



Statens vegvesen

Miljøpakken – Rv. 706 Sluppen-Sivert Dahlens veg

Regulerings- og byggeplan

SVV prosj.nr: 404169	Geoteknisk rapport	Utarbeidet av:		
Prosj.nr: 2740				
Dok.nr: R-G-03	Tittel: Områdestabilitet Hoem			
Dato: 30.09.2015	Fra: Magne Mehli		Til: Terje Simonsen	
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utført:	Kontrollert:
0	30.09.2015	1. utgave	BKB	MMe
1	11.10.2016	Revisjon etter tredjepartskontroll	BKB	MMe



Klæbuvn. 196 b, Trondheim, www.aajt.no

I samarbeid med:

ViaNova Trondheim AS, Plan Arkitekter AS, Selberg Arkitekter AS,
Grindaker AS, GeoVita AS, NGI, ECT AS, Brekke og Strand AS, Sweco Norge AS, DHI



RAPPORT

Rv. 706 Sluppen – Sivert Dahlens veg

OMRÅDESTABILITET HOEM

DOK.NR. 20140539-04-R

REV.NR. 1 / 2016-10-11

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.

Prosjekt

Prosjekttittel: Rv. 706 Sluppen – Sivert Dahlens veg
Dokumenttittel: Områdestabilitet Hoem
Dokumentnr.: R-G-03 20140539-04-R
Dato: 2015-09-30
Rev.nr. / Rev.dato: 1 / 2016-10-11

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Statens vegvesen Region midt
Kontaktperson: Terje Simonsen
Kontraktreferanse: Kontrakt mellom SVV og AAJT signert 2015.02.17 (prosjektnr. 404169)

Før NGI

Prosjektleder: Magne Mehli
Utarbeidet av: Bjørn Kristian Fiskvik Bache
Kontrollert av: Magne Mehli og Ragnar Moholdt

Sammendrag

I forbindelse med utbyggingen av Rv. 706 parsell Sluppen – Sivert Dahlens veg er det gjort en evaluering av området ved Hoem. Rapporten tar for seg stabiliteten i eksisterende kvikkleiresone nr. 202 *Hoem* samt andre deler av området der skredmasser vil kunne ramme vegen eller Dovrebanen mot øst.

Grunnen i området består i grove trekk av et øvre lag av middels fast leire ned til 8-13 meters dybde. De nederste 2-5 meterne av dette laget er flere steder påvist å være av sprøbruddkarakter. Dette gjelder i hovedsak i terrengryggen langs Nordre Hallsetveg samt vestre del av kvikkleiresone nr. 202 *Hoem*. Videre i dypet består grunnen av et fastere lag, før det igjen er leire ned til berg. Langs skråningene mot jernbanen i øst er det forekomst av sand de øverste 5-10 meterne. Lengst sør er det også funnet et øvre lag av leirig grus. Videre består massene langs skråningstoppen her av leire over morene og berg.

På bakgrunn av eksisterende og supplerende grunnundersøkelser er sonegrensen til kvikkleiresone nr. 202 *Hoem* revidert for å passe bedre over ens med faktisk forekomst av sprøbruddmateriale. Materialet langs terrengfremspringet langs Østkollvegen er påvist å ikke være av sprøbruddkarakter. I tillegg er det opprettet en ny sone langs terrenngryggen mellom Waldemar Aunes veg og Skjermvegen. Denne er navngitt *Nordre Hallset*.

Stabilitetsberegninger samt en vurdering av den nye kvikkleiresonen *Nordre Hallset* viser at stabiliteten flere steder er lavere enn kravet i NVEs veileder 7/2014 ref. [1] til $\gamma_M \geq 1,4$. Utløpsvurderinger viser imidlertid at utløp fra kvikkleireskredmasser ikke vil ramme Dovrebanen eller Rv. 706 i øst. Det vurderes derfor ikke som nødvendig å utføre sikringstiltak knyttet til denne sonen.

Stabilitetsberegninger viser at sikkerheten mot skred i skråningene mot jernbanen i øst er lav. Det anbefales derfor å gjøre tiltak i skråningene for å redusere risiko for skred. Det er foreslått en rekke sannsynlighetsreduserende og konsekvensreduserende tiltak i rapporten. Endelig utforming av tiltak må detaljprosjekteres.

Innhold

1	Innledning	7
2	Grunnlag	7
2.1	Grunnundersøkelser	7
2.2	Eksisterende kvikkleiresone	7
2.3	Feltbefaring	8
2.4	Tidligere skredhendelser	9
3	Terreng og grunnforhold	9
3.1	Topografi	9
3.2	Kvartærgeologi	10
3.3	Løsmasser og grunnvann	10
3.4	Berg	11
4	Soneavgrensning og klassifisering	11
4.1	Utbredelse av sprøbruddmateriale	11
4.2	Løsneområder	12
4.3	Reviderte sonegrenser	13
4.4	Faregradsklassifisering	13
5	Sikkerhetskrav	14
6	Grunnlag for stabilitetsvurdering	14
6.1	Kritiske snitt	14
6.2	Relevante bruddmekanismer	14
6.3	Tolkning av grunnforhold	15
6.4	Stabilitetsberegninger	15
7	Stabilitetsvurdering	15
7.1	Beregningsresultater	15
7.2	Avgrensning av utløpsområde	16
7.3	Vurdering av sikringsbehov	16
8	Konklusjon	18
8.1	Videre arbeid	19
9	Referanser	20

Tegninger

Tegning nr. 001	Kart 1:50 000
Tegning nr. G020	Oversiktskart
Tegning nr. G021	Kvikkleireutbredelse
Tegning nr. G022	Løsneområder
Tegning nr. G023	Reviderte sonegrenser

Vedlegg

Vedlegg A	Soneevaluering
Vedlegg B	Materialparametere
Vedlegg C	Treaksialforsøk
Vedlegg D	Ødometerforsøk
Vedlegg E	CPTU-sonderinger
Vedlegg F	Stabilitetsberegninger
Vedlegg G	Løsne- og utløpsområder

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

I forbindelse med utbygging av Rv. 706 parsell Sluppen – Sivert Dahlens veg er Norges geotekniske Institutt (NGI) engasjert av Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen Trondheim AS (AAJT) som geoteknisk konsulent. Prosjektet består av over 1,3 km ny veg, ny bru over Nidelven, to bruer over Leirelva og restaurering av dagens Sluppen bru for gang- og sykkelformål.

Vest for prosjektområdet ligger Hoem kvikkleiresone (nr. 202). Veganlegget ligger i sin helhet utenfor kvikkleiresonen, men faren for utløp av skredmasser fra et potensielt kvikkleireskred inn i reguleringsområdet må etter NVE sin veileder 7/2014 utredes. Skredfareutredning av kvikkleiresonen innebærer i hovedtrekk avgrensning av eksisterende sone, kartlegging av kvikkleire/sprøbruddmateriale utenfor sonen og stabilitetsvurderinger. Basert på disse vurderingene er det mulig å avgjøre om kvikkleireskred utgjør en fare for planlagt veganlegg.

Rapporten er ingen fullstendig soneutredning, men er begrenset til å gjelde skråninger som vender mot veganlegget. De delene av sonen som ikke er utredet, vurderes å ikke utgjøre en fare med hensyn på utløp mot reguleringsområdet.

2 Grunnlag

2.1 Grunnundersøkelser

Det foreligger en del eksisterende datagrunnlag for området. Dette er behandlet i NGI-rapport 20140539-01-R R-G-01 "Oversikt eksisterende grunnundersøkelser" ref. [2]. I tillegg er det utført supplerende grunnundersøkelser, presentert i NGI-rapport 20140539-03-R R-G-02 "Datarapport GW400-serie" ref. [3]. Samlet vurderes det foreliggende grunnlaget som tilstrekkelig for videre vurdering av stabiliteten ved Hoem.

2.2 Eksisterende kvikkleiresone

Kvikkleiresone nr. 202 *Hoem* strekker seg fra Hoemshøgda i nord til Østtunvegen i sør, og begrenses av Bøckmans veg i vest og jernbanen i øst. Kart med kvikkleiresonen er vist på figur 2-1. Kvikkleiresonen er klassifisert til faregrad "lav" og konsekvensklasse "alvorlig", og havner inn under risikoklasse 3 iht. Program for økt sikkerhet mot leirskred ref. [4].



Figur 2-1 Beliggenhet av eksisterende kvikkleiresone nr. 202 Hoem samt planlagt veganlegg. Tidligere skredhendelser i tilknytning til området er markert med røde sirkler.

2.3 Feltbefaring

Der er foretatt en befaring for å vurdere erosjonsforholdene i området. Det eneste stedet erosjon eventuelt utgjør noen trussel er i bekkedalen mellom Waldemar Aunes veg og Nordre Hallsetveg. Bekkedalen ble befart i en periode med betydelig nedbørsmengde, men det ble ikke observert erosjon i betydelig grad. Bekken har liten vannføring, og vannet er ikke misfarget som følge av høyt partikkelinnhold. Lengst øst renner bekken i hovedsak på berg/grov stein, mens bekkebunn lenger vest i bekkeleiet består av leire. Erosjonen i området vurderes på bakgrunn av denne befaringen å ikke utgjøre noen trussel for stabiliteten.

Området er også befart for å kartlegge berg i dagen i skråningen øst mot Dovrebanen. Informasjon om berg er av stor betydning for stabiliteten, da dette vil begrense mulige glideflater.

2.4 Tidligere skredhendelser

Det er registrert tre tidligere skredhendelser i området. Det ene var i 1989, da det gikk et skred fra Nordhaugsvegen nr. 26 ned mot Dovrebanen og videre helt ned mot Nidelva. Skredet førte til at både Dovrebanen og Rv. 706 ble stengt. Skredet skyldtes trolig økt grunnvannstand som følge av lang tids, men dog ikke ekstrem nedbør. Etter skredet ble det utført sikringstiltak i skråningen i form av en støttemur på vestsiden av jernbanen og oppfylling med sprengstein oppover i skråningen. Raset er beskrevet i Trondheim kommunes rapport R.0814 ref. [5].

Et annet skred var i 2002, da det skjedde en mindre utglidning ved Nordre Hallsetveg nr. 43 mot bekkedalen i nord. Her var det fyllmasser som raste ut, og årsaken antas å være poretrykksoppbygning i overgangen mellom fylling og opprinnelig grunn. Utglidningen er beskrevet i Trondheim kommunes rapport R.1174 ref. [6]

Den siste hendelsen var i 2004, da det gikk et ras fra Nordre Hallsetveg nr. 34-36 ned mot bekkeleiet i sør. Også her gikk skredet i fyllmasser, og raset kan trolig skyldes stort poretrykk i massene.

Ingen av de foregående skredene inkluderte sprøbruddmateriale, og de var alle grunnere utglidninger. Dette gir et inntrykk av at overflatestabiliteten i området er dårlig. Trolig har skråningene innstilt seg med en vinkel i forhold til de mest ugunstige poretrykksforholdene som har vært historisk. Det kan tenkes at skråningene har stabilisert seg noe pga. kryp, men det er sannsynlig at stabiliteten er lav.

3 Terreng og grunnforhold

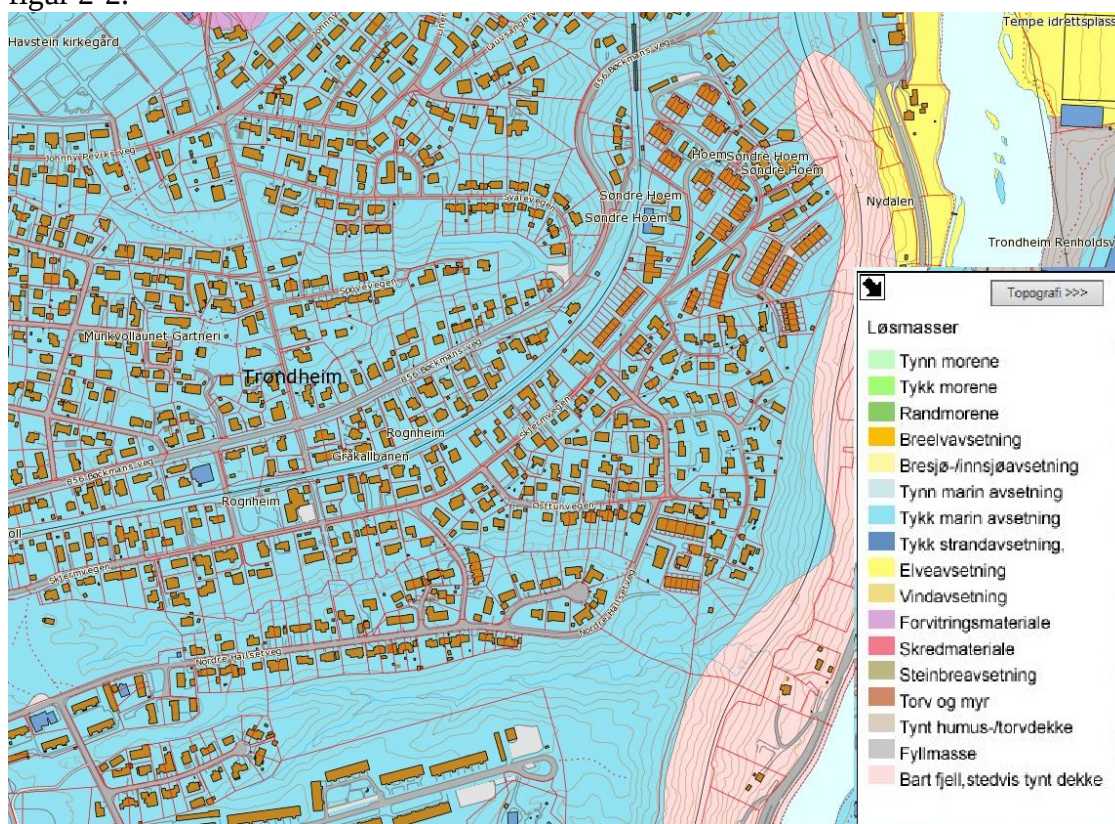
3.1 Topografi

Topografien ved Hoem kan grovt beskrives med et platå, begrenset av skråningen ned mot Nidelva i øst, Bøckmans veg i vest og nord, og bekkeleiet mellom Nordre Hallsetveg og Skjermvegen i sør. Skråningene mot Dovrebanen er flere steder opptil 40 meter høye, men det er registrert berg i dagen flere steder langs skråningen. Skråningene mot jernbanen er bratte, og helningen varierer fra 1:2 til 1:1,2 der det er løsmasser. Berghelningen er flere steder enda brattere. Bekkeleiet mellom Skjermvegen og Nordre Hallsetveg har skråningshøyder opptil 10 meter, og bekken er flere steder lagt i rør. Sør for dette bekkeleiet går Nordre Hallsetveg langs en rygg delvis bestående av sensitiv leire. Sør for denne ryggen befinner det seg nok et bekkeleie, liggende mellom Nordre Hallsetveg og Waldemar Aunes veg. Dette bekkeleiet betegnes som Saltdalen. Her er skråningene ned mot bekken flere steder over 20 meter høye, og dybden til berg er meget stor.

Langs toppen av skråningene mot jernbanen nord for Saltdalen viser flyfoto fra 1937 at det tidligere har vært et masseuttak. Dette betyr at stabilitetssituasjonen vil være noe mer gunstig for dagens situasjon enn den var før massene ble tatt ut.

3.2 Kvartærgeologi

Kvartærgeologisk kart fra Norges Geologiske Undersøkelser (NGU) viser at området ved Hoem i hovedsak består av marine avsetninger. Dette medfører risiko for tilstedeværelse av kvikkleire/sprøbruddmateriale. Kvartærgeologien i området er vist på figur 2-2.



Figur 3-1 Kvartærgeologisk kart over området. Hentet fra www.ngu.no.

3.3 Løsmasser og grunnvann

Grunnforholdene i området er i hovedsak beskrevet i NGI-rapport 20140539-01-R "Datarapport, GW-400 serie". Grunnforholdene generelt vil ikke beskrives nærmere i denne rapporten, med unntak av for profilene som beregnes, der lagdeling tolkes og beskrives for hvert enkelt profil.

Poretrykksmålere i området viser at grunnvannet generelt sett står et par meter under terreng, og avtar ut mot skråninger og raviner. Ytterst på toppen av skråningen mot øst er det et sandlag med varierende mektighet på 4 – 8 meter. Dette laget har gode

drenerende egenskaper, og grunnvannsstanden her antas å stå i overgangen mellom sandlaget og den underliggende leira. Dette bekreftes av målinger i piezometer i borpunkt GW420 vist i ref. [3]. Årstidsvariasjoner i poretrykk tas hensyn til gjennom et noe høyere grunnvannsspeil enn det poretrykksmålingene viser.

3.4 Berg

Berget skråner opp fra jernbanen med helning omtrent parallelt med terrengoverflaten. Løsmasseoverdekningen i skråningen mot Nidelva er generelt liten. Berget flater ut omtrent ved kote +75 til +80. Løsmasseoverdekningen ved skråningens topp varierer fra 15 meter lengst sør, til 5 meter midt på og omtrent 10 meter lengst nord i skråningen ved Hoemshøgda. De stedene der dybden til berg er størst vil også være de mest kritiske med hensyn på stabilitet.

Dybden til berg øker til over 40 meter lenger vest, bak på plataået. Berget danner dermed en "terskel" mot jernbanen. Dette bekreftes av at det i bekkeleiet sør for Nordre Hallsetveg er observert berg i dagen ytterst mot skråningen, mens den lenger vest består av leire. ERT-profil 1 og 3 fra NGI-rapport 20150339-01-R ref. [7] viser også antydning til en slik bergterskel.

I skråningen sør for enden av Nordhaugsvegen kommer berget flere steder frem i dagen, og det er generelt liten løsmasseoverdekning her. Videre nordover er det en bergskjæring langs jernbanen, og jernbanetraséen ligger vekselvis i skjæring og fylling langs skråningen ettersom berget varierer. Det er flere steder registrert berg i dagen på oversiden av jernbanen.

4 Soneavgrensning og klassifisering

4.1 Utbredelse av sprøbruddmateriale

For å kunne gjøre en vurdering av i hvor stor grad et skred fra kvikkleiresone 202 *Hoem* vil kunne påvirke Dovrebanen og Rv. 706 er det først nødvendig å gjøre en vurdering av utbredelsen av kvikkleire/sprøbruddmateriale. Definisjonen av kvikkleire og sprøbruddmateriale er:

- Kvikkleire: Sensitivitet, $St > 15$, omrørt skjærfasthet, $c_{u,r} < 0,5$ kPa.
- Sprøbruddmateriale: Sensitivitet, $St > 15$, omrørt skjærfasthet, $c_{u,r} < 2$ kPa.

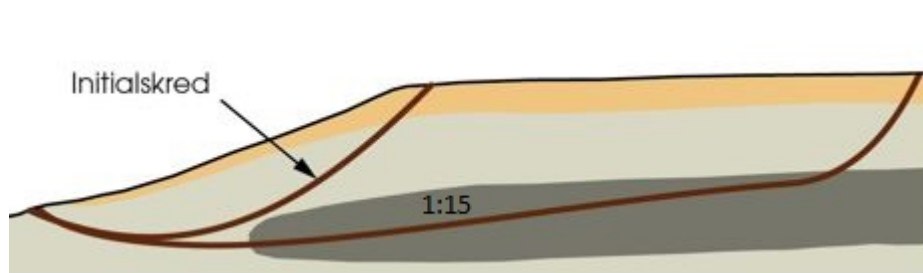
Alle sonderinger og prøveserier i området er gjennomgått og tolket for å finne borpunkter som inneholder sprøbruddmateriale. Det er kun prøveserier som gir en sikker bekreftelse på at borpunktet inneholder sprøbruddmateriale. Sonderinger vil imidlertid kunne gi en indikasjon på hvor stor utbredelsen av sprøbruddmateriale er basert på fasongen på sonderingenes motstandskurve. Tegning nr. G021 viser en oversikt over borpunkter som er tolket til å inneholde sprøbruddmateriale. Borpunkter som trolig

inneholder sprøbruddmateriale, men der dette ikke er påvist ved prøveserie er også vist på tegningen som oransje symboler.

Som tegning nr. G021 viser er det i flere områder ikke påvist sprøbruddmateriale i dagens kvikkleiresone, og sonderinger antyder heller ikke tilstedeværelse av dette. Imidlertid viser flere punkter langs ryggen sør for sonen samt vest for sonen tilstedeværelse av sprøbruddmateriale. Dette skyldes at dagens sone er etablert med hovedvekt på topografiske kriterier med bakgrunn i kun én sondering. Den nye vurderingen av sprøbruddmaterialets utbredelse gir et grunnlag for en revisjon av dagens kvikkleiresone slik at denne stemmer bedre over ens med den faktiske forekomsten av sprøbruddmateriale. Det er ikke funnet sprøbruddmateriale i området langs Waldemar Aunes veg i sør.

4.2 Løsneområder

Løsneområder i prosjektet er vurdert ut fra forekomsten av kvikkleire samt kriterier i NVE-veileder 7/2014 der skråninger med helning brattere enn 1:15 og høydeforskjell større enn 5 meter skal vurderes som et potensielt løsneområde ref. [1]. Videre er løsneområdene begrenset ved å se på den stedsspesifikke lagdelingen og i hvilken grad et skred vil kunne forplante seg bakover. Dette er vurdert ved å se på dybden en skjærflate vil ha for den aktuelle geometrien. Deretter er det vurdert hvor langt bak et skred vil nå ved å følge en linje med helning 1:15 fra bunn av initialskredet og bakover i profilet til en skjærer ut av sprøbruddmaterialet. Figur 4-1 viser en prinsippskisse for å illustrere dette.



Figur 4-1 Prinsipp for forplantningslengde for skred i sprøbruddmateriale.

Det er ikke vist løsneområder for kvikkleiresone nr. 202 *Hoem*, da det ikke er funnet sprøbruddmateriale langs skråningene mot jernbanen i øst. Da denne rapporten ikke er en fullstendig soneutredning vurderes derfor ikke eventuelle andre løsneområder som ikke vil påvirke Dovrebanen eller Rv. 706.

For terrengryggen langs Nordre Hallsetveg ser det ut til at laget med sprøbruddmateriale skråner av mot øst. Dette betyr at et skred øst i dalen muligens vil kunne forplante seg bakover langs hele ryggen. Helningen på kvikkleirelaget er omtrent 1:20, altså i noe slakere enn kriteriet til helning på 1:15 i NVE-veilederen. På bakgrunn av den slake helningen, og at kvikkleiras mektighet ikke er større enn 2-3 meter bakover langs

ryggen, vurderes det som lite sannsynlig at et slikt retrogressivt skred vil kunne gå. Potensialet ligger nok heller i utglidninger mot ravinen i sør.

Det foreligger lite grunnlag for å vurdere sprøbruddmaterialets utstrekning vest for sonering GW403. Her vurderes derfor alt terreng med høydeforskjell mer enn 5 meter som potensielt løснеområde iht. NVE veileder 7/2014 ref. [1]. En fullstendig soneutredning vil måtte avgrense sonen mer nøyaktig i forhold til faktisk forekomst av sprøbruddmateriale. Forslag til ny sone er vist på tegning nr. G023.

4.3 Reviderte sonegrenser

På bakgrunn av kvikkleirens utbredelse foreslås det å revidere kvikkleiresone nr. 202 *Hoem*, samt å opprette en ny sone for ryggen langs Nordre Hallsetveg, der det er bekreftet tilstedeværelse av sprøbruddmateriale. Det presiseres at revisjonen av kvikkleiresone nr. 202 *Hoem* ikke er noen fullstendig soneutredning, men kun en revisjon av sonegrensen mot skråningen i øst på bakgrunn av denne rapportens samlede grunnlag. Kvikkleiresone *Nordre Hallset* er heller ikke fullstendig utredet.

4.3.1 Kvikkleiresone nr. 202 Hoem

Som vist på tegning nr. G021 er det i store deler av kvikkleiresonen ikke funnet indikasjoner på tilstedeværelse av sprøbruddmateriale. Det er av den grunn ønskelig å revidere sonegrensen mot øst slik at sonen stemmer bedre over ens med den faktiske utbredelsen av sprøbruddmateriale. Sonegrensen mot vest og sør forblir uendret her da det ikke foreligger tilstrekkelig grunnlag for å vurdere sonens utbredelse her. Dette må gjøres senere ved en fullstendig soneutredning. Forslag til ny sonegrense er vist på tegning nr. G023.

4.3.2 Ny kvikkleiresone ved Nordre Hallsetveg

Det er funnet sprøbruddmateriale i terrengryggen langs Nordre Hallsetveg, mellom Waldemar Aunes veg og Skjermvegen. Det foreslås derfor at det opprettes en ny kvikkleiresone for dette området. Det foreslås at denne sonen gis navn *Nordre Hallset*. Forslag til ny kvikkleiresone er vist på tegning nr. G023.

4.4 Faregradsklassifisering

Det er utført en faregradsklassifisering av den reviderte sonen *Hoem* samt den nye sonen *Nordre Hallset*. Faregradsvurderingene er vist i vedlegg A.

Kvikkleiresone nr. 202 *Hoem* har lav faregrad og middels skadekonsekvens og faller inn under risikoklasse 3 iht. ref. [8]. Kvikkleiresone *Nordre Hallset* har lav faregrad og lav skadekonsekvens, og faller inn under risikoklasse 3.

5 Sikkerhetskrav

Prosjektet er vurdert i forhold til tiltakskategorier iht. NVE veileder 7/2014 ref. [1]. Tiltak som inngår i kategorien K4 er: *"Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold enn tiltak i K3 samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner.* Etableringen av ny Rv. 706 vurderes å være et *tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner*, og faller følgelig inn under K4.

Både den reviderte utgaven av sone nr. 202 *Hoem* og sone *Nordre Hallset* er vurdert å ha lav faregrad. For tiltakskategori K4 innebærer dette følgende krav:

- a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller
- b) Forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1 (i NVE veileder 7/2014).

Sikkerhetskrav gitt i Statens vegvesens håndbok V220 ref. [9] er ikke benyttet, og anses heller ikke som relevante da planlagt tiltak ligger utenfor sonene.

6 Grunnlag for stabilitetsvurdering

6.1 Kritiske snitt

Det er gjort en vurdering for å finne kritiske snitt som er representative for området. Profil H1 til H3 er ment å representere kritiske snitt i kvikkleiresone *Nordre Hallset*, mens profil H4 til H6 samt H9 er ment å representere skråningene ned mot jernbanen. Samlet vurderes profilene å gi et tilstrekkelig bilde av stabiliteten i området. Profilene er vist på tegning nr. G020.

Ved profil H5 er skråningen sikret med en sprengsteinsfylling etter et ras som gikk i februar 1989, beskrevet i Trondheim kommunes rapport R.0814. Her er det gjort en beregninger både av terrenget før skredet og terrenget etter sikringsarbeidene. Hensikten med dette er todelt; først for å se om valgte materialparametere stemmer noenlunde over ens med faktisk materialoppførsel, men også for å finne hvilken forbedring som ble oppnådd som følge av sikringstiltaket.

6.2 Relevante bruddmekanismer

Grunnen i området består i hovedsak av ikke-sensitive masser. Der det er funnet sprøbruddmaterialer er disse av begrenset mektighet og utstrekning. Lagdelingen er av en slik karakter at det ikke anses som sannsynlig at brudd langs plane glideflater vil oppstå. De relevante bruddmekanismene for området er derfor av sirkulær art. Videre retrogressiv utvikling i sprøbruddmateriale etter et sirkulært initialskred er vurdert.

Både terrenget ned mot jernbanen og mot bekkeleiet mellom *Nordre Hallsetveg* og *Waldemar Aunes veg* består av naturlige skråninger, som er dannet av naturlige

prosesser gjennom historien. Det er av den grunn rimelig å anta at de fleste skråningene står med en vinkel tilnærmet lik rasvinkel, og at sikkerheten flere steder vil være noe over 1,0. Lokale utfyllinger og menneskelige inngrep medfører at sikkerheten stedvis kan være rundt 1,0. Skråningene er generelt bratte, noe som indikerer lav overflatestabilitet. Overflateglidninger induisert av høyt poretrykk er av størst relevans her.

6.3 Tolkning av grunnforhold

Tidligere og nye laboratorieanalyser er tolket for å finne karakteristiske materialparametere for området. Friksjonsvinkel og attraksjon er i hovedsak bestemt ut fra tolkning av treaksialforsøk med støtte i tolkning av CPTU-sonderinger. Romvekt er bestemt fra prøveserier, mens overkonsolideringsgrad, OCR, er bestemt fra ødometerforsøk der dette har vært tilgjengelig. Der ødometerforsøk ikke har vært tilgjengelig er CPTU-sonderinger korrelert mot høykvalitets blokkprøver ref. [10] benyttet for å bestemme OCR. Udrenert skjærfasthet er bestemt fra CPTU-sonderinger eller fra et SHANSEP-prinsipp basert på materialets tidligere overkonsolidering dersom CPTU-sondering ikke har vært tilgjengelig. Alle materialparametere er vist i vedlegg B. Tolkning av treaksialforsøk og ødometerforsøk er vist i henholdsvis vedlegg C og D. Tolkning av udrenert skjærfasthet fra CPTU-sonderinger er vist i vedlegg E.

6.4 Stabilitetsberegninger

Det er gjort stabilitetsberegninger for sju ulike snitt, H1 – H6 samt H9. I tillegg er det vist lagdeling i to profiler, H7 og H8. Profilene er vist på tegning nr. G020. Tolkning av lagdeling for de ulike profilene, samt beregninger av disse er vist i vedlegg F.

7 Stabilitetsvurdering

Det er utført beregninger for 6 profiler med hensyn på å vurdere sannsynlighet for utløp ned mot ny Rv. 706 og Dovrebanen. Beregningene er gjort for profiler som er vurdert å være kritiske mhp. stabilitet mot jernbanen og mot bekkeleiet mellom Waldemar Aunes veg og Nordre Hallsetveg. Beregningsprofilene er vist på tegning 100 – 191 i vedlegg F.

7.1 Beregningsresultater

Beregningene viser generelt lav sikkerhet mot overflateglidninger, spesielt for skråningene mot jernbanen. Dette er som forventet, da skråningene er dannet av naturlige prosesser som gjør at de flere steder står mer eller mindre på rasvinkel.

For stabiliteten ved kvikkleiresone *Nordre Hallset* er sikkerheten i profil H1 og H2 ikke tilfredsstillende iht. krav i NVEs veileder 7/2014 ref. [1] om sikkerhet $F_c \geq 1,4$.

Glidesirkler som inkluderer sprøbruddmateriale har beregningsmessig lavere sikkerhet enn 1,4. Imidlertid er sprøbruddmaterialets mektighet beskjeden, i tillegg til at skredmassene i et eventuelt initialskred i hovedsak består av ikke-sensitive masser. En eventuell retrogressiv skredutvikling vil stoppe raskt pga. at ikke-sensitive masser vil demme opp og forhindre videre utvikling. Tabell 8-1 viser laveste beregnede sikkerhet for de ulike profilene. Beregningene er vist på tegning 100 – 191 i vedlegg F.

Tabell 8-1 Beregnet sikkerhet for profil H1 til H6.

Profil	Beregnet sikkerhet	Krav	Merknad
H1	$F_c = 1,28$ $F_{c,\varphi} = 1,20$ $F_c = 1,30$	$F_c \geq 1,4$	Overflateglidning Sprøbruddmateriale Sprøbruddmateriale
H2	$F_{c,\varphi} = 0,88$ $F_c = 1,16$ $F_{c,\varphi} = 1,21$ $F_c = 1,20$	$F_c \geq 1,4$	Overflateglidning Sprøbruddmateriale Sprøbruddmateriale
H3	$F_{c,\varphi} = 1,25$ $F_c = 1,20$ $F_{c,\varphi} = 1,18$ $F_c = 1,21$	$F_c \geq 1,4$	 Sprøbruddmateriale Sprøbruddmateriale
H3, med sidefriksjon	$F_{c,\varphi} = 1,35$ $F_c = 1,44$	$F_c \geq 1,4$	Sprøbruddmateriale Sprøbruddmateriale
H4	$F_c = 1,00$ $F_{c,\varphi} = 0,98$	$F_c \geq 1,4$	
H5, før skred	$F_c = 1,01$ $F_{c,\varphi} = 0,98$	$F_c \geq 1,4$	
H5, etter sikring	$F_c = 1,12$ $F_{c,\varphi} = 1,09$	$F_c \geq 1,4$	+11% økning +11% økning
H6	$F_c = 1,47$ $F_{c,\varphi} = 0,99$	$F_c \geq 1,4$	
H9	$F_c = 1,59$ $F_{c,\varphi} = 1,24$	$F_c \geq 1,4$	

7.2 Avgrensning av utløpsområde

Vurderinger knyttet til avgrensning av utløpsområdet fra kvikkleiresone *Nordre Hallset* er vist i vedlegg G. Vurderingen tilsier at utløpmasser fra et eventuelt skred ikke vil ha innvirkning på Dovrebanen eller Rv. 706. Utløpsområder er vist på tegning nr. G022.

7.3 Vurdering av sikringsbehov

Utløpsvurderingen i vedlegg G viser at skred fra kvikkleiresone *Nordre Hallset* ikke vil berøre Dovrebanen eller Rv. 706. Sikkerheten i sonen er ikke tilfredsstillende iht. NVEs krav, gjengitt i kapittel 5. Planlagt tiltak ligger imidlertid ikke innenfor sonen eller i utløpsområdet for sonen, vist på tegning G022. Det er derfor ikke nødvendig å gjøre noen tiltak for å sikre kvikkleiresone *Nordre Hallset* og *Hoem*.

For stabiliteten i skråningene vest for jernbanen viser beregningene generelt lav sikkerhet mot skred. Det er spesielt drenert sikkerhet som er kritisk, og denne er i stor grad styrt av poretrykk i skråningen. Sikkerheten er trolig noe bedre enn det som beregningene viser blant annet på grunn av sug i massene over grunnvannstand. Ved oppmetting av sandlaget ved mye nedbør vil stabiliteten forverres og det kan gå et jordskred. Størrelsen på et eventuelt skred vil begrenses av bergdybden som er vist på tegning nr. 170 i vedlegg F, men langs hele skråningen er det betydelig potensiale for jordskred. Erfaring fra 1989 viser at skred i hovedsak vil ramme jernbanen, men at skredmasser kan nå helt ned til Nidelva. Dersom det bygger seg opp skredmasser mot jernbanefyllingen kan fyllingene bli labile slik at disse raser ut mot Rv. 706. Skråningene bør derfor sikres, både for å redusere risiko for skred mot jernbanen og eventuelt videre utløp mot Rv. 706. Aktuelle sikringstiltak kan deles inn i to typer; tiltak som reduserer sannsynlighet og tiltak som reduserer konsekvens.

Sannsynlighetsreduserende tiltak for skred innebærer å øke stabiliteten i skråningen. Dette gjøres prinsipielt ved avlastning i skråningstopp eller motfylling i bunn av skråning. Disse tiltakene vil imidlertid vanskelig la seg utføre her, grunnet private boliger og hager ved skråningens topp og jernbanen som ligger ved skråningens fot. Eventuelle motfyllingstiltak vil måtte etableres ved en støttekonstruksjon i bunnen med fyllmasser oppover i skråningen for å utgjøre en motfylling. Andre aktuelle tiltak kan være drenering av skråningen for å sikre at grunnvannstanden ikke øker og at poretrykket i skråningen holdes lavt selv ved langvarig intensiv nedbør.

Sikring etter skredet ved Nordhaugsvegen i 1989 er et eksempel på hva som er mulig i form av sannsynlighetsreduserende tiltak ved topografiske inngrep. Tiltaket gir en forbedring av stabiliteten på ca. 11%. Absolutt sikkerhetsfaktor er ikke innenfor kravene gitt av JBV og SVV sine regelverk, men særlig større forbedring er ikke mulig å oppnå uten å avlaste skråningen på toppen. I forbindelse med dette skredet var man heldig i den forstand at berget lå høyt slik at det var forholdsvis enkelt å forankre en mur nede ved jernbanen.

Tiltak for å redusere konsekvens innebærer å redusere skadeomfanget dersom et skred skulle gå, ikke å gjøre inngrep i skråningene for å bedre den beregningsmessige stabiliteten. Et alternativ her kan være å etablere en "fangmur" for skredmassene langs jernbanen. En slik mur vil demme opp for store deler av skredmassene, samt redusere hastigheten, og dermed også kreftene i skredmasser som treffer muren. Muren må fundamenteres på berg og bakforankres i berg. Enkelte steder ligger berget synlig i dagen slik at muren kan fundamenteres på berg. Andre steder er dybden til berg større, slik at muren må settes på peler innspent i fberg Det kreves en detaljert kartlegging av berget langs strekningen før videre prosjektering av tiltaket. Tiltaket fra 1989 beholdes som det er, men bør utvides vestover på bakgrunn av det beregningene i profil H4 viser. Varslingsanlegg for eventuelle skred kan være aktuelt, men det må kombineres med skadereduserende tiltak som nevnt over. Skadereduserende tiltak må utføres vest for jernbanen. Skadereduserende tiltak kan kombineres med skråningsdren.

Det presiseres at de skisserte, prinsipielle tiltak har som formål å redusere sannsynlighet for og konsekvens av eventuelle skred. Sikring opp til de krav som stilles i JBV's og SVV's retningslinjer vurderes urealistisk å kunne gjennomføres.

Øst for Waldemar Aunes veg er det også bratte skråninger ned mot Dovrebanen. Disse skråningene er ikke vurdert i denne rapporten da det ikke er funnet sprøbruddmateriale her. Stabilitetssituasjon her vurderes å være svært lik det som er dokumentert lenger nordover. Her er det dog mulig å utføre topografiske tiltak i form av terrengavlastning ved toppen av skråningene, da det ikke er noen bebyggelse her. Disse skråningene vil vurderes mer detaljert senere i prosjektet.

Stabilitet av jernbanefyllingene samt skråningene mellom Dovrebanen og Rv. 706 samt mulige tiltak knyttet til disse er håndtert i NGI-rapport 20140539-06-R *Geoteknisk vurdering av stabilitet vest for Nidelva* ref. [11].

8 Konklusjon

Det foreslås å revidere dagens kvikkleiresone nr. 202 *Hoem*, da det flere steder i sonen er påvist at materialet ikke er av sprøbruddkarakter. På bakgrunn av grunnundersøkelser langs toppen av skråningene øst i sonen foreslås det å trekke sonegrensen et stykke tilbake fra skråningskanten. Resten av kvikkleiresonen forblir urørt da det ikke er gjort supplerende grunnundersøkelser som gir tilstrekkelig grunnlag for å endre sonens utstrekning her. Forslag til revidert sonegrense er vist på tegning nr. G023.

Langs terrengryggen som går langs Nordre Hallsetveg foreslås det å opprette en ny kvikkleiresone på bakgrunn av at det er påvist sprøbruddmateriale langs hele ryggen. Det foreslås å gi den nye kvikkleiresonen navn *Nordre Hallset*. Forslag til soneavgrensning er vist på tegning nr. G023.

På bakgrunn av utløpsvurderingen som er gjort i vedlegg G vurderes det ikke som nødvendig å utføre sikringstiltak i tilknytning til kvikkleiresone *Nordre Hallset* og *Hoem* da utløp fra eventuelle skred her ikke vil virke inn på Dovrebanen eller Rv.706.

Stabilitetsberegninger viser at sikkerheten mot skred i skråningene ned mot Dovrebanen er lav. Her vil det være aktuelt å etablere en eller annen form for sikringstiltak for å redusere risikoen for skred.

8.1 Videre arbeid

I rapporten er det skissert prinsipper for sikringsbehov. Videreføring av arbeidet vil omfatte:

- ↗ Diskusjon av JBVs og SVVs krav til sikkerhetsnivå på sikringsarbeidene
- ↗ Bergkartlegging langs jernbanen
- ↗ Prosjektering av tiltak og beskrivelser
- ↗ Utredding av området lenger sør, øst for Waldemar Aunes veg
- ↗ Prosjektering av sikringstiltak mellom jernbanen og Rv. 706

9 Referanser

- [1] Norges Vassdrags- og energidirektorat, «Sikkerhet mot kvikkleireskred - Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» NVE, 2014.
- [2] Norges Geotekniske Institutt, «20140539-01-R R-G-01 Oversikt eksisterende grunnundersøkelser,» NGI, Trondheim, 2015.
- [3] Norges Geotekniske Institutt, «20140539-03-R R-G-02 Datarapport GW400-serie,» NGI, Trondheim, 2015.
- [4] Norges Geotekniske Institutt, «Program for økt sikkerhet mot leirskred - Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire,» NGI, Oslo, 2008.
- [5] Trondheim Kommune, «R.814 Nordhaugvegen 26 - Grunnundersøkelser, Geoteknisk vurdering,» Trondheim kommune, Trondheim, 1991.
- [6] Trondheim kommune, «R.1174 Nordre Hallsetveg 43,» Trondheim Kommune, Trondheim, 2003.
- [7] Norges Geotekniske Institutt, «20150339-01-R Geofysikk Rv. 706 Sluppen, Resistivitetsmålinger,» NGI, Oslo, 2015.
- [8] Norges Geotekniske Institutt, «Program for økt sikkerhet mot kvikkleireskred - Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire,» NGI, Oslo, 2008.
- [9] Statens Vegvesen, «Håndbok V220, Geoteknikk i vegbygging,» Vegdirektoratet, 2014.
- [10] K Karlsrud, T Lunne, D. A. Kort, S. Strandvik, «CPTU-korrelasjoner for leire,» Norges Geotekniske Institutt, 2005.
- [11] Norges Geotekniske Institutt, «20140539-06-R Geoteknisk vurdering av stabilitet vest for Nidelva,» NGI, 2015.
- [12] V. T. m.fl., «En diskusjon om løsne- og utløpsområder for skred i sprøbruddmaterialer,» Forening for Fjellsprengningsteknikk, 2014.
- [13] Norges Geotekniske Institutt, «Q-bing - Utløpsmodell for kvikkleireskred, Characterization og historical quick clay landslides and input parameters for Q-Bing,» NGI, 2012.
- [14] Norges Vassdrags- og energidirektorat, «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» NVE, 2014.



