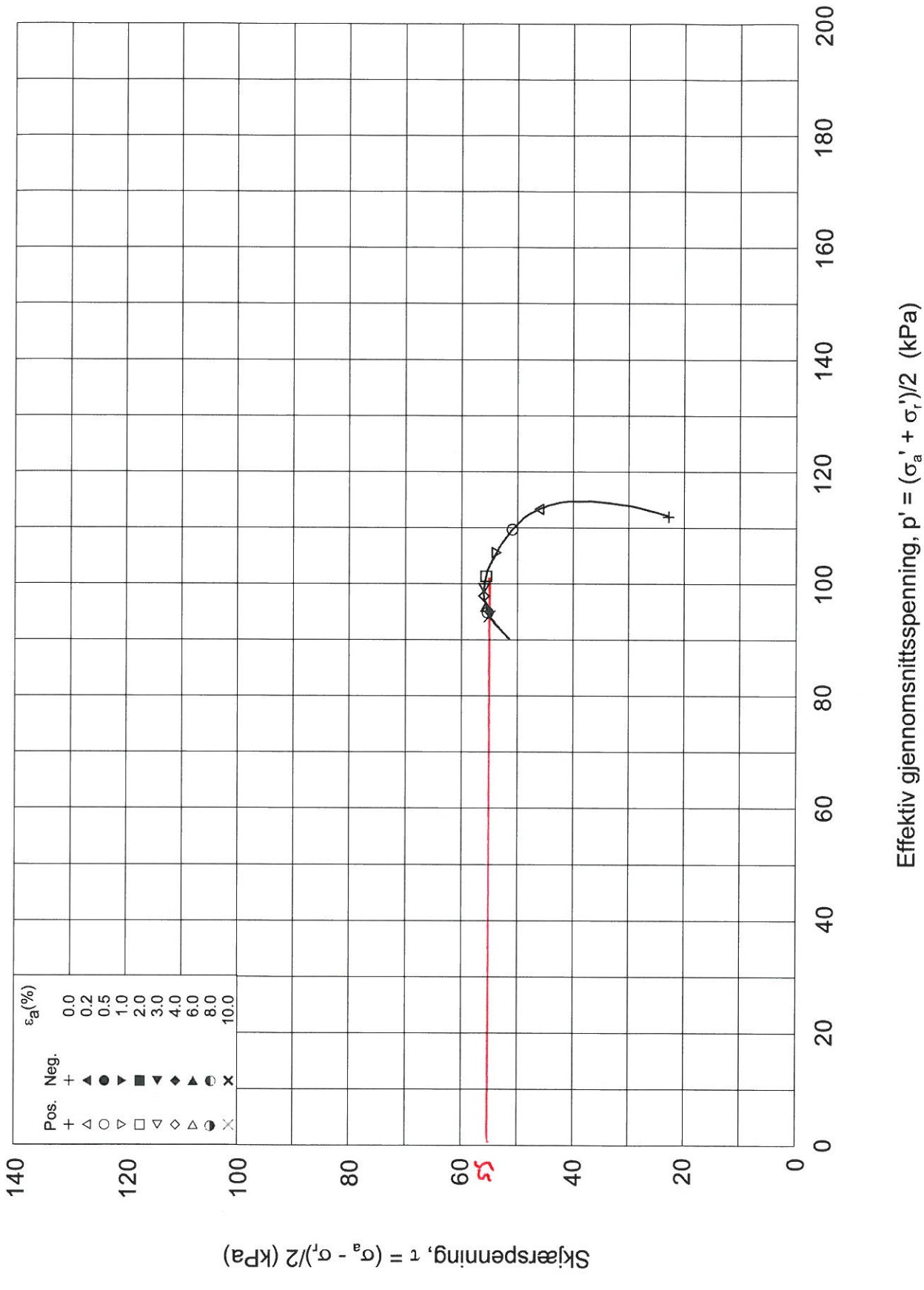
Konsolidering-spenninger (kPa)	maks.	min.	endelig
σ_{ac}' =	-	-	**132.7**
σ_{rc}' =	-	-	**87.8**

Figur nr. 3

Tegnet av MAS

NGI

NGI1-6-3-B-1.Plot1.grf



Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss

Dokument nr.: 20120223-1

Dato: 2012-12-07

Treaksial forsøk: **CAUA**

Boring: **NGI1-6**

Sylinder: **3**

Del: **B**

Test: **1**

Dybde =	**8.38**	m	
p_o' =	**135.0**	kPa	
w_i =	**36.1**	%	
w_c =	**33.9**	%	

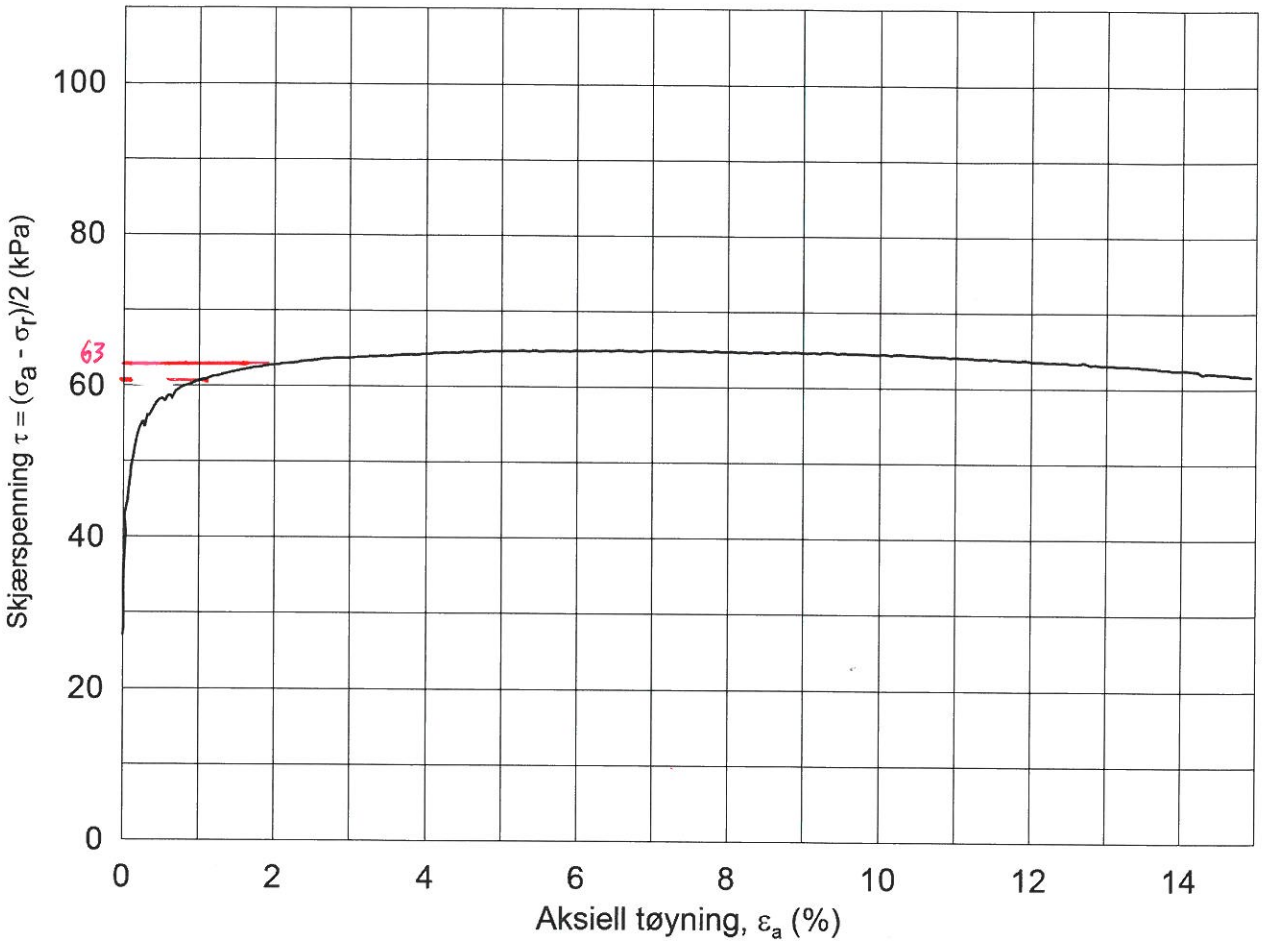
Konsolidering-spenninger (kPa)	maks.	min.	endelig
σ_{ac}' =	-	-	**132.7**
σ_{rc}' =	-	-	**87.8**