FORKLARINGER:

- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- +
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen
- Skovprøve

$\text{Borhull nr.} = \frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Koordinatsystem: EUREF89, NTM sone 10
 Høydereferanse: NN2000

Kvikkleiresone nr. 202 Hoem

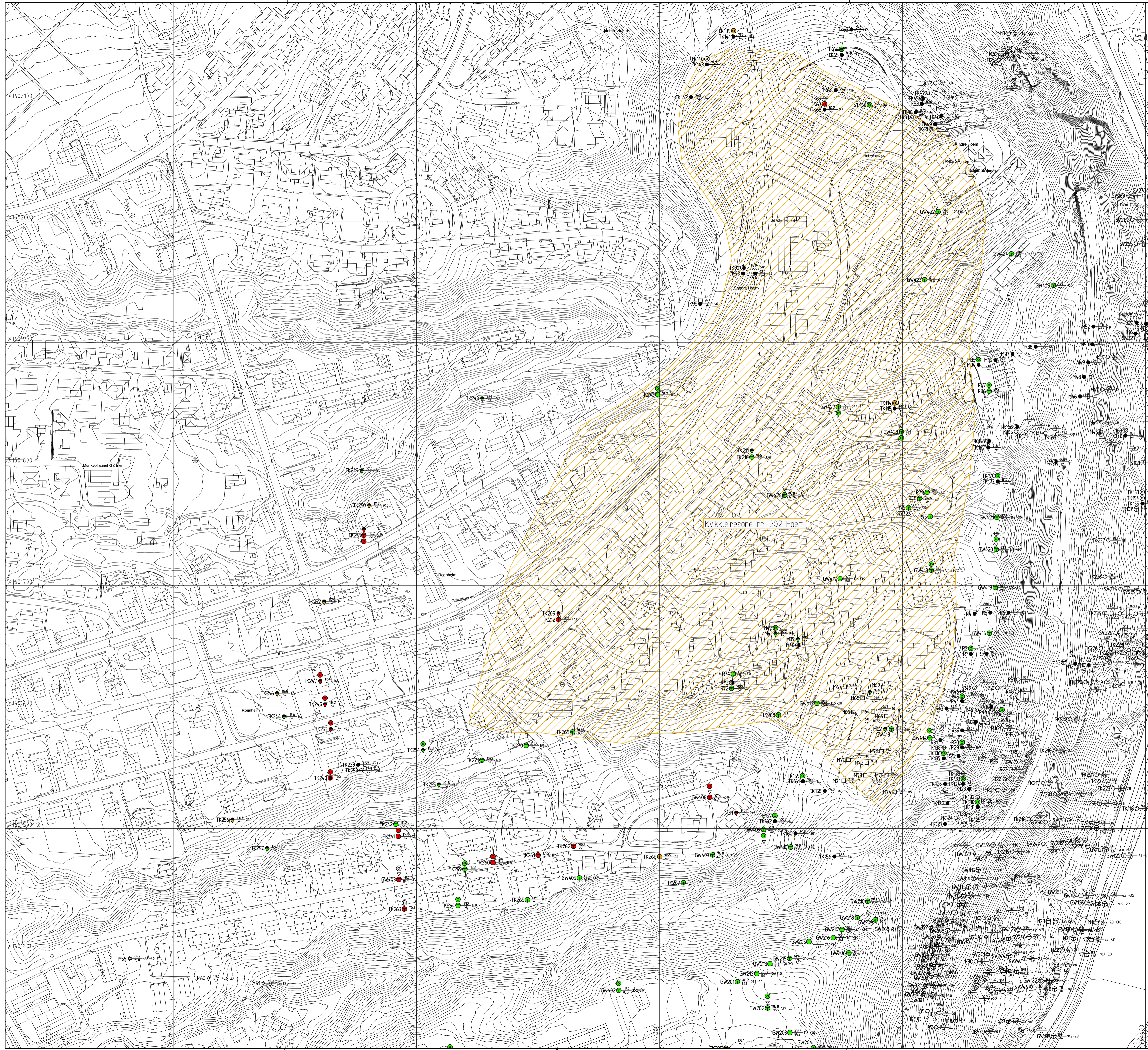
Tegningsstille: Oversiktskart	Tegningsnr: G020	Rev: 01
--------------------------------------	-------------------------	----------------

01	Ekstra profil, H9	16.09.2016	BKB	MMe	KE
----	-------------------	------------	-----	-----	----

Rev. Beskrivelse: **Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlens veg**
Stabilitet Hoem

Oversiktskart
 1:500

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 30.09.2015 Oppdragsnr: 20140539	Karakt. / Tegnet BKB Tegningsnr: G020	Kontrollert MMe Rev: 01	
---	--	---	---	--



FORKLARINGER:

- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- +
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen
- Skovlprøve

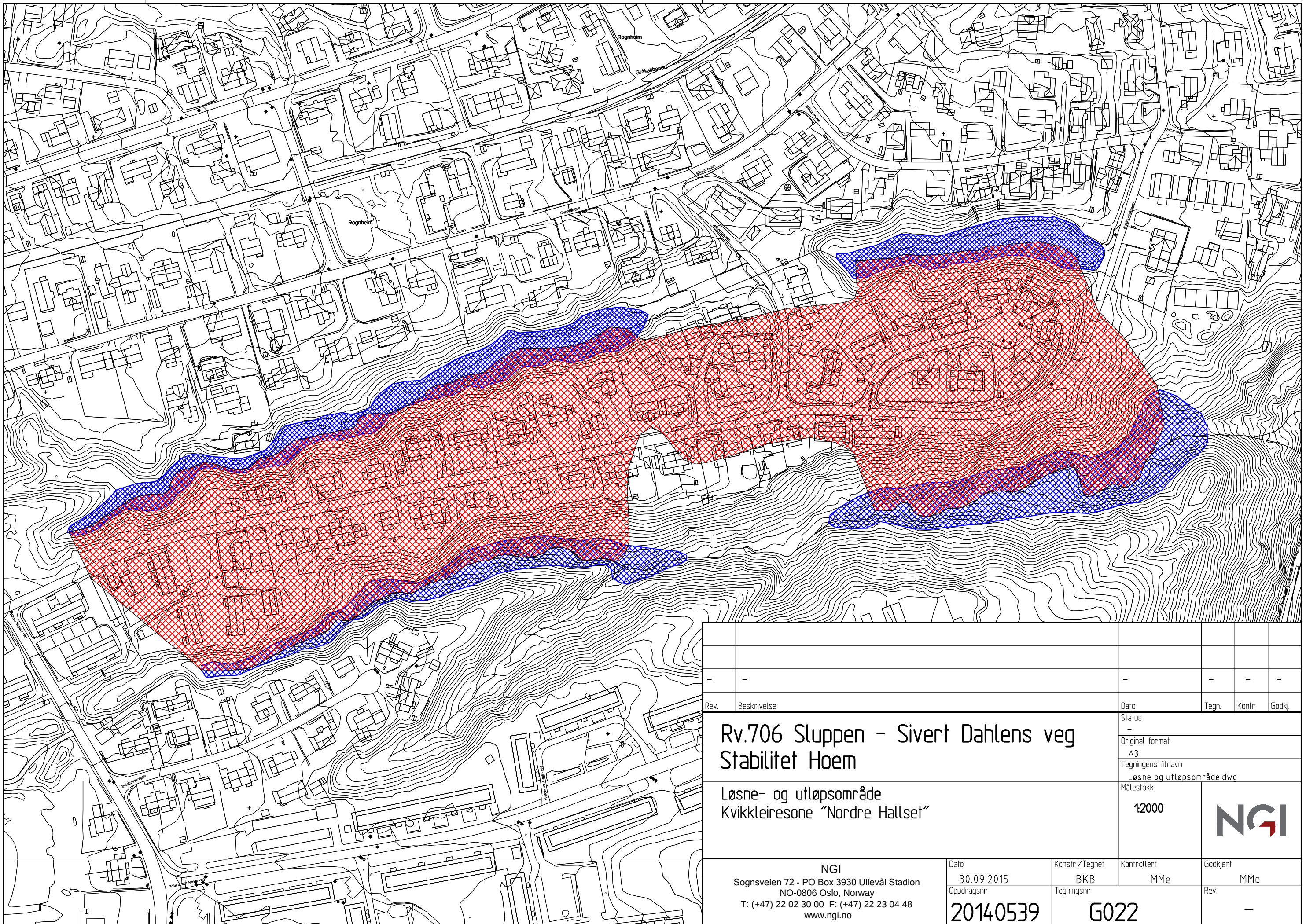
Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Koordinatsystem: EUREF89, NTM sone 10
 Høydereferanse: NN2000

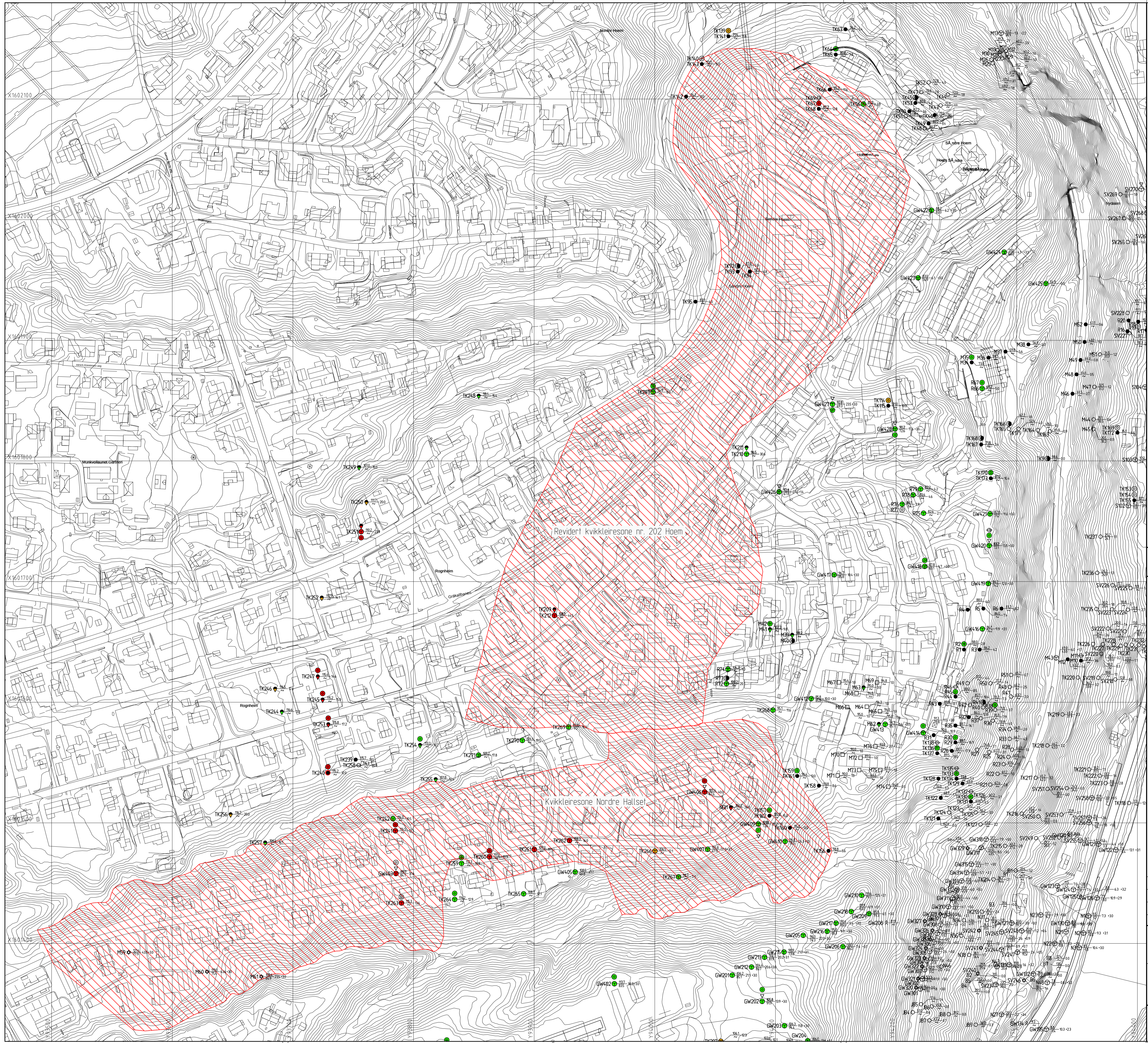
- Kvikkleire / sprøbruddmateriale
- Usikker, ikke bekreftet sprø ved prøveserie
- Ikke sprøbruddmateriale
- ▨ Kvikkleiresone nr. 202 Hoem

Oversiktskart, sprøbruddmateriale	G021	01
-----------------------------------	------	----

01	Supplerende borpunkter inkludert	22.09.2016	BKB	MMe	KE
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godk.
	Rv. 706 Sluppen - Sivert Dahlens veg				
	Stabilitet Hoem				
	Oversiktskart, sprøbruddmateriale				
		1:500			
	NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 30.09.2015 Oppdragsnr. 20140539	Konstr./Tegnet BKB	Kontrollert MMe	Godkjent KE
		G021			01



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlens veg Stabilitet Hoem		Status			
Løsne- og utløpsområde Kvikkleiresone "Nordre Hallset"		Original format	A3		
		Tegningens filnavn	Løsne og utløpsområde.dwg		
		Målestokk	1:2000		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	
		30.09.2015	BKB	MMe	MMe
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20140539	G022	-	



FORKLARINGER:

- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬮ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen
- ⦿ Skovprøve

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

Koordinatsystem: EUREF89, NTM sone 10
 Høydereferanse: NN2000

- Kvikkleire / sprøbruddmateriale
- Usikker, ikke bekreftet sprø ved prøveserie
- Ikke sprøbruddmateriale
- ▨ Reviderte kvikkleiresoner

Tegningstittel: Kvikkleire, reviderte sonengrenser	Tegningsnr: G023	Rev: 01
--	------------------	---------

701 Endring av sone etter supplerende sondringer	22.09.2016	BKB	MMe	KE
--	------------	-----	-----	----

Rv. 706 Sluppen - Sivert Dahlens veg Stabilflet Hoem	Status: Rapport tved legg
Kvikkleiresoner Reviderte sonengrenser	Original format: A1 Tegningsnett: 1:1500 Målestokk: 1:1500

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato: 30.09.2015 Oppdragsnr: 20140539	Karst / Tegnet: BKB Tegningsnr: G023	Kontrollert: MMe Rev:	Godkjent: 01
---	--	---	--------------------------	--------------



Vedlegg A

SONEEVALUERING

Innhold

A1	Soneevaluering	2
	<i>A1.1 Kvikkleiresone nr. 202 Hoem</i>	2
	<i>A1.2 Kvikkleiresone Nordre Hallset</i>	3
A2	Referanser	4

A1 Soneevaluering

For å vurdere tiltakskategori for de ulike kvikkleiresonene i området er det utført en faregradsevaluering og en skadekonsekvensvurdering iht. *Program for økt sikkerhet mot kvikkleireskred* ref. [1] for de ulike kvikkleiresonene. Samlet gir dette grunnlag for å vurdere hvilken risikoklasse sonene tilhører. Risiko er definert som *skadekonsekvens x faregrad*, og regnes ut ved å multiplisere prosent av maksimal poengsum fra skadekonsekvens- og faregradsevalueringen. Risiko er delt inn i fem klasser iht. [1], og er gjengitt i tabell A-1.

Tabell A-1 Risikoklasser og poengverdier ref. [1].

Risikoklasse	Poengscore
Risikoklasse 1	0 – 170
Risikoklasse 2	171 – 630
Risikoklasse 3	631 – 1 900
Risikoklasse 4	1 901 – 3 200
Risikoklasse 5	3 201 – 10 000

A1.1 Kvikkleiresone nr. 202 Hoem

Faregradsvurderingen for Hoem gir en poengscore på 10 poeng som tilsvarer 19,6 % av maksimal poengsum og dermed lav faregrad. Tabell A-2 viser faregradsvurderingen.

Tabell A-2 Faregradsevaluering for revidert utgave av kvikkleiresone nr. 202. Hoem.

Faktorer	Vekt -tall	Faregrad, Score				Prosjektets vurdering	
		3	2	1	0		
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	Ingen	0
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 - 30	15-20	<15	15 – 20	2
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0 – 1,2	1,2 – 1,5	1,5 – 2,0	>2,0	1,5 – 2,0	2
Poretrykk Overtrykk, kPa:	3	>+30	+10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk	Hydrostatisk	0
Undertrykk, kPa:	-3	>-50	-(20 – 50)	-(0 – 20)			
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2 – H/4	<H/4	Tynt lag	H/2-H/4	4
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	80	2
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	Ingen	0
Inngrep forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen	Ingen	0
Forverring	3	Stor	Noe	Liten			
Sum		51	24	16	0		10
% av maksimal poengsum		100%	67%	33%	0%		19,6%

Skadekonsekvensvurderingen for Hoem gir en poengscore på 20 poeng som tilsvarer 44,4 % av maksimal poengsum og dermed middels skadekonsekvens. Tabell A-3 viser skadekonsekvensvurderingen.

Tabell A-3 Skadekonsekvensvurdering for revidert utgave av kvikkleiresone nr. 202 Hoem.

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, Score				Prosjektets vurdering	
		3	2	1	0		
Boligheter, antall	4	Tett >5	Spredt >5	Spredt <5	Ingen	Tett	12
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen	Ingen	0
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	Ingen	0
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100	1001-5000	4
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen	3-4	4
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	Lokal	0
Oppdemming/ flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	Ingen	0
Sum, poeng		45	30	15	0		20
% av maksimal poengsum		100%	67%	33%	0%		44,4%

Resultatene fra faregrads- og skadekonsekvensvurderingene over gir en risiko for kvikkleiresone nr. 202 *Hoem* på $19,6 * 44,4 = 870$ poeng. Dette tilsvarer risikoklasse 3 iht. tabell A-1.

A1.2 Kvikkleiresone Nordre Hallset

Faregradsvurderingen for Nordre Hallset gir en poengscore på 11 poeng, som tilsvarer 21,6 % av maksimal poengsum, og dermed lav faregrad. Faregradsvurderingen er vist i tabell A-4.

Tabell A-4 Faregradsevaluering for foreslått ny kvikkleiresone Nordre Hallset.

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, Score				Prosjektets vurdering	
		3	2	1	0		
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	Lav	1
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 - 30	15-20	<15	20-30	4
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0 – 1,2	1,2 – 1,5	1,5 – 2,0	>2,0	1,5 – 2,0	2
Poretrykk Overtrykk, kPa:	3	>+30	+10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk	Hydrostatisk	0
Undertrykk, kPa:	-3	>-50	-(20 – 50)	-(0 – 20)			
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2 – H/4	<H/4	Tynt lag	H/2-H/4	4
Sensitivitet	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	>100	3
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	Ingen	0
Inngrep forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen	Liten	-3
Forverring	3	Stor	Noe	Liten			
Sum		51	24	16	0		11
% av maksimal poengsum		100%	67%	33%	0%		21,6%

Skadekonsekvensvurderingen for Nordre Hallset gir en poengsum på 14 poeng, som tilsvarer 31,1 % av maksimal poengsum og dermed lav skadekonsekvens. Tabell A-5 viser skadekonsekvensvurderingen.

Tabell A-5 Skadekonsekvensvurdering for revidert utgave av kvikkleiresone Nordre Hallset.

Faktorer	Vekt-tall					Prosjektets vurdering	
		3	2	1	0		
Boligheter, antall	4	Tett >5	Spredt >5	Spredt <5	Ingen	Tett	12
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen	Ingen	0
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	Ingen	0
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100	100-1000	2
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen	Ingen	0
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	Lokal	0
Oppdemming/ flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	Ingen	0
Sum, poeng		45	30	15	0		14
%av maksimal poengsum		100%	67%	33%	0%		31,1%

Resultatene fra faregrads- og skadekonsekvensvurderingene gir en risiko for kvikkleiresone *Nordre Hallset* på $21,6 * 31,1 = 672$ poeng. Dette tilsvarer risikoklasse 3 iht. tabell A-1.

A2 Referanser

- [1] Norges Geotekniske Institutt, «Program for økt sikkerhet mot leirskred - Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire,» NGI, Oslo, 2008.

Vedlegg B

MATERIALPARAMETERE

Innhold

B1	Materialparametere	2
	B1.1 Udrenert skjærfasthet	2
	B1.2 Anisotropi	3

B1 Materialparametere

Nye og gamle laboratorieanalyser for området er tolket for å finne karakteristiske materialegenskaper for området. Laboratorieanalysene viser at grunnen kan deles inn i seks med hensyn på materialegenskaper:

- Tørrskorpeleire
- Leire, middels fast, øvre del
- Leire, fast, nedre del
- Sand
- Morene
- Topplag

Den middels faste leira er flere steder påvist å være av sprøbruddkarakter. Det velges likevel å benytte de samme parameterne for den sensitive leira, da reduksjon av fasthet her tas hensyn til gjennom reduksjon av aktiv skjærfasthet på 15% iht. regelverk.

Materialparametere som benyttes er vist i tabell 3-1. Bestemmelse av attraksjon og friksjonsvinkel er basert på tolkning av treksialforsøk fra området. I tillegg er korrelasjoner mot CPTU-sonderinger benyttet for å vurdere resultatene. Der laboratorieforsøk eller CPTU ikke har vært tilgjengelig er erfaringsverdier fra Statens Vegvesens håndbok V220 blitt benyttet. Selve tolkningen av treksialforsøk er vist i henholdsvis vedlegg C.

Tabell B-1 Materialparametere for området.

Materiale	Romvekt [kN/m ³]	Friksjonsvinkel [°]	Attraksjon [kPa]
Tørrskorpe	18,5	30	0
Leire	18,5	30	10
Leire, fast	20,0	34	10
Sand	17,0	35	0
Morene	20,0	38	25
Topplag	18,0	30	0

Det påpekes at materialparametere for den faste leira trolig er noe konservativt anslått, da det ved totalsondering i disse massene kreves spyling og slag for å komme igjennom. Parameterne er vurdert ut fra resultater fra CPTU-sonderinger.

B1.1 Udrenert skjærfasthet

Udrenert skjærfasthet er i hovedsak bestemt ut fra tolkning av CPTU-sonderinger basert på korrelasjoner mot høykvalitets blokkprøvedata ref. [6]. Tolket skjærfasthet fra CPTU-sonderinger er vist i vedlegg E.

Der det ikke har vært tilgang til CPTU har SHANSEP blitt benyttet for å bestemme udrenert skjærfasthet. Skjærfasthet basert på SHANSEP er gitt av uttrykket:

$$c_u/p'_{v0} = \alpha * OCR^m$$

Der c_u = udrenert skjærfasthet
 p'_{0v} = vertikal overlagingsspenning
 α = konstant for kurvetilpasning
 m = eksponent for kuvetilpasning

Overkonsolideringsgraden, OCR, beregnes ut fra tidligere terrengnivå, og er gitt av uttrykket:

$$OCR = \frac{[(Tidl.terreng - dagens terreng) * \gamma_{avlastet} + p_{v0} - (Tidl.terreng - dagens terreng + dybde) * 10] * \gamma_{aging}}{p'_{v0}}$$

Verdier for $\alpha = 0,3$ og $m = 0,8$ er funnet å gi godt samsvar med tolket skjærfasthet fra CPTU-sonderinger og legges til grunn for beregninger av skjærfasthet ved bruk av SHANSEP-prinsippet.

B1.2 Anisotropi

Det er ikke utført passive treaksialforsøk eller DSS-forsøk på materialet i området. For bestemmelse av anisotropi tas det utgangspunkt i retningslinjer gitt i NVEs veileder 14/2014 "En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer" ref. [7], gjengitt i tabell B-2.

Tabell B-2 Anisotropifaktorer iht. NVE veileder 14/2014 ref. [7].

I_p	c_{uc}/c_{uc}	c_{ue}/c_{uc}
$I_p \leq 10\%$	0,63	0,35
$I_p > 10\%$	$0,63 + 0,00425 * (I_p - 10)$	$0,35 + 0,00375 * (I_p - 10)$

Med bakgrunn i prøveserier som er utført i området ser det ut til at området kan deles i to med hensyn på plastisitet. Den middels faste leira øverst er middels til meget plastisk, med plastisitet mellom 15 og 25. Den sensitive leira og den faste leira på større dyp er lite plastisk, med plastisitet mindre enn 10. Følgende verdier benyttes videre som anisotropifaktorer:

Tabell B-3 Anisotropifaktorer for leire med ulik plastisitet iht. ref. [7].

Materiale	I_p	c_{uc}/c_{uc}	c_{ue}/c_{uc}
Leire, meget til middels plastisk	15 %	0,65	0,37
Leire, lite plastisk	< 10 %	0,63	0,35

Vedlegg C

TOLKNING AV TREAKSIALFORSØK

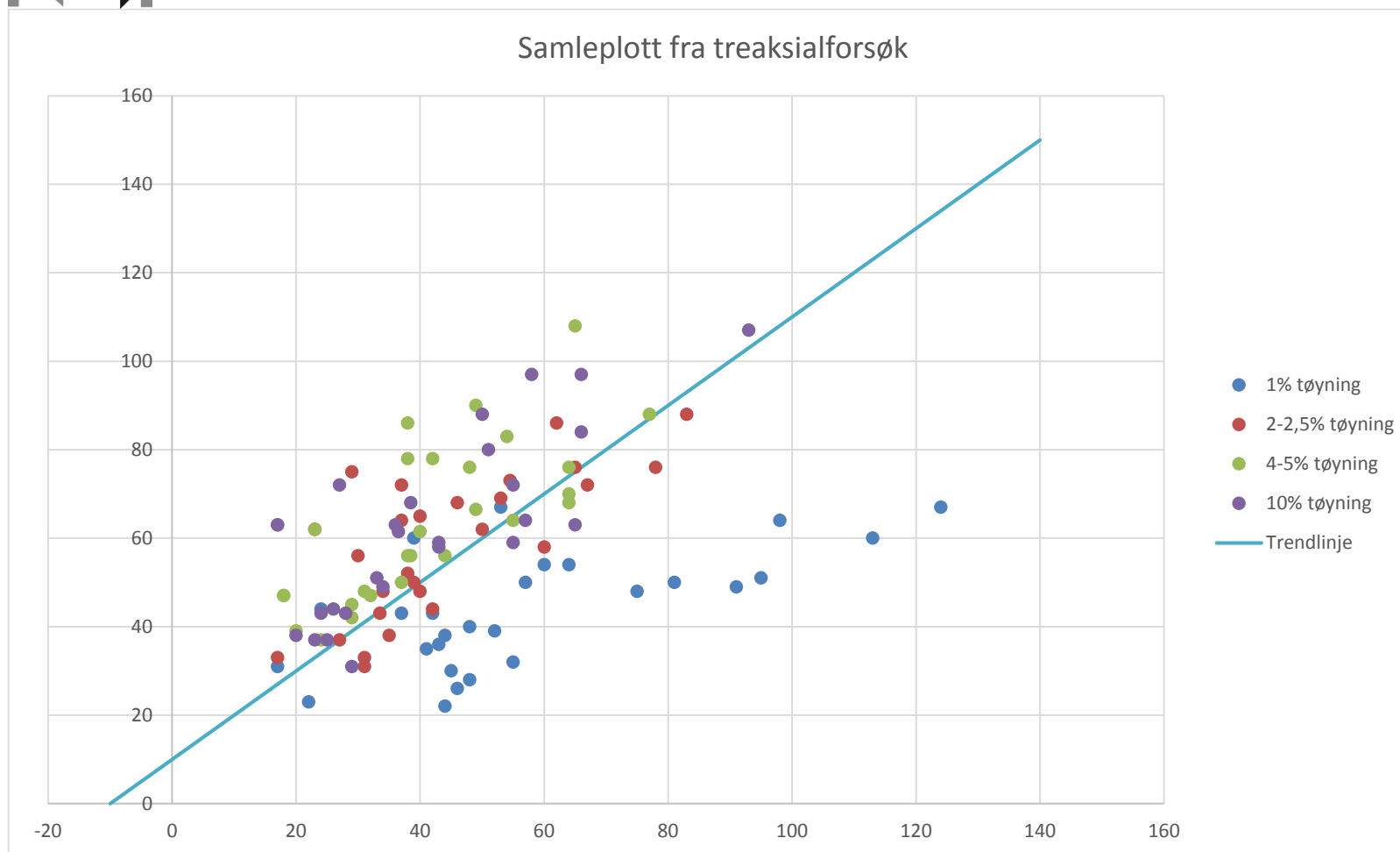
Innhold

C1	Metode	2
----	--------	---

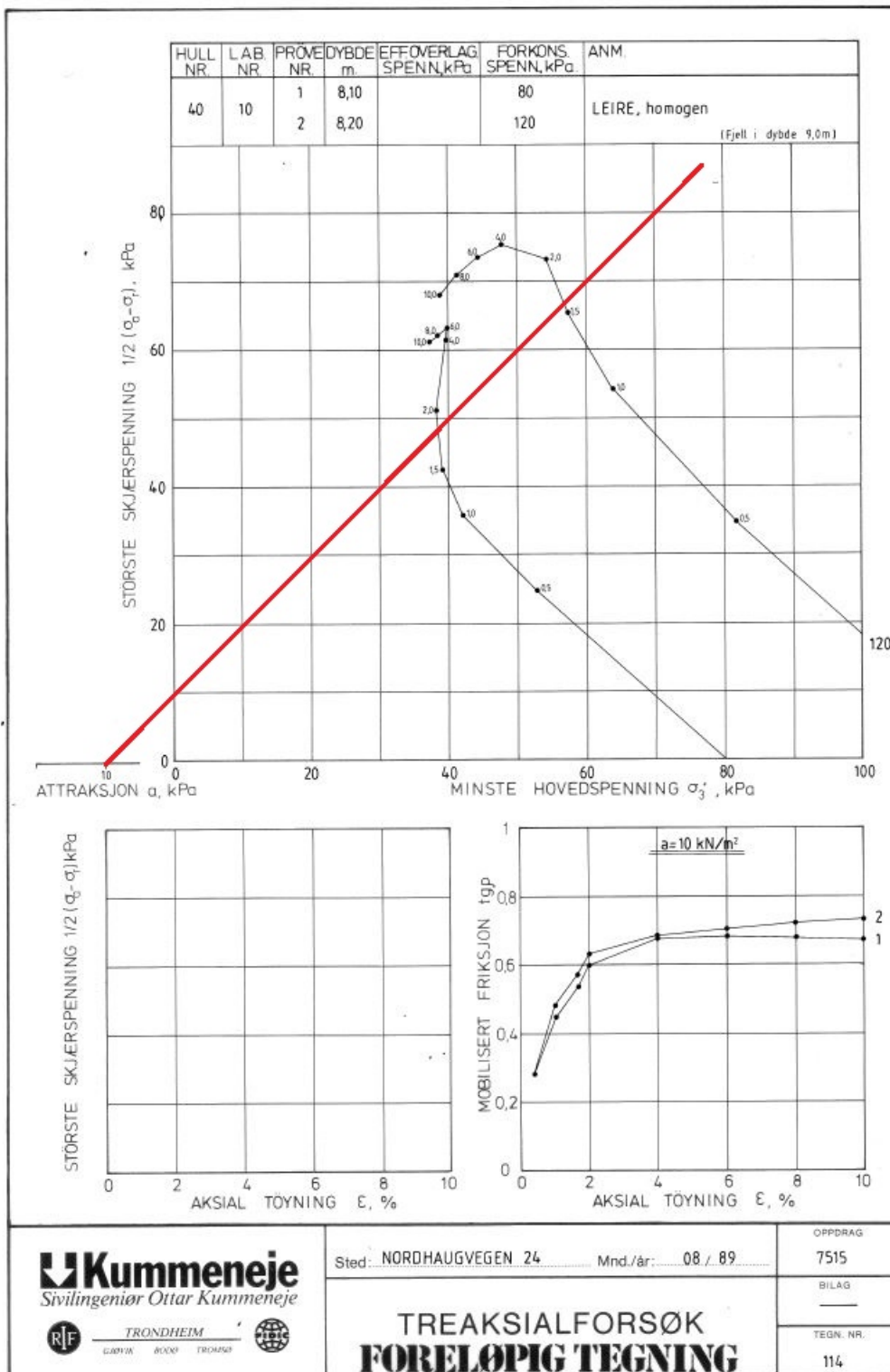
C1 Metode

Tidligere og nye treaksialforsøk er tolket for å finne friksjonsvinkel og attraksjon. Treaksialforsøkene er tatt i stort sett samme type materiale, og det er funnet et felles parametersett for treaksialforsøkene som er utført. Figur C-2 til C-19 i dette vedlegget er linjen for attraksjon, $a = 10$ kPa og friksjonsvinkel, $\varphi = 30^\circ$ lagt inn i alle tidligere treaksialforsøk for å se hvordan disse verdiene samsvarer med laboratorieanalysene. Figur C-20 viser tilsvarende for nye treaksialforsøk utført på prøveserie fra borhull GW420.

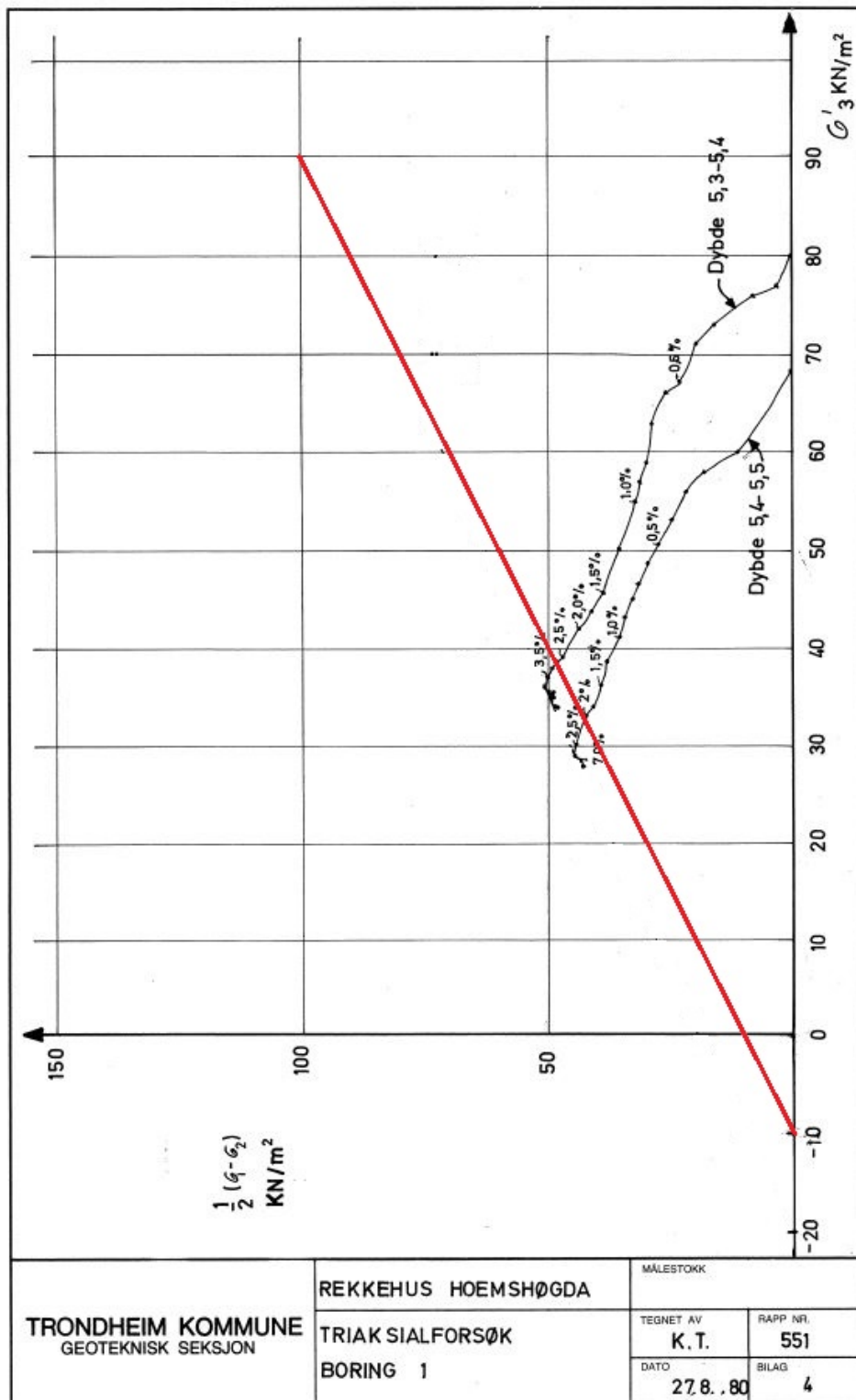
Figur C1 viser et samleplott for alle treaksialforsøk, der verdier er plottet for 1%, 2%, 5% og 10% tøyning. Et bruddtak med attraksjon lik 10 kPa og friksjonsvinkel på 30 grader passer godt med grunnlaget. For tøyning på 1% ligger målte verdier lavere enn bruddtaket. Dette skyldes trolig prøveforstyrrelse, da de fleste av forsøkene er utført med 54 mm sylinder i dels sensitiv leire på store dyp. Dette gjør at prøven ikke er fullt mobilisert før ved større deformasjon. NGIs oppfatning er at det å ta ut bruddtaket på et tøyingsnivå på 1% vil være for konservativt. For tøyning på 2 – 2,5% og oppover stemmer bruddtaket godt over ens med grunnlaget.



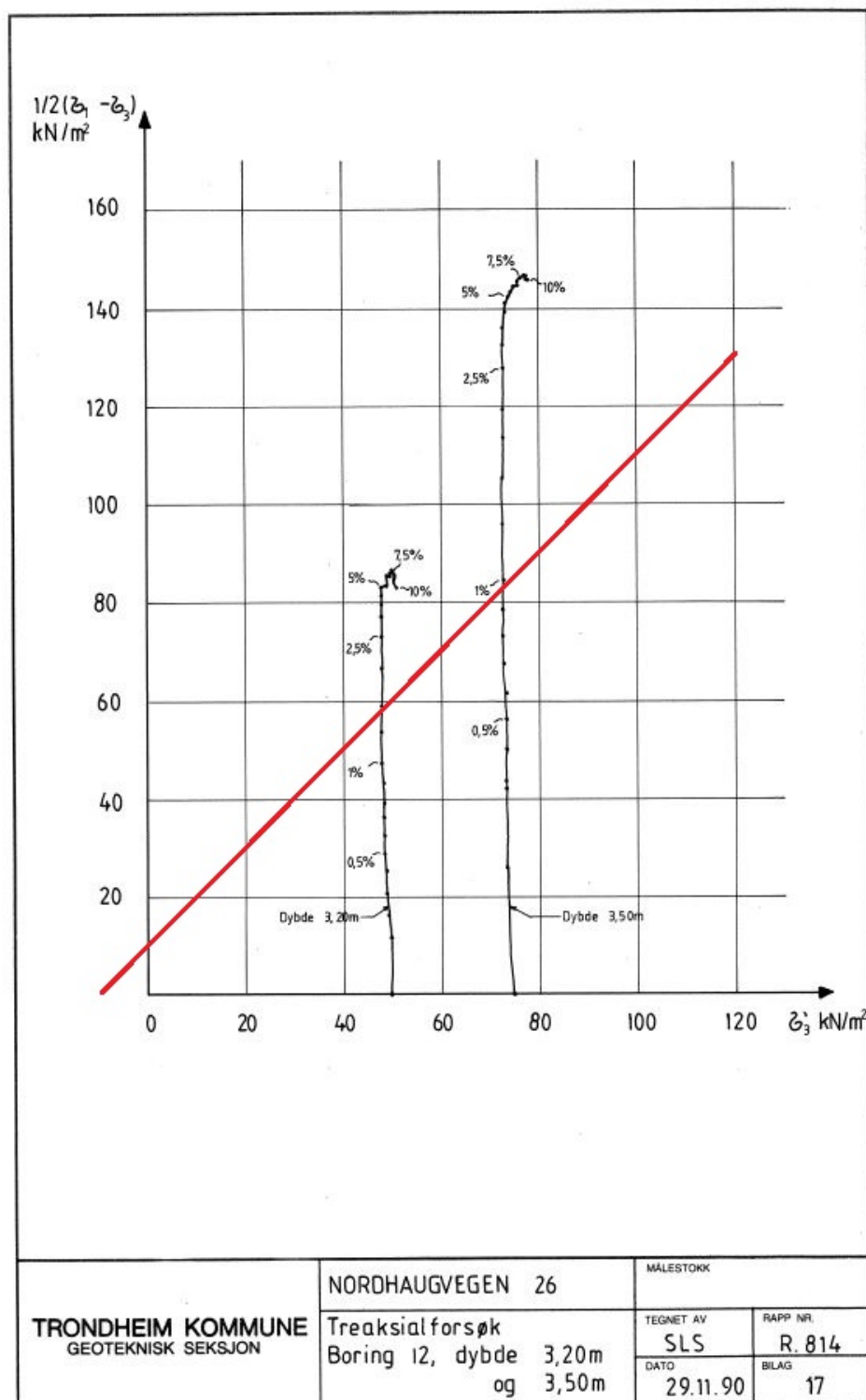
Figur C-1 Samleplott for gamle og nye treaksialforsøk ved Hoem. Plottet viser spenningstilstand ved ulik mobilisert tøyning for de ulike forsøkene.



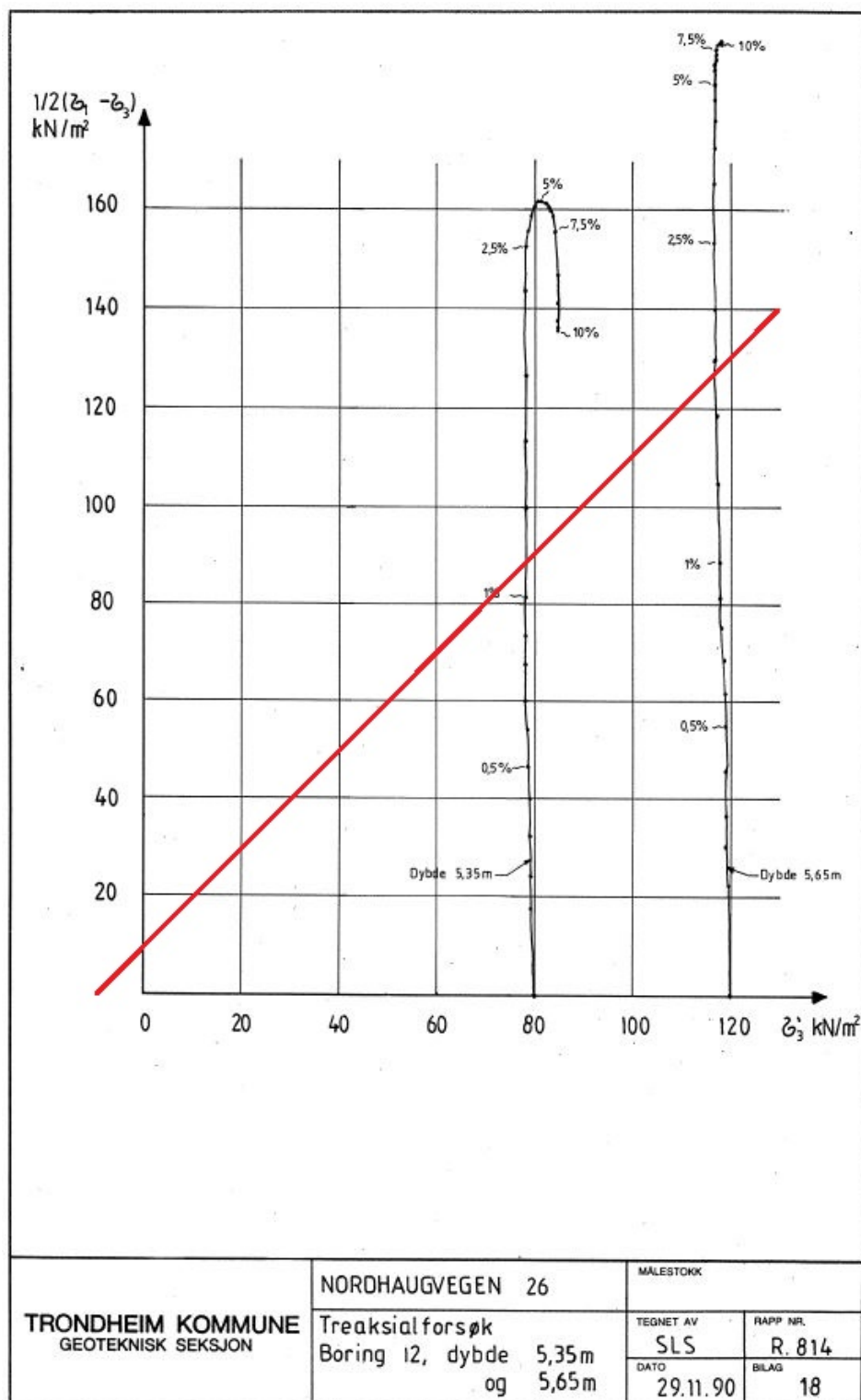
Figur C-2 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Rambølls rapport 07515.



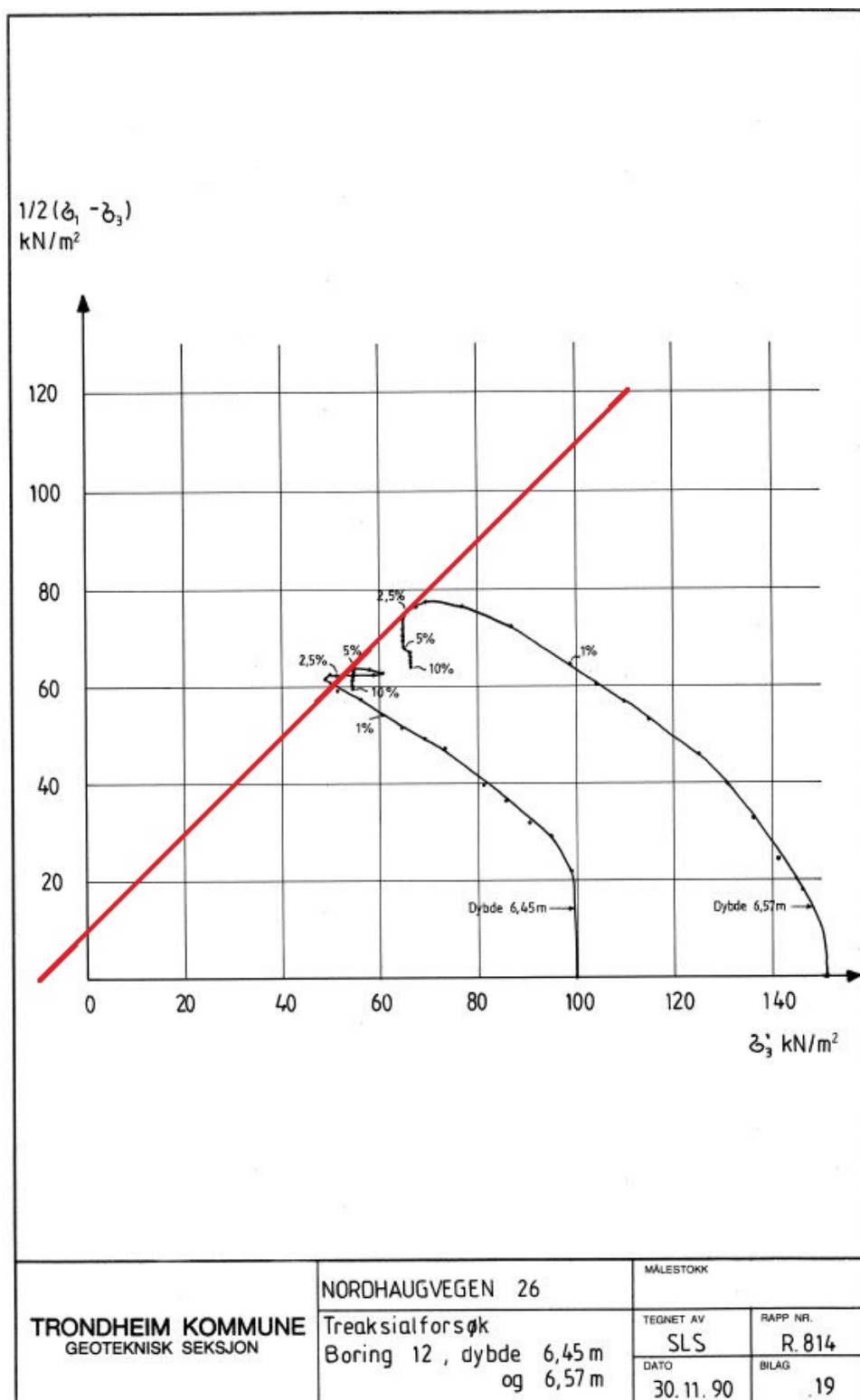
Figur C-3 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.0551.



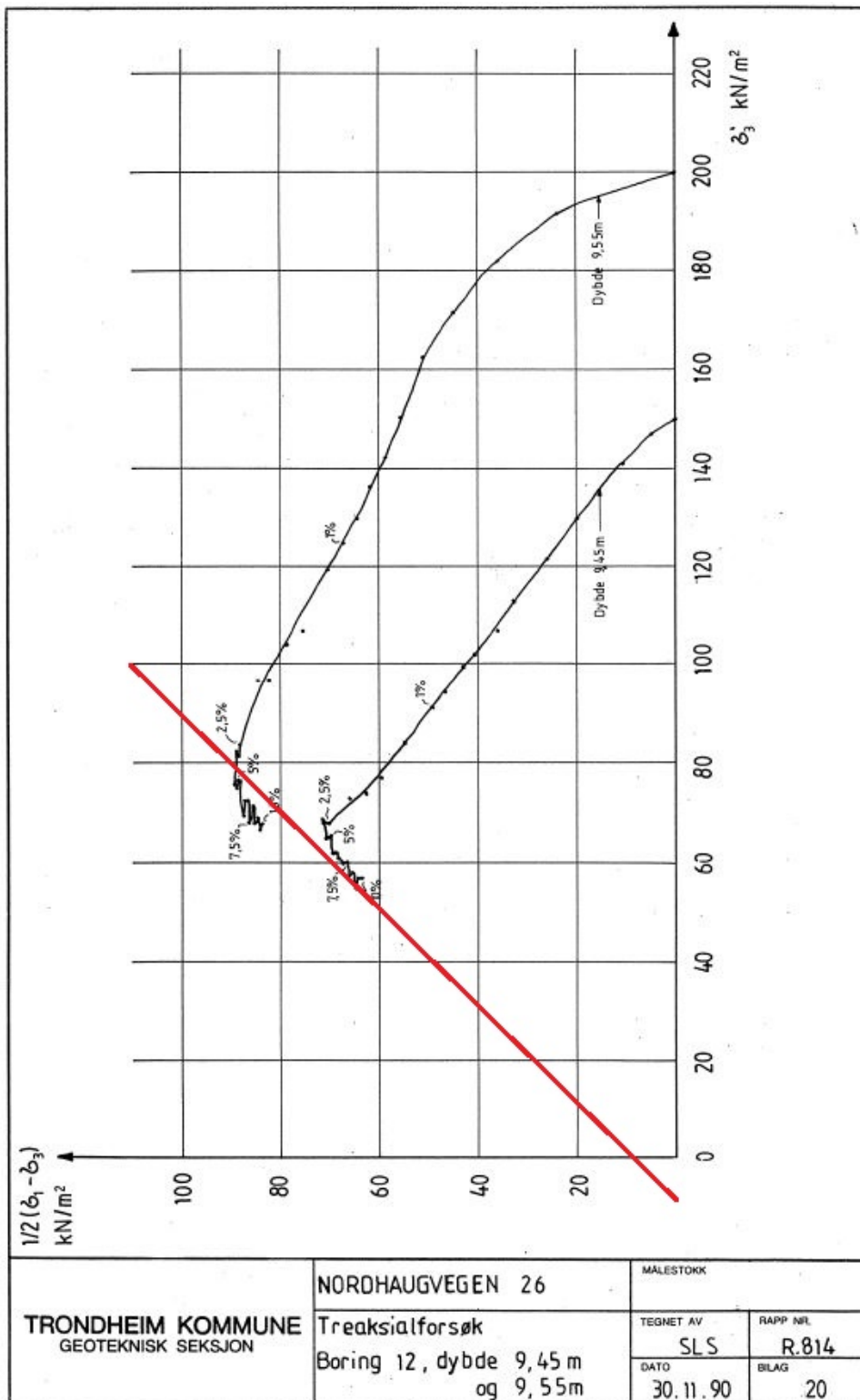
Figur C-4 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.0814.



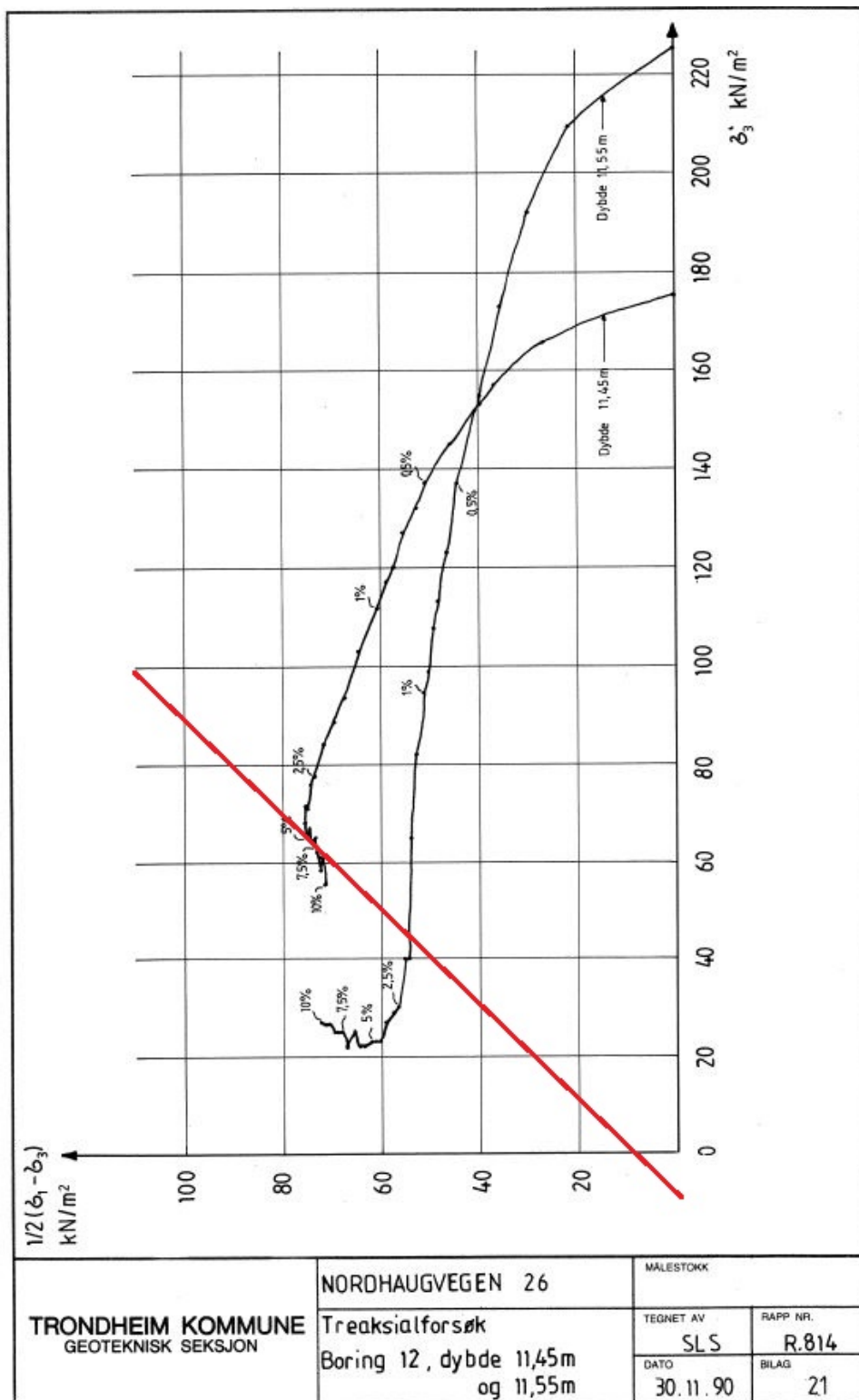
Figur C-5 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.0814.



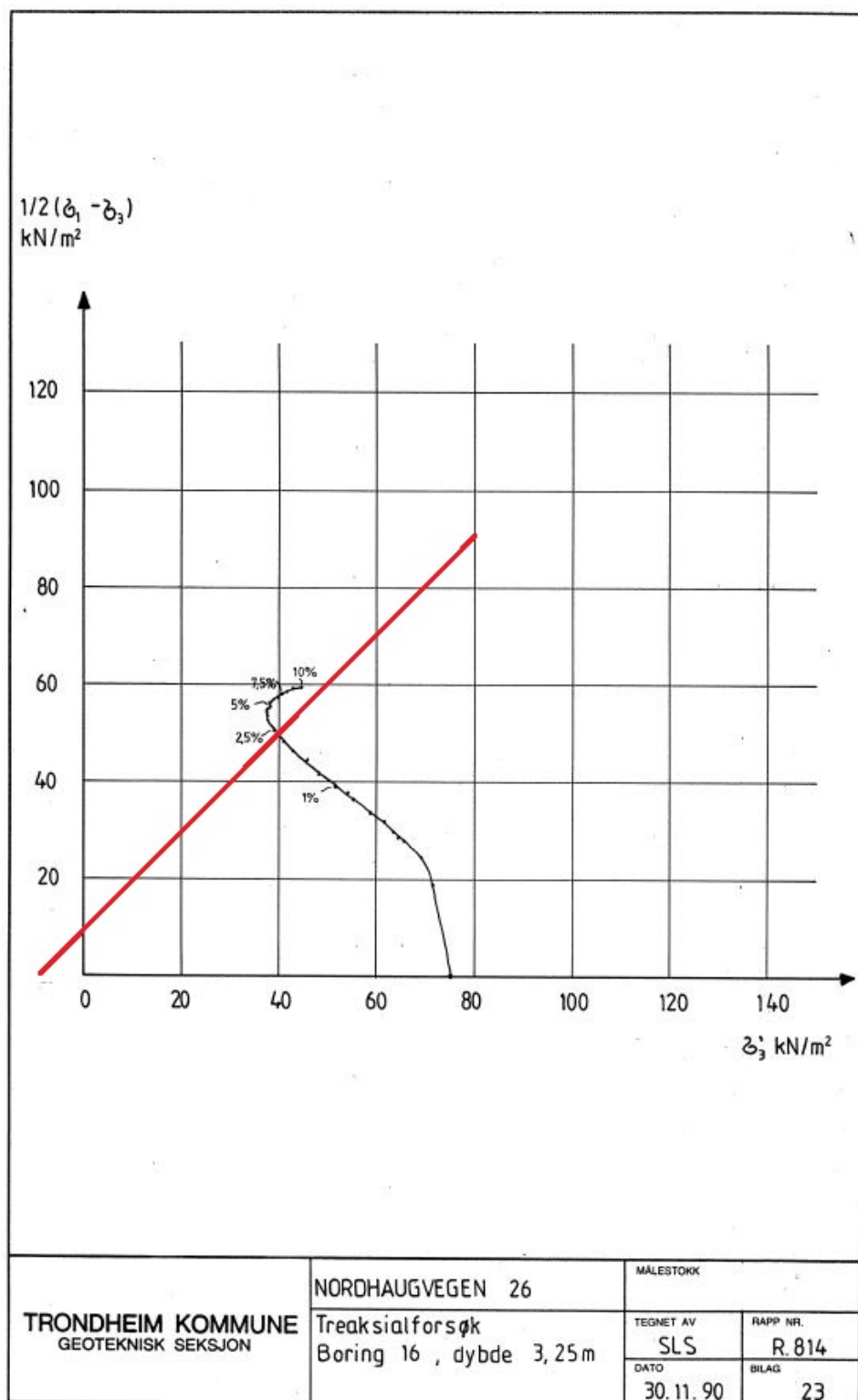
Figur C-6 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.0814.



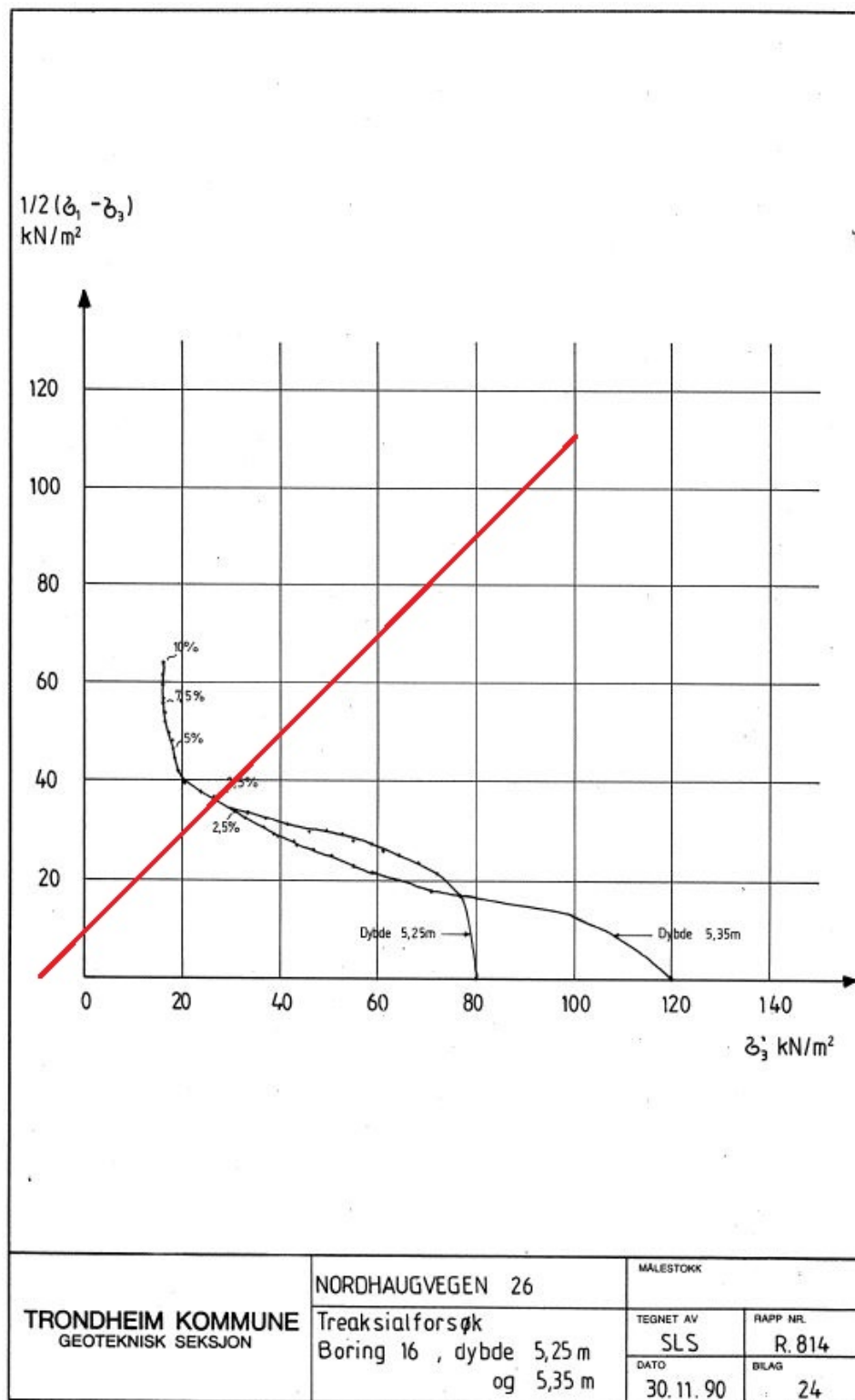
Figur C-7 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.0814.



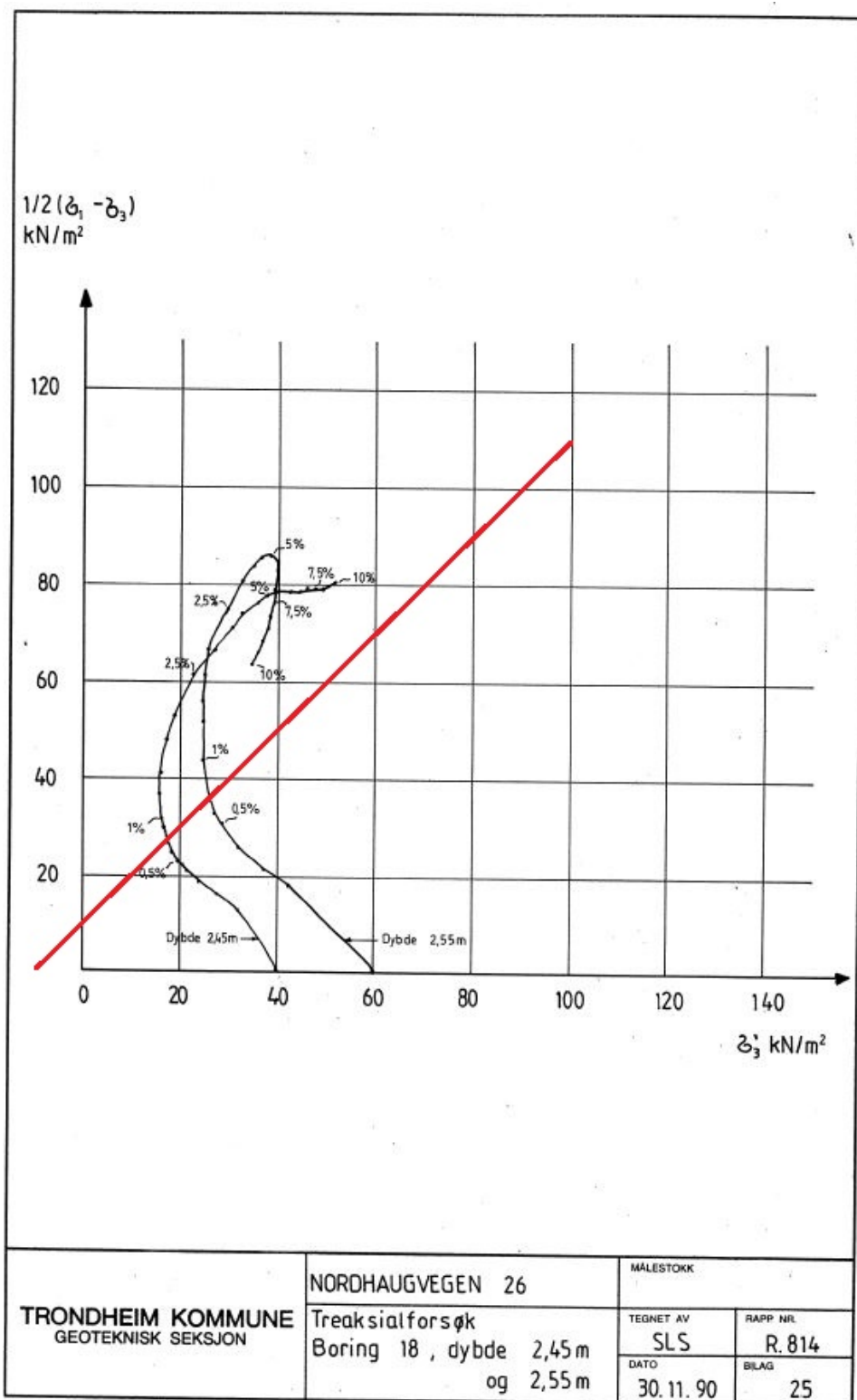
Figur C-8 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.0814.



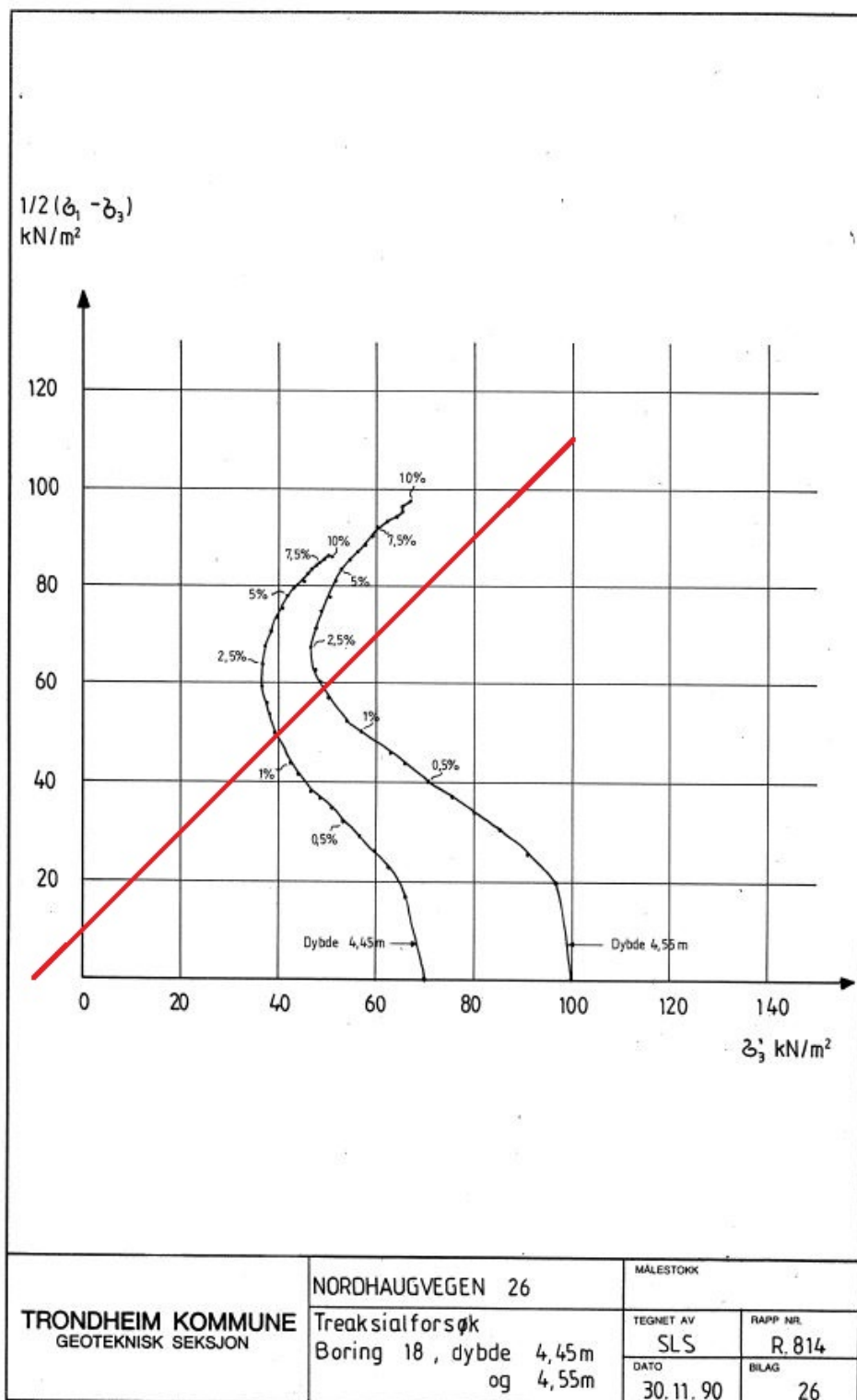
Figur C-9 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.0814.



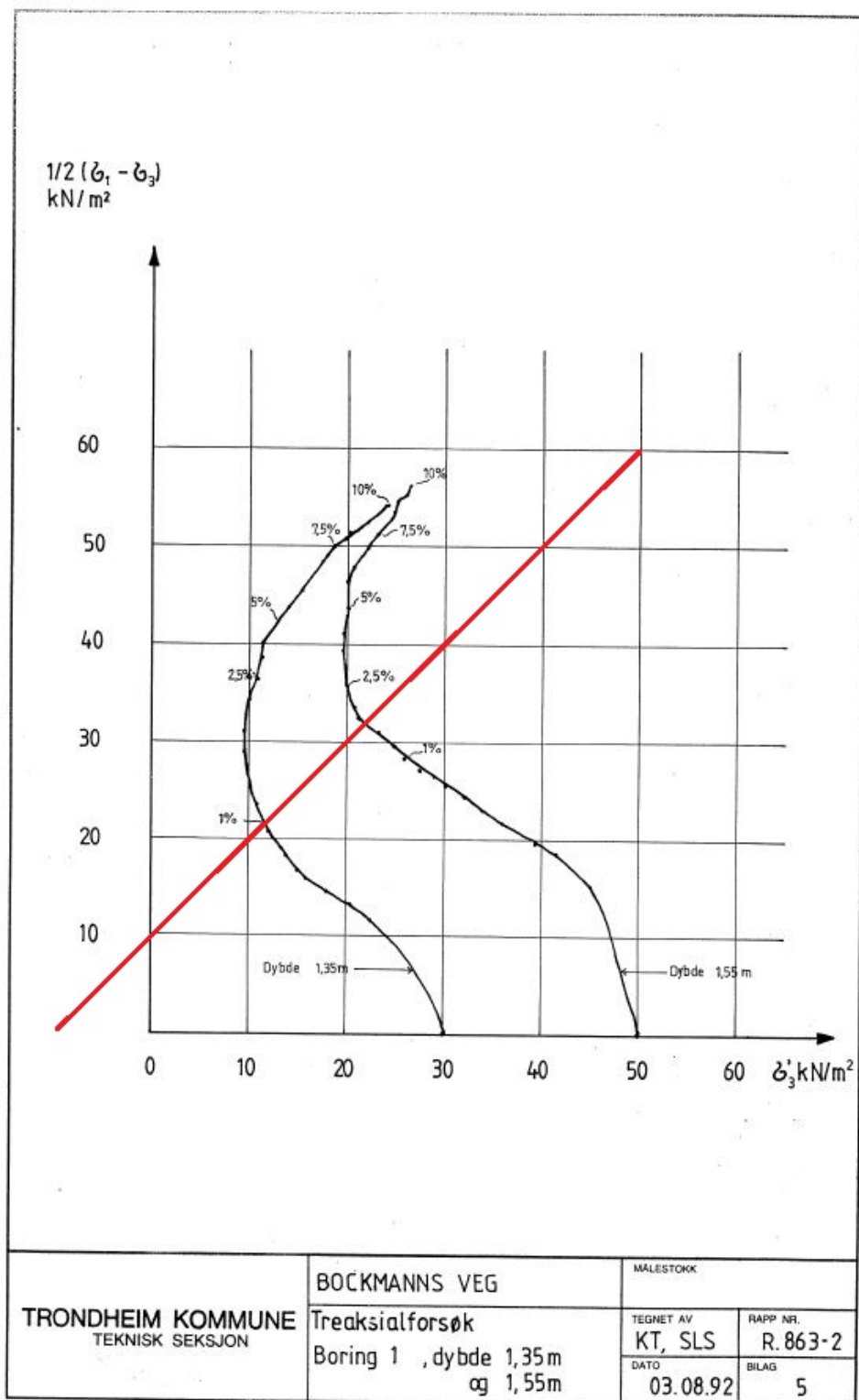
Figur C-10 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.0814.



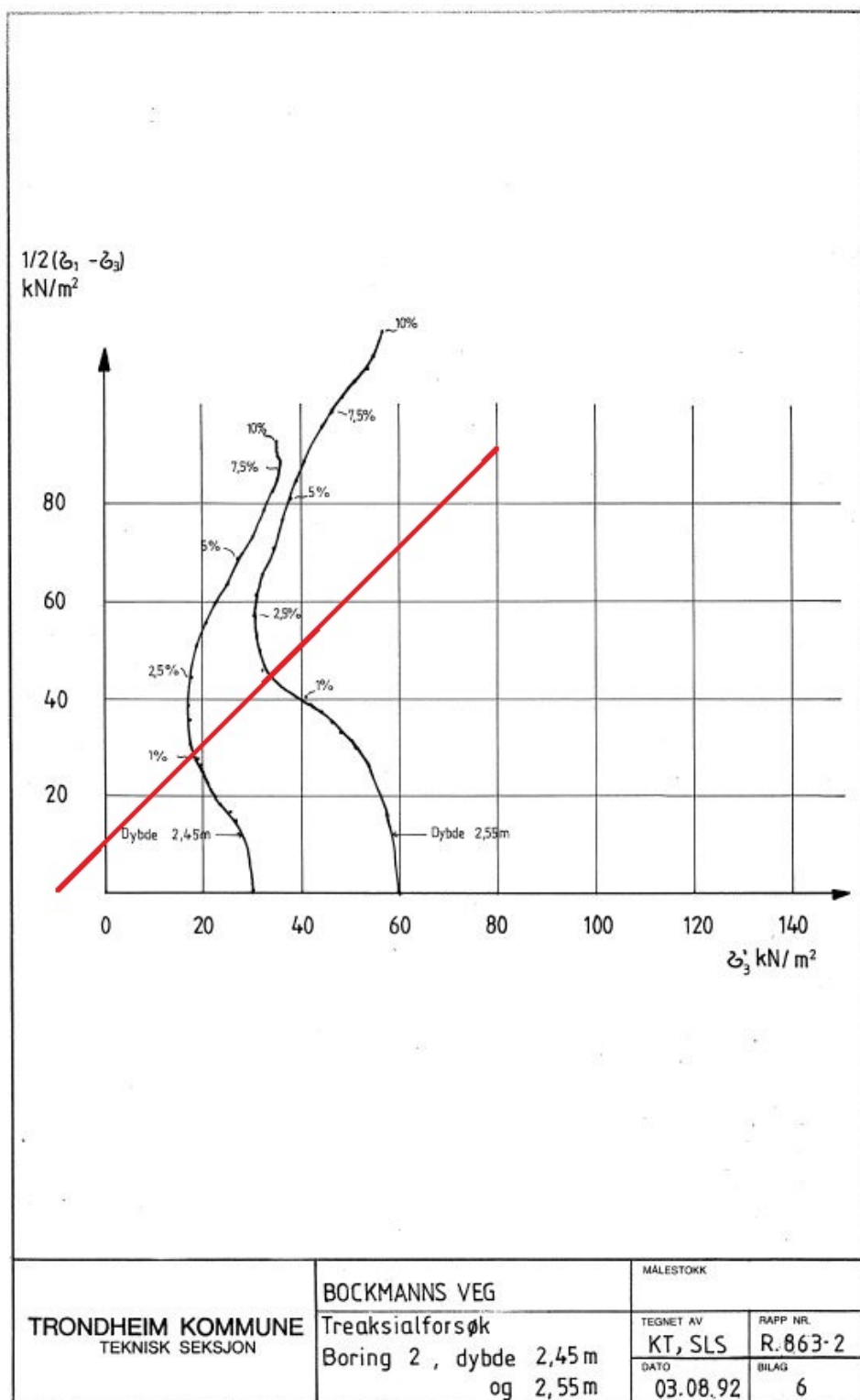
Figur C-11 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.0814.



Figur C-12 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.0814.

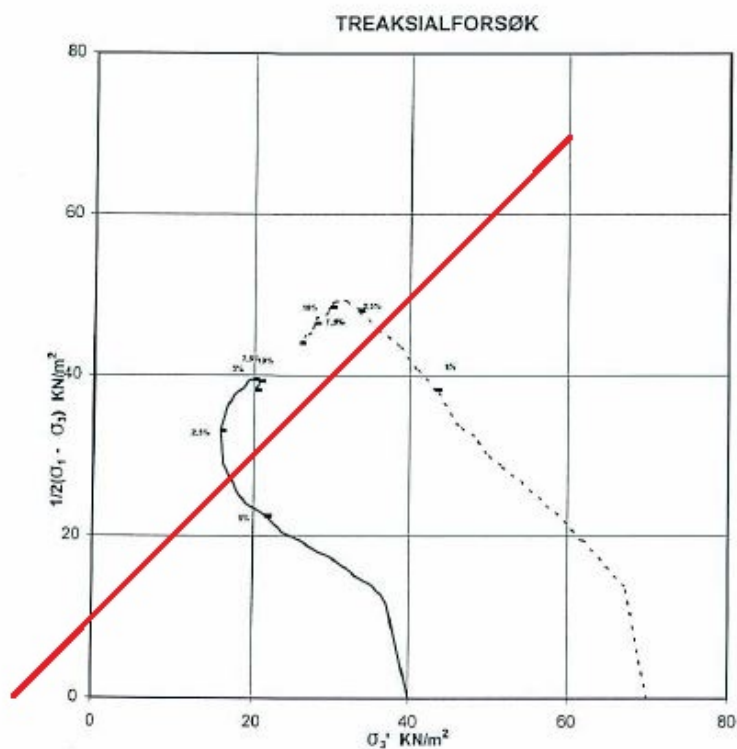


Figur C-13 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.0863-2.



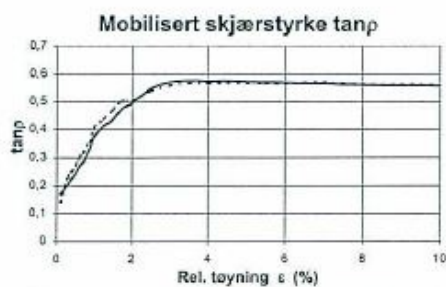
Figur C-14 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.0863-2.