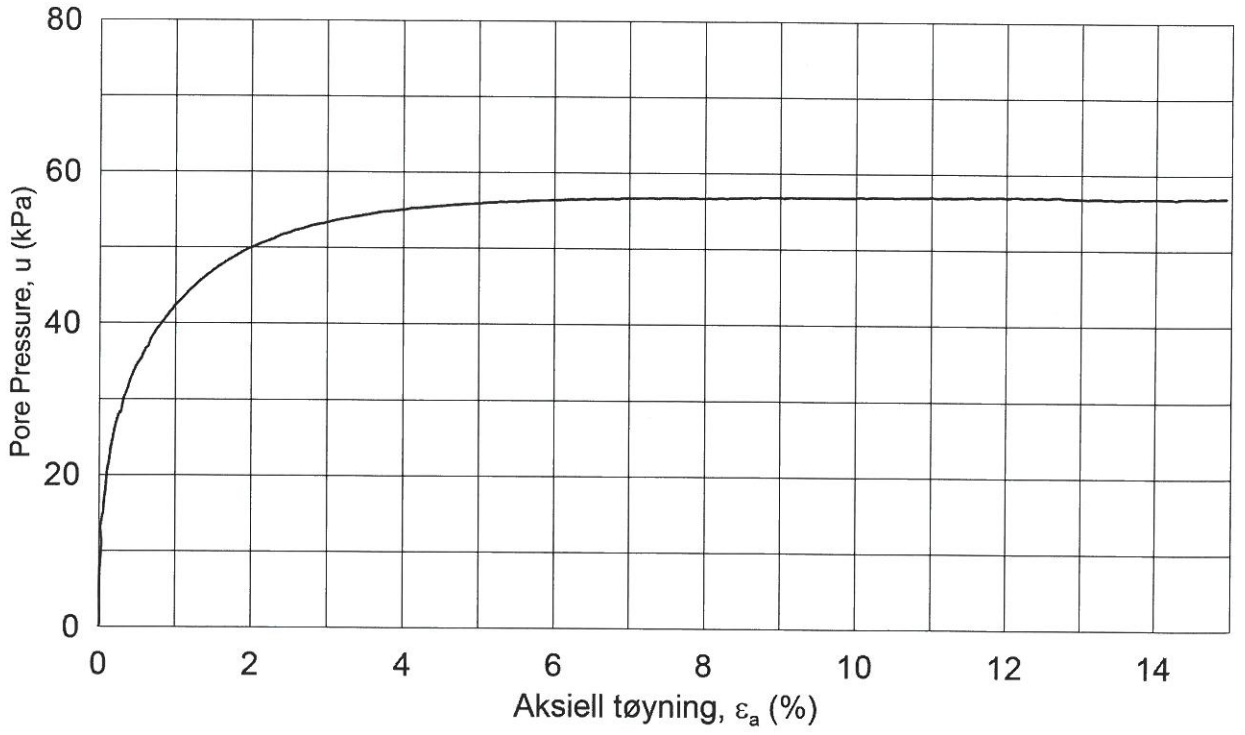
Figur nr.: 4

Tegnet av: MAS

NGI

NGI1-6-3-B-1.Plot2.grf





Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss

Dokument nr. 20120223-1

Dato 2012-12-07

Treaksial forsøk: **CAUA**

Boring: **NGI1-6**

Sylinder: **4**

Del: **C**

Test: **1**

Dybde =	**10.42**	m	
p_o' =	**155.0**	kPa	
w_i =	**35.4**	%	
w_c =	**31.9**	%	

Konsolidering-spenninger

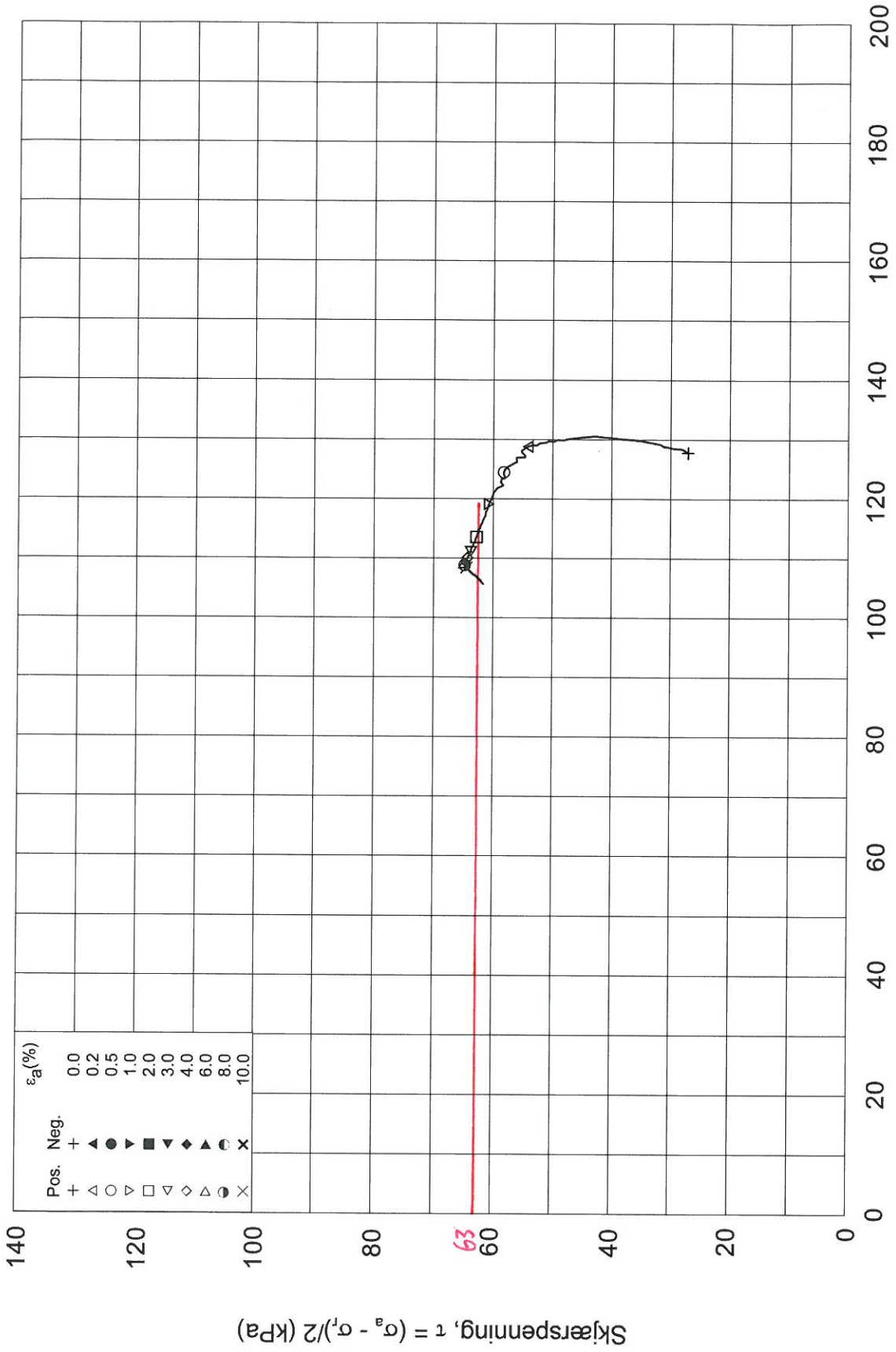
(kPa)	maks.	min.	endelig
σ_{ac}' =	-	-	**155.0**
σ_{rc}' =	-	-	**100.8**

Figur nr. 3

Tegnet av MAS

NGI

NGI1-6-4-C-1.Plot1.grf



Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss

Dokument nr.: 20120223-1

Treaksial forsøk: **CAUA**

Dato: 2012-12-07

Boring:	**NGI1-6**	Dybde =	**10.42**	m	Konsolidering-spenninger		
Sylinder:	**4**	p_o' =	**155.0**	kPa	(kPa)	maks.	min.	endelig
Del:	**C**	w_i =	**35.4**	%	σ_{ac}' =	-	-	**155.0**
Test:	**1**	w_c =	**31.9**	%	σ_{rc}' =	-	-	**100.8**