 TRONDHEIM KOMMUNE UTBYGGINGSKONTORET TEKNISK SEKSJON Laboratorium for geoteknikk	TREAKSIALFORSØK		
	Prosj. :	R.1105 SKJERMVEIEN 54	
	Boring	2	dato 22.2.00
	Operatør	KTR	Bilag Nr. 4



— Kjøring 1 - - - - Kjøring 2

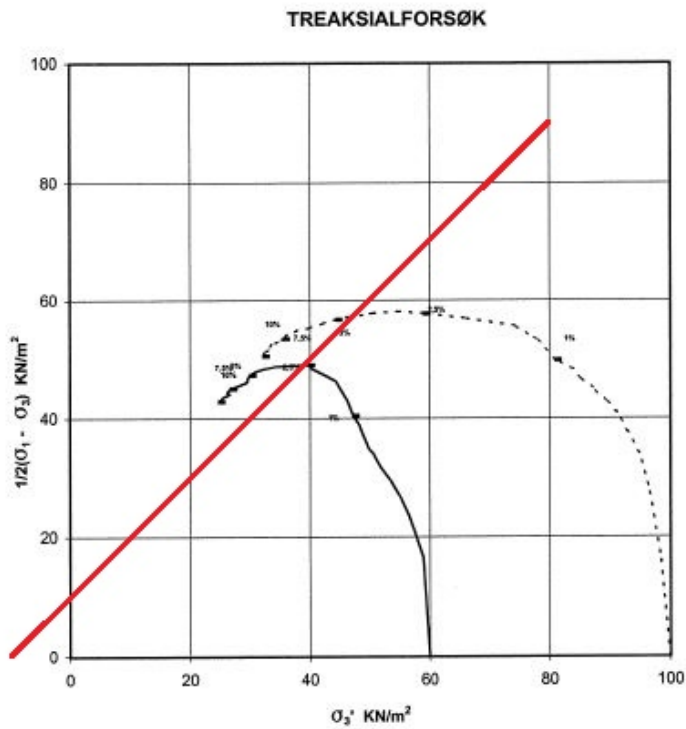
20 kPa



Kjøring	Lab. Nr.	Dybde (m)	Beskrivelse
1	4	4,40	LEIRE, noe siltig
2	4	4,50	LEIRE, noe siltig

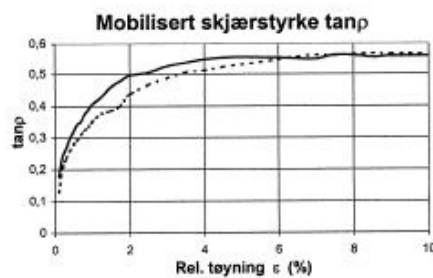
Figur C-15 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.1105.

	TRONDHEIM KOMMUNE UTBYGGINGSKONTORET TEKNISK SEKSJON Laboratorium for geoteknikk		TREAKSIALFORSØK	
	Prosj. : R.1174 NØRDRE HALLSETVEG		dato 2.7.002	
	Boring 1		Bilag Nr. 4	
	Operatør KTR		Bilag Nr. 4	



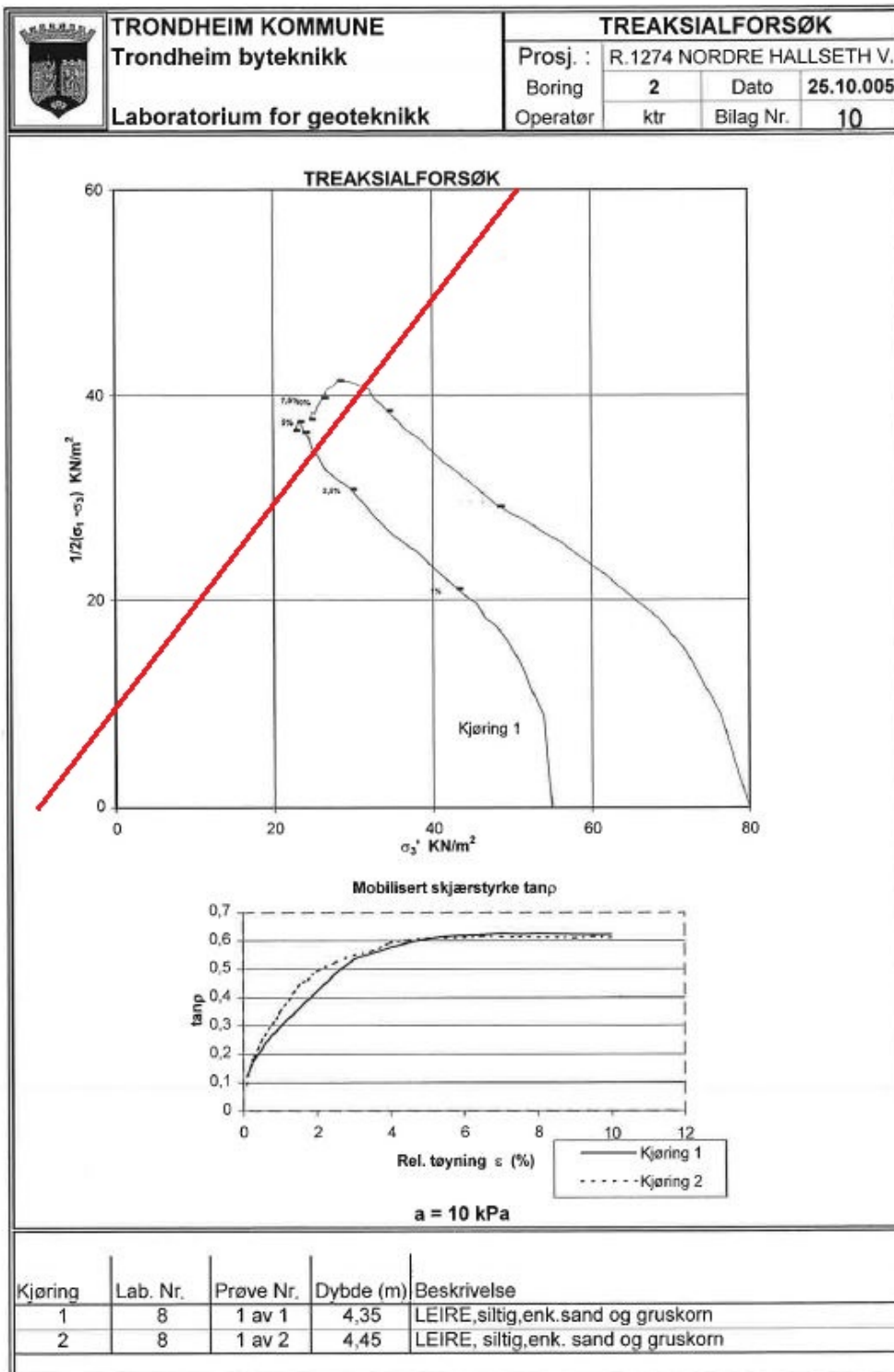
— Kjøring 1 - - - - Kjøring 2

a= 20 kPa

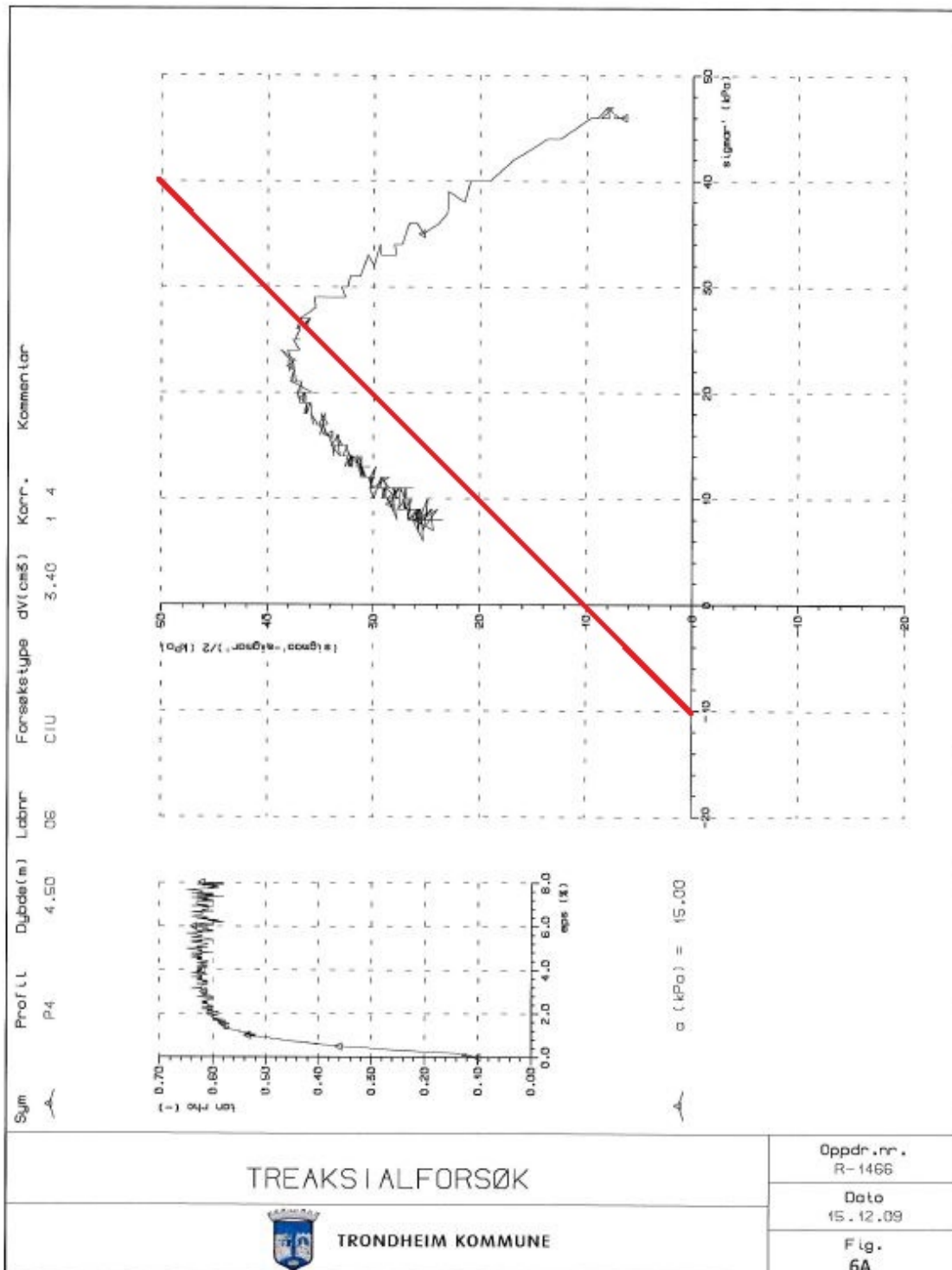


Kjøring	Lab. Nr.	Dybde (m)	Beskrivelse
1	5	6,25	LEIRE, siltig
2	5	6,35	LEIRE, siltig

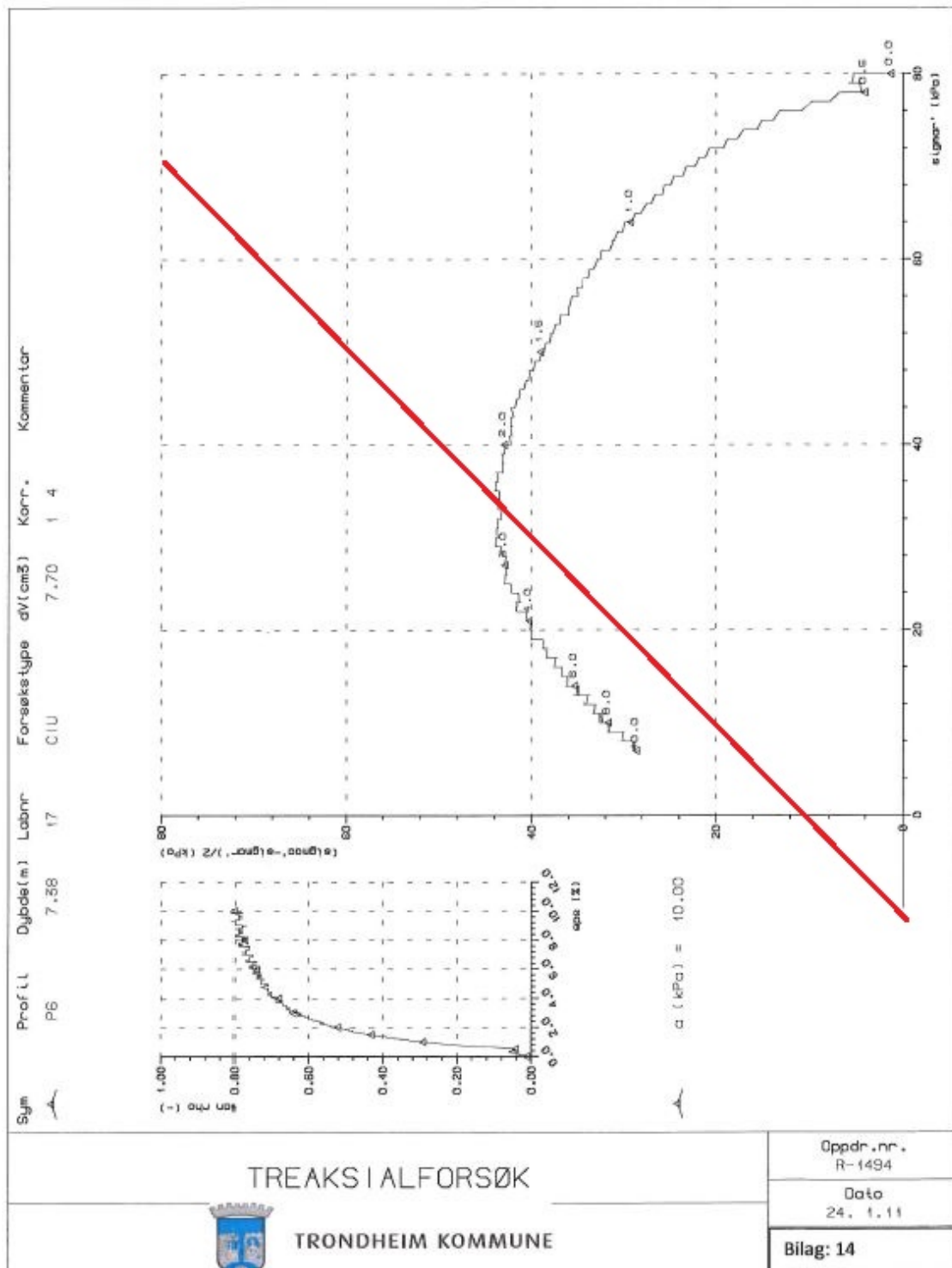
Figur C-16 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.1174.



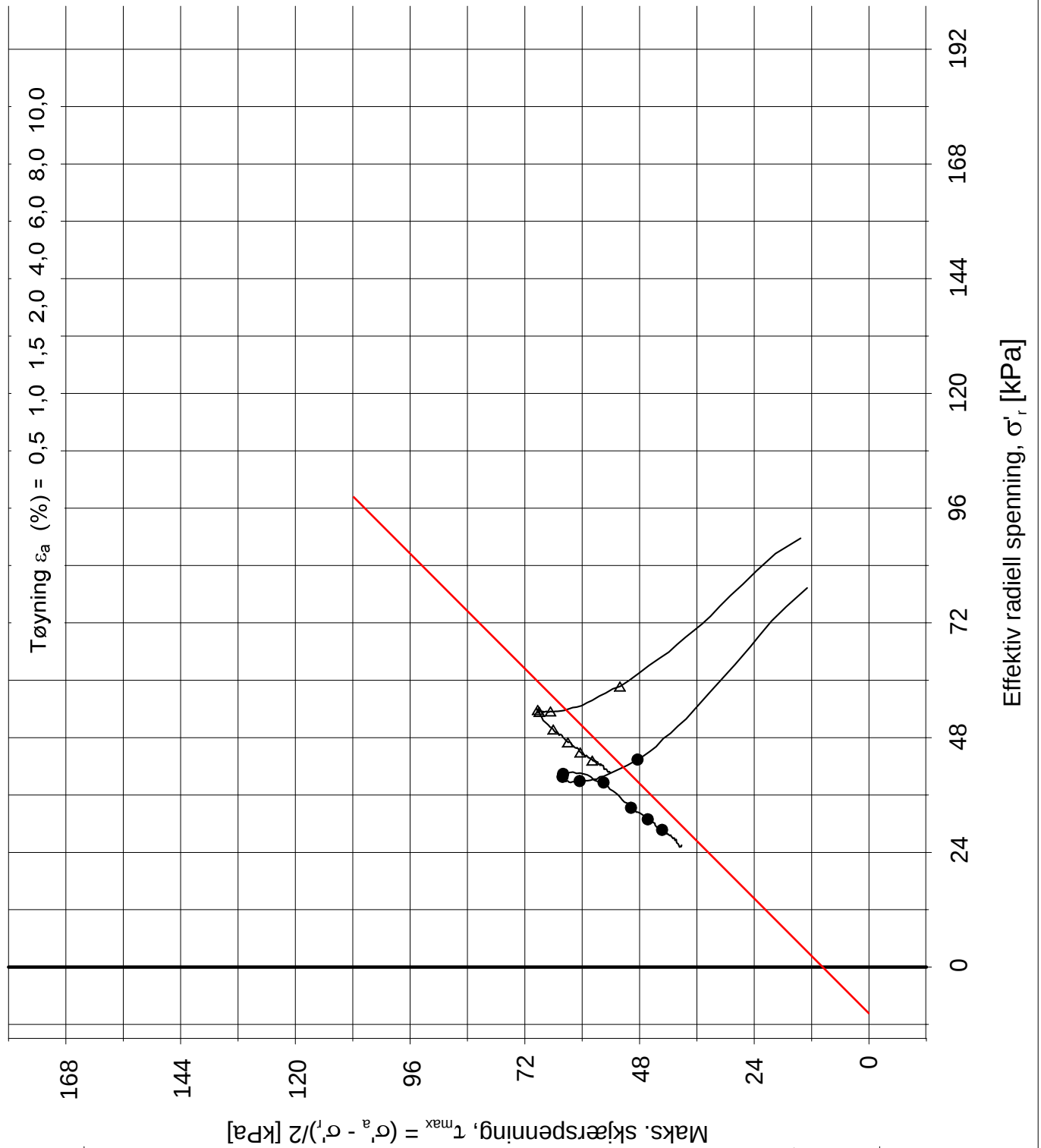
Figur C-17 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treaksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.1274.



Figur C-18 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.1466.



Figur C-19 Attraksjon = 10 kPa og friksjonsvinkel lik 30° for treksialforsøk fra Trondheim kommunes rapport R.1494.



Borepunkt (nr.)	Dybde (m)	Prøve Symbol	Type forsøk	σ_{vo}' (kPa)	σ_{ac}' (kPa)	σ_{rc}' (kPa)	K_0' (-)	$\sigma_{ac}'/\sigma_{vo}'$ (-)	w_i (%)	ρ (g/cm ³)	$\Delta V/V_0$ (%)	$\Delta e/e_0$ (-)
GW420	6,30	●	CAUA1	104,8	104,5	78,2	0,80	0,99	36,6	18,7	1,76	0,036
GW420	8,46	△	CAUA	118,4	117,7	87,8	0,80	0,99	35,5	20,0	1,68	0,037
		▼										
		+										
		□										
		○										

SVV

Sluppen bru

Multiconsult
www.multiconsult.no

Dato: 2015-07-07

Oppdragsnr: 404169

Borpunkt:

Tegning nr.: Tegn.NTNU

Tegnet: olglep

Kontrollert:

Godkjent:

Rev nr.

Vedlegg D

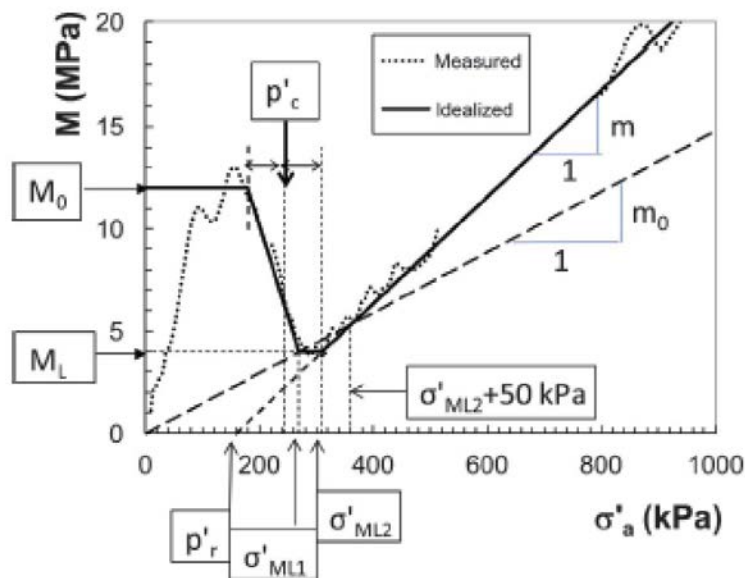
TOLKNING AV ØDOMETERFORSØK

Innhold

D1	Metode	2
D2	Referanser	3

D1 Metode

Treaksialforsøk utført på sylindrerprøver fra borhull GW403, GW406 og GW420 er tolket for å finne forkonsolideringsspenningen, p'_c , og følgelig overkonsolideringsgraden, OCR, ved Hoem. Tolkningen er basert på metode presentert i "Strength and deformation properties of Norwegian clays from laboratory tests on high quality block samples" ref. [1]. Figur D-1 viser prinsippet for tolkning.



Figur D-1 Prinsipp for tolkning av p'_c fra ødometerforsøk ref. [1].

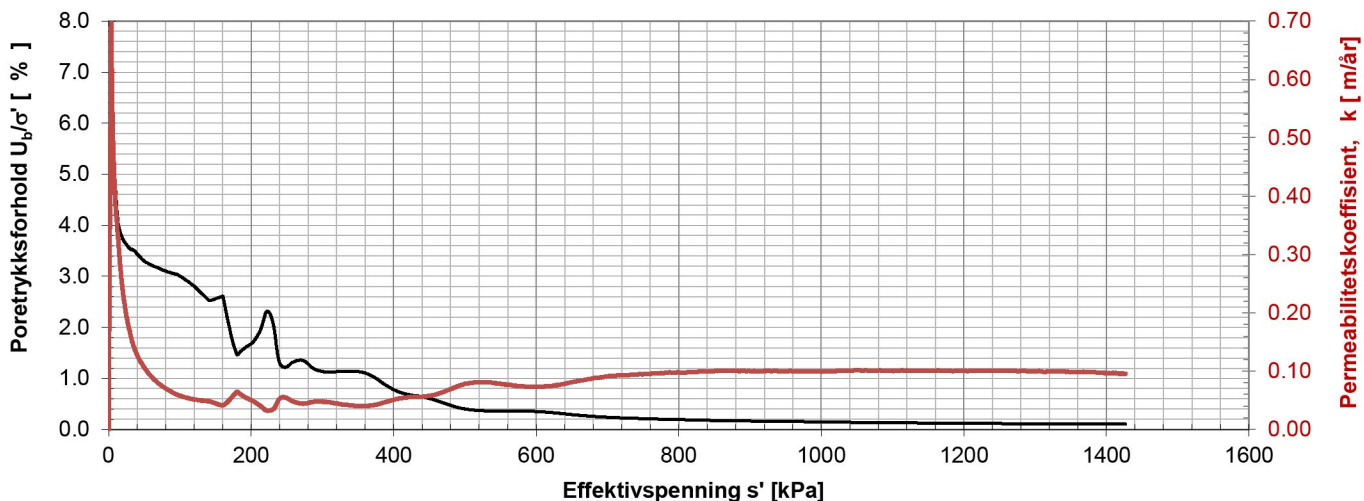
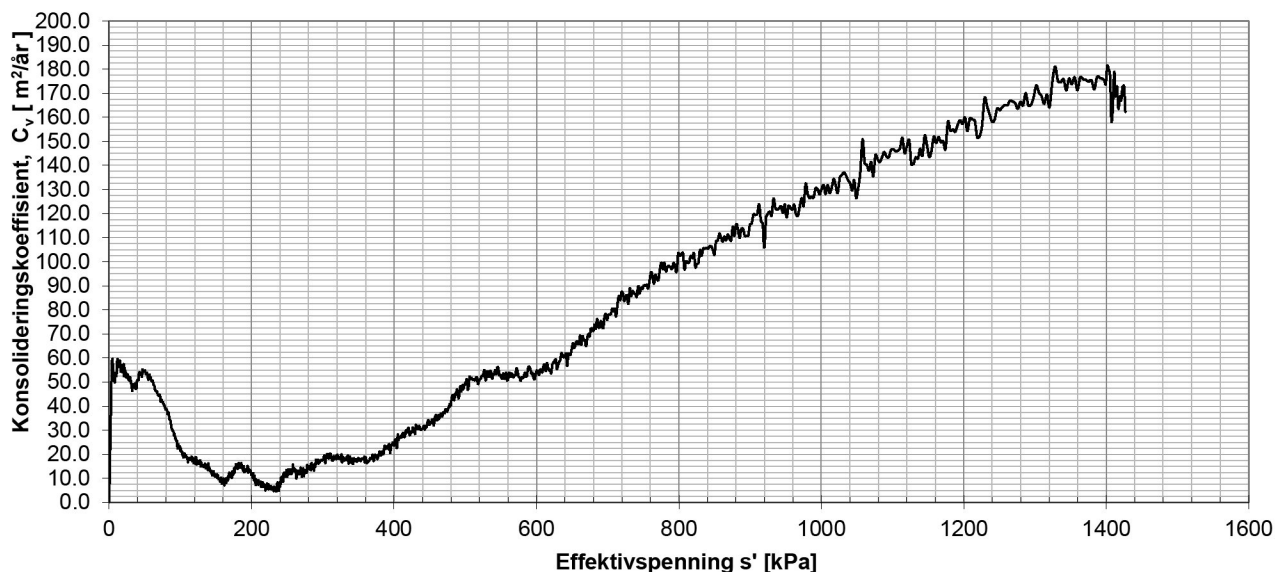
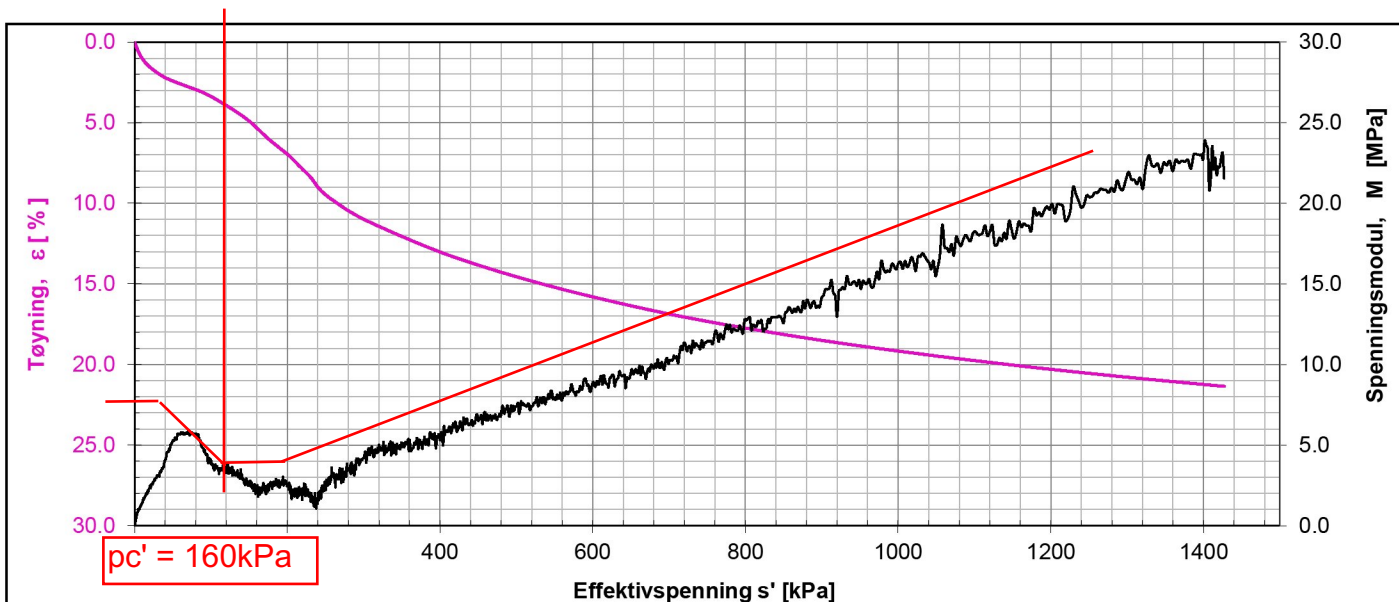
En oppsummering av ødometerforsøkene er vist i tabell D-1. Generelt viser forsøkene en høy overkonsolideringsgrad, OCR, på mellom 2 og 3. Dette tyder på en vesentlig tidligere overlaging i området. Figur D-2 til D-7 viser tolkningen av ødometerforsøkene.

Tabell D-1 Oppsummering av ødometerforsøk.

Borhull	Dybde, [m]	p'_0 , [kPa]	p'_c , [kPa]	OCR [-]	PoP, [kPa]
GW403	4,40	56,5	160	2,83	103,5
GW403	6,30	72,0	200	2,78	128,0
GW406	5,40	65,9	190	2,88	124,1
GW406	12,3	129,0	300	2,33	171,0
GW420	6,45	122,0	280	2,30	158,0
GW420	8,35	143,1	340	2,38	196,9

D2 Referanser

- [1] K. Karlsrud, «Strength and deformation properties of Norwegian clays from laboratory tests on high quality block samples,» Bjerrums foredrag nr. 23, 2014.



Lab nr.	Hull nr,	Dybde (m)
2D	GW403	4.4

Kommentarer



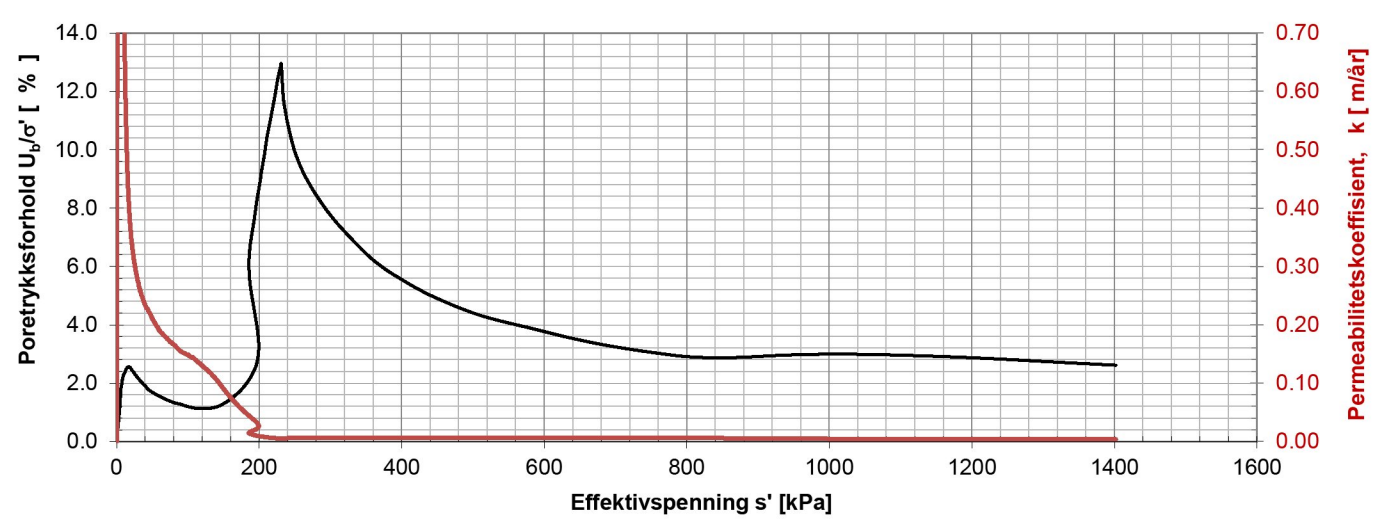
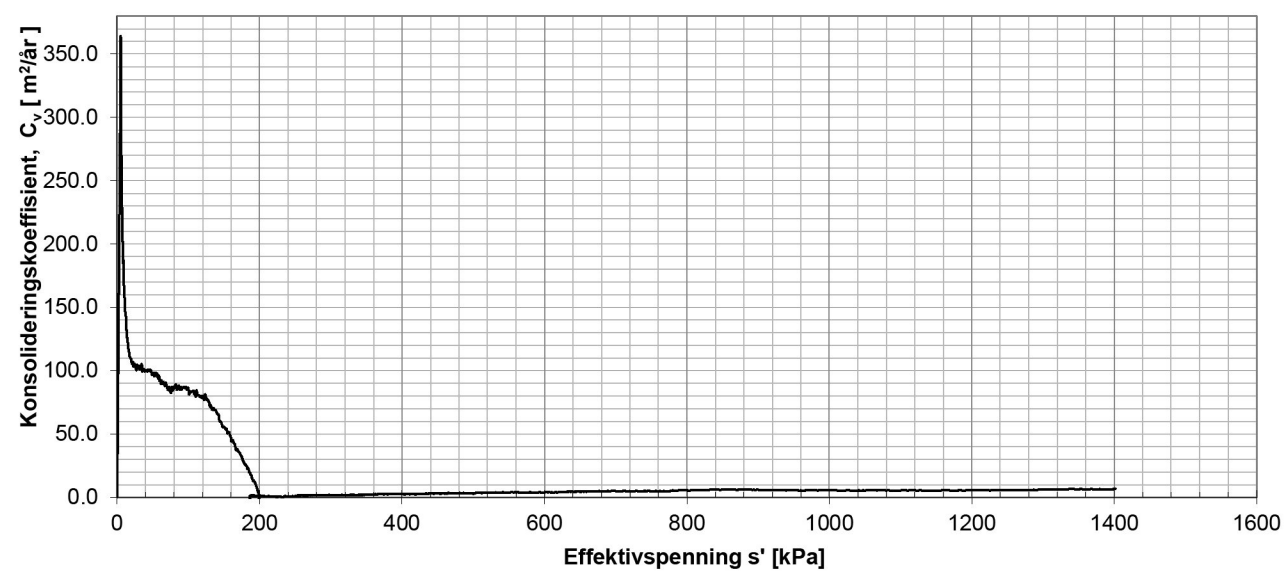
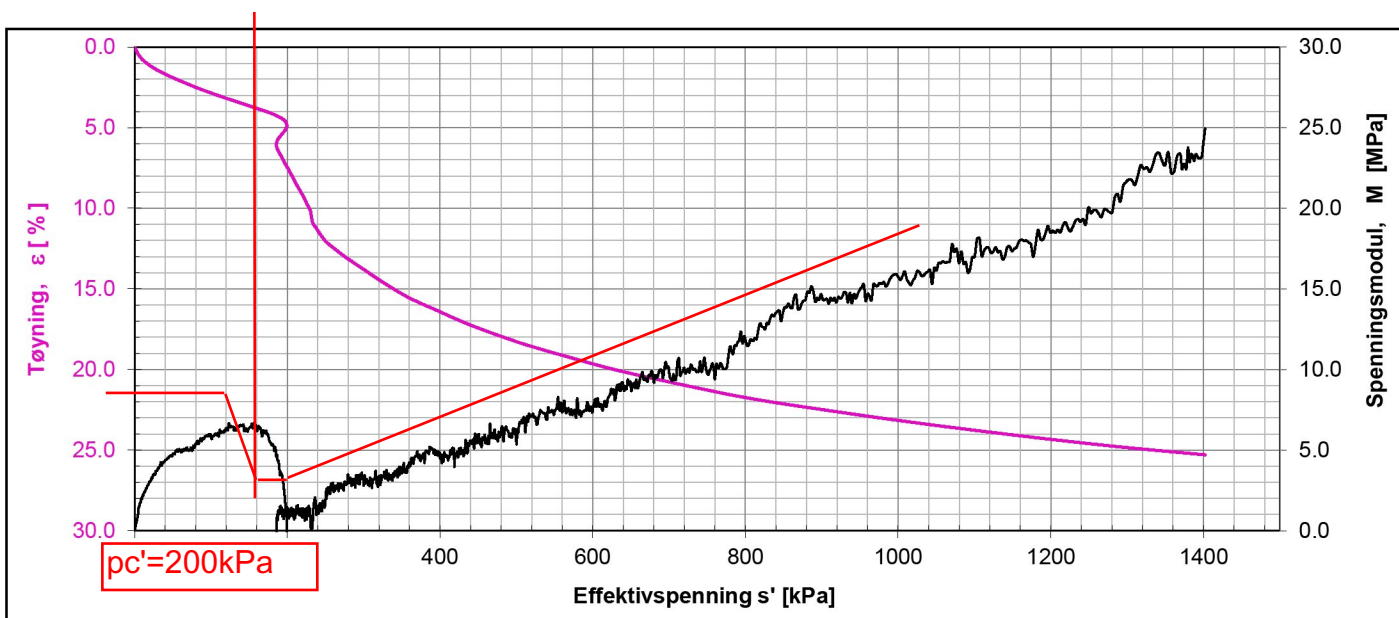
Statens vegvesen

ØDOMETERFORSØK

Sentrallaboratoriet i Trondheim

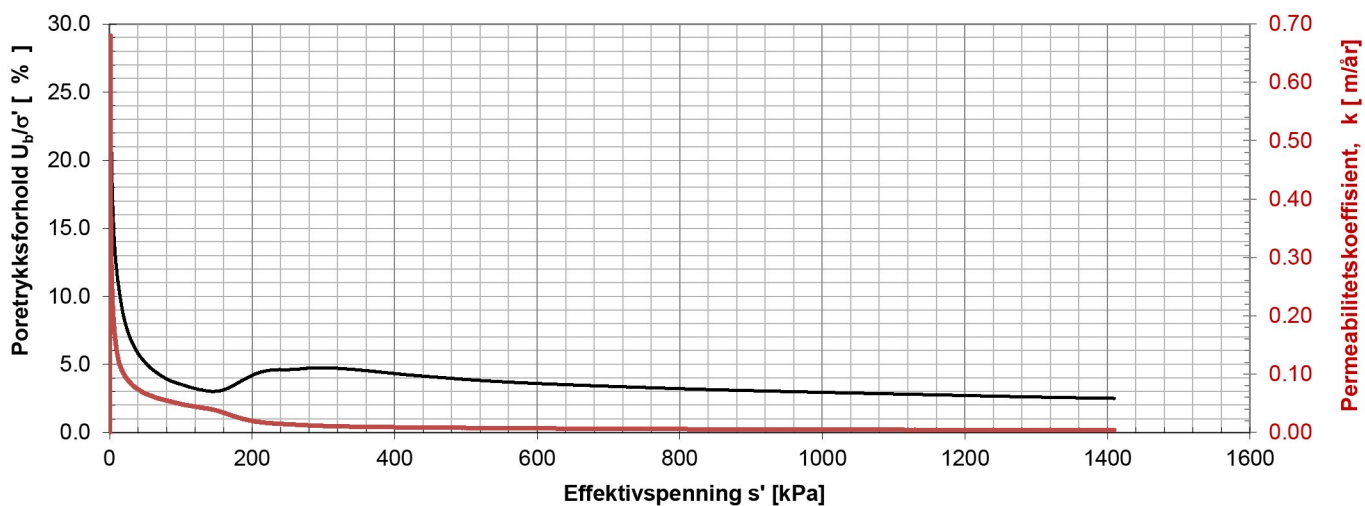
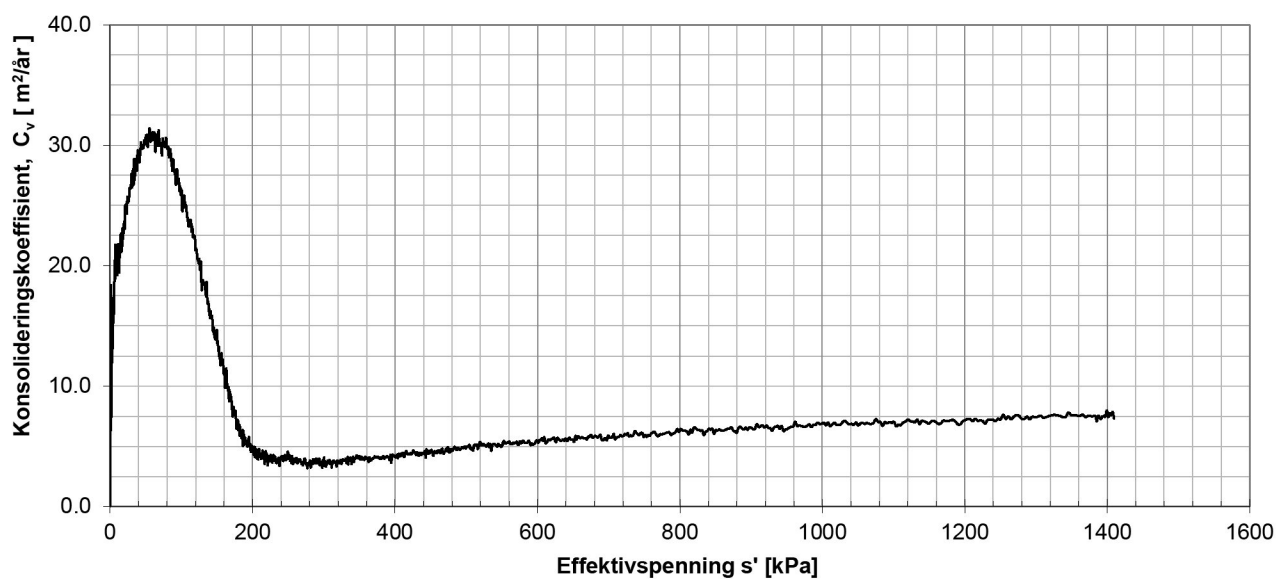
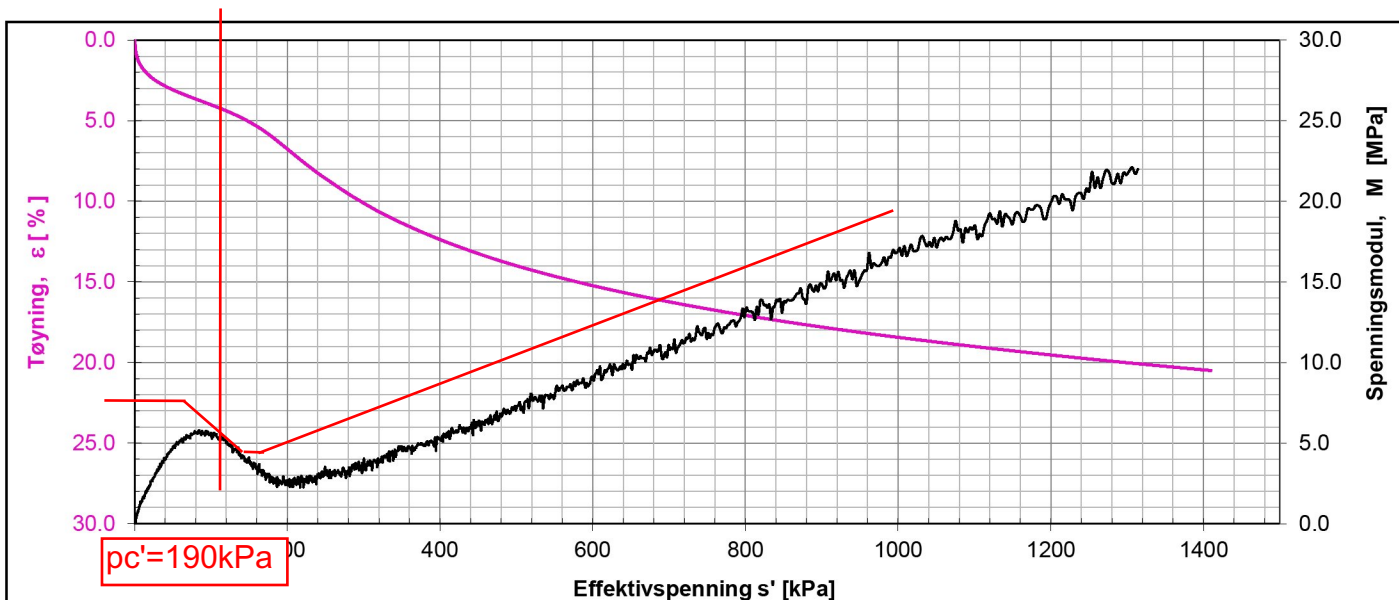
Oppdr. Nr. 404169

Dato 2015-06-19



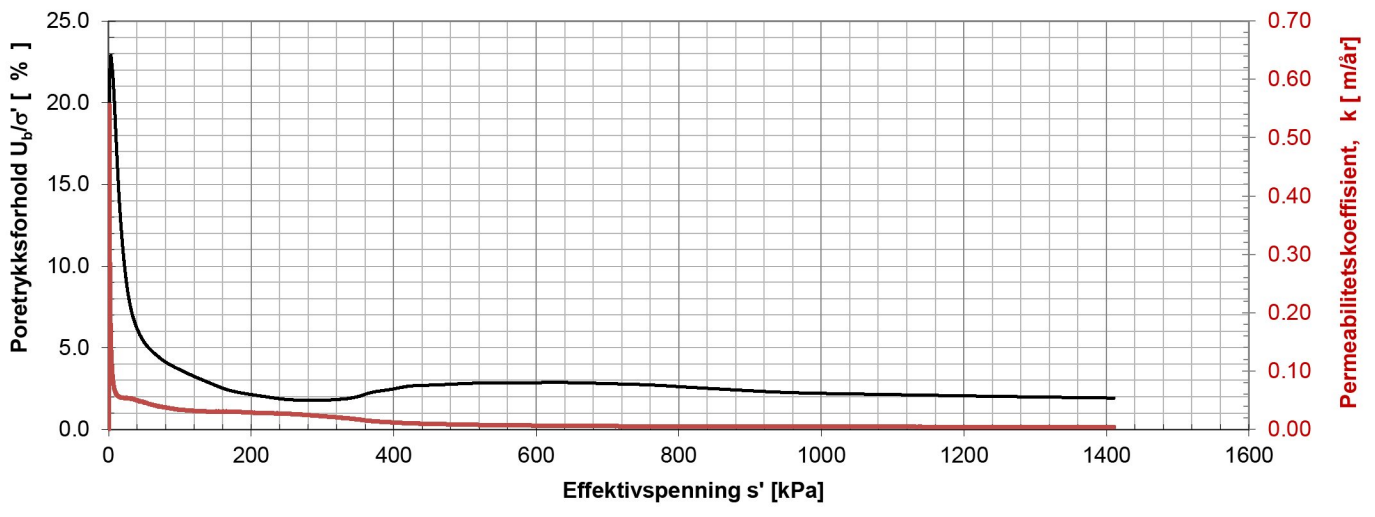
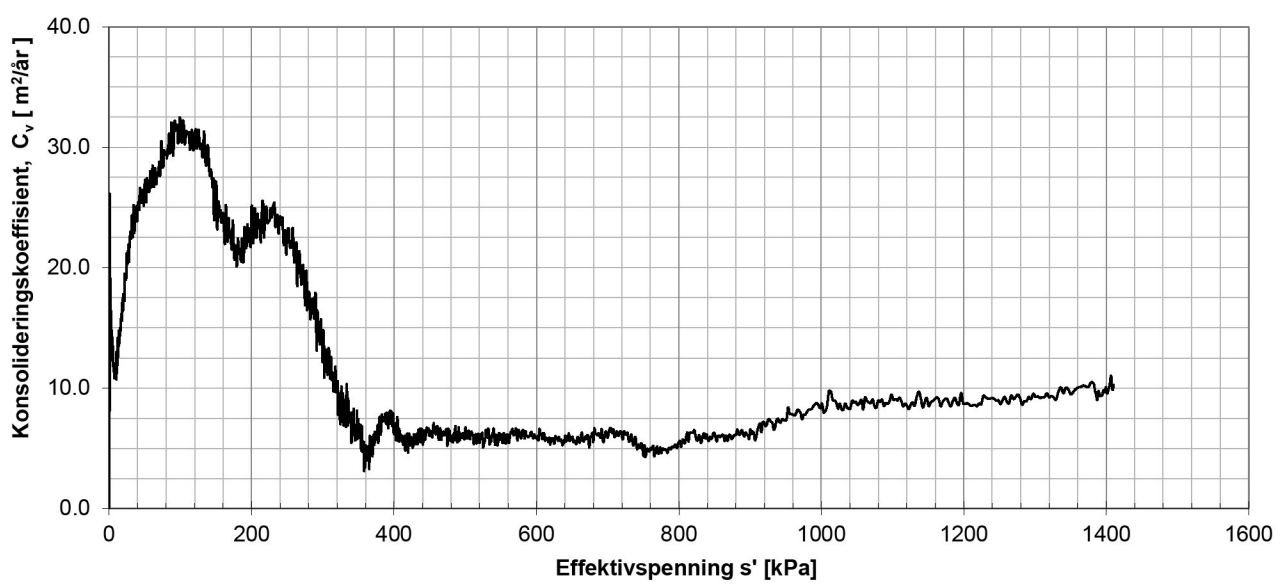
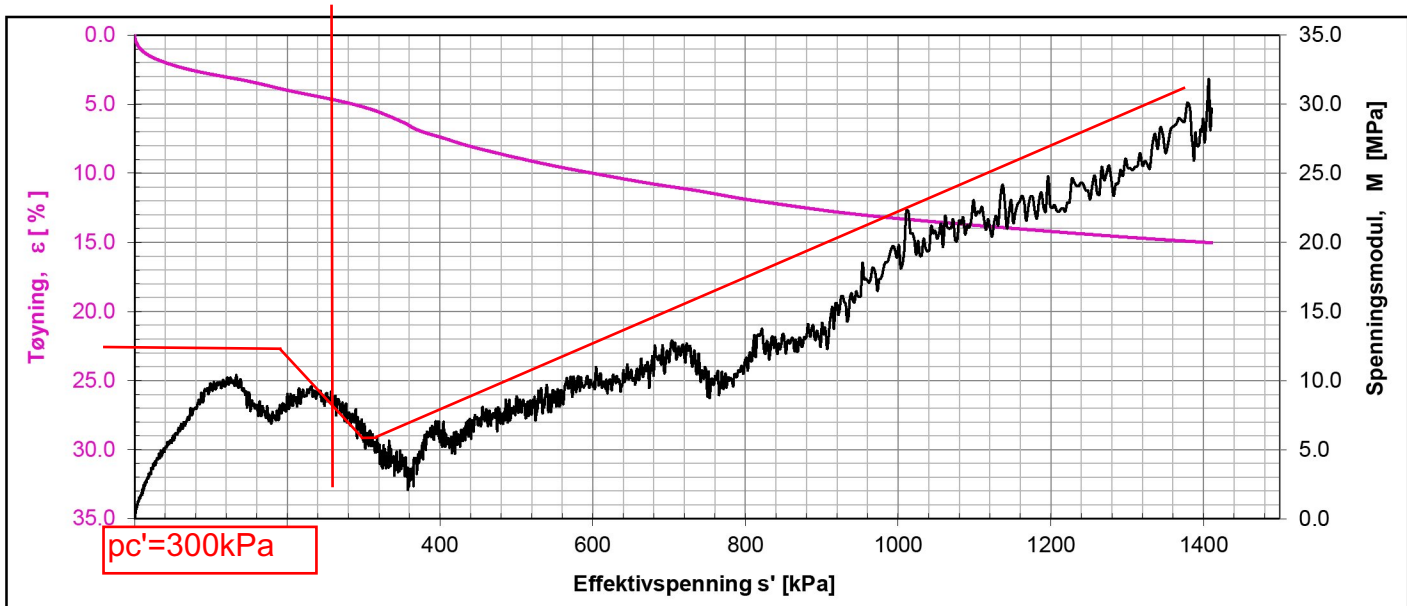
Lab nr.	Hull nr,	Dybde (m)	Kommentarer
3 3C	GW403	6.3	

 Statens vegvesen	ØDOMETERFORSØK	Oppdr. Nr.	404169
	Sentrallaboratoriet i Trondheim	Dato	2015-06-23



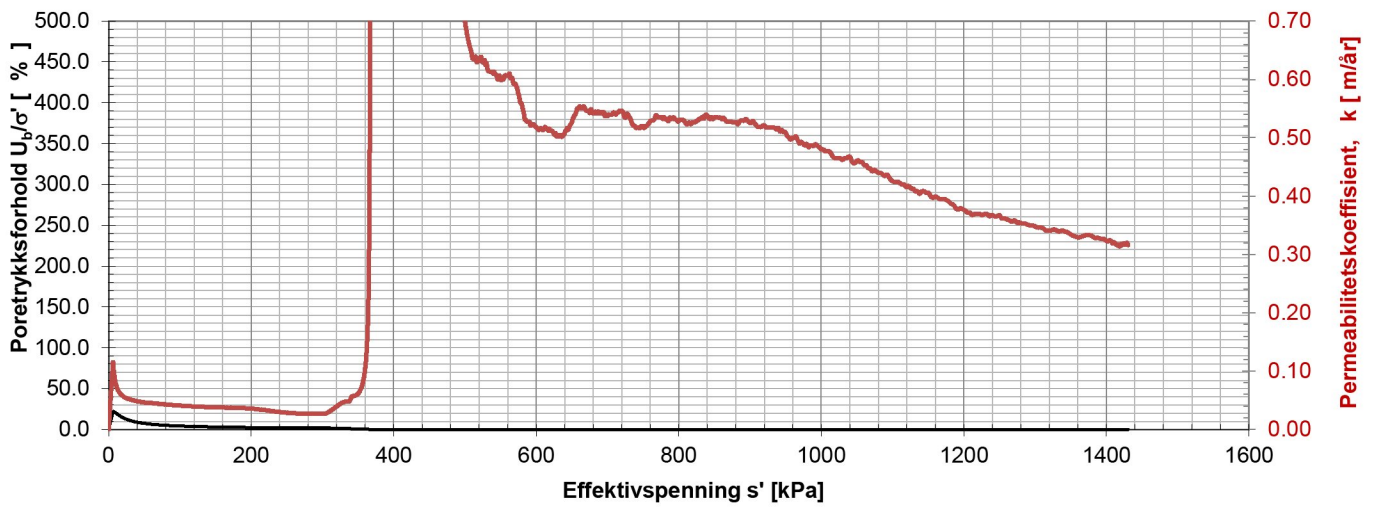
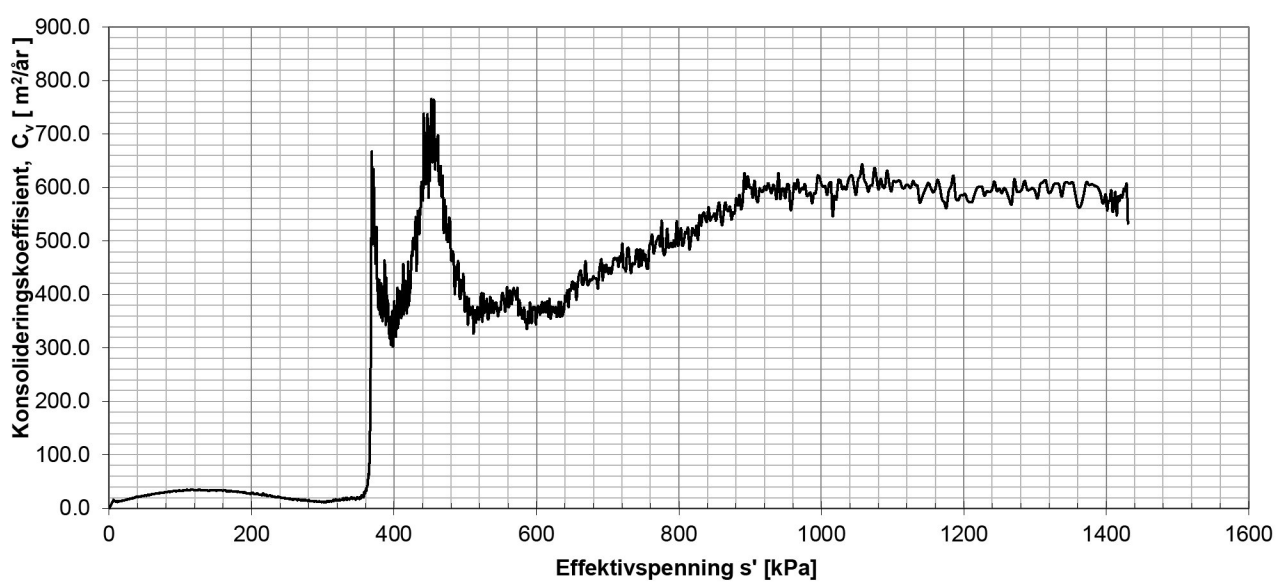
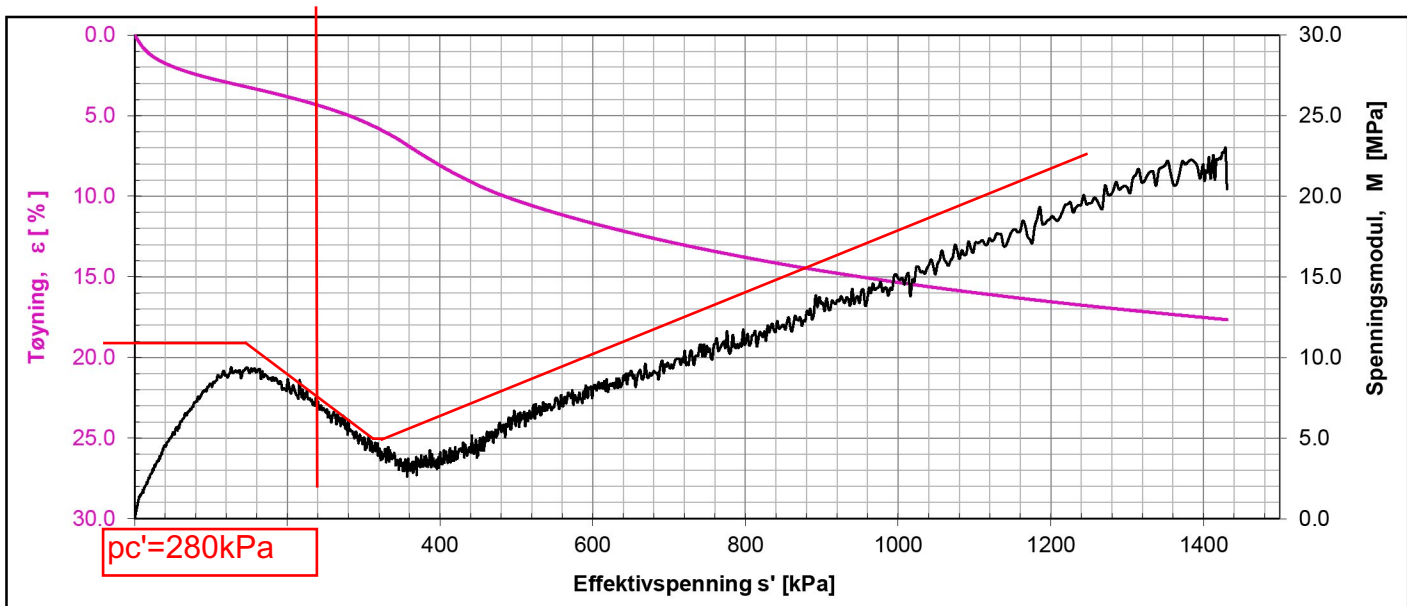
Lab nr.	Hull nr,	Dybde (m)	Kommentarer
2D	GW406	5.4	

 Statens vegvesen	ØDOMETERFORSØK	Oppdr. Nr.	404169
	Sentrallaboratoriet i Trondheim	Dato	2015-06-17



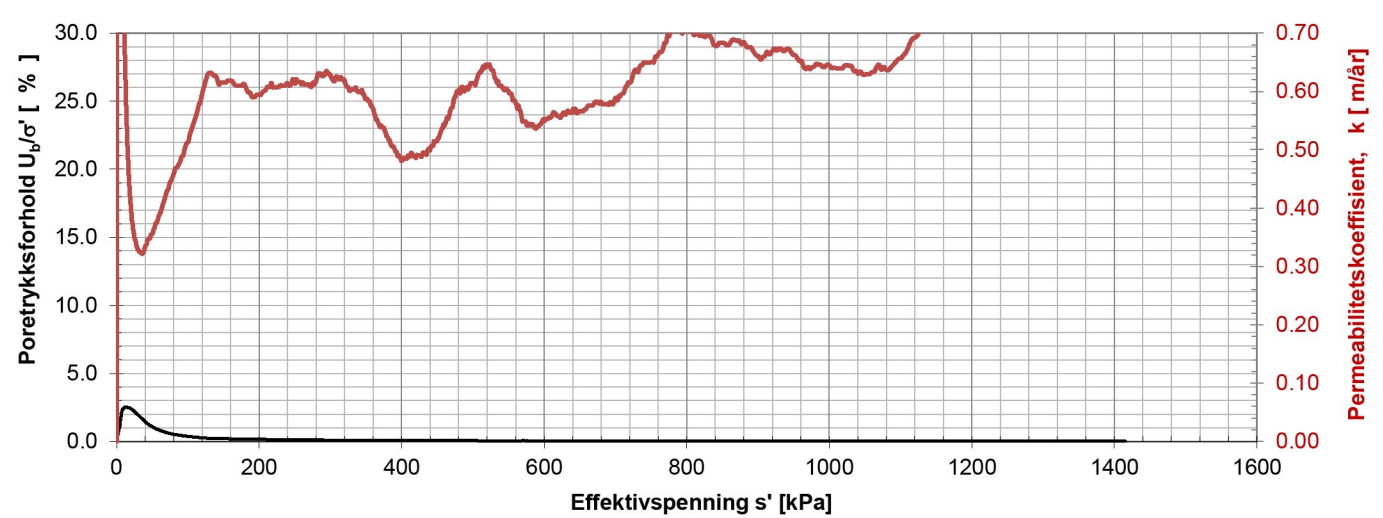
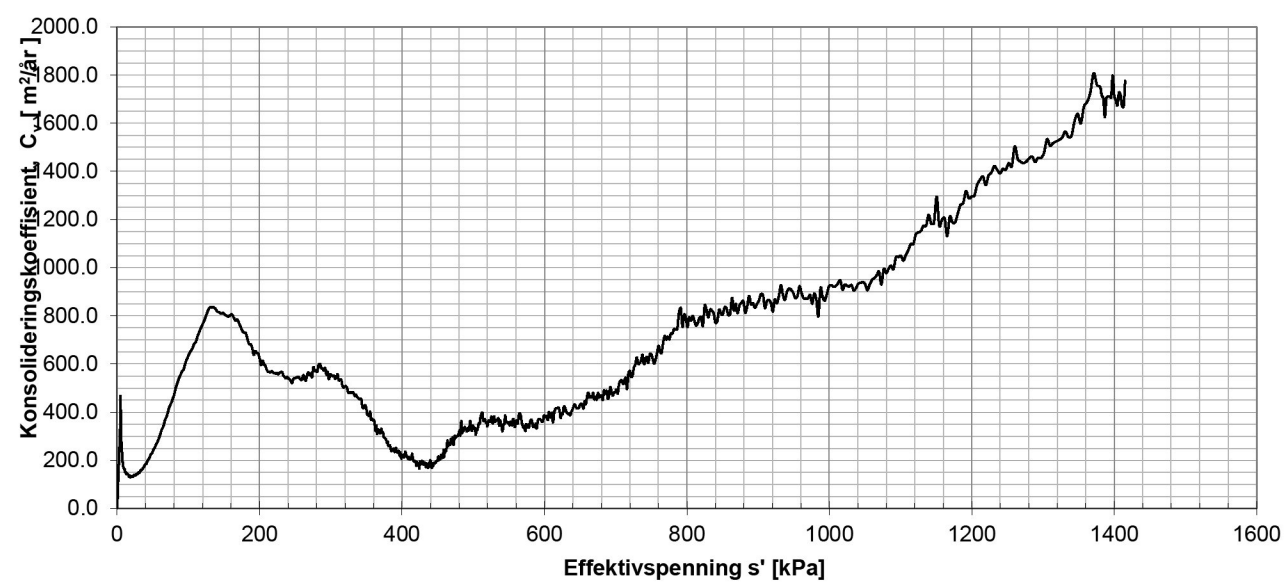
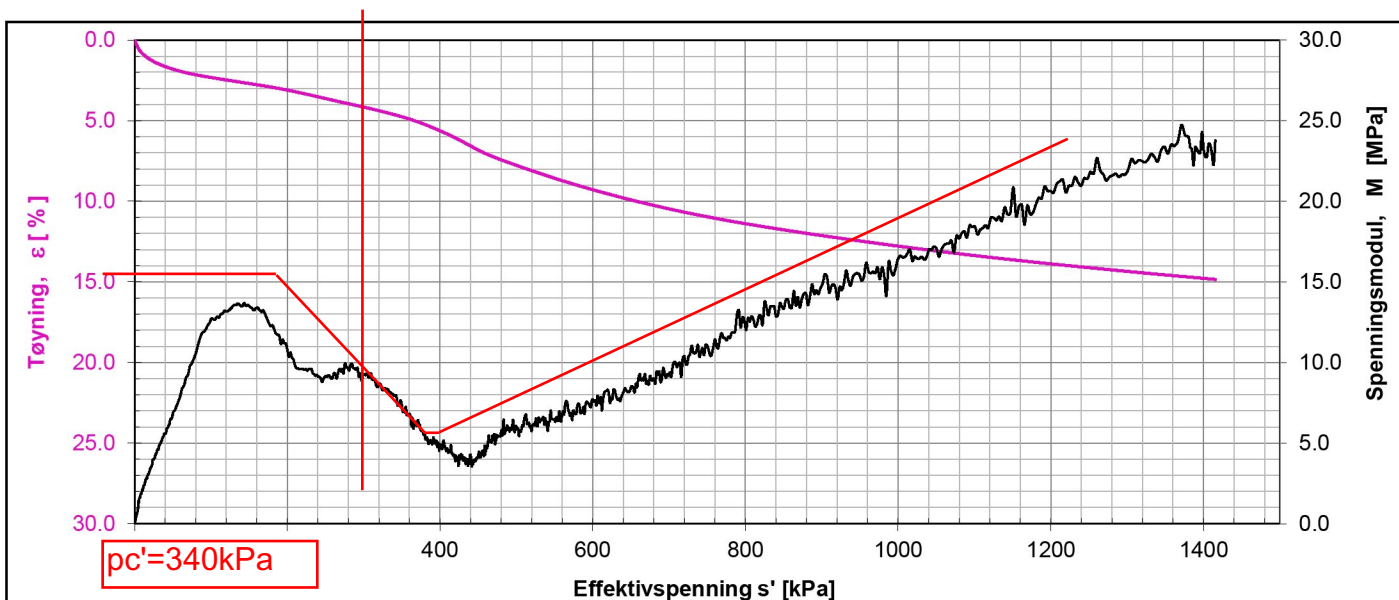
Lab nr.	Hull nr,	Dybde (m)	Kommentarer
5C	GW406	12.3	

 Statens vegvesen	ØDOMETERFORSØK	Oppdr. Nr.	404169
	Sentrallaboratoriet i Trondheim	Dato	2015-06-18



Lab nr.	Hull nr,	Dybde (m)	Kommentarer
7_7D	GW420	6.45	

 Statens vegvesen	ØDOMETERFORSØK	Oppdr. Nr.	404169
	Sentrallaboratoriet i Trondheim	Dato	2015-07-01



Lab nr.	Hull nr,	Dybde (m)	Kommentarer
9_9C	GW420	8.35	

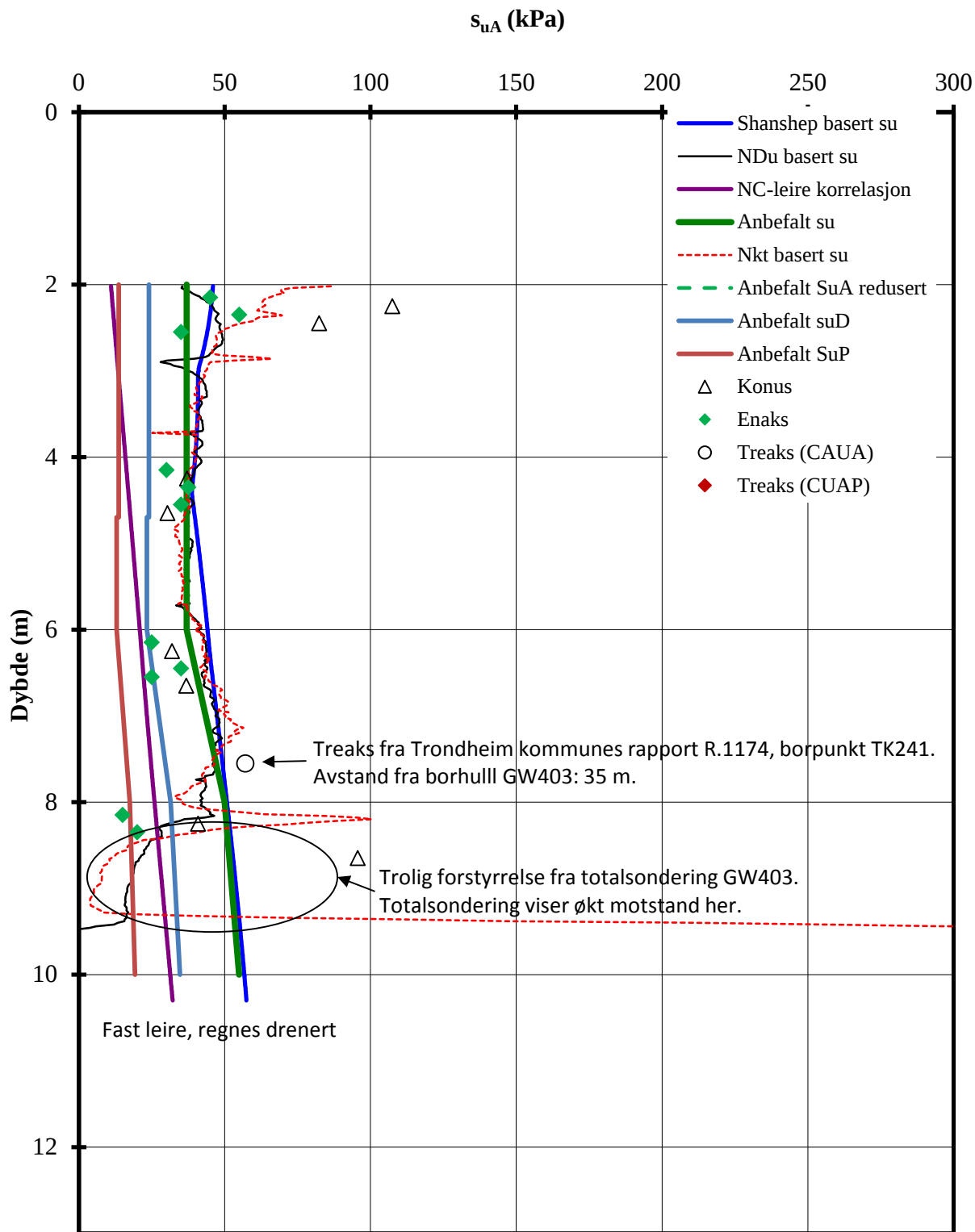
 Statens vegvesen	ØDOMETERFORSØK	Oppdr. Nr.	404169
	Sentrallaboratoriet i Trondheim	Dato	2015-07-06

Vedlegg E

TOLKNING AV CPTU-SONDERINGER


Figurer

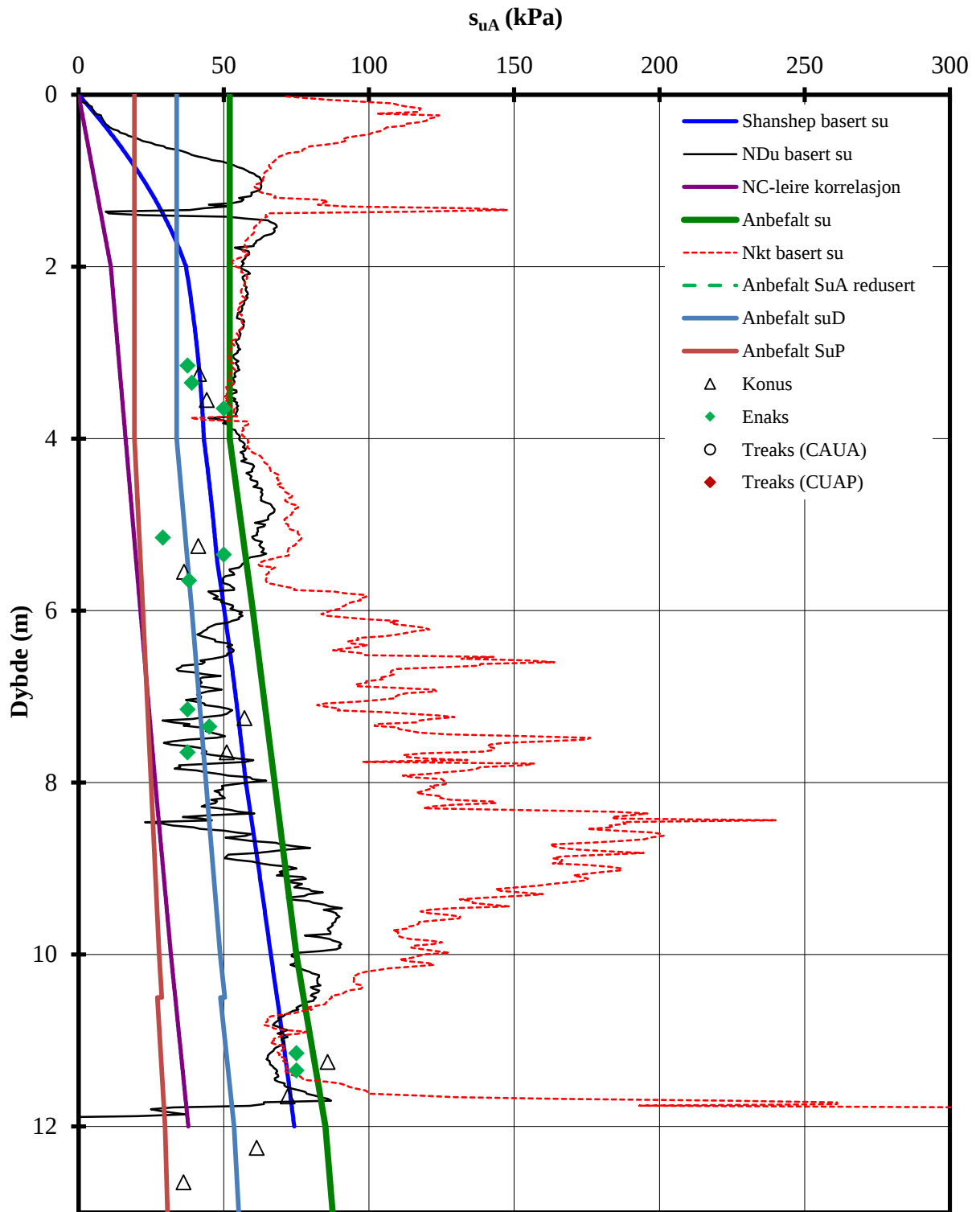
- E-1 CPTU GW403 – Aktiv skjærfasthet basert på CPTU og SHANSEP
- E-2 CPTU GW406 – Aktiv skjærfasthet basert på CPTU og SHANSEP
- E-3 CPTU GW409 – Aktiv skjærfasthet basert på CPTU og SHANSEP
- E-4 CPTU GW420 – Aktiv skjærfasthet basert på CPTU og SHANSEP
- E-5 CPTU GW202 – Aktiv skjærfasthet basert på CPTU og SHANSEP
- E-6 CPTU GW403 – OCR basert på CPTU
- E-7 CPTU GW406 – OCR basert på CPTU
- E-8 CPTU GW409 – OCR basert på CPTU
- E-9 CPTU GW420 – OCR basert på CPTU
- E-10 CPTU GW202 – OCR basert på CPTU
- E-11 CPTU GW426 – Aktiv skjærfasthet basert på CPTU og SHANSEP
- E-12 CPTU GW426 – OCR basert på CPTU
- E-13 CPTU GW427 – Aktiv skjærfasthet basert på CPTU og SHANSEP
- E-14 CPTU GW427 – OCR basert på CPTU
- E-15 CPTU GW428 – Aktiv skjærfasthet basert på CPTU og SHANSEP
- E-16 CPTU GW428 – OCR basert på CPTU



Terrengkote : 115,7 m


P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\GW403_CPTU-tolk friksjon.xls\Nkt og NDU

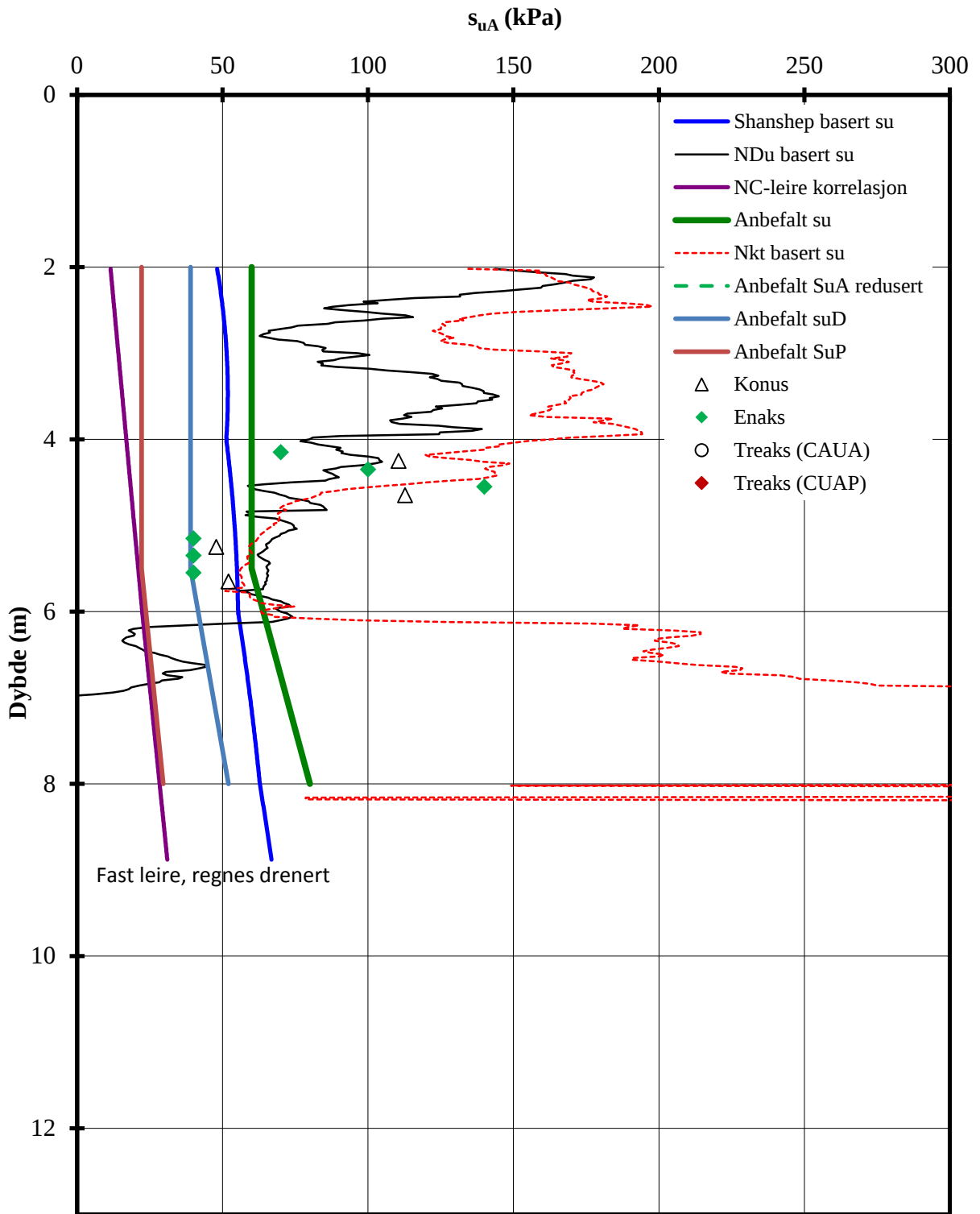
Rv. 706 Sluppen - Sivert Dahlens veg	Rapport nr.	Figur nr.
	20140539	E-1
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull GW403	Tegner	Dato
	BKB	16.09.2015
	Kontrollert Mme	
Godkjent MMe		



Terrengkote : 107,4 m


P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\GW403_CPTU-tolk.xls\sua profil