Figur nr.: 4

Tegnet av: MAS

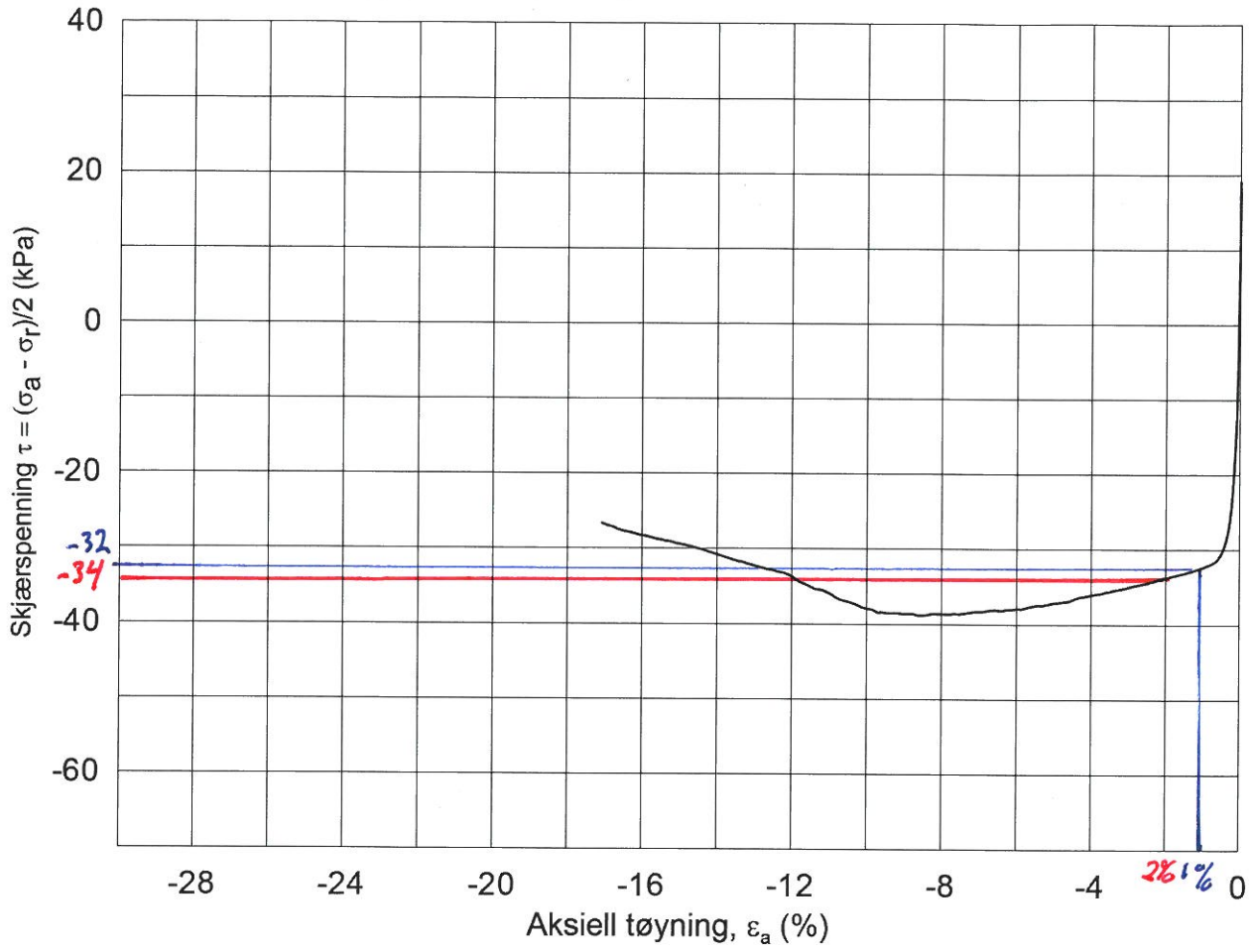
NGI

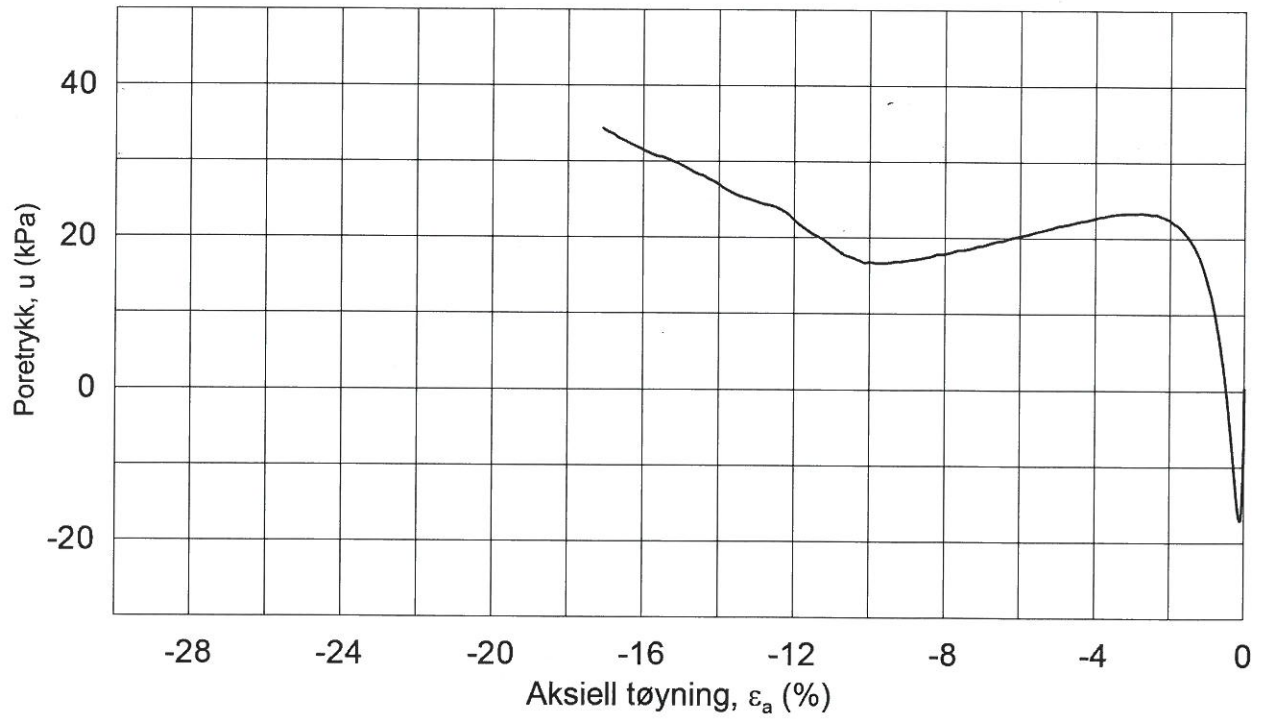
NGI1-6-4-C-1.Plot2.grf

BILAG 10

PASSIVE TREAKSIALFORSØK BENYTTET FOR TOLKNING AV UDRENERT STYRKESPARAMETERE

4 SIDER





Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss

Dokument nr.: 20120223-1

Dato: 2012-12-07

Treaksial forsøk: **CAUP**

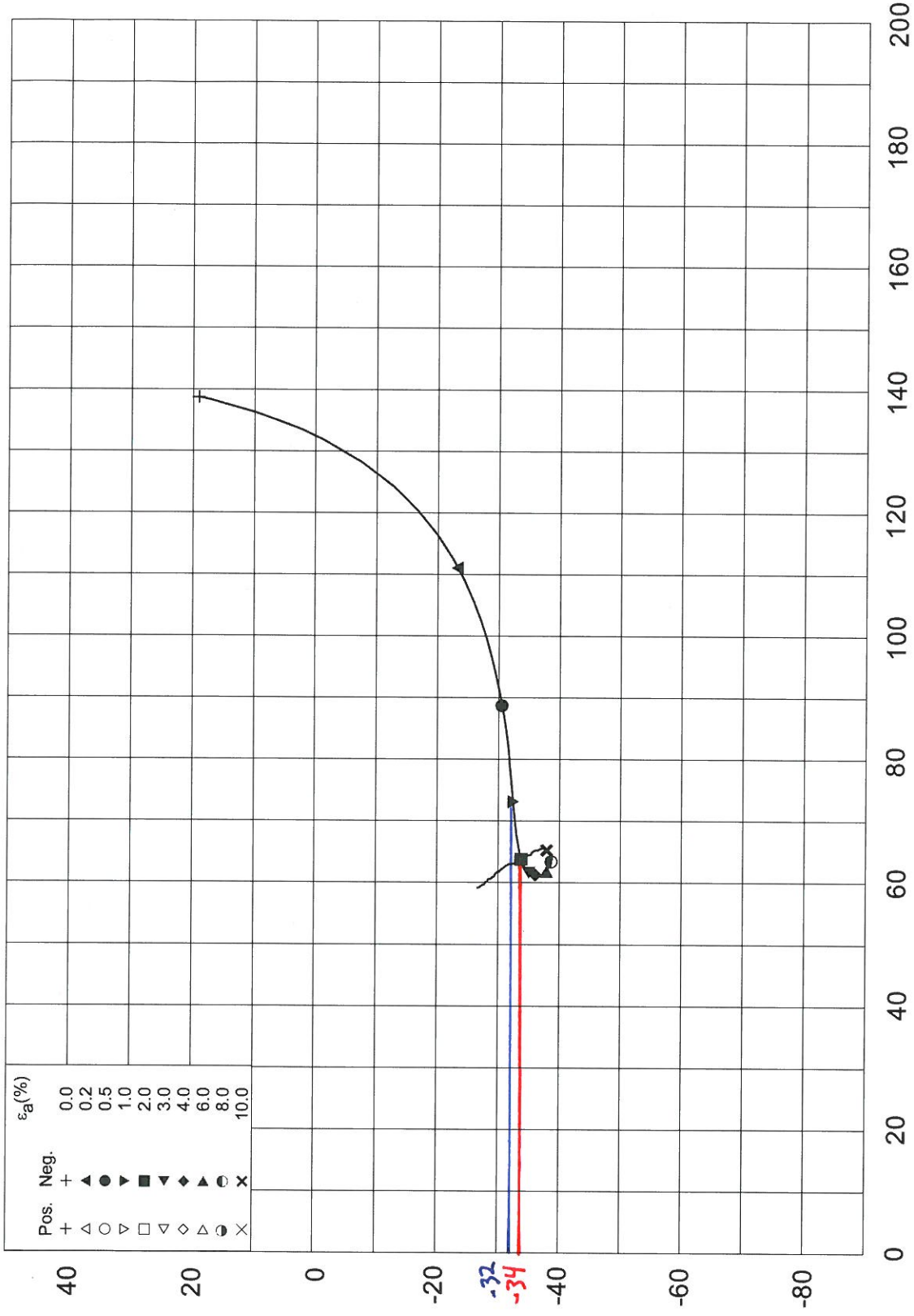
Boring:	**3-1**	Dybde =	**11.54**	m	Konsolidering-spenninger			
Sylinder:	**3**	p_o' =	**160.0**	kPa	(kPa)	maks.	min.	endelig
Del:	**A**	w_i =	**27.9**	%	σ_{ac}' =	-	-	**157.7**
Test:	**2**	w_c =	**25.7**	%	σ_{rc}' =	-	-	**119.9**

Figur nr.:

Tegnet av: MAS

NGI

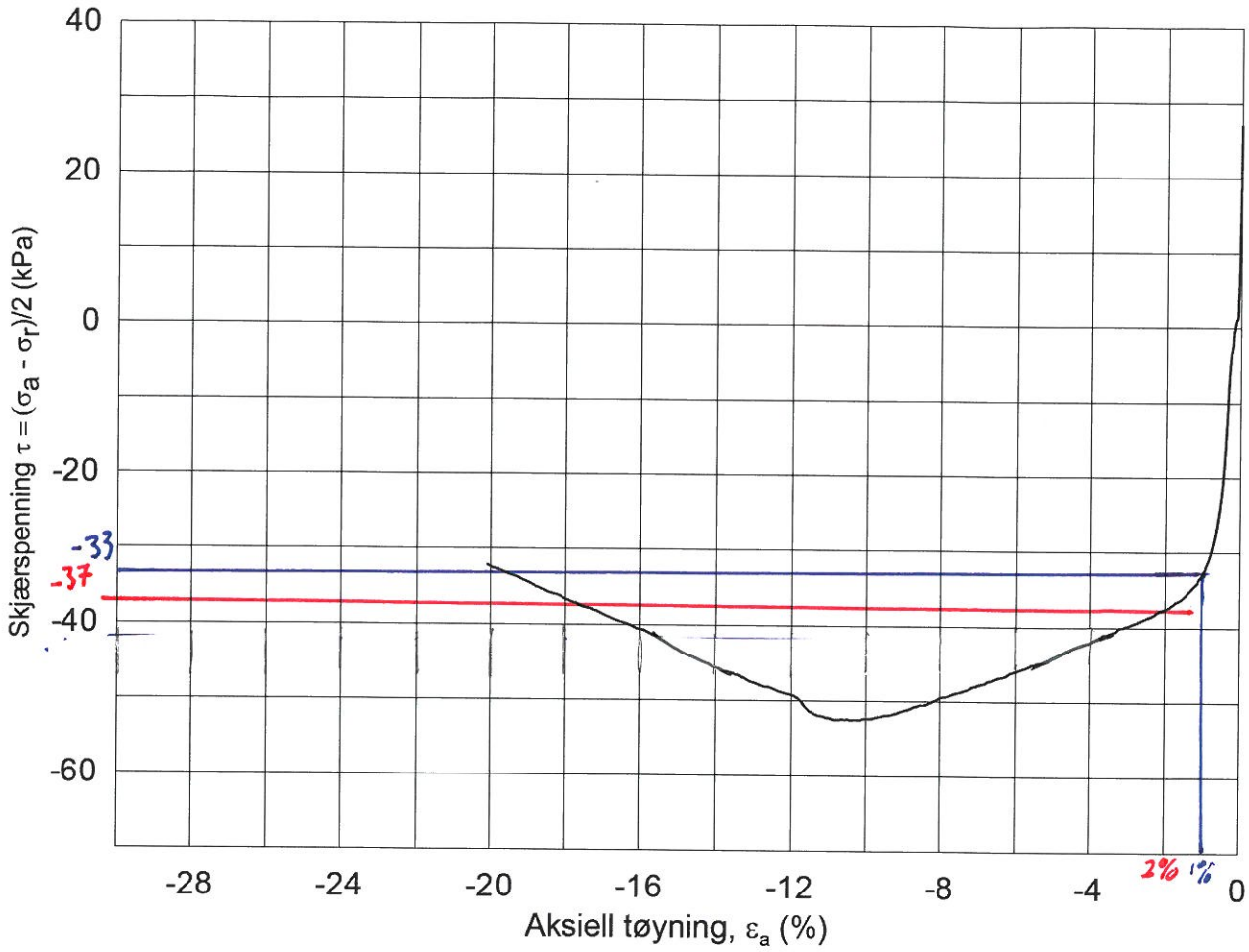
3-1-3-A-2.Plot1.grf

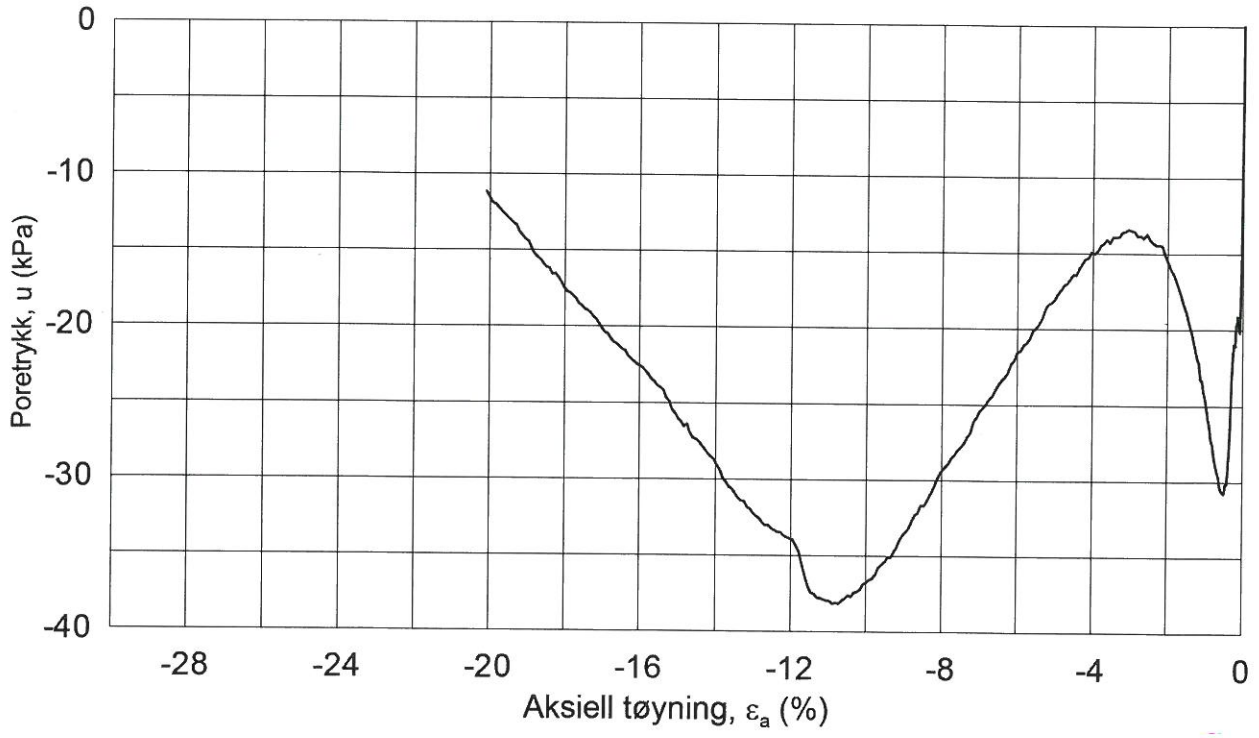


Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss							Dokument nr. 20120223-1
Treaksial forsøk: **CAUP**							Dato 2012-12-07
Boring: **3-1**	Dybde = **11.54** m	Konsolidering-spenninger					Figur nr.
Sylinder: **3**	p_o' = **160.0** kPa	(kPa)	maks.	min.	endelig		
Del: **A**	w_i = **27.9** %	σ_{ac}' =	-	-	**157.7**		Tegnet av MAS
Test: **2**	w_c = **25.7** %	σ_{rc}' =	-	-	**119.9**		NGI

3-1-3-A-2.Plot2.grf





Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss

Dokument nr.: 20120223-1

Dato: 2012-12-07

Treaksial forsøk: **CAUP**

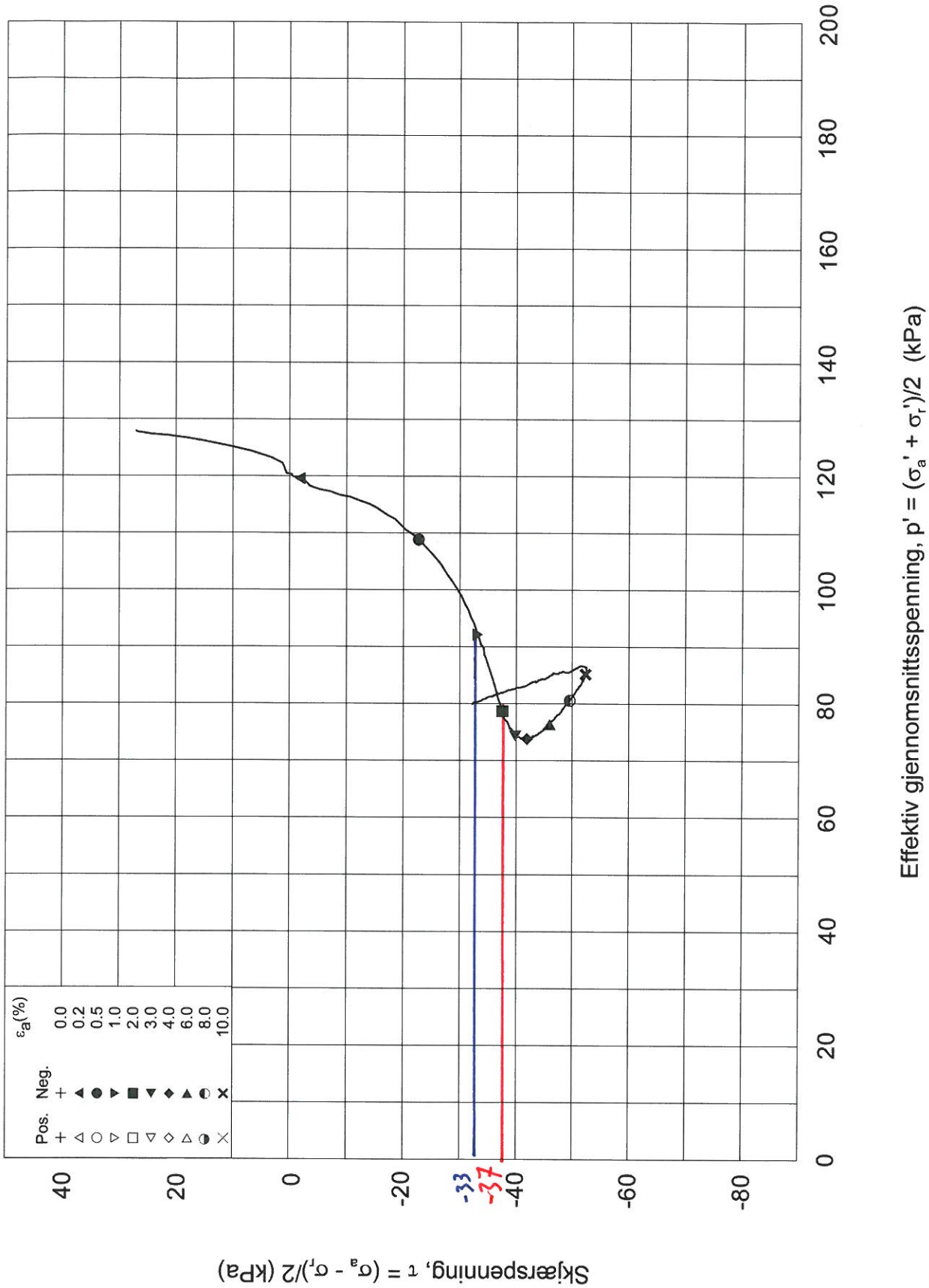
Boring:	**NGI1-6**	Dybde =	**10.27**	m	Konsolidering-spenninger			
Sylinder:	**4**	p_o' =	**155.0**	kPa	(kPa)	maks.	min.	endelig
Del:	**B**	w_i =	**38.1**	%	σ_{ac}' =	-	-	**154.8**
Test:	**1**	w_c =	**33.4**	%	σ_{rc}' =	-	-	**100.8**