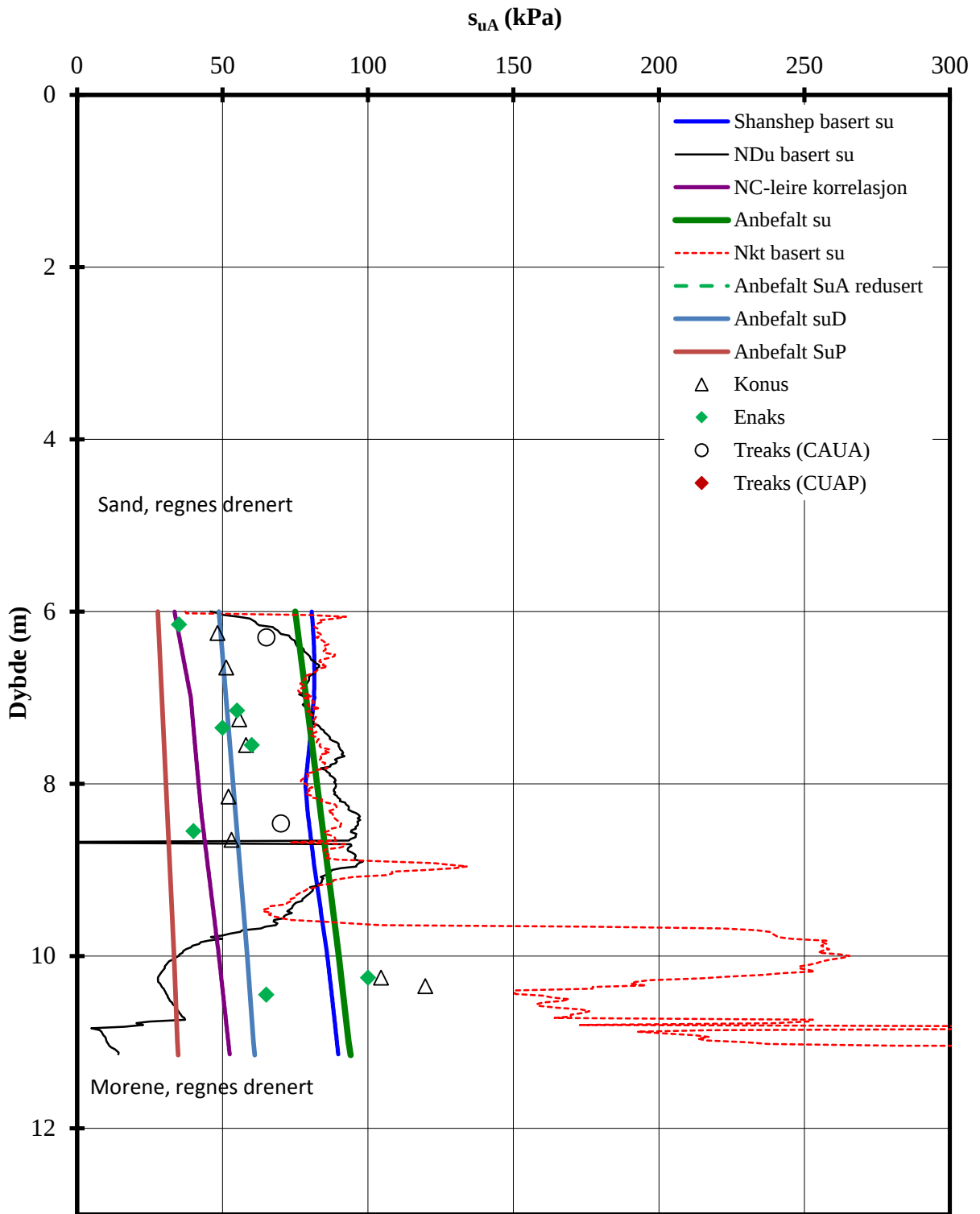
Rv. 706 Sluppen - Sivert Dahlens veg	Rapport nr.	Figur nr.
	20140539	E-2
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. BorhullGW406	Tegner	Dato
	BKB	16.09.2015
	Kontrollert Mme	
Godkjent MME		



Terrengkote : 101,8 m

P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\GW202_CPTU-tolk.xls\sua profil

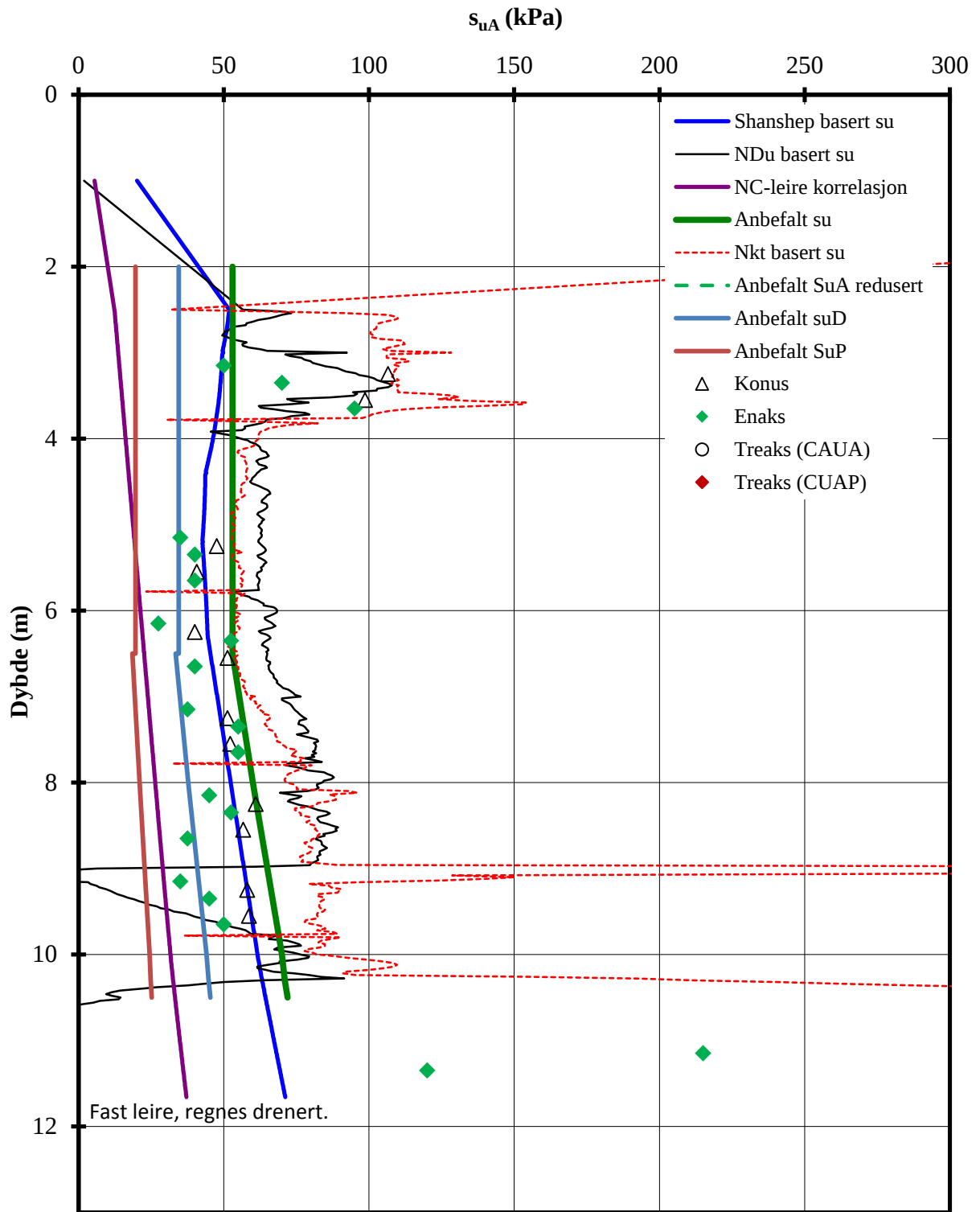
Rv. 706 Sluppen - Sivert Dahlens veg	Rapport nr.	Figur nr.
	20140539	E-3
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. BorhullGW409	Tegner	Dato
	BKB	16.09.2015
	Kontrollert Mme	
Godkjent MME		



Terrengekote : 83,24 m


P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\GW406_CPTU-tolk.xlsjsua profil

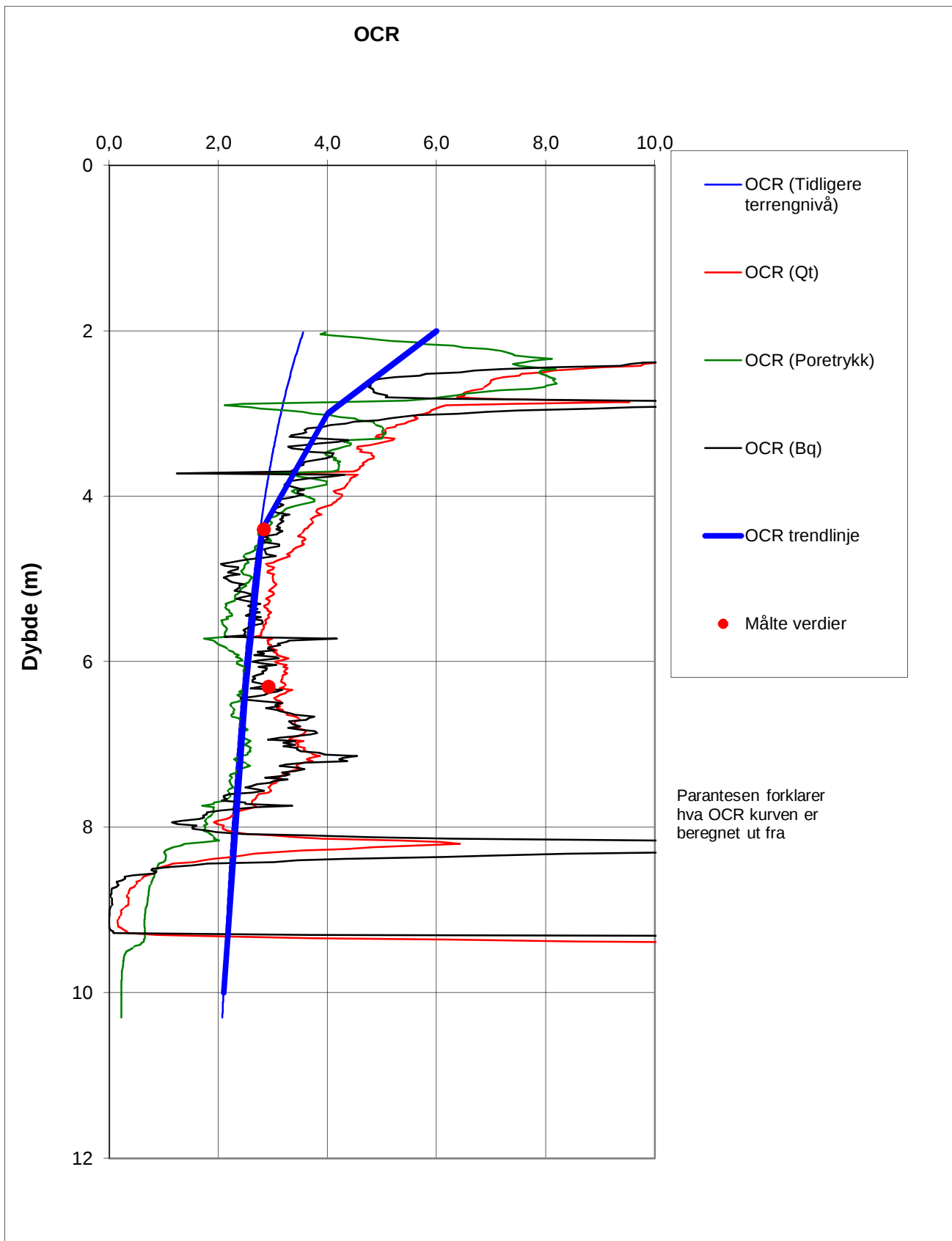
Rv. 706 Sluppen - Sivert Dahlens veg	Rapport nr.	20140539	Figur nr.	E-4
	Tegner	BKB	Dato	16.09.2015
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. BorhullGW 420	Kontrollert	Mme		
	Godkjent	MME		



Terrengekote : 106 m


P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\[GW403_CPTU-tolk friksjon.xls]Nkt og NDU

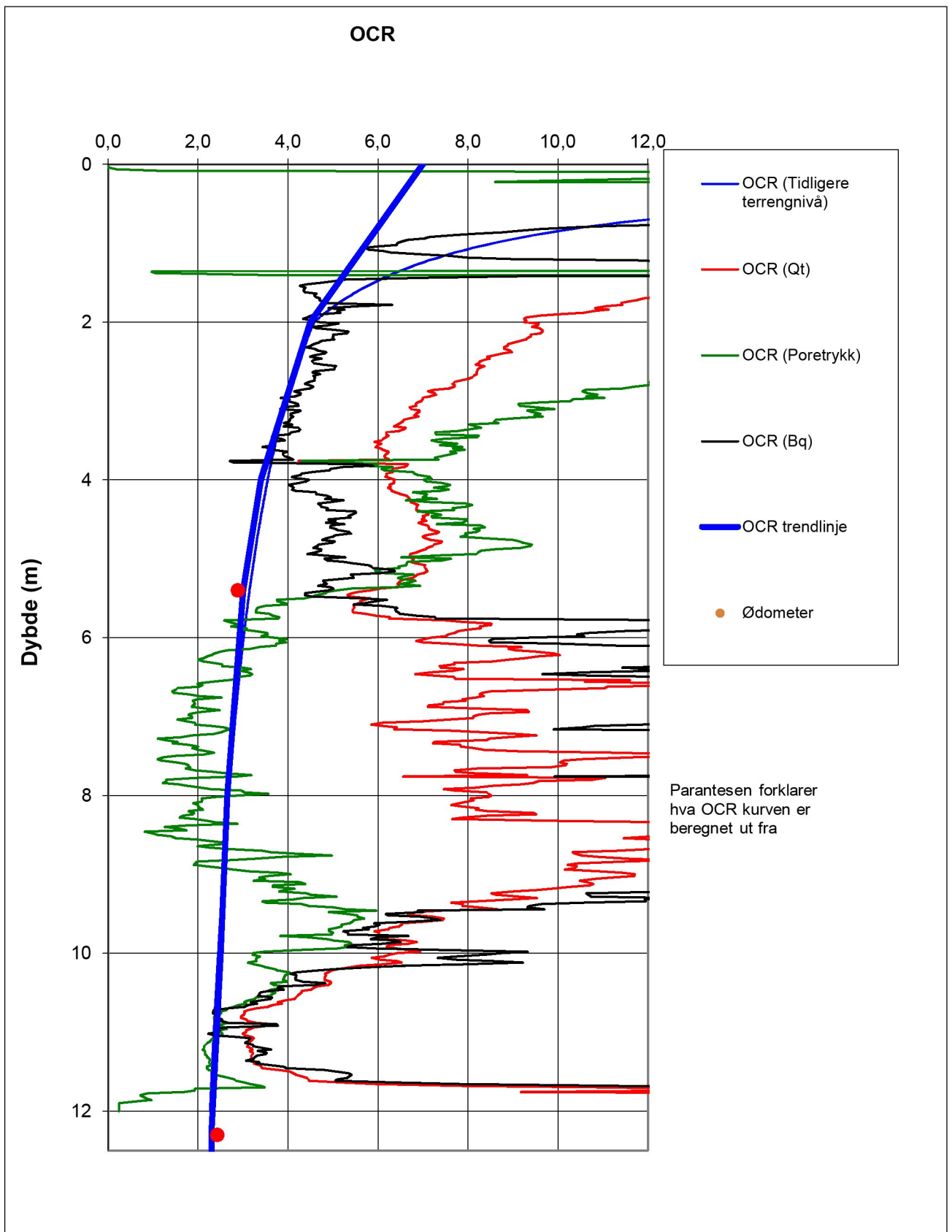
Rv. 706 Sluppen - Sivert Dahlens veg	Rapport nr.	Figur nr.
	20140539	E-5
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. BorhullGW202	Tegner	Dato
	BKB	16.09.2015
	Kontrollert MMe	
Godkjent MMe		



Terrengkote : 115,7 m
Antatt tidligere terrengnivå kote +125

P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\GW403_CPTU-tolk.xls\OCR plott

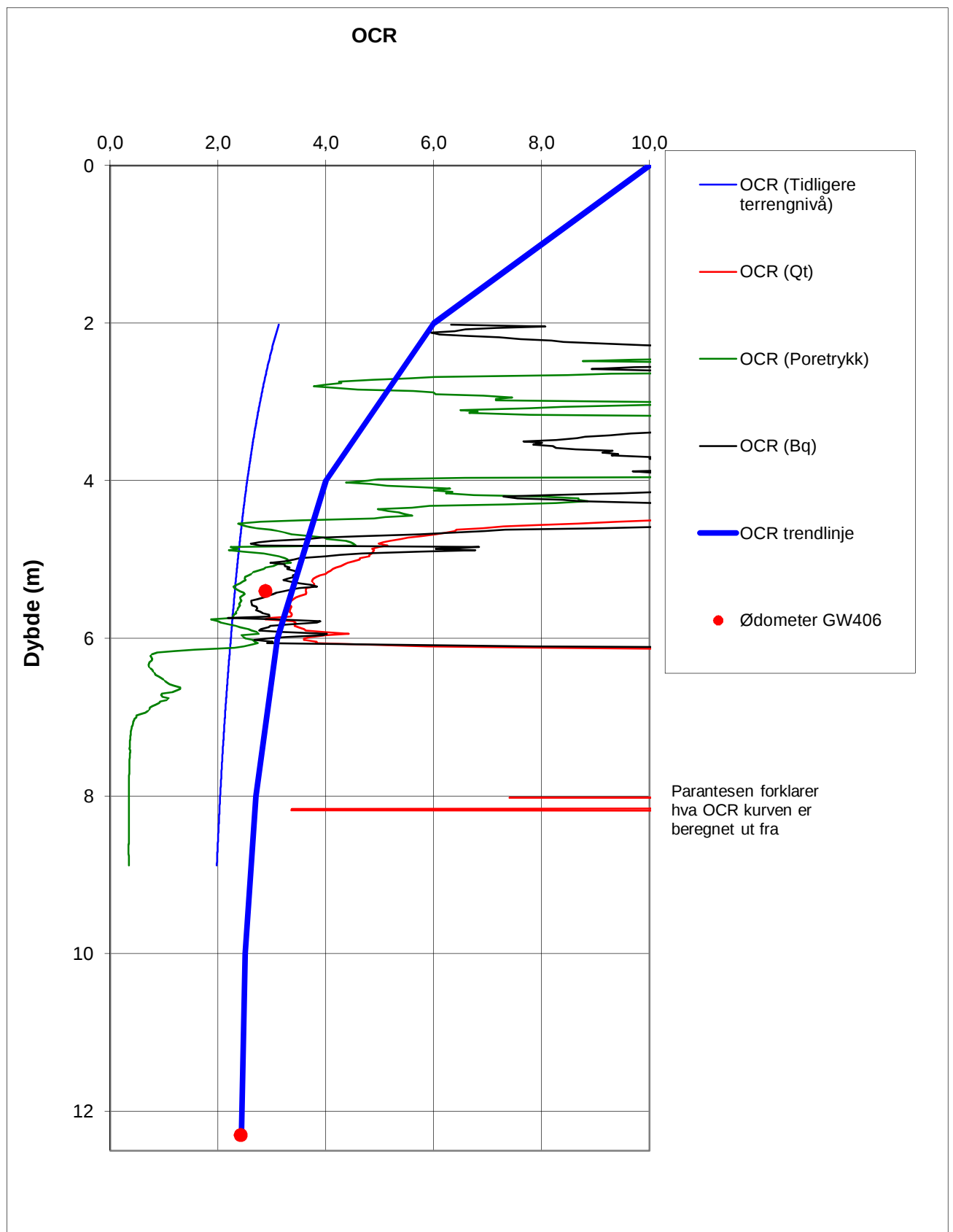
Rv. 706 Sluppen - Sivert Dahlens veg OCR basert på CPTU og ødometer BorhullGW403	Rapport nr.	Figur nr.
	20140539	E-6
	Tegner	Dato
	BKB	24.11.2015
Kontrollert		
Mme		
Godkjent		
MMe		



Terrengkote : 107,4 m
Antatt tidligere terreng kote +120


P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk[GW406_CPTU-tolk.xls]OCR plott

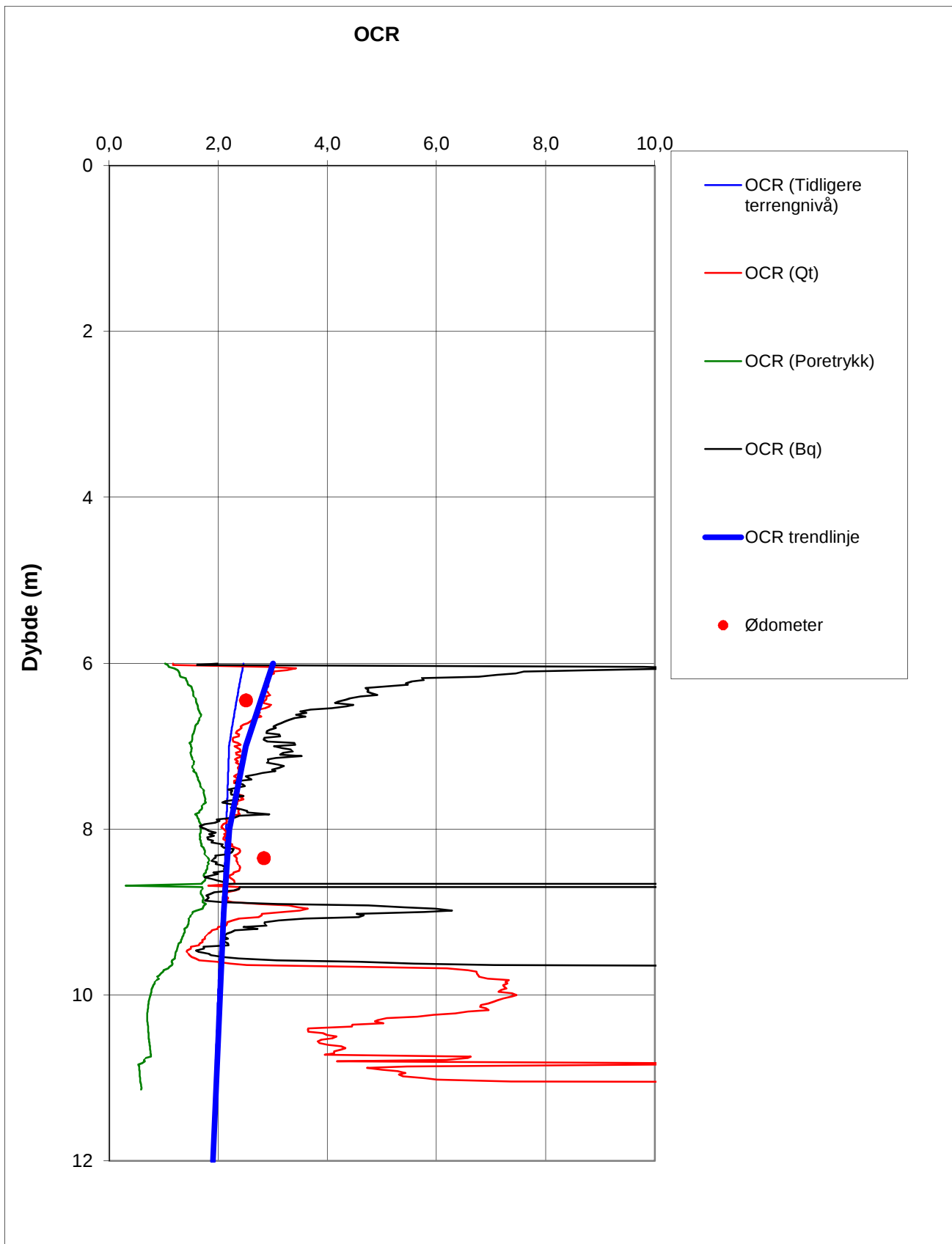
<p>Rv. 706 Sluppen - Sivert Dahlens veg</p> <p>OCR basert på CPTU og ødometer</p> <p>BorhullGW406</p>	Rapport nr. 20140539	Figur nr. E-7	
	Tegner BKB	Dato 24.11.2015	
	Kontrollert Mme		
	Godkjent MMe		



Terrengekote : 101,8 m
Antatt tidligere terreng kote +110


P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\GW409_CPTU-tolk.xls\OCR plott

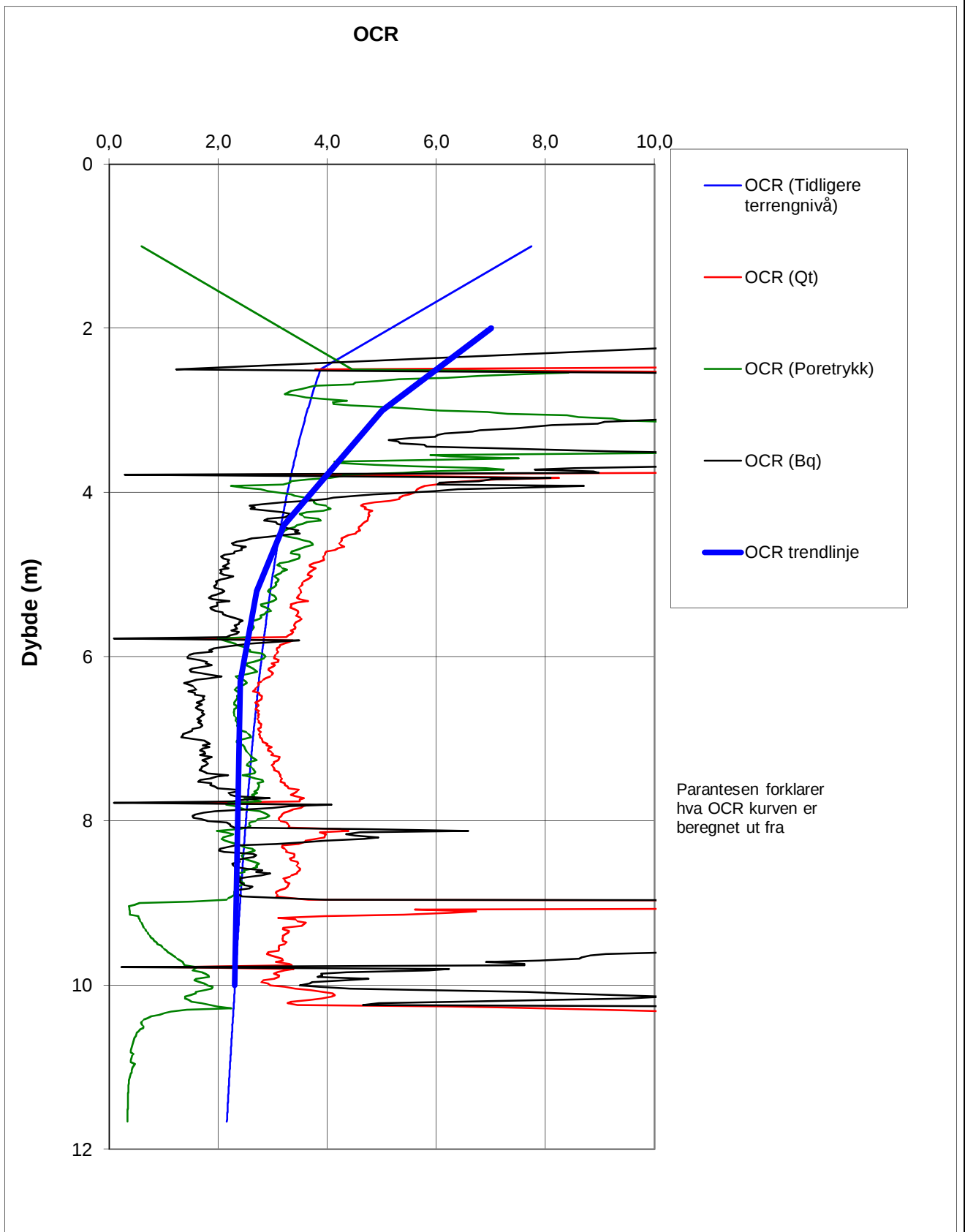
Rv. 706 Sluppen - Sivert Dahlens veg	Rapport nr.	Figur nr.
	20140539	E-8
OCR basert på CPTU og ødometer BorhullGW409	Tegner	Dato
	BKB	24.11.2015
	Kontrollert	
Mme		
	Godkjent	
	MMe	



Terrengkote : 83,24 m
Antatt tidligere terrengnivå kote +101

P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\GW420_CPTU-tolk.xls\OCR plott

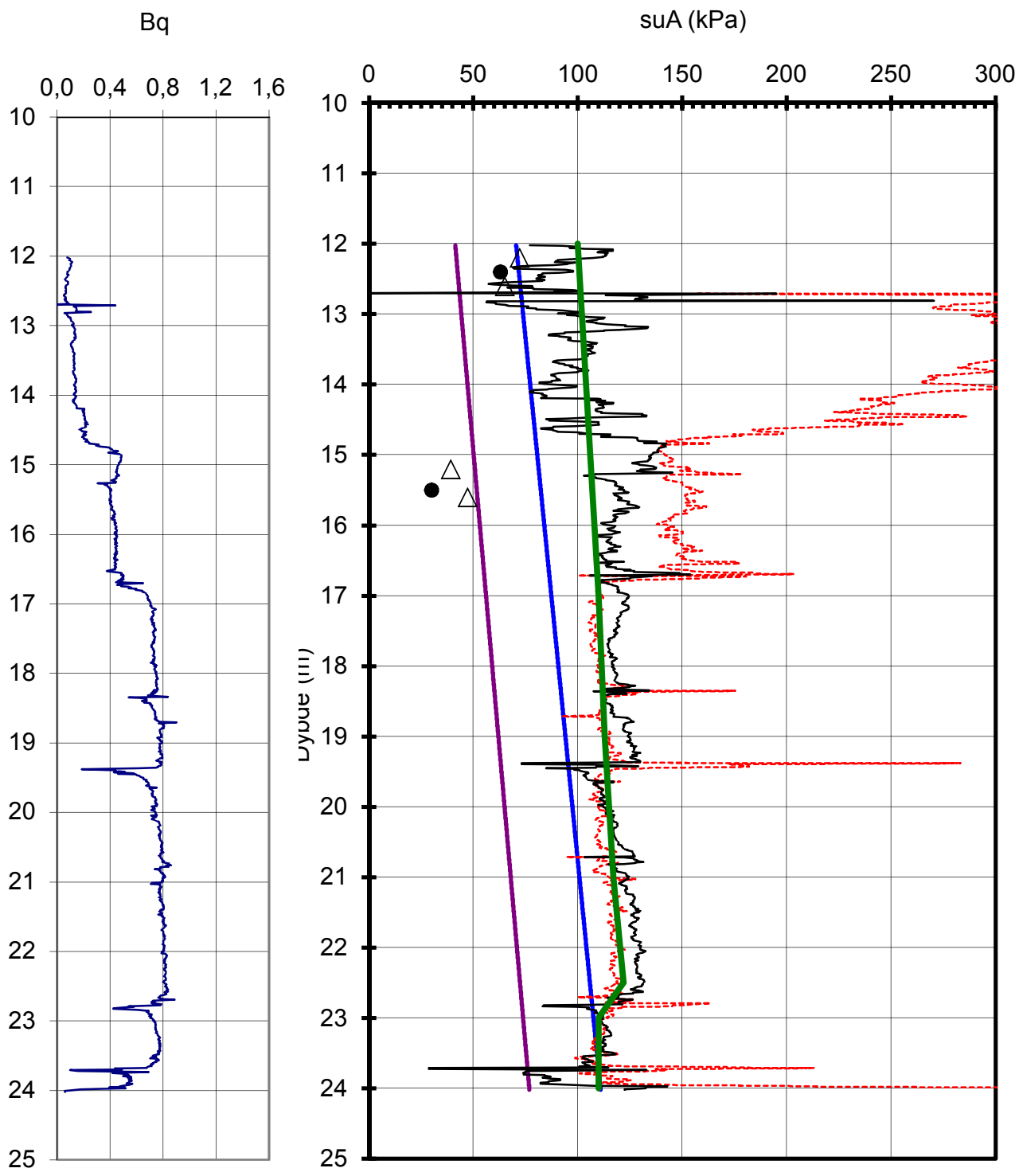
Rv. 706 Sluppen - Sivert Dahlens veg	Rapport nr.	Figur nr.
	20140539	E-9
OCR basert på CPTU og ødometer BorhullGW 420	Tegner	Dato
	BKB	24.11.2015
	Kontrollert	
Mme		
	Godkjent	
	MMe	



Terrengekote : 106 m
Antatt tidligere terrengnivå kote +127

P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\GW202_CPTU-tolk.xls\OCR plott

<p style="font-weight: bold; margin: 0;">Rv. 706 Sluppen - Sivert Dahlens veg</p> <p style="margin: 5px 0 0 0;">OCR basert på CPTU</p> <p style="margin: 5px 0 0 0;">BorhullGW202</p>	Rapport nr. 20140539	Figur nr. E-10	
	Tegner BKB	Dato 24.11.2015	
	Kontrollert MMe		
	Godkjent MMe		



Poretrykk:
 0-2 m 0 kPa/m,
 2-24m 10kPa/m

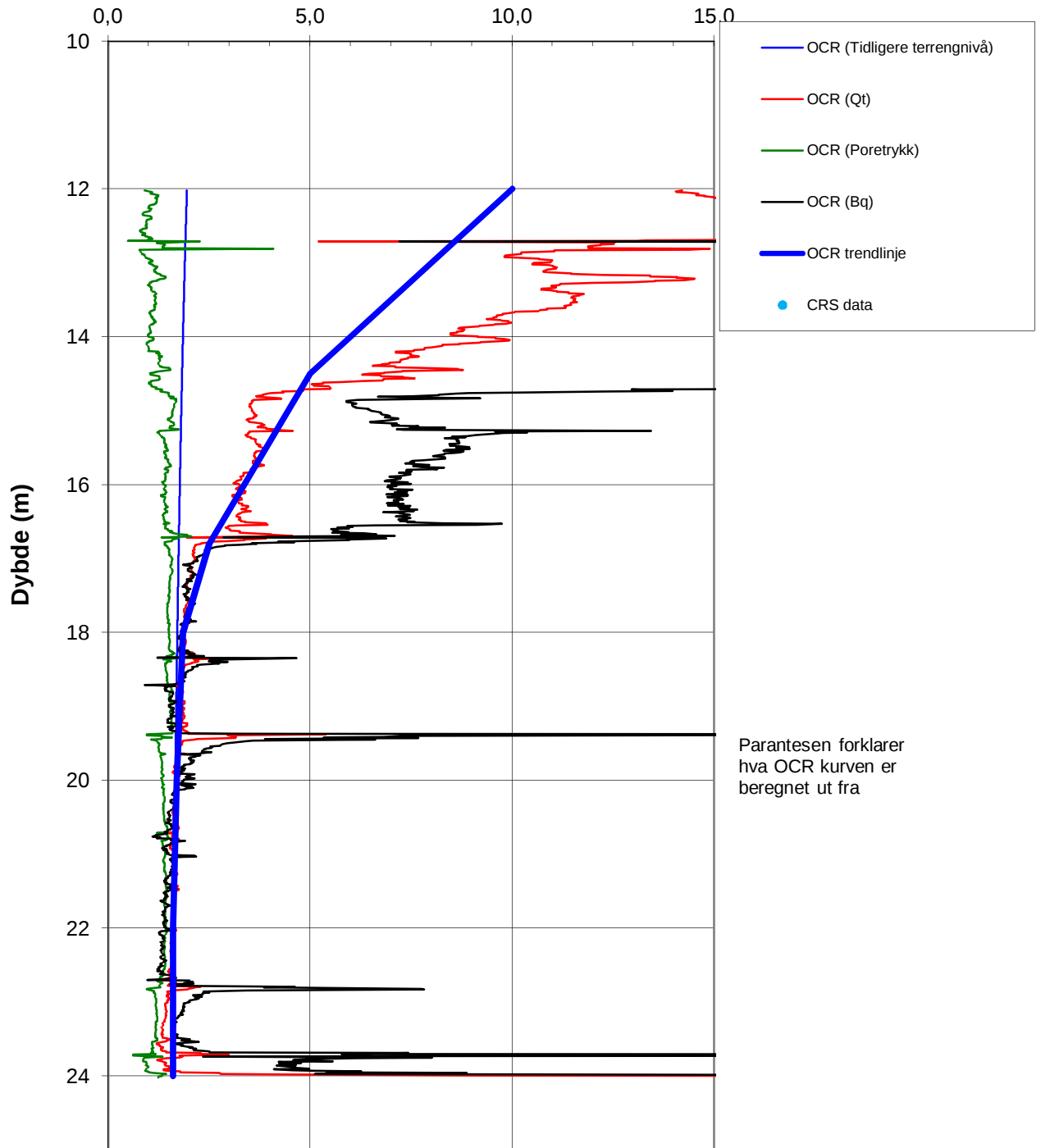
- Shanshep, $\alpha=0,30$ & $m=0,8$
- NC- leire, $\alpha=0,30$
- - - Nkt basert su
- anbefalt su
- NDU basert su
- Enaks
- △ konus
- Treaksial
- + su-vingebor

Terrengkote: 92,83 m
Tidligere terregnivå: 105,00 m

P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\GW426_CPTU-tolk2006.xls\sua profil

Rv. 706 Sluppen	Rapport nr.	Figur nr.
	20140539	E-11
Aktiv skjærstyrke og Bq basert på CPTU-sondering og shanshep. BorhullGW426	Tegner	Dato
	BKB	2016-10-10
	Kontrollert	NGI
Mme		
	Godkjent	
	KE	

OCR

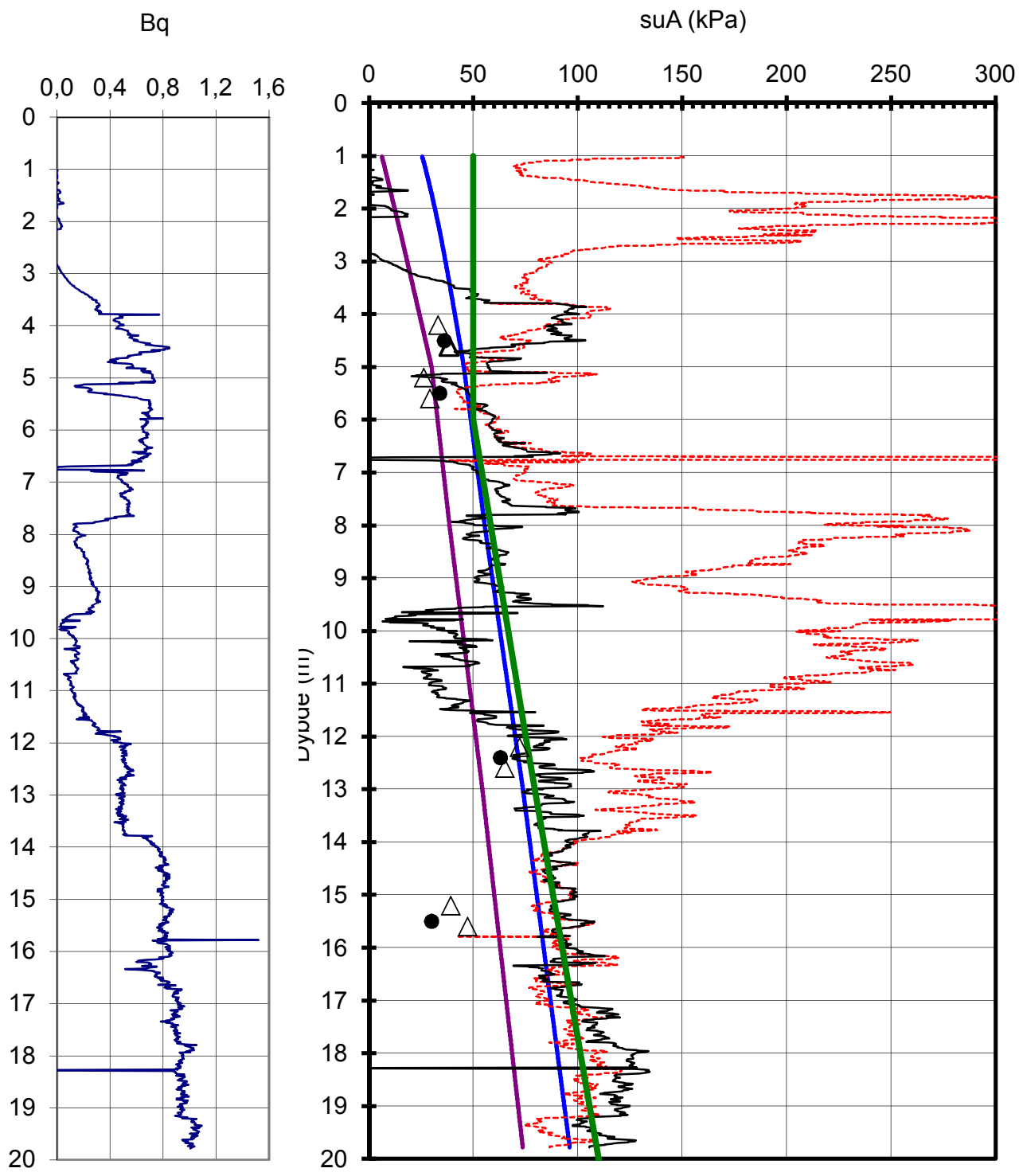


Parantesen forklarer hva OCR kurven er beregnet ut fra

Terrengekote: 92,83 m
Tidligere terrengnivå: 105,00 m

P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\GW426_CPTU-tolk2006.xls\sua profil

<p>Rv. 706 Sluppen</p> <p>OCR basert på CPTU og ødometer</p> <p>BorhullGW426</p>	Rapport nr. 20140539	Figur nr. E-12
	Tegner BKB	Dato 2016-10-10
	Kontrollert Mme	
	Godkjent KE	



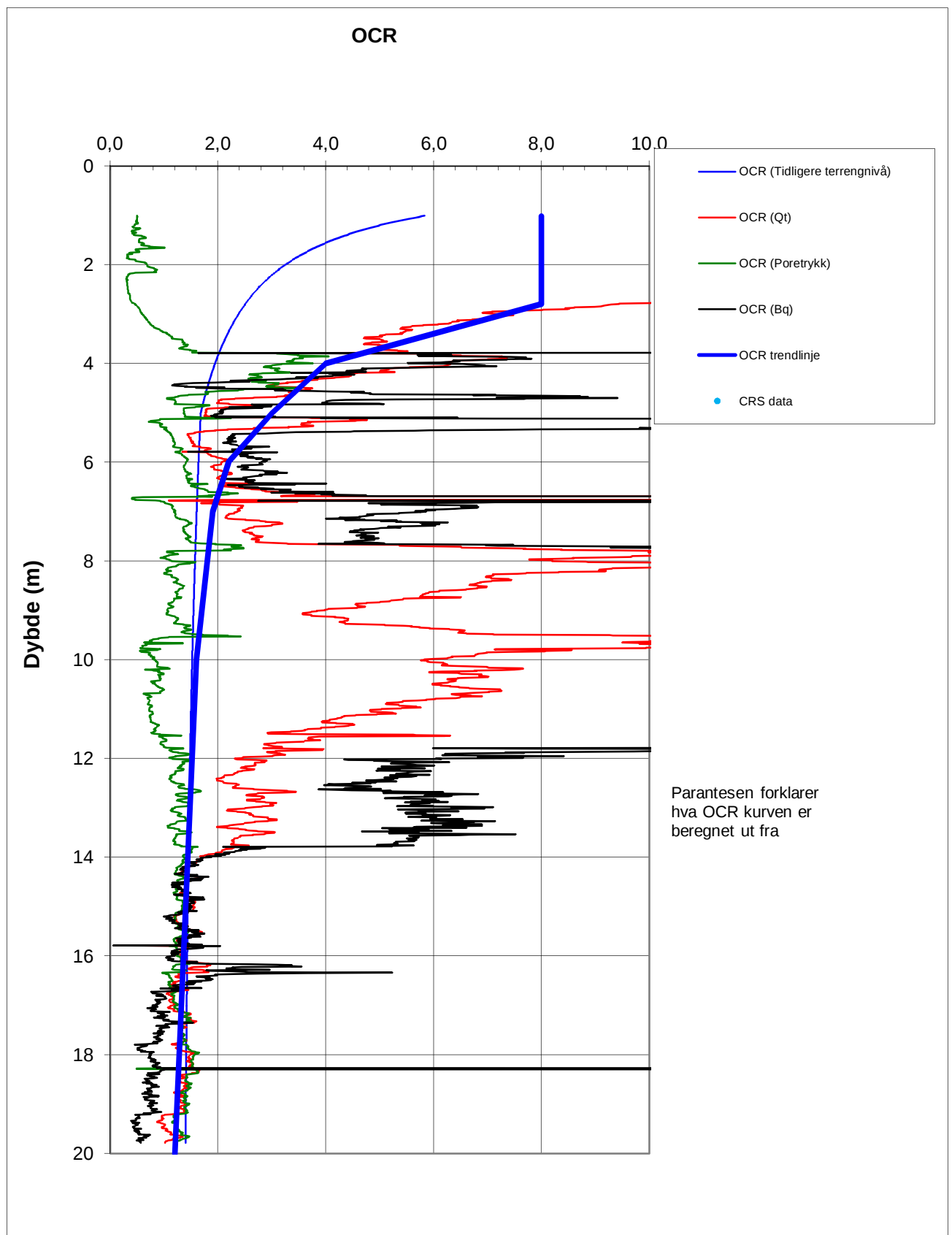
Poretrykk:
 0-5 m 0 kPa/m,
 5-20m 10kPa/m

- Shanshep, $\alpha=0,30$ & $m=0,8$
- Nkt basert su
- Anbefalt su
- NDU basert su
- Enaks
- △ konus
- Treaksial
- NC- leire, $\alpha=0,30$
- su-vingebor

Terrengkote: 95 m
Tidligere terregnivå: 105,00 m

P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\GW427_CPTU-tolk2006_2.xls\sua profil

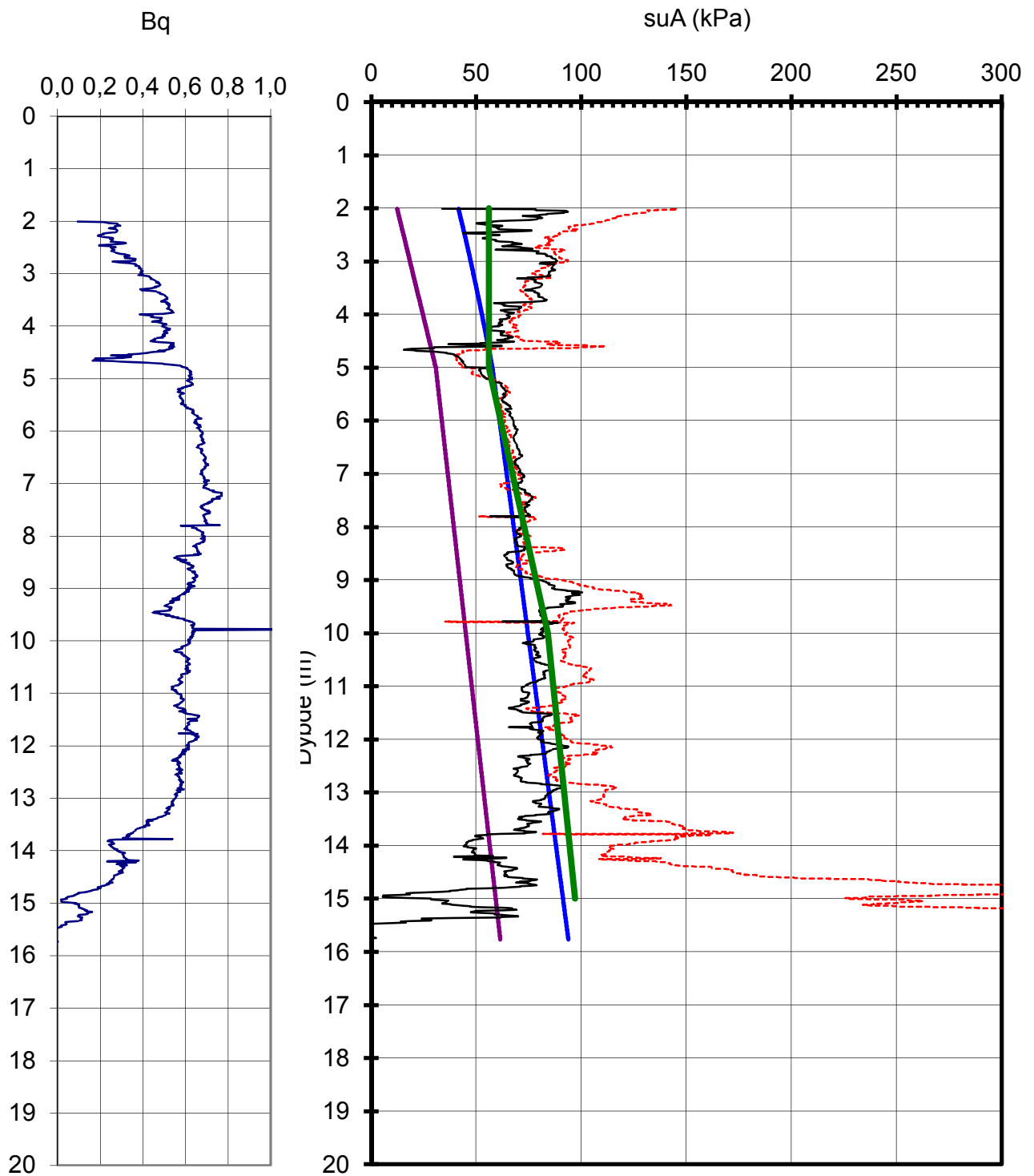
Rv. 706 Sluppen	Rapport nr.	Figur nr.
	20140539	E-13
Aktiv skjærstyrke og Bq basert på CPTU-sondering og shanshep. BorhullGW427	Tegner	Dato
	BKB	2016-06-24
	Kontrollert	NGI
Mme		
	Godkjent	
	KE	



Terrengkote: 95 m
Tidligere terrengnivå: 105,00 m

P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\GW427_CPTU-tolk2006_2.xls\OCR-plott

Rv. 706 Sluppen	Rapport nr.	Figur nr.
	20140539	E-14
OCR basert på CPTU og ødometer BorhullGW427	Tegner	Dato
	BKB	2019-09-16
	Kontrollert	
Mme		
	Godkjent	
	KE	



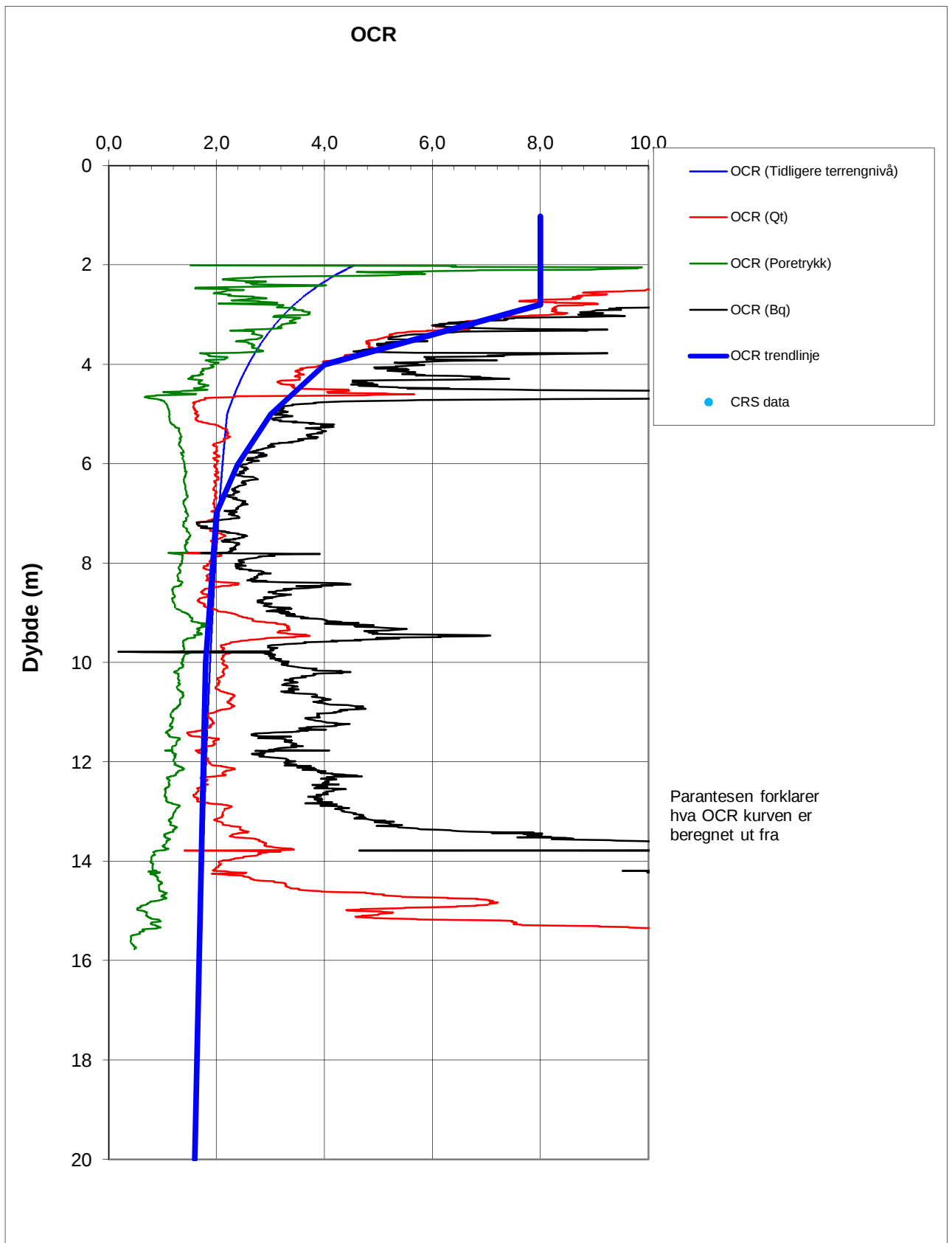
Poretrykk:
 0-5m 0 kPa/m,
 5-10m 10kPa/m

- Shanshep, $\alpha=0,30$ & $m=0,8$
- NC- leire, $\alpha=0,30$
- - - Nkt basert su
- Anbefalt su
- NDU basert su
- Enaks
- △ konus
- Treaksial
- + su-vingebor

Terrengkote: 90 m
Tidligere terregnivå: 105,00 m

P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\GW427_CPTU-tolk2006_2.xls\sua profil

Rv. 706 Sluppen	Rapport nr.	Figur nr.
	20140539	E-15
Aktiv skjærstyrke og Bq basert på CPTU-sondering og shanshep. BorhullGW428	Tegner	Dato
	BKB	2016-09-16
	Kontrollert	
Mme		
	Godkjent	
	KE	



Terrengkote: 90 m
Tidligere terrengnivå: 105,00 m

P:\2014\05\20140539\Beregninger\CPTU-tolk\GW428_CPTU-tolk2006_2.xls\OCR-plott

Rv. 706 Sluppen	Rapport nr.	Figur nr.
	20140539	E-16
OCR basert på CPTU og ødometer BorhullGW428	Tegner	Dato
	BKB	2016-09-16
	Kontrollert	
Mme		
	Godkjent	
	KE	

Vedlegg F

STABILITET

Innhold

F1	Beregninger	2
F1.1	Profil H1	3
F1.2	Profil H2	5
F1.3	Profil H3	7
F1.4	Profil H4	9
F1.5	Profil H5	11
F1.6	Profil H6	13
F1.7	Profil H9	15
F2	Konklusjon	17
F3	Referanser	18

Tegninger

100	Profil H1, Lagdeling
101	Profil H1, Dagens situasjon
110	Profil H2, Lagdeling
111	Profil H2, Dagens situasjon
120	Profil H3, Lagdeling
121	Profil H3, Dagens situasjon
122	Profil H3, Dagens situasjon beregnet med sidefriksjon
130	Profil H4, Lagdeling
131	Profil H4, Dagens situasjon
140	Profil H5, Lagdeling før skred
141	Profil H5, Situasjon før skred
142	Profil H5, Lagdeling etter skred
143	Profil H5, Dagens situasjon etter skred
150	Profil H6, Lagdeling
151	Profil H6, Dagens situasjon
160	Profil H7, Lagdeling
170	Profil H8, Lagdeling
180	Lengdeprofil Nordhaugvegen
190	Profil H9, Lagdeling
191	Profil H9, Dagens situasjon

F1 Beregninger

Det er utført stabilitetsberegninger for 7 ulike profiler, H1 – H6 og H9. Profil H1, H2 og H3 tar for seg stabiliteten fra ryggen ved Nordre Hallsetveg ned i bekkeleiet i sør (Saltdalen), mens profil H4, H5 og H6 tar for seg stabiliteten mot Dovrebanen. Profil H9 tar for seg stabiliteten av terrengfremspringet ved Østkollvegen. Det er tegnet opp to ekstra profiler i tillegg, profil H7 og H8, som grunnlag for tolkning av lagdeling. Profilene er vist på tegning nr. G020 i rapporten.

Stabilitetsberegningene er utført i GeoSuite Stabilitet, og søkestrategien "Tangent" er benyttet for å finne kritisk skjærflate. Der det har vært av interesse å finne sikkerhet mot glideflater som omfatter sprøbruddmateriale er søkestrategien "Points" benyttet. Det er gjort beregninger både på effektivspennings- og totalspenningsbasis for å finne skråningenes sikkerhet.

Det er behov for å avklare om det er sprøbruddmateriale under det faste leirlaget fra ca. 10 meter dyp i GW426 og GW427, og fra ca. 15 meter i GW406, GW409 og GW410. Sonderingsforløpet fra totalsonderingene er vanskelig å tolke da det er benyttet økt rotasjon med dybden, uten at det er forsøkt å benytte spyling for å bli kvitt stangfriksjonen. I GW426A og GW427 er det ingen/noe avtagende sonderingsmotstand med dybden, noe som kan tyde på sensitivt materiale. Det er imidlertid bekreftet med prøveserie i både GW427 og GW428 at det ikke dreier seg om sprøbruddmateriale. Ved å sammenligne CPTU-sonderingen i GW426 med de i GW427, GW428 og GW420 kan det konkluderes med at det heller ikke er sprøbruddmateriale i GW426 ettersom sidefriksjon og Bq er lik. Ved å sammenligne signaturen fra totalsonderingene i borhullene mener vi det kan konkluderes med at det er samme lagdeling og samme materialtype i nord ved GW426 og GW427 som lenger sør ved GW406, GW409 og GW410. Ingen av sonderingene tolkes derfor som sprøbruddmateriale under det faste laget på 10/15 meters dyp.

F1.1 Profil H1

Profil H1 går på tvers av ryggen som går langs Nordre Hallsetveg, omtrent ved husnummer 44. Sør i profilet er det en skråning ned mot bekkeleiet med skråningshøyde på om lag 15 meter. Figur F-1 viser plasseringen av profil H1.



Figur F-1 Plassering av profil H1.

Basert på prøveserier og sonderinger ved profilet er grunnen tolket til å bestå av et ca. 2 meter tykt tørrskorpelag over et lag middels fast leire fra 2 til 10 meters dyp, til kote +106. Prøveserie i GW403 viser at denne leira er sensitiv fra 5-6 meters dyp og ned til ca. 10 meter. Den sensitive leira kiler ut mot skråningene i nord og sør av profilet. Ved 10 meters dyp er det en markant overgang der leira går over til å bli fast. I prøveserie fra GW202 er det vist konusforsøk med uomrørt skjærfasthet høyere enn 370 kPa for den faste leira. Tolkning av lagdeling er vist på tegning nr. 101. Tabell F-1 viser materialparametere som er benyttet i beregningene.

Tabell F-1 Materialparametere benyttet i beregningene.

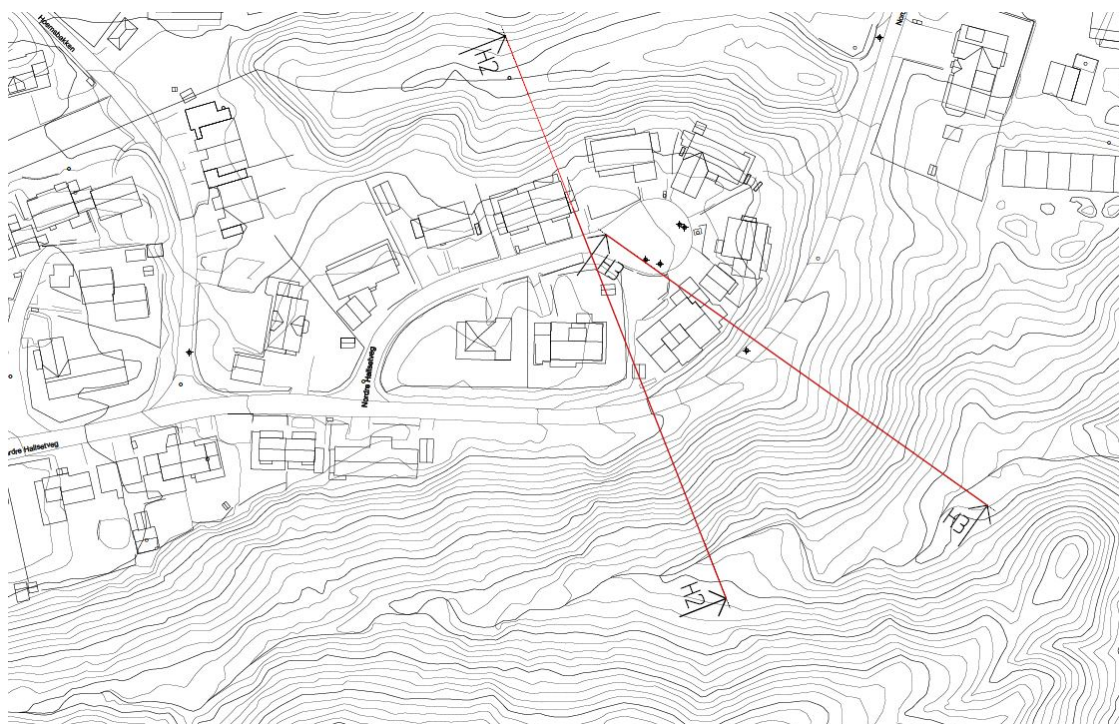
Jordart	Tyngdetetthet (γ)	Poretrykk (u)	Udrenert skjærfasthet (c_u)	Drenert skjærfasthet (a og φ)
Tørreskorpe	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	Antatt grunnvannstand 2 meter under terreng med hydrostatisk poretrykksøkning med dybden.	Regnes drenert.	$\varphi = 30^\circ$ a= 0 kPa
Leire	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	-----''-----	<u>Topp skråning:</u> Skjærfasthet tolket fra CPTU i borpunkt GW403. <u>Bunn skråning</u> Shansep-basert skjærfasthet basert på tidligere terrengnivå på kote +125.	$\varphi = 30^\circ$ a= 10 kPa
Kvikkleire	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	-----''-----	Reduserer skjærfasthet med 15% i aktiv sone.	-----''-----
Leire	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	-----''-----	Som beskrevet over	-----''-----
Leire, fast	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	-----''-----	Regnes drenert.	$\varphi = 34^\circ$ a= 10 kPa.

Resultater

Beregninger viser en sikkerhet mot skred på $F_c = 1,30$ på udrenert basis og $F_{c,\varphi} = 1,20$ på drenert basis. Kritisk skjærflate inkluderer sprøbruddmateriale, og vil kunne åpne opp for et retrogressivt skred bakover. Mektigheten av sprøbruddmateriale er imidlertid liten, noe som vil begrense omfanget av et slikt skred. Beregningene er vist på tegning nr. 101.

F1.2 Profil H2

Profil H2 ligger øst på ryggen som går langs Nordre Hallsetveg, omtrent ved husnummer 16. Sør i profilet er det en skråning ned mot bekkeleiet med skråningshøyde på over 20 meter. Nordre Hallsetveg ligger i en liten skjæring i skråningen her. Figur F-2 viser plassering av både profil H2 og H3.



Figur F-2 Plassering av profil H2 og H3.

Basert på prøveserier og sonderinger i området er grunnen tolket til å bestå et 1 - 2 meter tykt tørrskorpelag over et lag middels fast leire ned til 8-11 meters dyp, til kote +94. I likhet med profil H1 er leira delvis sensitiv også her, men mektigheten er mindre med 2 - 3 meters tykkelse. Den sensitive leira kiler ut mot skråningen. Under den middels faste leira er det en markant overgang til fastere leire, med en tykkelse på ca. 5 meter. Det faste laget heller av mot skråningene i nord og sør. Under det faste laget er det mindre fast leire som strekker seg ned til 30 – 35 meters dyp, der det er et lag av grovere materiale, trolig morene, over berg. Berg er påvist i 42 meters dyp. Tolkning av lagdeling er vist på tegning nr. 110. Tabell F-2 viser materialparameterne som er benyttet i beregningen.

Tabell F-2 Materialparametere benyttet i beregningene.

Jordart	Tyngdetetthet (γ)	Poretrykk (u)	Udrenert skjærfasthet (c_u)	Drenert skjærfasthet (a og φ)
Tørreskorpe	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	Antatt grunnvannstand 2 meter under terreng med hydrostatisk poretrykksøkning med dybden.	Regnes drenert.	$\varphi = 30^\circ$ a= 0 kPa
Leire	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	----- '' -----	<u>Topp skråning:</u> Skjærfasthet fra CPTU-sondering i borpunkt GW409 og GW406 lenger bak på plataet. <u>Bunn skråning:</u> Shansep-basert skjærfasthet basert på tidligere terrengnivå på kote +120.	$\varphi = 30^\circ$ a= 10 kPa
Kvikkleire	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	----- '' -----	Reduserer skjærfasthet med 15% i aktiv sone.	$\varphi = 30^\circ$ a= 10 kPa
Leire, fast	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	----- '' -----	Regnes drenert.	$\varphi = 34^\circ$ a= 10 kPa.
Leire	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	----- '' -----	Som beskrevet over.	$\varphi = 30^\circ$ a= 10 kPa
Morene	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	----- '' -----	Regnes drenert.	$\varphi = 38^\circ$ a= 25 kPa.

Resultater

Beregninger viser meget dårlig sikkerhet mot overflateglidninger, med $F_{c,\varphi} = 0,88$ på drenert basis. Det bemerkes at beregningene her er sensitive for grunnvannsstanden. Det er imidlertid ikke utenkelig at overflatestabiliteten er lav her, da det tidligere har gått skred ved Nordre Hallsetveg 36 litt lenger vest. Udrenert sikkerhet er noe høyere med $F_c = 1,16$ for noe dyperegående skjærflater. Ingen av de kritiske skjærflatene inkluderer sprøbruddmateriale.

Sikkerhet mot skjærflater som inkluderer sprøbruddmateriale er $F_c = 1,21$ og $F_{c,\varphi} = 1,20$ på henholdsvis udrenert og drenert basis. Dette er for skjærflater som akkurat griper bak i det som er antatt å være sprøbruddmateriale. Mektigheten av sprøbruddmaterialet er liten, noe som begrenser muligheten for retrogressiv skredutvikling. Beregningene er vist på tegning nr. 111.

F1.3 Profil H3

Profil H3 ligger like ved profil H2, øst på ryggen som går langs Nordre Hallsetveg. Øst i profilet er det en skråning med helningsretning mot Dovrebanen i øst. Et skred herfra vil kunne være kritisk for jernbanen og muligens også for Rv.706 lenger ned mot Nidelva. Skråningshøyden her er i overkant av 20 meter. Nordre Hallsetveg går i skjæring i skråningen her. Plassering av profil H3 er vist på figur F-2.

Tabell F-3 Materialparametere benyttet i beregningene.

Jordart	Tyngdetetthet (γ)	Poretrykk (u)	Udrenert skjærfasthet (c_u)	Drenert skjærfasthet (a og φ)
Tørreskorpe	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	Antatt grunnvannstand 2 meter under terreng med hydrostatisk poretryksøkning med dybden.	Regnes drenert.	$\varphi = 30^\circ$ a= 0 kPa
Leire	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	-----''-----	<u>Topp skråning:</u> Skjærfasthet fra CPTU-sondering i borpunkt GW409 og GW406 lenger bak på platået. <u>Bunn skråning:</u> Shansep-basert skjærfasthet basert på tidligere terrengnivå på kote +115.	$\varphi = 30^\circ$ a= 10 kPa
Kvikkleire	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	-----''-----	Reduserer skjærfasthet med 15% i aktiv sone.	-----''-----
Leire	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	-----''-----	Som beskrevet over.	-----''-----
Leire, fast	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	-----''-----	Regnes drenert.	$\varphi = 34^\circ$ a= 10 kPa.
Leire	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	-----''-----	Som beskrevet over.	$\varphi = 30^\circ$ a= 10 kPa
Morene	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	-----''-----	Regnes drenert.	$\varphi = 38^\circ$ a= 25 kPa.

Ut fra sonderinger og prøveserier langs profilet er grunnen tolket til å bestå av et 1 – 2 meter tykt tørreskorpeleag over middels fast leire til 12-13 meters dyp, rundt kote +94. Deler av den middels faste leira er gjennom laboratorieanalyser påvist å være sensitiv. I kombinasjon med sonderinger er tykkelsen på laget vurdert å være mellom 2 og 5 meter tykt. Sensitiviteten avtar mot skråningen, og er antatt å kile ut her. Under den sensitive leira går materialet over til et fastere leirlag som har tykkelse på ca. 5 meter. Videre er

det mindre fast leire ned til fastere masser over berg. Det fastere laget har tykkelse 2-4 meter og antas å være morene. Det er påvist berg ved om lag 30 meters dyp, på kote +72. Tolkning av lagdeling er vist på tegning nr. 120. Tabell F-3 viser materialparametere benyttet i beregningene.

Skråningen som er beregnet i profil H3 er relativt lokal. Det vurderes derfor som mer korrekt å inkludere sidefriksjon i beregningene. Dette gjøres i GeoSuite ved å inkludere en sidefriksjonsfaktor, f_s , som beregnes ut fra uttrykket $2/L$, der L er bredden på et eventuelt brudd. For profil H3 vil bidraget fra sidefriksjon bare kunne medregnes for et skreds nordlige del, da terrenget er vesentlig mindre bratt her. I sør runder skråningen av og det vil ikke kunne inkluderes noe bidrag fra sidefriksjon her. Resultatet blir dermed at f_s bestemmes fra halvparten av $2/L$, altså $1/L$. Med en omtrentlig bredde på et skred lik 30 meter gir dette en sidefriksjonsfaktor lik $f_s = 1/30 = 0,033$. Denne verdien benyttes for å finne sikkerhet mot dype brudd som inkluderer sprøbruddmateriale.

Resultater

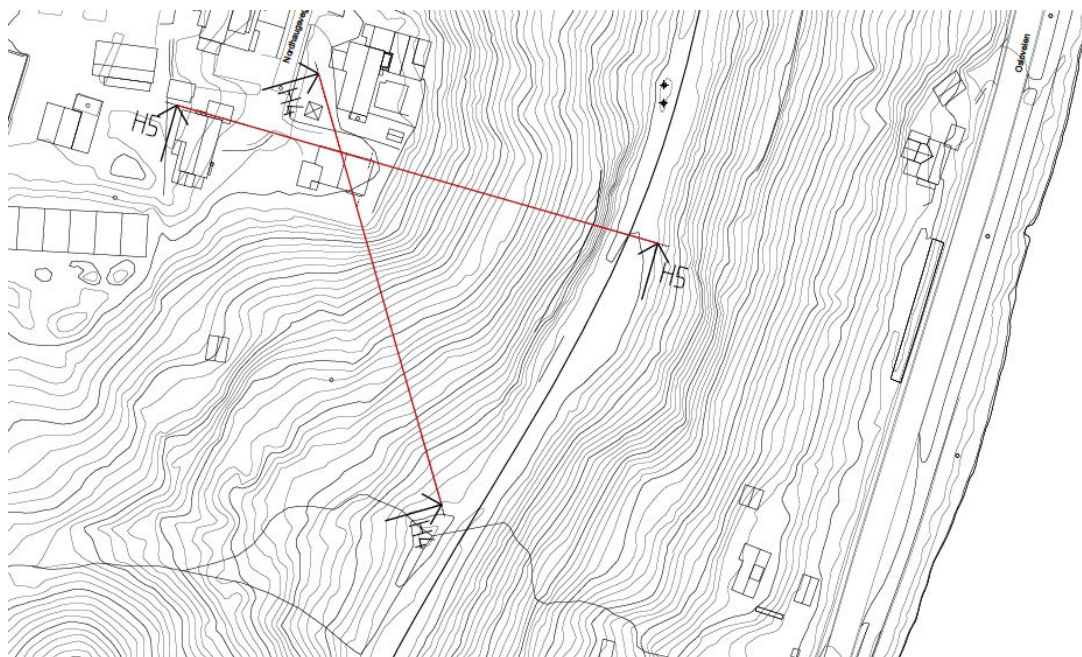
Beregningene viser sikkerhet mot overflateglidninger på $F_{c,\varphi} = 1,25$, samt sikkerhet mot noe dyperegående skjærsirkler på $F_c = 1,20$ på udrenert basis. Disse skjærflatene inkluderer ikke sprøbruddmateriale.

For skjærsirkler som inkluderer sprøbruddmateriale er beregnet sikkerhet $F_{c,\varphi} = 1,18$ og $F_c = 1,21$ på henholdsvis drenert og udrenert basis. Som nevnt tidligere antas det som mer korrekt å inkludere sidefriksjon i denne beregningen som følge av skråningens topografi. Beregnet sikkerhet med sidefriksjon er $F_{c,\varphi} = 1,35$ og $F_c = 1,44$ for sidefriksjonsfaktor $f_s = 0,033$. Dette anses som tilfredsstillende iht. NVEs krav til sikkerhet ref. [1] på.

Beregningene er vist på tegning nr. 121 og 122.

F1.4 Profil H4

Profil H4 ligger innerst i Nordhaugvegen, og skråner sør-sørøstover mot Dovrebanen. Skråningen mot jernbanen er om lag 40 meter høy, og et eventuelt skred her vil få store konsekvenser for jernbanen. Figur F-3 viser plassering av både profil H4 og H5.



Figur F-3 Plassering av profil H4 og H5.

Sonderinger og prøveserier i området antyder at grunnen ved skråningstoppen består av et par meter tykt topplag, over et 6 meter tykt sandlag. Videre er det et lag med fast leire med tykkelse på 5 – 6 meter over berg. Bestemmelse av topplaget er vanskelig, da dette er masser med innslag av både, leire, grus, silt og humus, og antas å være en eller annen form for fyllmasser. Dette topplaget beregnes med samme materialparametere som for tørrskorpeleire, men med noe lavere romvekt.

Sandlaget har helning med skråningen, og kiler ut i bakkant mot platået, samtidig som mektigheten av den leirige grusen øker. Lenger bak på platået er det også funnet et ca. 2 meter tykt lag med morene før berg. Dette morenelaget er antatt å avta ut mot skråningstoppen.

Lenger ned i skråningen avtar sandtykkelsen, og erstattes etter hvert med tørrskorpeleire som øverste lag, med leire over berg videre i dybden. Leirlagets tykkelse minker fra omtrent 5 meter ved skråningens topp til bare et par meter nede ved jernbanen. Tolkning av lagdeling er vist på tegning nr. 130. Tabell F-4 viser materialparametere benyttet i beregningen.

Tabell F-4 Materialparametere benyttet i beregningene.

Jordart	Tyngdetetthet (γ)	Poretrykk (u)	Udrenert skjærfasthet (c_u)	Drenert skjærfasthet (a og φ)
Toppmasser	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$	Antatt grunnvannstand i overgangen mellom sand og leire, hydrostatisk poretrykksøkning med dybden. Basert på observasjoner fra piezometer i borhull GW420.	Regnes drenert	$\varphi = 30^\circ$ a= 0 kPa
Sand	$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$	----- ''-----	Regnes drenert.	$\varphi = 35^\circ$ a= 0 kPa
Tørreskorpe	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	----- ''-----	Regnes drenert.	$\varphi = 30^\circ$ a= 0 kPa
Leire	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	----- ''-----	Shansep-basert skjærfasthet med utgangspunkt i et tidligere terrengnivå på kote +101	$\varphi = 30^\circ$ a= 10 kPa
Fast lag	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	----- ''-----	Regnes drenert.	$\varphi = 38^\circ$ a= 25 kPa.

Resultater

Beregningene viser lav sikkerhet, beregnet til $F_{c,\varphi} = 0,98$ og $F_c = 1,00$ for drenert og udrenert basis. At stabiliteten her er lav er forventet da det tidligere har gått skred like nord for profilet. Det antas imidlertid at sikkerheten her er noe høyere enn beregnet grunnet 3D-effekter som skyldes "hjørnet" i skråningen. Beregningene er vist på tegning nr. 131.

F1.5 Profil H5

Profil H5 ligger innerst i Nordhaugvegen og skråner østover mot Dovrebanen. Det har tidligere gått et skred her i 1989, vist i Trondheim Kommunes rapport R.0814 ref. [2]. Hensikten med denne beregningen er dels for å få kontrollert at materialparameterne som benyttes er riktige ved å tilbakeregne skredet, og dels for å finne sikkerheten mot jernbanen med dagens geometri. Skråningshøyden ned mot jernbanen er om lag 40 meter, der de nederste 10 meterne er berg i dagen.

For dette profilet er det utført to beregninger; en med terrenget som var før, og en med dagens terreng som inkluderer fyllmassene som utgjør sikringstiltaket etter skredet. Profilet er det samme som profil A i rapport R.0814 ref. [2]. Plassering av profilet er vist på figur F-3.

Ut fra terrenget som er beskrevet i R.0814 ref. [2] består grunnen ved skråningens topp av et metertykt lag av de samme øvre massene som beskrevet for profil H4. Videre er det et 10 meter tykt sandlag over et leirelag med tykkelse på 5-6 meter. Både leire- og sandlaget heller av i samme retning som skråningen. Sandtykkelsen avtar langs med skråningen, til det kun er leire over berg igjen. Det antas at de øverste meterne med leire er av tørrskorpekarakter. Tolkning av lagdeling er vist på tegning nr. 140.

Etter skredet som gikk i 1989 er skredgropen fylt opp med fyllmasser, som i hovedsak består av sprengstein. I tillegg viser supplerende sonderinger at sandlaget kiler ut bak skråningstoppen inn mot plataet, og blir erstattet av et lag med leirig grus. Den øvrige beskrivelsen av sand over leire gjelder også for dagens situasjon. Tolket lagdeling etter sikringstiltak er vist på tegning nr. 142. Tabell F-5 viser materialparametere som er benyttet i beregningene.

Hensikten med å gjøre en beregning i dette snittet er for å se hvor stor den økte sikkerheten mot skred er etter sikringstiltakene ble utført.

Tabell F-5 Materialparametere benyttet i beregningene.

Jordart	Tyngdetetthet (γ)	Poretrykk (u)	Udrenert skjærfasthet (c_u)	Drenert skjærfasthet (a og φ)
Topplag	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$	Antatt grunnvannstand i overgangen mellom sand og leire, hydrostatisk poretrykksøkning med dybden. Basert på observasjoner fra piezometer i borhull GW420.	Regnes drenert	$\varphi = 30^\circ$ a= 0 kPa
Sand	$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$	----- '' -----	Regnes drenert	$\varphi = 35^\circ$ a= 0 kPa
Tørreskorpe	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	----- '' -----	Regnes drenert	$\varphi = 30^\circ$ a= 0 kPa
Leire	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	----- '' -----	Shansep-basert skjærfasthet med utgangspunkt i et tidligere terrengnivå på kote +101	$\varphi = 30^\circ$ a= 10 kPa
Fast lag	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	----- '' -----	Regnes drenert	$\varphi = 38^\circ$ a= 25 kPa.
Fyllmasser	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	----- '' -----	Regnes drenert	$\varphi = 40^\circ$ a= 5 kPa.

Resultater

Beregningene viser en sikkerhet før skred på $F_{c,\varphi} = 0,98$ og $F_c = 1,01$ på henholdsvis drenert og udrenert basis. Kritiske skjærflater går noe dypere enn det faktiske skredet, og sikkerheten er tilnærmet 1,0, noe som tyder på et godt estimat av materialparameterne som er benyttet. Beregningene for situasjonen før skred er vist på tegning nr. 141.

Beregninger for situasjonen etter sikringstiltak viser en sikkerhet på $F_{c,\varphi} = 1,09$ og $F_c = 1,12$ for henholdsvis drenert og udrenert basis. Dette innebærer en økning i sikkerhet på omtrent 11%. Beregningene er vist på tegning nr. 143.

F1.6 Profil H6

Profil H6 ligger lengst nord av de beregnede profilene, og strekker seg fra Nordhaugvegen 5 og østover ned skråningen mot Dovrebanen og Nidelva. Profilet er ment å skulle dokumentere stabiliteten mot jernbanen for den nordre delen av kvikkleiresonen ved Hoem. Figur F-4 viser plassering av profil H6.



Figur F-4 Plassering av profil H6.

Sonderinger og grunnundersøkelser i området viser at grunnen ved skråningstoppen består av et metertykt topplag av samme karakter som beskrevet for profil H4 og H5. Videre er det et sandlag med mektighet på omtrent 5 meter over et 5 meter tykt leirelag. Videre er det et morenelag med tykkelse på om lag 2 meter over berg. Lagdelingen mellom sand og leire antas å være tilnærmet horisontal, og skråningen består i hovedsak av leire videre nedover. Lagdelingen er vist på tegning nr. 150. Tabell F-6 viser materialparametere som er benyttet.

Tabell F-6 Materialparametere benyttet i beregningene.

Jordart	Tyngdetetthet (γ)	Poretrykk (u)	Udrenert skjærfasthet (c_u)	Drenert skjærfasthet (a og φ)
Topplag	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$	Grunnvannstand 5 – 7 meter under terreng med hydrostatisk poretrykksøkning med dybden basert på poretrykksmåler i borpunkt GW420.	Regnes drenert	$\varphi = 30^\circ$ a = 0 kPa
Sand	$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$	----- ''-----	Regnes drenert	$\varphi = 35^\circ$ a = 0 kPa
Tørreskorpe	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	----- ''-----	Regnes drenert	$\varphi = 30^\circ$ a = 0 kPa
Leire	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	----- ''-----	<u>Topp skråning:</u> Skjærfasthet basert på CPTU-sondering i borhull GW420. <u>Bunn skråning:</u> Shansep-basert skjærfasthet med utgangspunkt i et tidligere terrengnivå på kote +101.	$\varphi = 30^\circ$ a = 10 kPa
Morene	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	----- ''-----	Regnes drenert	$\varphi = 38^\circ$ a = 25 kPa.