Figur nr.: 3

Tegnet av: MAS

NGI

NGI1-6-4-B-1.Plot1.grf



Date/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss									Dokument nr. 20120223-1
Treaksial forsøk: **CAUP**									Dato 2012-12-07
Boring: **NGI1-6**	Dybde =	**10.27**	m	Konsolidering-spenninger					Figur nr. 4
Sylinder: **4**	p_o' =	**155.0**	kPa	(kPa)	maks.	min.	endelig		
Del: **B**	w_i =	**38.1**	%	σ_{ac}' =	-	-	**154.8**		Tegnet av MAS
Test: **1**	w_c =	**33.4**	%	σ_{rc}' =	-	-	**100.8**		

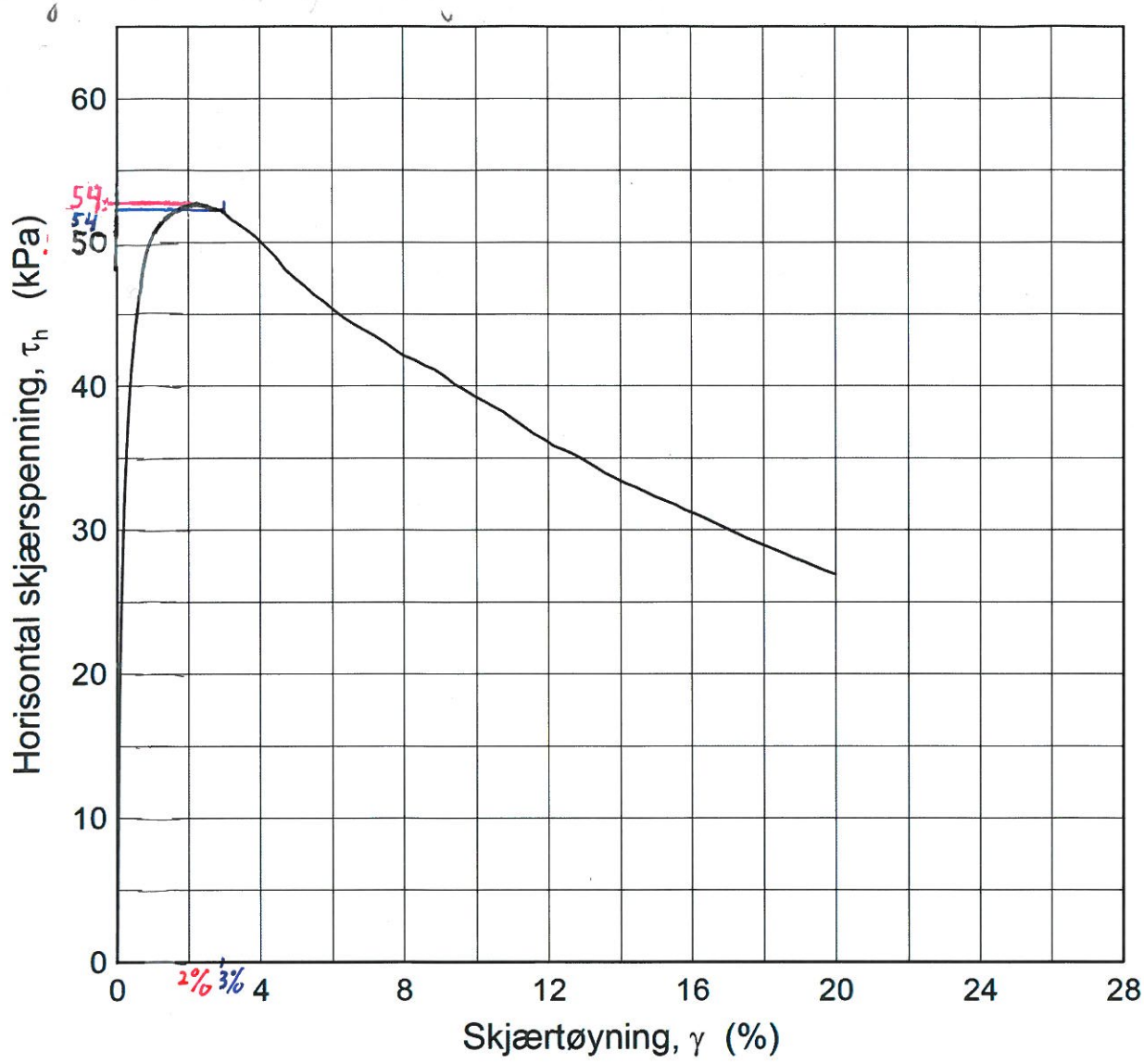
NGI

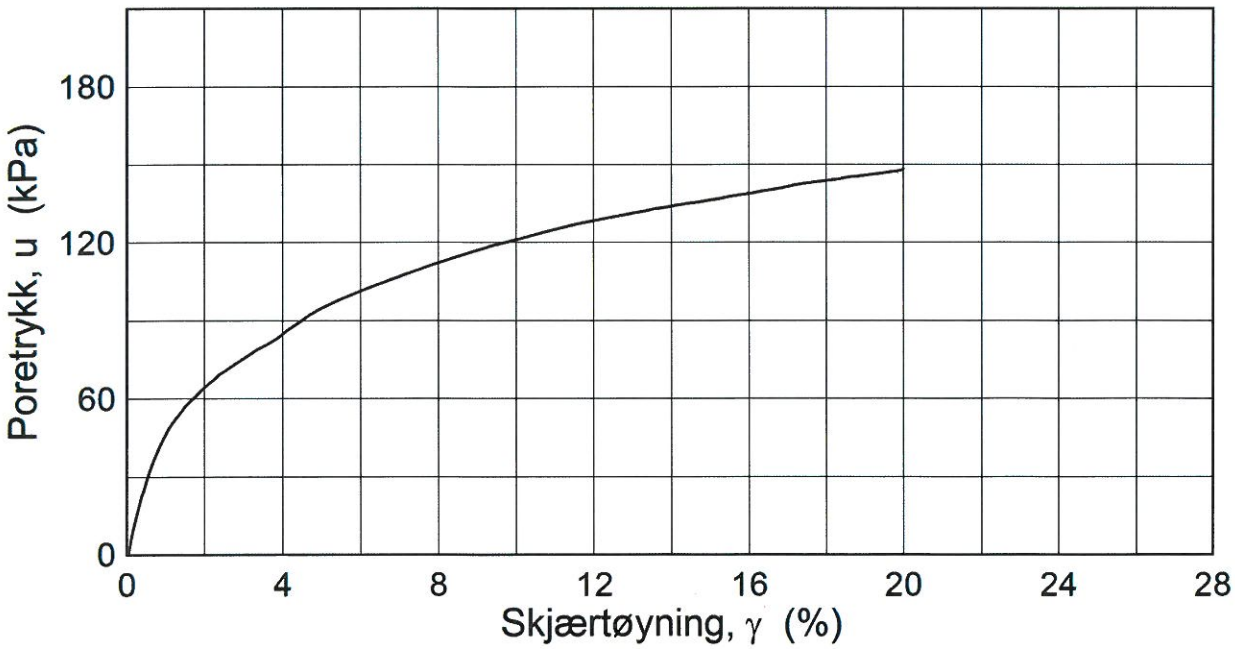
NGI1-6-4-B-1.Plot2.grf

BILAG 11

DSS-FORSØK BENYTTET FOR TOLKNING AV UDRENERT STYRKESPARAMETERE

2 SIDER





Dato/Rev.: 2011-09-15/2

H:\LABDATA\2012\20120223\2- Hvittingfoss\DSS\res\NGI-1-6-5-B-1-1(CCV1319).grf

Hvittingfoss grunnundersøkelser

Dokumentnr. 20120223-2

Direct Simple Shear Test

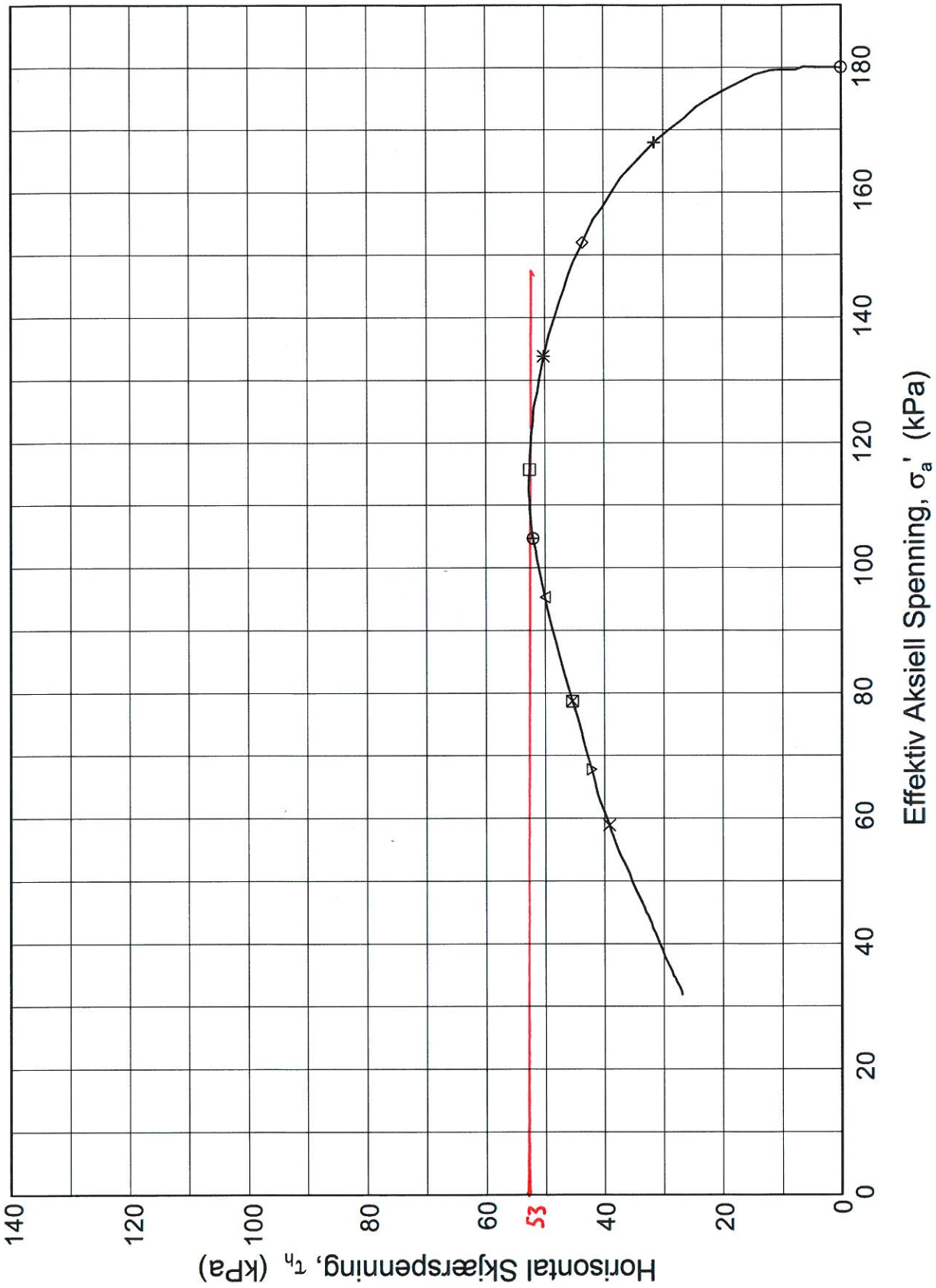
Dato 2012-12-10

Borehull:	**NGI 1-6**	Dybde =	**12.33**	m	konsoliderings spenninger			
Sylinder:	**5**	p_o' =	**180.0**	kPa	(kPa)	maks.	min.	final
Part:	**B**	w_i =	**38.94**	%	σ_{ac}' =	-	-	**180.0**
Test:	**1**	γ_i =	**17.70**	kN/m³	τ_c' =	-	-	-

Figurnr. x.xx

Tegner TAb/

NGI



Dato/Rev.: 2009-09-14/1

Hvittingfoss grunnundersøkelser

Dokumentnr. 20120223-2

Direct Simple Shear Test

Dato 2012-12-10

Borehull:	NGI 1-6	Dybde =	12.33	m	konsoliderings spenninger			
Sylinder:	5	p_o' =	180.0	kPa	(kPa)	maks.	min.	final
Part:	B	w_i =	38.94	%	σ_{ac}' =	-	-	180.0
Test:	1	γ_i =	17.70	kN/m³	τ_c' =	-	-	-

Figurnr. x.xx

Tegner TAb/

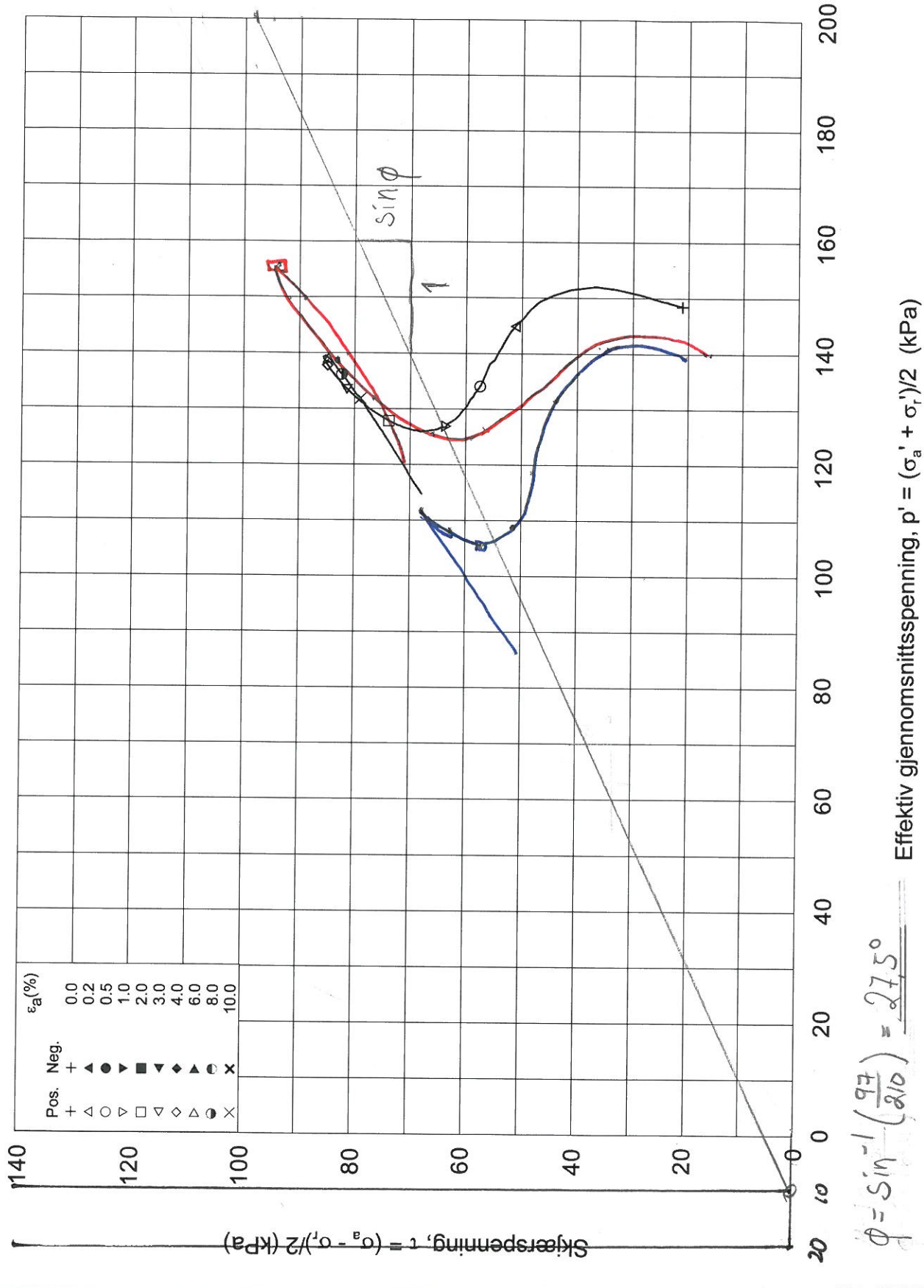
NGI

H:\LABDATA\2012\20120223\2- Hvittingfoss\DSS\res\NGI-1-6-5-B-1-2(CCV1319).grf

BILAG 12

TREAKSIALFORSØK BENYTTET FOR TOLKNING AV EFFEKTIVE STYRKESPARAMETERE

2 SIDER



(kvikk)
Pkt. 3-5
(12,5m)

(sprøbrudd)
Pkt. 3-1
(11,4m)

(kvikk)
(Forstyrret)
Pkt. 3-3
(9,35m)

$\phi = \sin^{-1}\left(\frac{97}{210}\right) = 27.5°$

Dato/Rev.: 2009-11-03/01

Hvittingfoss

Dokument nr.: 20120223-1

Dato: 2013-01-04

Figur nr.:

Tegnet av: MAS

Treaksial forsøk: **CAUA**

Boring:	**3-5**	Dybde =	**12.54**	m	Konsolidering-spenninger		
Sylinder:	**3**	p_o' =	**170.0**	kPa	(kPa)	maks.	min.	endelig
Del:	**A**	w_i =	**31.2**	%	σ_{ac}' =	-	-	**169.9**
Test:	**1**	w_c =	**28.7**	%	σ_{rc}' =	-	-	**127.4**

3-5-3-A-1.Plot2.grf

(Ikke kvikk) (Ikke kvikk) (Ikke kvikk)

NGI 1-5 (8,5m) NGI 1-6 (10,4m) NGI 1-6 (8,4m)

NGI1-5-5-A-1.Plot2.grf

Hvittingfoss

Treaksial forsøk: **CAUA**

Boring: **NGI1-5**

Sylinder: **5**

Del: **A**

Test: **1**

Dybde = **8.47** m

p_o' = **140.0** kPa

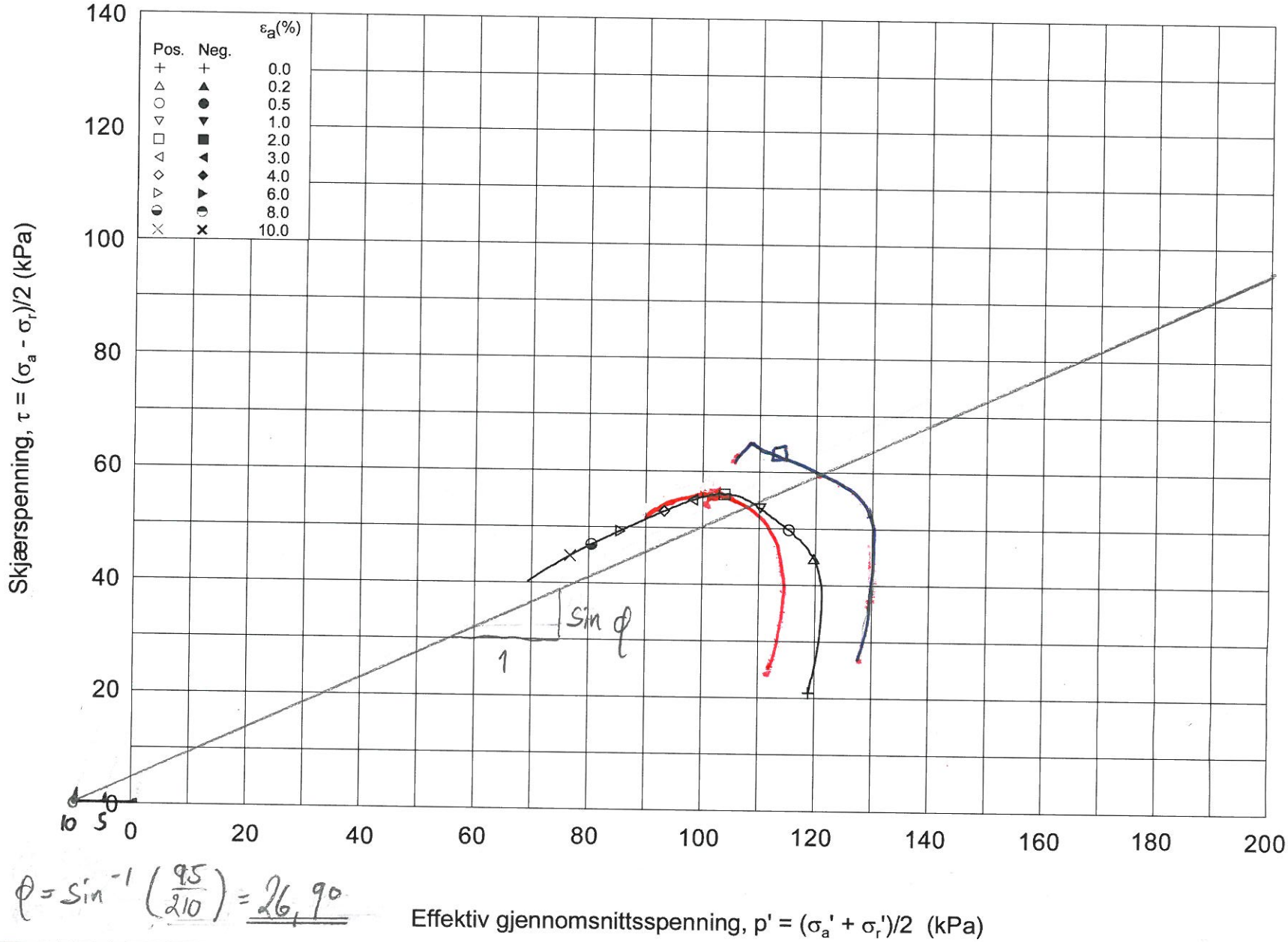
w_i = **40.2** %

w_c = **37.7** %

Konsolidering-spenninger (kPa) maks. min. endelig

σ_{ac}' = - - **139.9**

σ_{rc}' = - - **98.0**



$\varphi = \sin^{-1}\left(\frac{95}{210}\right) = 26,90$

Tegnet av: MAS

Figur nr.: 4

Dato: 2012-12-07

Dokument nr.: 20120223-1

Date/Rev.: 2008-11-03/01

NGI

BILAG 13

TOLKNING AV BORPROFIL

3 SIDER

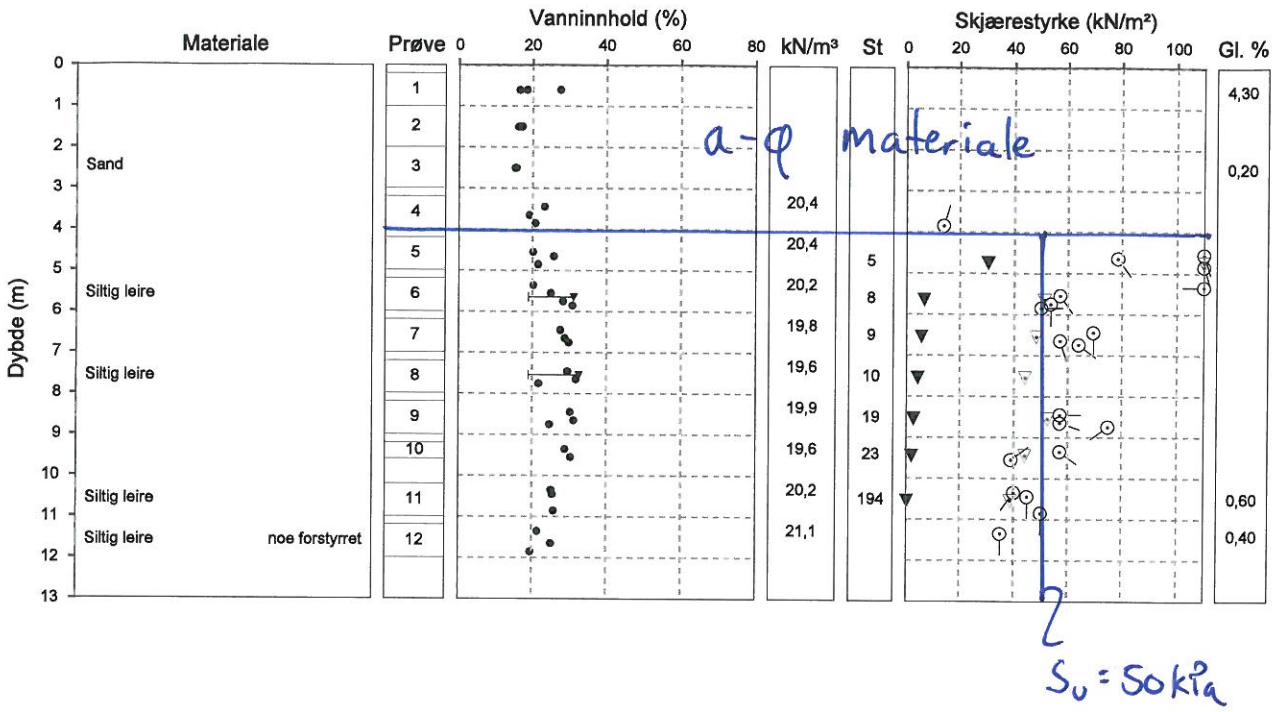
Prøvingslaboratorium: Telemark, Sentrallaboratorium OSLO - I henhold til H014 labprosess: 14425, 14426, 14433, 14434, 14441, 14442, 14445, 14471, 14472

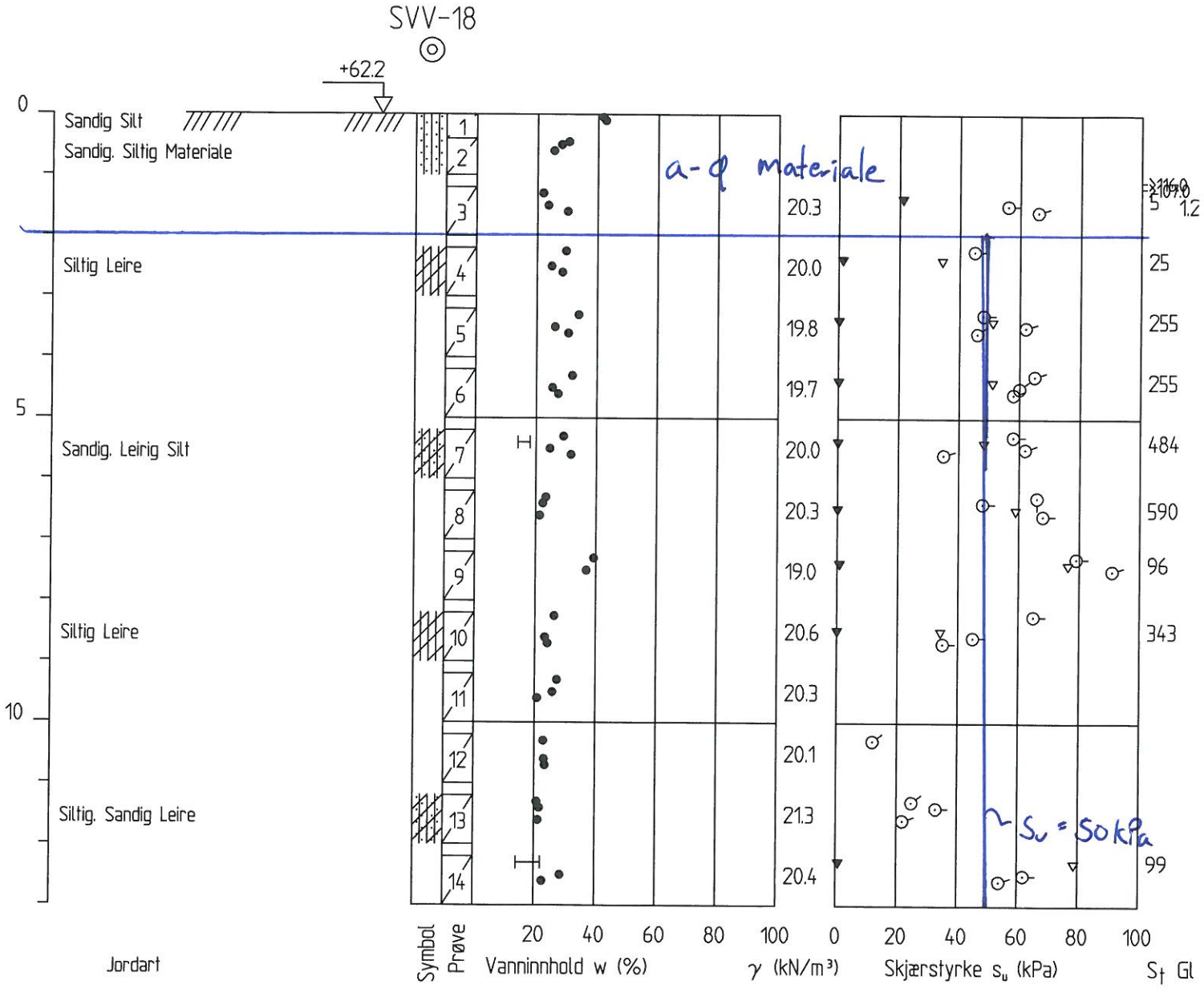
Geoteknisk undersøkelse - Borprofil

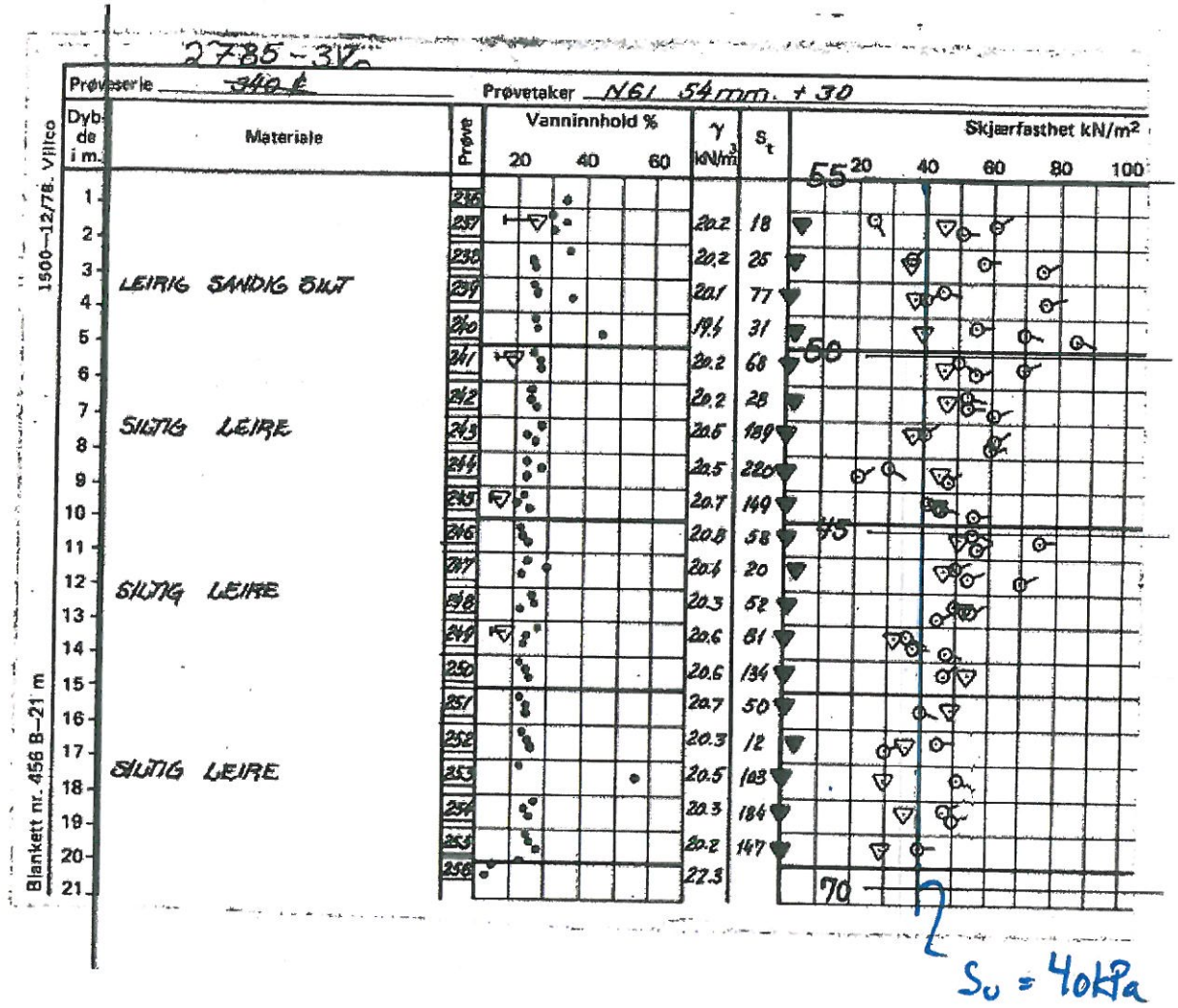
Region Sør

Oppdragsnr.2100009 Navn FV 40 Evjufeltet-Reine bru

Prøveserie 11 Km/*profil * Asvstand høyre kant Analyseår 2010 Prøvetype




SVV-18
+62.2
0
5
10
Sandig Silt
Sandig. Siltig Materiale
Siltig Leire
Sandig. Leirig Silt
Siltig Leire
Siltig. Sandig Leire
a-φ materiale
~ Su = 50kPa
20.3
20.0
19.8
19.7
20.0
20.3
19.0
20.6
20.3
20.1
21.3
20.4
25
255
255
484
590
96
343
99
Jordart
Symbol
Prøve
Vanninnhold w (%)
γ (kN/m³)
Skjærstyrke su (kPa)
St
Gl


2785-37
Prøveserie 340 E
Prøvetaker N61 54mm. + 30
Dybde i m.
Materiale
Prøve
Vanninnhold %
20 40 60
γ kN/m³
S_t
Skjærfasthet kN/m²
20 40 60 80 100
55
60
65
70
LEIRIG SANDIG SILT
SILTIG LEIRE
SILTIG LEIRE
SILTIG LEIRE
20.2 18
20.2 25
20.1 77
19.4 31
20.2 68
20.2 28
20.5 189
20.5 220
20.7 149
20.8 58
20.4 20
20.3 52
20.6 81
20.6 134
20.7 50
20.3 12
20.5 183
20.3 184
20.2 147
22.3
1500—12/78. Vijlco
Blankett nr. 456 B—21 m
S_u = 40kPa

RAMBØLL

Avlesning piezometer						
Punkt	**Type/ Sondenr.**	**Filterdybde**	**Dato**	**Målt vannsøyle [mVp]**	**Målt dybde [m u/terr]**	**Kommentar**
2-1	Elektrisk/ 4291	10m	28.09.2011	3,58		
			17.04.2012	2,97		
	Elektrisk/ 4290	20m	28.09.2011	5,92		
			17.04.2012	5,29		
3-2	Elektrisk/ 4448	5m	15.11.2012	0,57		
			21.11.2012	0,55		
			20.12.2012	0,67		
			30.04.2013	0,55		
	Elektrisk/ 4449	10m	15.11.2012	1,92		
			21.11.2012	1,9		
			20.12.2012	1,97		
			30.04.2013	1,73		
3-12	Elektrisk/ 4436	8m	15.11.2012	-0,36		Plassering mot skole
			21.11.2012	-0,38		
			20.12.2012	-0,25		
			30.04.2013	-0,8		
	Elektrisk/ 4437	16m	15.11.2012	1,23		Plassering fra skole
			21.11.2012	1,27		
			20.12.2012	1,48		
			30.04.2013	1,12		
NGI 1-5	Hydraulisk	5m	2008		Ca. 4	
			21.11.2012		2,31	
	Hydraulisk	10m	2008		Ca. 9	
			21.11.2012		8,56	
NGI 1-6	Elektrisk/ 4440	7m	15.11.2012	2,73		
			21.11.2012	2,73		
			20.12.2012	2,71		
			30.04.2013	2,06		Plassering mot bygg
	Elektrisk/ 4441	13m	15.11.2012	0,81		
			21.11.2012	0,83		
			20.12.2012	1,12		
			30.04.2013	0,32		Plassering fra bygg

BILAG 15

DYBDEDATA NUMMEDALSLÅGEN, HVITTINGFOSS SENTRUM

1 SIDE

Skinnes

Søndre Moen

Myrahaugen

Haugen

Hvittingfoss

Bunnkoter

- 46.9 - 48.0
- 48.1 - 49.0
- 49.1 - 50.0
- 50.1 - 51.0
- 51.1 - 52.0
- 52.1 - 53.0
- 53.1 - 54.0
- 54.1 - 55.0
- 55.1 - 56.0
- 56.1 - 57.0
- 57.1 - 58.0
- 58.1 - 59.0
- 59.1 - 60.0

0 100 200 300 m

Prosjekt: Bunnkoter Hvittingfoss	Målestokk / Format: 1:5000 / A2
Bunnkotekartlegging 09.05.2011 (NVE) Vannstand ca. kt. 60.3 Numedalslågen / Hvittingfoss Ortofoto fra WMS	Tegn. nr.: ... Rev.: ... Kommune: Kongsberg Vassdr. nr: ...
Dato: 10.05.2011	Tegn. / Kontr. / Godkj.

BILAG 16

SUPPLERENDE BORPROFIL 3-1

1 SIDE

Dyp m	Beskrivelse	Prøve	Vanninnhold (%) Konsistensgrenser 10 20 30 40 50	G kN/m³	Skjærstyrke (kPa) 10 20 30 40 50	S_t
5						
10						
	Kvikkleire, siltig — enkelte lag finsand, 5 mm			19,6		200 200
15	Kvikkleire, siltig — noen lag finsand, 10 mm			19,7		200 200
	Prøve 23-24 m kom opp tom					
	Leire, siltig, sensitiv — Kvikkleire 19,6 m-19,8 m			19,2		36 32 200
20						

VANNINNHOLD/KONSISTENSGRENSER	▽	KONUS, UFORSTYRRET	⊕	TREAKS, AKTIV	LEIRE, SILT, SAND, GRUS, FYLLMASSER, ORGANISK, SKJELL
0 / 15 5 / 10 TRYKKFORSØK/BRUDDEFORMASJON	▼	KONUS, OMRØRT	⊖	TREAKS, PASSIV	Naver, Prøveserie
S_t SENSITIVITET	/K	KORNFORDELING	/Ø	ØDOMETERFORSØK	

Prøveserie	Hull: 3 - 1	Grv.st	Opptak
Hvittingfoss	Terreng	X- koord	Y- koord
	Prosj.nr: 784	Lab	Kontr.
	Dato: 09.04.2013	TEGN NR.	

Vedlegg 2:

NGI teknisk notat 20120427-01-TN Gjennomgang av parameter-rapport fra Rambøll AS, 5.4.2013

Teknisk notat

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Sluppen
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Til:	NVE REGION SØR
v/:	Jan-Eirik Hønsi
Kopi til:	
Dato:	5. april 2013
Rev. nr./ Rev. dato:	0
Dokumentnr.:	20120427-01-TN
Prosjekt:	Tredjepartskontroll. Geoteknisk utredning av kvikkleiresoner, Hvittingfoss.
Utarbeidet av:	Håkon Heyerdahl
Prosjektleder:	Håkon Heyerdahl
Kontrollert av:	Øyvind A. Høydal

Gjennomgang av parameterrapport fra Rambøll AS

Sammendrag

NGI har gjennomgått parameterrapport utarbeidet av Rambøll AS i forbindelse med geoteknisk utredning av kvikkleiresoner, Hvittingfoss.

I hovedsak anses rapporten å gi et godt utgangspunkt for videre arbeid med stabilitetsberegninger. Udrenerte skjærstyrkeprofiler i beregningsprofilene er foreløpig ikke beregnet/vist, og stabilitetsprofilene som skal benyttes ved beregning kan derved ikke kontrolleres fullt ut. Et omforent grunnlag for stabilitetsberegninger er derved kun delvis etablert.

Det er gitt noen kommentarer til valgt metodikk, og en del kommentarer til tolkning av eksisterende datagrunnlag og til de enkelte beregningsprofiler.

Det bemerkes at tredjepartskontrollen ikke har hatt til hensikt å omfatte detaljert tolkning av grunnundersøkelsesdataene, og slik kontroll er gjort i begrenset omfang.

BS EN ISO 9001
Certified by BSI
Reg. No. FS 32989

Innhold

1 Innledning 3
2 Vedrørende kontrollomfang 3
2.1 Detaljnivå for kontrollen 3
2.2 Datagrunnlag 3
2.3 Organisering av parameterrapporten 4
2.4 Eksempel på detaljert kontroll av datagrunnlaget 4
3 Vurdering av metodikk 5
3.1 Stabilitetsberegninger 5
3.2 CPTU-tolkning 5
3.3 Overkonsolidering og SHANSEP-modellen 6
3.4 Anisotropi og tøyningskompatibilitet 6
3.5 Effektiv skjærstyrke 7
3.6 Kvalitet av undersøkelser 7
4 Kommentarer til enkeltprofilene 7
4.1 Eknes 8
4.2 Hvittingfoss Nord 8
4.3 Hvittingfoss Sør 9
5 Referanser 10

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NVE Region Sør har gitt NGI i oppdrag å utføre tredjepartskontroll i forbigående geoteknisk utredning av kvikkleiresoner ved Hvittingfoss. Utredningen utføres av Rambøll AS.

Tidligere er det utført tredjepartskontroll av borplaner, jfr. ref. /1/. I denne omgang skal det utføres gjennomgang av oversendt parameterrapport (ref. /2/). Hensikten med kontrollen er å komme frem til et omforent grunnlag før beregningene utføres.

2 Vedrørende kontrollomfang

2.1 Detaljnivå for kontrollen

Når materialparametre og beregningsmetodikk er kontrollert/omforent, er det videre beregningsarbeidet i hovedsak bestemt. Dette innebærer at kontroll av materialparametre er et meget sentralt element i tredjepartskontroll for utredningen.

I forbindelse med definisjon av NGIs oppdrag, dvs. omfang av kontrollarbeidet, ble det i ref. /3/ meddelt at NVE:

> "…ynskjer å presisere at kontrollen ikkje skal inkludere f.eks gjennomgang av grunnlagsmateriale eller kontrollberekningar".

Tredjepartskontrollør skal altså ikke foreta en full gjennomgang og sammenstilling av grunnlagsdataene, men ta utgangspunkt i det som presenteres av geoteknisk konsulent (Rambøll AS) i parameterrapporten.

Uten å gå detaljert inn i datagrunnlaget, må data være sammenstilt og presentert på en måte som viser og underbygger konklusjonene/parametervalgene i rapporten. I tillegg kan den beskrevne metodikken for arbeidet vurderes. Konklusjonene i en parameterrapport er imidlertid sterkt avhengig av konsulentens tolkning av datagrunnlaget, dvs. tolkning/vurdering av sonderinger, laboratoriedata, topografi mv.

➔ I praksis er det vanskelig å utføre en reell kontroll av inngangsparametre uten å gå inn i grunnlagsdataene i noen grad. For å illustrere dette poenget, er et eksempel vist i avsnitt 2.4.

2.2 Datagrunnlag

Rapporten inneholder og gjør bruk av et stort datagrunnlag for en rekke områder. Datagrunnlaget omfatter nye boringer utført i forbindelse med oppdraget, samt en rekke eldre grunnundersøkelsesrapporter (det vises til parameterrapporten for samlede referanser til grunnundersøkelsesrapporter). Parameterrapporten gir samlet

fremstilling av boringer i utredningsområdet på borplaner for hvert delområde (tegning 202 tom. 205).

2.3 Organisering av parameterrapporten

Rapporten er organisert slik at informasjon for hvert delområde/lengdeprofil er spredt under mange kapitler/avsnitt (poretrykk i et kapittel, overkonsoliderings-forhold både under kapittel 3.2 og 3.3.1, udrenert skjærstyrke i et kapittel for seg, osv). For generelle punkter (f.eks. beregningsmetodikk, anisotropiforhold, samtolking av data) er en slik organisering fornuftig. Oppdeling av informasjonen gjør imidlertid at gjennomgangen av materialet blir mer arbeidskrevende.

➔ En organisering med samlet diskusjon (evt. oppsummering) for hver sone/område ville gjort kontrollen enklere.

2.4 Eksempel på detaljert kontroll av datagrunnlaget

For å illustrere koblingen mellom datagrunnlag og kontroll (jfr. avsnitt 2.1) ser vi i det følgende på tolkning av triaksialforsøk vist i parameterrapportens ”Bilag 13 Tolkning av borprofil”. Dette styrkeprofilet er benyttet som designprofil for lengdeprofil 3D.

- Først presenteres to triaksialforsøk fra Rv40, borhull SVV-11, dybde 11,4 m og 11,5 m. Materialet er siltig kvikkleire og det er observert hhv. 10 cm^3 og 11 cm^3 volumendring ved konsolidering (dvs. 4-5 % dersom prøvene er Ø54 mm med høyde 100 mm; dimensjon er ikke oppgitt). Med slik volumendring karakteriseres prøvene som forstyrret i hht. ref. /6/ dersom OCR > 1,5. Den relativt høye fastheten grunt i profilet indikerer at så er tilfelle. På borprofilet er det også angitt ”noe forstyrret” på denne prøvesylinderen (men ikke på øvrige sylindre, hvor det ikke er utført triaksialforsøk).
- Deretter presenteres prøveserie SVV-18 med triaksforsøk på dybde 2,3 m og 8,4 m. Volumendring under konsolidering er liten i begge forsøk (hhv. 0,5 cm^3 og 1,5 cm^3). Det grunneste forsøket viser ingen tegn til sprøbruddoppførsel, selv om rutineundersøkelsene viser sensitivitet på ca. 25 (muligens er prøven ikke tatt helt nede i dette laget?). Felles tolkning av de to forsøkene gir en meget høy effektiv friksjonsvinkel, som virker urimelig for leire; $\phi'=42^o$ (muligens delvis forårsaket av at målt udrenert skjærfasthet av grunneste prøve er for lav, slik at bruddlinjen blir for bratt).

➔ I hvilken grad er disse forsøkene vektlagt?

- Tolket skjærfasthetsprofil for SVV-18 avtar i dybden fra 10 m til 13 m, noe som normalt bare er tilfelle dersom det er overliggende tørrskorpe med høy fasthet, og ikke virker riktig her. Rutinedata og særlig enaksforsøk gir nesten alltid for lave verdier i sensitiv leire/silt.

➔ Er det realistisk at karakteristisk skjærstyrke faller i denne dybden?

Hensikten ved denne gjennomgangen av "Bilag 13" er å illustrere at uten å gå inn i grunnlagsdataene er det i liten grad snakk om reell kontroll. Eksemplet viser at noe av datagrunnlaget som presenteres bør brukes med skepsis eller forkastes (og kanskje også er forkastet i realiteten, uten at dette fremgår klart).

➔ I parameterrapporten savnes derfor at det fremgår tydeligere hvilke grunnlagsdata som anses brukbare, og hvilke som må forkastes/legges mindre vekt på. For kontrollerende er det ikke mulig å vurdere dette uten å gå relativt detaljert inn i grunnlaget, noe som egentlig ikke er hensikten med kontrollen (og heller ikke mulig i fullt monn uten i hovedsak å gjenta arbeidet som er utført).

3 Vurdering av metodikk

NGIs vurdering av den beskrevne beregningsmetodikken er at den i hovedsak synes fornuftig. Noen kommentarer til metodikk og tolkning gis i det følgende.

3.1 Stabilitetsberegninger

Beregningsforutsetninger (planlagt drenerte og udrenerte analyser, sirkulære og sammensatte glideflater) er i hht. vanlig geoteknisk praksis og i tråd med NVE-veiledningen (ref. /6/).

For udrenert analyse er det i parameterrapporten kun gitt prinsipper for estimering av styrkeprofiler.

➔ Selve de udrenerte skjærfasthetsprofilene kan således ikke kontrolleres.

Valg av ADP-analyse for udrenert stabilitetsanalyse anses fornuftig.

➔ Også når materialdata kun foreligger som "Su"-verdier, slik som for profil 3D, er det mulig å benytte ADP-metoden ved å tilpasse aktuelle omregningsfaktorer. Dette vil kunne utgjøre en reell forskjell eksempelvis for langstrakte, plane glideflater.

3.2 CPTU-tolkning

CPTU-tolkning oppgis å være basert på målte poretrykk. Etter kommentar på borplaner/utredningsprogrammet fra tredjepartskontroll (ref. /1/) ble det nedsatt to piezometre pr. målestasjon, og det kan konstateres at dette viser seg å ha stor betydning for vurdering av spennings- og poretrykksforhold for flere av områdene. Poretrykk øker langt mindre med dybde enn hydrostatisk poretrykksøkning.

Det er tolket S_{uA}-profiler basert på CPTU-boringer, vist i parameterrapportens vedlegg 1 tom. 7. Enkelte av de tolkede skjærstyrkeprofilene er relativt kompliserte (eksempelvis NGI 1-6).

➔ Er slike detaljerte styrkeprofiler tenkt overført til terrenget til side for CPTU-sonderingene (langsetter profilet og til annet terrengnivå)?

3.3 Overkonsolidering og SHANSEP-modellen

Stikkprøvekontroll av datagrunnlag/ødometerforsøk synes å bekrefte til dels betydelig overkonsolidering. Enkelte av forsøkene synes å gi dårlig bestemmelse av p'_c (eks: første ødometerforsøk i Bilag 8, prøveserie 2-1 dybde 5,6 m). Forstyrrede prøver i sensitiv leire gir svært ofte dårlig grunnlag for å vurdere overkonsolidering. Ødometerforsøk på Ø54 mm prøver anbefales ikke.

Det er i beregningsprofilene vist overkonsolideringslinjer for vurdering av udrenert skjærfasthet, og også gitt en oppsummering i parameterrapportens tabell 3.1. Antatt overkonsolidering synes å være forsiktig valgt i nedre del av skråningene.

➔ Noen verdier i tabell 3.1 er angitt i parentes, det er ikke opplyst hva dette betyr.
➔ Flere av p'_c-verdiene i tabell 3.1 korresponderer dårlig med antatt tidligere terreng i tabell 3.2 (eks. punktene 2-1 og 3-1).

Parametrene i SHANSEP-modellen er variert for hver enkelt CPTU.

➔ Dersom materialet anses å være noenlunde samme type leire, vil en alternativ og kanskje mer logisk tilnærmingsmåte være å holde modellens parametre fast, og i stedet variere antatt overkonsolidering.

3.4 Anisotropi og tøyningskompatibilitet

Anisotropifaktorer er tolket detaljert på forskjellige tøyningsnivåer, men foreslås likevel like for alle delområdene. De utførte triaksialforsøkene later til å være til dels betydelig påvirket av prøveforstyrrelse, noe som også har betydning for resulterende anisotropifaktorer.

➔ Foreslåtte anisotropifaktorer er innenfor vanlig område for normal-konsolidert leire.

Det kan være betydelig effekt på anisotropifaktorene fra antatt stor over-konsolidering, men forholdet er ikke godt dokumentert ved utførte styrkeforsøk. Det anses derfor vanskelig å benytte vesentlig større anisotropifaktorer for direkte udrenert skjærstyrke, på tross av betydelig overkonsolidering i enkelte områder.

Det bemerkes at konsolideringsprosedyrer for DSS-forsøk er svært avgjørende for resultatet av forsøket, fordi skjærforsøket utføres med kun vertikalspenning på prøven.

➔ Det kan se ut til at vertikalspenning ved DSS-forsøk på prøve fra NGI 1-6 har vært lik in situ vertikalspenning, hvilket i så fall ikke tar hensyn til antatt OCR (ca. 2,0 i hht. tabell 3.1 i parameterrapporten).

3.5 Effektiv skjærstyrke

Korrigerte friksjonsvinkler fra triaksialforsøk (avsnitt 3.5 i parameterrapporten) ble mottatt pr. epost 13.03.2013 (ref. /4/).

➔ For drenerte styrkeparametre bemerkes at detaljeringsnivået kan synes i overkant (kohesjonsverdier og friksjonsvinkler angitt med desimal). Datagrunnlaget korresponderer ikke med dette detaljeringsnivået.

3.6 Kvalitet av undersøkelser

Korrigert volumendring fra konsolideringsfasten av triaksialforsøk (tabell 3.3 i parameterrapporten) ble mottatt pr. epost 13.03.2013 (ref. /5/).

➔ Det antas at prøveforstyrrelse for forsøkene da generelt vil forskyves mot dårligere kvalitet

4 Kommentarer til enkeltprofilene

Profilene er generelt ryddig og oversiktlig opptegnet.

➔ Materialegenskapene bør vises i beregningsprofilene.

➔ Udrenerte styrkeprofiler er ikke beregnet/vist, og kan således ikke kontrolleres.

➔ Det ville vært en fordel om analyserte prøvesylindre var vist i dybdeprofilene med jordartsbetegnelse, som dokumentasjon på lagdeling (eksempelvis prøveseriene 4-8 og NGI1-6 i profil 4-B). Dette gir oversikt over hva som er bekreftet av jordarter, uten å gå inn i bakgrunnsdataene.

➔ Rapporten opererer delvis med skille mellom sprøbruddmateriale og kvikkleire i profilene. Det er uklart hvorvidt skillet er ment å skulle ha praktisk betydning for beregningene (drenerte parametre er identiske for kvikk/sensitiv leire og leire i følge avsnitt 3.5 i parameterrapporten, og anisotropifaktorene skiller heller ikke mellom disse lagene).

Det bemerkes at ved bruk av kombinert grunnvannstand og poretrykksprofiler i beregningene kreves riktig valg i GeoSuite for ikke å få for høye poretrykk i beregningene.

4.1 Eknes

Profil 2A

- Bratteste skråning valgt, synes fornuftig.
- CPTU og/eller prøvetaking i borepunkt 2-2 ville gitt bedre grunnlag for vurdering av overkonsolidering.
- Sideveis forskyving av 2-2 (>100 m) gir ikke godt grunnlag for å styre lagdeling i foten av skråningen.
- Overgang mellom kvikkleire og sand/silt synes noe for grunn i NGI73 og GS1.
- Kvikkleire påvist i prøve på 12 m (2-1), men ingen prøver mellom 6 m og 12 m. Det kan være sprøbruddmateriale noe grunnere i dybdeprofilet.

4.2 Hvittingfoss Nord

I Hvittingfoss Nord er det mange mulige profilplasseringer som er nokså likeverdige. Det er en rekke små og store skråninger som kunne vært analysert. De valgte profilene synes å gi en brukbar dekning.

Profil 3A

Det opplyses i rapporten at det skal gjøres supplerende boringer her.

- Profil 3A må være kritisk ved drenert analyse, med angitt geometri på elveskråningen.
- Er dybder i elva kjent?
- Er differensiering mellom sprøbruddmateriale og kvikkleire i profilet ment å ha noen beregningsmessig betydning? (Kvikkleire er også sprøbruddmateriale). En evt. ambisjon om å beskrive lagdeling etter dette prinsippet vil kreve betydelig økt innsats av grunnundersøkelser.

Profil 3B

- Er sand/silt under kote +63 ved BS101 tenkt modellert som drenert eller udrenert materiale?
- Sondering 3-5 kan indikere grunt beliggende sensitivt materiale (ikke prøver som be-/avkrefter dette).
- Samme kommentar som for profil 3-A vedr. sprøbruddmateriale/ kvikkleire.

Profil 3C

- L204 er langt til side for profilet, bør ikke legges for mye vekt på (boringer er trukket langs kotene inn på profil 3-C, ikke normalt på profilet)?
- Totalsondering gir som regel dårligere skille mellom kvikt/ikke kvikt materiale. Det kan vurderes å trekke laggrensen ved L204 noe dypere.

Profil 3D

- For dette profilet vises til kommentar vedrørende styrkedata i avsnitt 2.4.
- Beregning etter "s_u-metoden" er ikke eneste mulighet selv om udrenert skjærstyrke er gitt som middelverdier for Su i prøveseriene. Det kan likevel gjennomføres ADP-analyse.
- Poretrykksprofilene på tegning 210 bør muligens suppleres for å reflektere ønsket poretrykkssituasjon (behov for u-profil i skråningsfot?).

Profil 3E

- Kun en dreietrykksondering på toppen av skråningen må sies å være et relativt tynt prosjekteringsgrunnlag.
- Nord for profilets avslutning i nord later det til at terrenget faller betydelig?
- I parameterrapportens avsnitt 2.2.3 står det "Det er generelt dypere til potensiell kvikkleire i disse punktene enn nivå for utløp for et eventuelt skred". Er det ment at kritiske glideflater ikke går ned i kvikkleire? Utløpsområdet for et skred er det området skredmassene beveger seg inn i og blir avsatt.

4.3 Hvittingfoss Sør

Også for Hvittingfoss Sør kan det plasseres en rekke alternative beregningsprofiler. Valgte profiler gir en rimelig god dekning av området.

Profil 4A

- CPTU utført i NGI-4 (ikke angitt i lengdeprofilet).

Profil 4B

- Skilles det mellom parametre for kvikkleire og sprøbruddmateriale (angitt som separate lag)?
- Prøveserie 4-8 viser sprøbruddmateriale i dybde 5-6 m, men det er ikke angitt sprøbruddmateriale i lengdeprofilet på dette nivået.

Profil 4C

- Grunnvannsnivå følger sandlaget. Er det realistisk i bunn av ravinen?
- Boring 4-11 til side for profilet er angitt på planen å ligge på kote +64, men er tegnet inn på ca. kote +61. Da ligger leira 3 m grunnere?

Profil 4D

- Skal silt/finsand ved prøveserie 4-1 regnes kun som drenert materiale eller også som udrenert materiale? (Prøveserie 4-1 er kun skovlprøver til 3 m. Borprofilet indikerer mulig flere meter lag med leire under kote +64).

Profil 4E

- Ingen kommentarer

5 Referanser

/1/ NGI (2012). Tredjepartskontroll. Geoteknisk utredning av kvikkleiresoner, Hvittingfoss. Gjennomgang av borplaner for grunnundersøkelser. Prosjekt 20120427, brev til NVE Region Sør, datert 15. mai 2012.

/2/ Rambøll AS (2013). Geoteknisk rapport – Parameterrapport. Hvittingfoss – Kvikkleireutredning. Oppdrag nr. 6120285. Rapport nr. 01, datert 06.03.2013.

/3/ NVE (2012). E-post fra NVE / E.D. Haugen til NGI / H. Heyerdahl, datert 19.03.2012.

/4/ Rambøll (2013). Epost fra Rambøll AS v/ Rolf Aasland til NGI/ H. Heyerdahl, datert 13. mars. Korrigerte effektivspenningsparametre.

/5/ Rambøll (2013). Epost fra Rambøll AS v/ Rolf Aasland til NGI/ H. Heyerdahl, datert 13. mars. Korrigerte volumendringer.

/6/ NVE (2011): Retningslinjer 2/2011. Flaum- og skredfare i arealplanar. Revidert 15. april 2011. ISSN: 1501 - 9810.

Kontroll- og referanseside/
Review and reference page

Dokumentinformasjon/*Document information*

Dokumenttittel/*Document title*		**Dokumentnr./*Document No.***
Tredjepartskontroll. Geoteknisk utredning av kvikkleiresoner, Hvittingfoss. Gjennomgang av parameterrapport fra Rambøll AS		20120427-01-TN
Dokumenttype/*Type of document*	**Distribusjon/*Distribution***	**Dato/*Date*** 2013-04-05
Teknisk notat / Technical Note	Begrenset/Limited	**Rev.nr.&dato/*Rev.No.&date*** 0

Oppdragsgiver/*Client*
NVE Region sør

Emneord/*Keywords*
Kvikkleire, stabilitet, skjærfasthet, udrenert, drenert, stabilitet, overkonsolidering, OCR

Stedfesting/*Geographical information*

Land, fylke/*Country, County*	**Havområde/*Offshore area***
Norge	
Kommune/*Municipality*	**Feltnavn/*Field name***
Hvittingfoss	
Sted/*Location*	**Sted/*Location***
Hvittingfoss	
Kartblad/*Map*	**Felt, blokknr./*Field, Block No.***
1813 IV	

UTM-koordinater/*UTM-coordinates*
Sone 32 N6594587 E557399

Dokumentkontroll/*Document control*

Kvalitetssikring i henhold til/*Quality assurance according to* NS-EN ISO9001

Rev./ *Rev.*	**Revisjonsgrunnlag/*Reason for revision***	**Egen-kontroll/ *Self review* av/*by:***		**Sidemanns-kontroll/ *Colleague review* av/*by:***		**Uavhengig kontroll/ *Independent review* av/*by*:**		**Tverrfaglig kontroll/ *Inter-disciplinary review* av/*by:***	
0	Originaldokument	HHe		OAH					

Dokument godkjent for utsendelse/ *Document approved for release*	**Dato/*Date***	**Sign. Prosjektleder/*Project Manager***
	5. april 2013	Håkon Heyerdahl

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje,gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002 og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Sluppen
NO-7462 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr 5096 05 01281/IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr/Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no