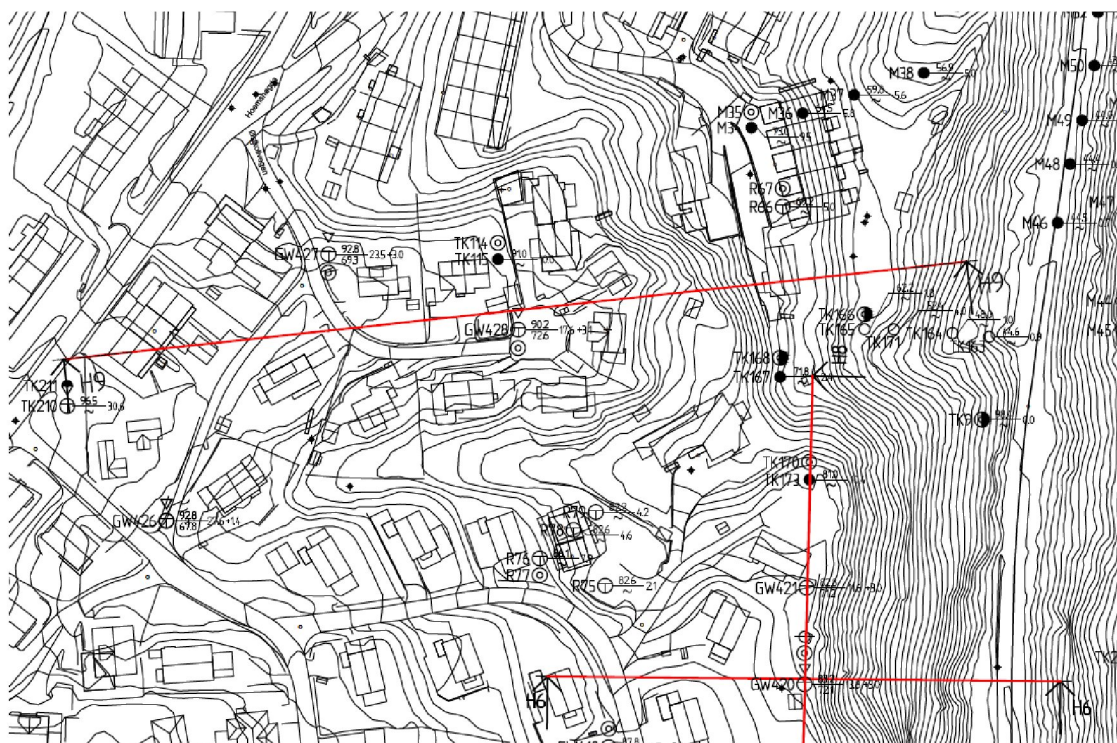
Resultater

Beregninger viser en sikkerhet mot skred på $F_{c,\varphi} = 0,99$ på drenert basis og $F_c = 1,47$ på udrenert basis. Kritisk glideflate for den drenerte beregningen representerer overflateglidning, noe som kan utløses av økning i grunnvannstand eller poretrykk.

Flyfoto fra 1937 viser at det tidligere har vært et masseuttak ved toppen av skråningen. Dette vises ved at materialet på stedet er noe overkonsolidert, som gir utslag i høyere udrenert skjærfasthet og bedre sikkerhet på udrenert basis. Drenert sikkerhet er imidlertid fortsatt lav, da denne i hovedsak er styrt av skråningens helning.

F1.7 Profil H9

Profil H9 går utover ryggen langs Østkollvegen og østover forbi Hoemshøgda 42 og ned mot jernbanen. Profilet er ment å skulle dokumentere sikkerheten av skråningen ned mot jernbanen og Rv. 706. Figur F-5 viser plasseringen av profilet.



Figur F-5 Plassering av profil H9.

Sonderinger og prøveserier i borhull GW427 og GW428 viser grunnen består av et topplag av et 1-2 meter tykt tørrskorpelag over leira til berg. Leira har innslag av siltlag. Prøveserier i GW427 samt tolkning av CPTU-sonderinger viser at leira ikke er av sprøbruddkarakter. Det er funnet berg på 23 meter i GW427 og på 17,5 meter i GW428, så berget stiger på mot skråningen. Prøveserier viser at vanninnholdet i leira varierer fra 22% til 34%, og at plastisiteten er mellom 9 og 16. Vanninnhold og plastisitet er lavere på større dyp. Leira er middels fast til fast. Tolket lagdeling er vist på tegning 180. Valgte materialparametere er vist i tabell F-7.

Tabell F-7 Materialparametere benyttet i beregningene for profil H9.

Jordart	Tyngdetetthet (γ)	Poretrykk (u)	Udrenert skjærfasthet (c_u)	Drenert skjærfasthet (a og φ)
Tørrskorpe	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$	Grunnvannstand 5 meter under terreng med hydrostatisk poretrykksøkning med dybden basert på poretryksmåler i borpunkt GW420.	Regnes drenert	$\varphi = 30^\circ$ a= 0 kPa
Leire	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$	----- ''-----	<u>Topp skråning:</u> Skjærfasthet basert på tolkning av CPTU GW428. <u>Bunn skråning:</u> Shansep-basert skjærfasthet med utgangspunkt i et tidligere terrengnivå på kote +104.	$\varphi = 30^\circ$ a= 10 kPa
Kvikkleire	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	----- ''-----	----- ''-----	$\varphi = 30^\circ$ a= 10 kPa
Morene	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	----- ''-----	Regnes drenert	$\varphi = 38^\circ$ a= 25 kPa.

Resultater

Beregningene viser sikkerhet mot skred på $F_{c,\varphi} = 1,24$ på drenert basis og $F_c = 1,59$ på udrenert basis. Drenert beregning viser for lav sikkerhet, noe som indikerer at overflatestabiliteten er for lav. Sikkerheten mot overflateglidninger er imidlertid høyere her enn for skråningene lenger sør ettersom terrenget er slakere. Sikkerheten mot brudd på udrenert basis er god, og kritisk glideflate går ikke gjennom sprøbruddmateriale. Beregningene er vist på tegning 191.

F2 Konklusjon

Beregningene som er utført gir et godt bilde av stabiliteten i området. For stabiliteten knyttet til kvikkleiresone *Nordre Hallset*, representert ved profil H1 til H3, viser beregningene generelt lav sikkerhet for overflateglidninger, men også for dyperegående skjærsirkler. For skjærflater som inkluderer sprøbruddmateriale viser beregninger at risikoen for slike brudd er størst vest i sonen, ved profil H1, men vil også kunne forekomme ved profil H2 lenger øst. Andelen ikke-sensitive masser i et eventuelt skred vil imidlertid være såpass stor at skredmassene ikke vil kunne strømme unna, noe som begrenser potensialet for retrogressiv utvikling.

For skråningen mot jernbanen, representert ved profil H3, er sikkerheten mot brudd som involverer sprøbruddmateriale tilfredsstillt iht. krav i NVEs veileder 7/2014 ref. [1] på $F_c \geq 1,4$. Overflatestabiliteten er imidlertid lav, og det regnes ikke som usannsynlig at overflateglidninger kan oppstå. Overflateglidninger her vil ikke true jernbane eller veg.

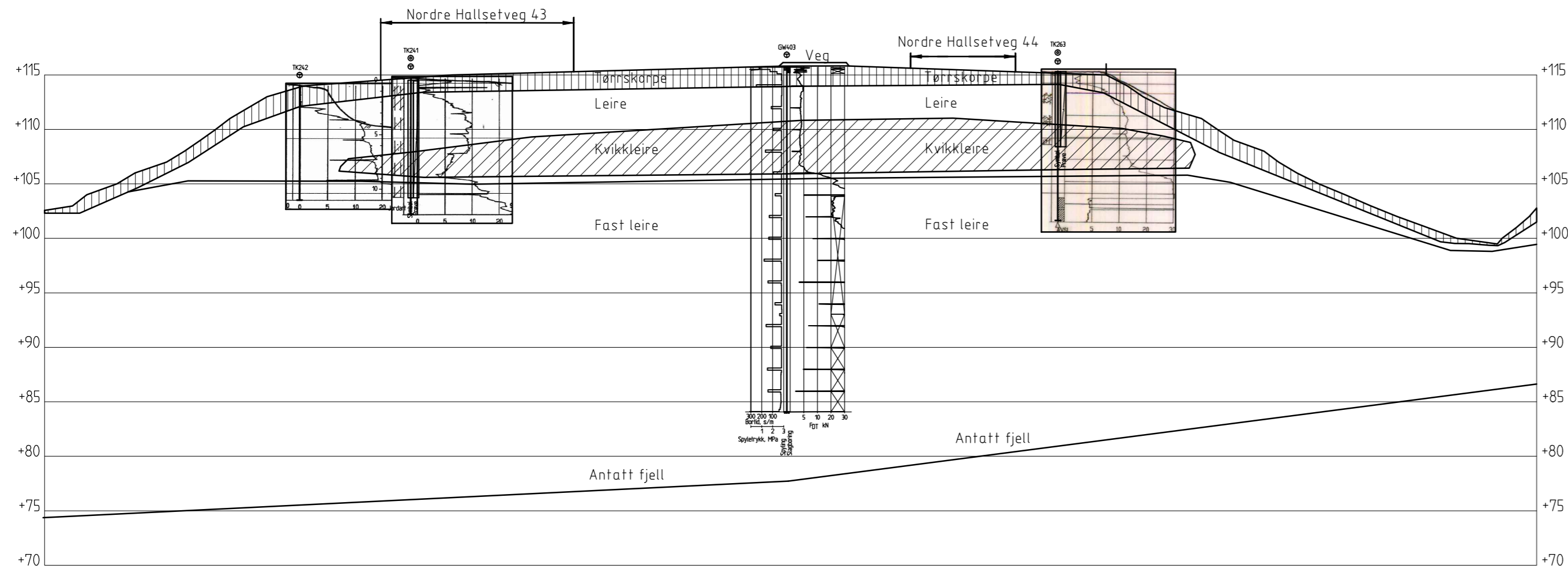
For stabilitet mot jernbanen, representert ved profil H4 til H6, viser beregningene generelt lav sikkerhet, spesielt for overflateglidninger. Dette er som forventet, da skråningene her er dannet gjennom naturlige prosesser som gjør at de står mer eller mindre med rasvinkel. Områdets topografi tilsier at skredmasser fra overflateglidninger vil kunne nå ned til Dovrebanen, Rv. 706 og Nidelva slik skredet i februar 1989 gjorde.

Lenger nord, ved Østkollvegen, er terrenget noe slakere enn for skråningene mot jernbanen ved profil H4 til H6. Beregninger her, representert ved profil H9, viser at sikkerheten mot overflateglidninger er høyere her enn for profil H4 til H6. Dette området anses derfor ikke som kritisk for jernbanen eller Rv. 706.

For profil H5 er sikkerheten økt med omtrent 11% etter tiltakene som ble utført etter skredet i 1989. Oppnådd sikkerhet er ikke tilstrekkelig i forhold til krav i Eurokode eller NVE veileder, men er nok omtrent maksimalt av det man kan få til ved sikringstiltak uten å gjennomføre terrengavlasting ved skråningstopp.

F3 Referanser

- [1] Norges Vassdrags- og energidirektorat, «Sikkerhet mot kvikkleireskred - Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» NVE, 2014.
- [2] Trondheim Kommune, «R.814 Nordhaugvegen 26 - Grunnundersøkelser, Geoteknisk vurdering,» Trondheim kommune, Trondheim, 1991.
- [3] NGI, «20130642-09-R Grunnforhold og jordegenskaper,» NGI, Trondheim, 2014.



FORKLARINGER:

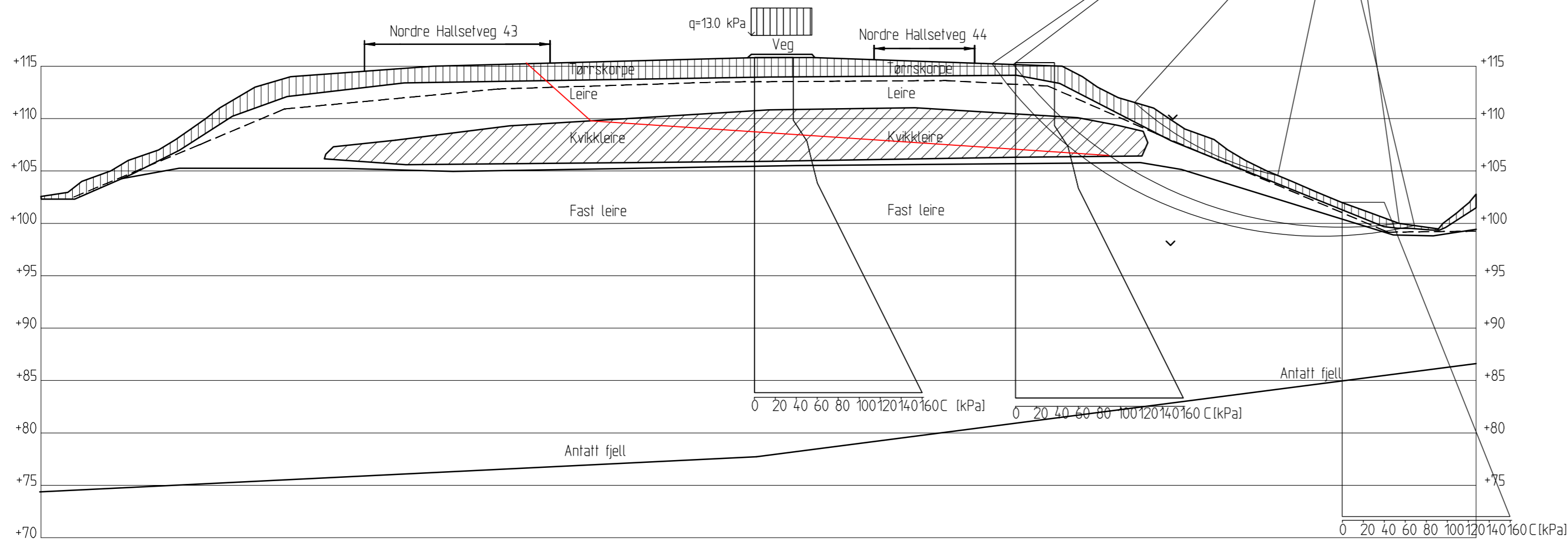
BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlsens veg		Status		-	
Stabilitet Hoem		Original format		A3.2	
Profil H1		Tegningens filnavn		Hoem_profil_H1_Ladeling.dwg	
Lagdelling		Målestokk		1400	
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		30.09.2015	BKB	MMe	MMe
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	-
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20140539	100		
www.ngi.no					



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	30.0	5.8	C-prof	1.00	0.65	0.37
Kvikkleire	18.50	8.50	30.0	5.8	C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	20.00	10.00	30.0	5.8	C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire	20.00	10.00	34.0	6.7				



cu fra CPTU GW403	
Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]
0	37
6	37
8	50
10	55
12	60
22	110
32	160

cu fra CPTU GW403	
Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]
0	37
6	37
8	50
10	55
12	60
22	110
32	160

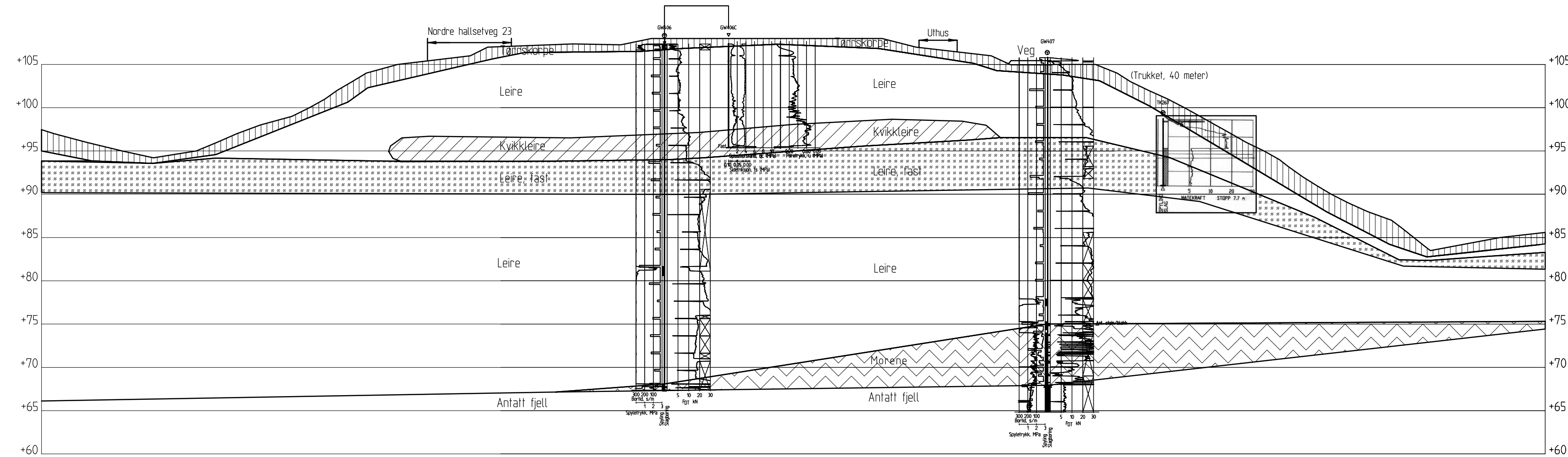
cu fra SHANSEP	
Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]
0	40
30	160

FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

01	Inkludert løsnelengde	22.09.2016	BKB	MMe	KE
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlsens veg		Status			
Stabilitet Hoem		Original format			
Profil H1		Tegningens filnavn			
Dagens situasjon		Hoem profil H1 dagens situasjon.dwg			
		Målestokk	NGI		
		1400			
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		30.09.2015	BKB	MMe	MMe
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20140539	101	01	
www.ngi.no					



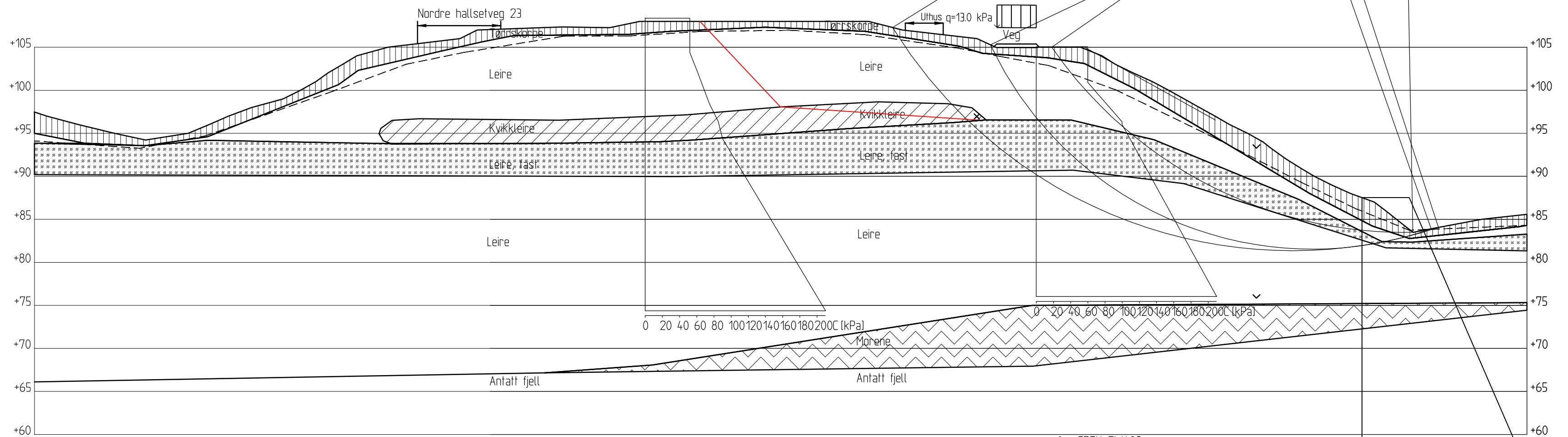
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

01	Endret lagdeling	04.10.2016	BKB	MMe	KE
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahls veg		Status			
Stabilitet Hoem		Original format			
Profil H2		A3.1			
Lagdeling		Tegningens filnavn			
		Hoem profil H2 Lagdeling.dwg			
		Målestokk			
		1:400			
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		30.09.2015	BKB	MMe	MMe
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20140539	110		01
www.ngi.no					

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørnskorpe	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	30.0	5.8	C-prof	1.00	0.65	0.37
Kvikkleire	18.50	8.50	30.0	5.8	C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire, Fast	20.00	10.00	34.0	6.7				
Leire	20.00	10.00	30.0	5.8	C-prof	1.00	0.65	0.37
Morene	20.00	10.00	38.0	19.5				



cu fra CPTU GW406	
dybde (m)	Skjærfasthet (kPa)
0	52
4	52
6	60
10	75
12	85
14	90
34	210

cu fra CPTU GW409	
dybde (m)	Skjærfasthet (kPa)
0	60
2	60
4	60
5,5	60
10	100
30	210

cu fra SHANSEP	
Dybde (m)	Skjærfasthet (kPa)
0	55
30	182

FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

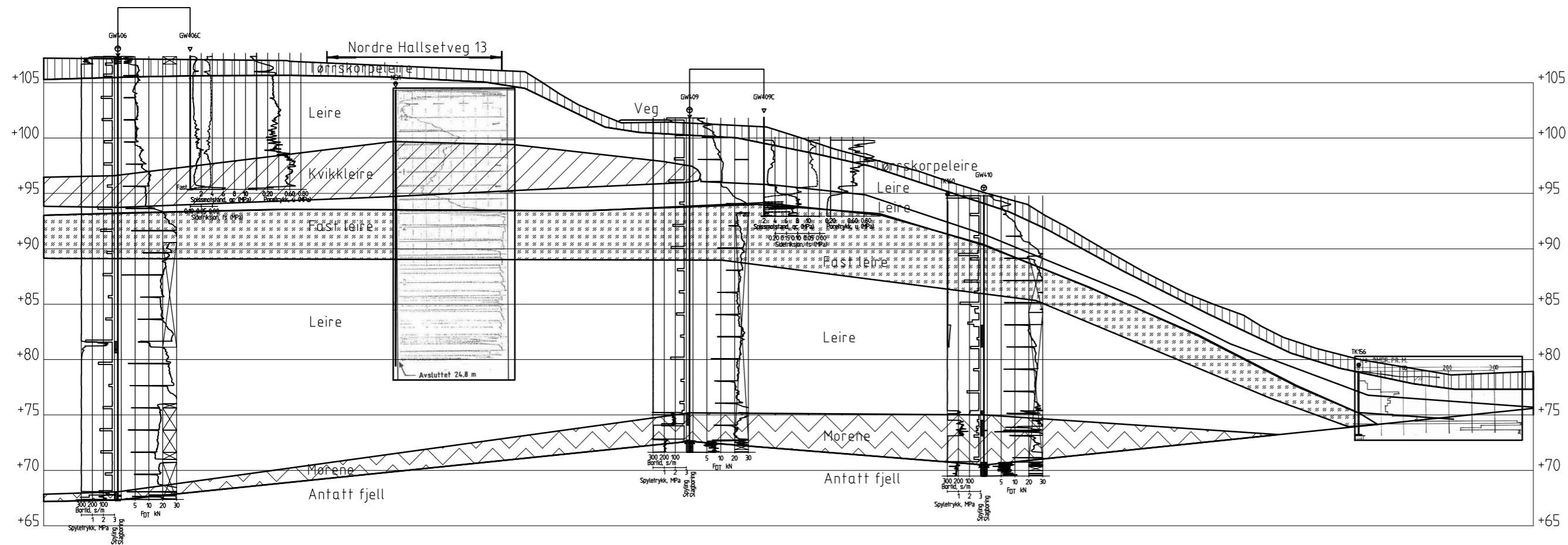
HENVISNINGER:

01	Inkludert løsnelengde, endret lagdeling og oppdaterte beregninger.	22.09.2016	BKB	MMe	KE
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlsens veg		Status			
Stabilitet Hoem		Original format			
		A3.1			
		Tegningens filnavn			
		Hoem profil H2 Dagens situasjon.dwg			
Profil H2		Målestokk		1400	
Dagens situasjon		NGI			
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		30.09.2015	BKB	MMe	MMe
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20140539	111		01
www.ngi.no					

FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:



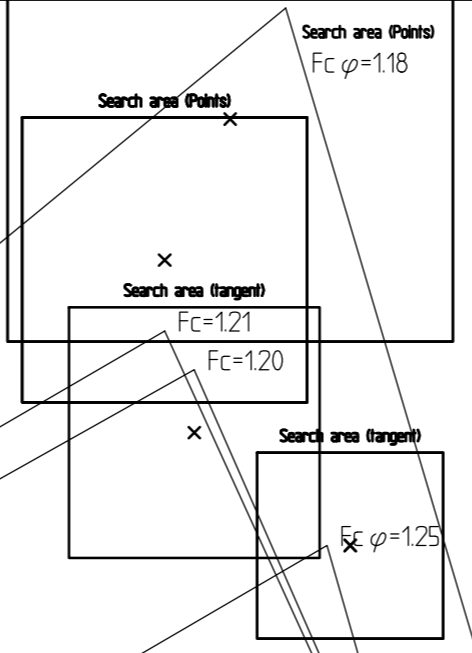
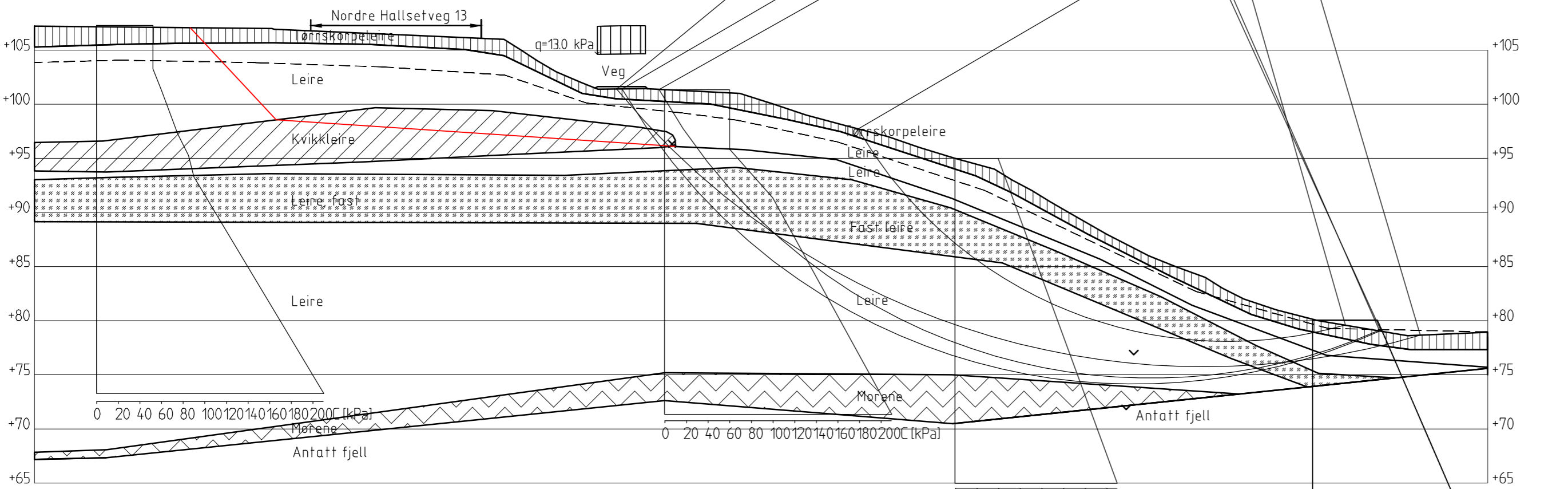
01	Endret lagdeling	04.10.2016	BKB	MMe	KE
----	------------------	------------	-----	-----	----

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
------	-------------	------	-------	--------	--------

Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlens veg		Status			
Stabilitet Hoem		-			
Profil H3		Original format			
Lagdelling		A3.2			
		Tegningens filnavn			
		Hoem_profil_H3_Lagdelling.dwg			
		Målestokk			
		1400			
		NGI			

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	30.09.2015	BKB	MMe	MME
	Oppdragsnr. 20140539	Tegningsnr. 120	Rev.	01

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	30.0	5.8	C-prof	1.00	0.65	0.37
Kvikkleire	18.50	8.50	30.0	5.8	C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	20.00	10.00	30.0	5.8	C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire, fast	20.00	10.00	34.0	6.7				
Leire	20.00	10.00	30.0	5.8	C-prof	1.00	0.63	0.35
Morene	20.00	10.00	38.0	19.5				



cu fra CPTU GW406

dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]
0	52
4	52
6	60
10	75
12	85
14	90
34	210

cu fra CPTU GW409

dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]
0	60
2	60
4	60
5.5	60
10	100
30	210

cu fra SHANSEP

Tidligere terrengnivå kote +115	Dybde [m]	Skjærfasthet [kpa]
0	40	
30	150	

cu fra SHANSEP

Tidligere terrengnivå kote +115	Dybde [m]	Skjærfasthet [kpa]
0	60	
30	195	

FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

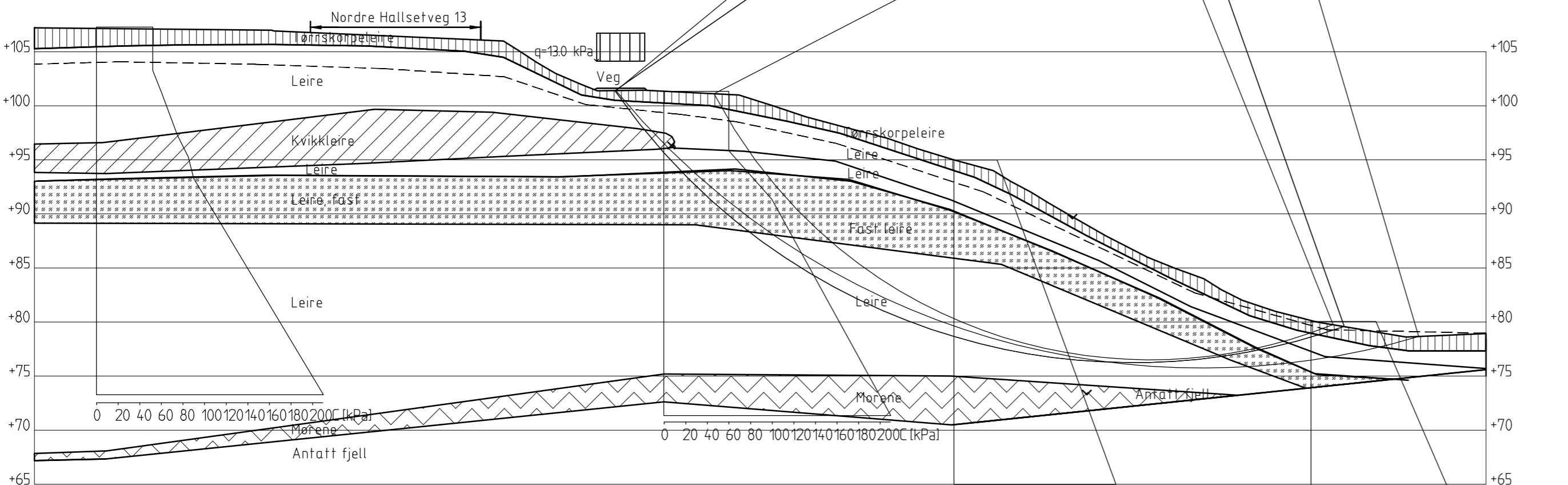
HENVISNINGER:

01	Inkludert løsnelengde, endret lagdeling og oppdaterte beregninger.	04.10.2016	BKB	MMe	KE
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlsens veg		Status		-	
Stabilitet Hoem		Original format		A3.2	
Profil H3		Tegningens filnavn		Hoem profil H3 Dagens situasjon.dwg	
Dagens situasjon		Målestokk		1400	
NGI		Dato		30.09.2015	
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		Konstr./Tegnet		BKB	
NO-0806 Oslo, Norway		Kontrollert		MMe	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		Godkjent		MME	
www.ngi.no		Oppdragsnr.		20140539	
		Tegningsnr.		121	
		Rev.		01	



Beregnet med sidefriksjonsfaktor
 $f_s = 1/L = 1/30 = 0,033$

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	30.0	5.8	C-prof	1.00	0.65	0.37
Kvikkleire	18.50	8.50	30.0	5.8	C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	20.00	10.00	30.0	5.8	C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire, fast	20.00	10.00	34.0	6.7				
Leire	20.00	10.00	30.0	5.8	C-prof	1.00	0.63	0.35
Morene	20.00	10.00	38.0	19.5				



cu fra CPTU GW406

dybde (m)	Skjærfasthet (kPa)
0	52
4	52
6	60
10	75
12	85
14	90
34	210

cu fra CPTU GW409

dybde (m)	Skjærfasthet (kPa)
0	60
2	60
4	60
5.5	60
10	100
30	210

cu fra SHANSEP

Tidligere terrengnivå kote +115	Dybde (m)	Skjærfasthet (kpa)
0	40	
30	150	

cu fra SHANSEP

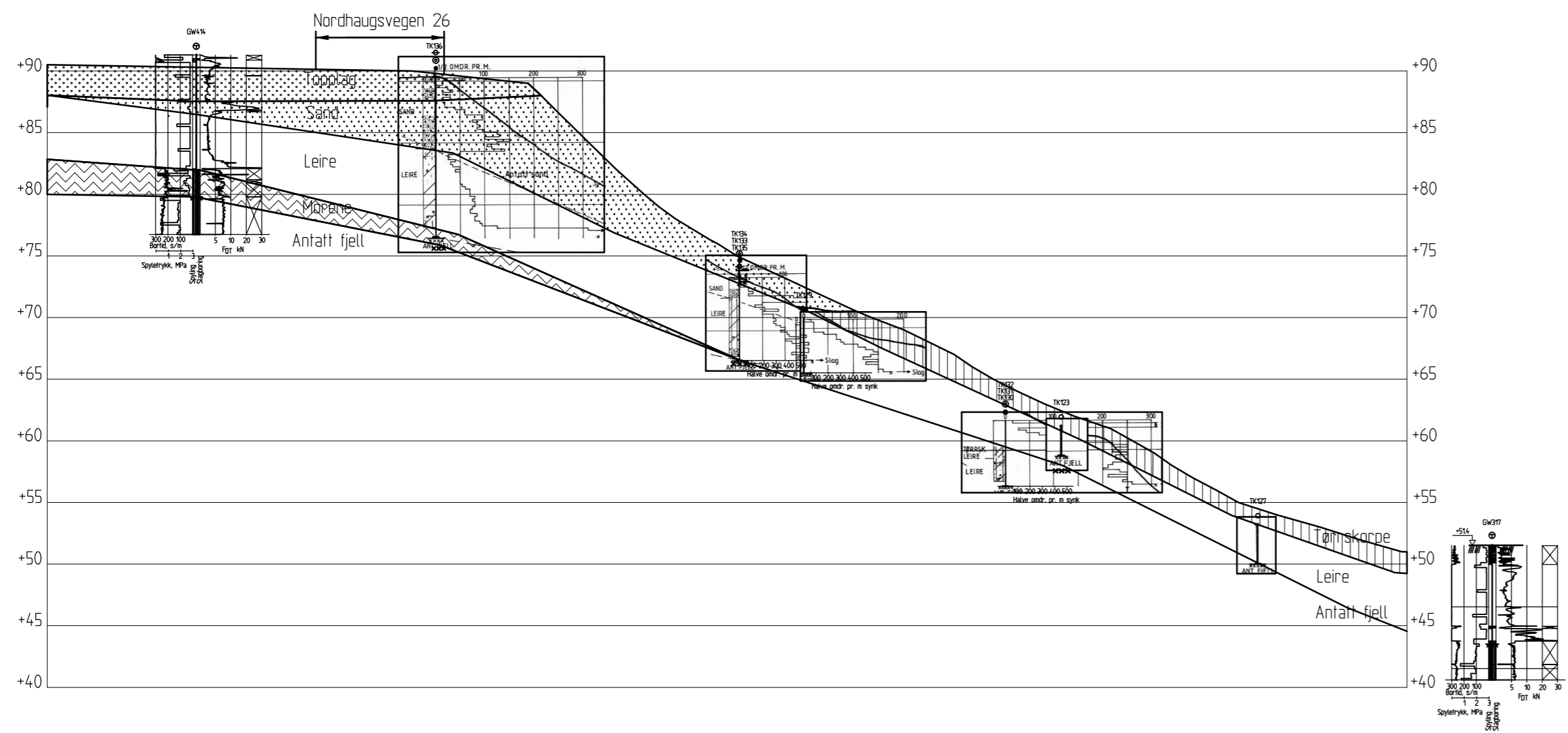
Tidligere terrengnivå kote +115	Dybde (m)	Skjærfasthet (kpa)
0	60	
30	195	

FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

01	Endret lagdeling, oppdaterte beregninger.	04.10.2016	BKB	MMe	KE
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlens veg		Status		-	
Stabilitet Hoem		Original format		A3.2	
Profil H3		Tegningens filnavn		Hoem profil H3 Dagens situasjon sidefriksjon.dwg	
Dagens situasjon		Målestokk		1400	
Beregnet med sidefriksjon		NGI			
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		30.09.2015	BKB	MMe	MME
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20140539	122	01	
www.ngi.no					



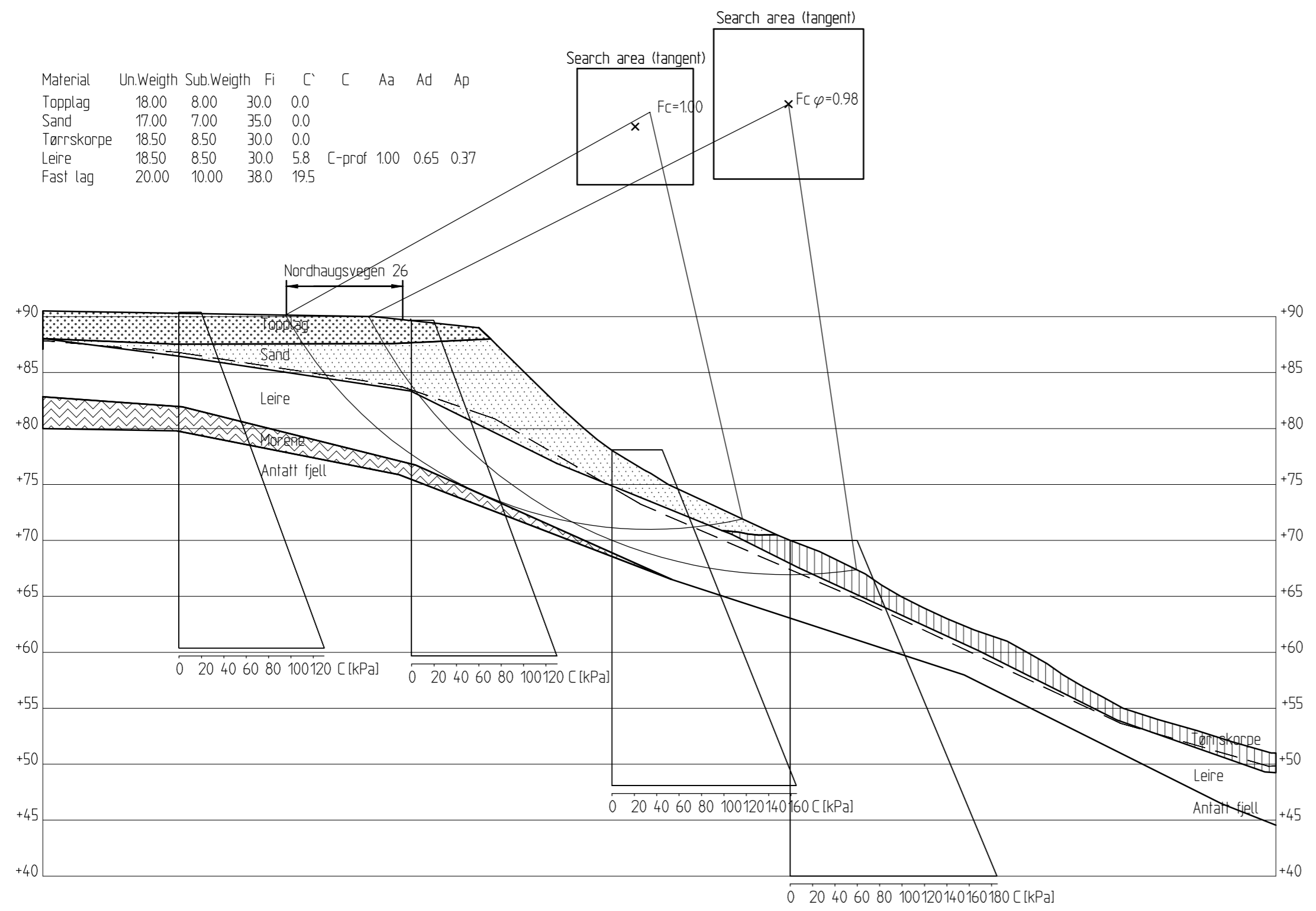
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlens veg		Status			
Stabilitet Hoem		-			
Profil H4		Original format			
Lagdelling		A3.2			
		Tegningens filnavn			
		Hoem profil H4_Lagdelling.dwg			
		Målestokk			
		1400			
NGI		NGI			
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
NO-0806 Oslo, Norway		30.09.2015	BKB	MMe	MME
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
www.ngi.no		20140539	130	-	

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	18.00	8.00	30.0	0.0				
Sand	17.00	7.00	35.0	0.0				
Tørrskorpe	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	30.0	5.8	C-prof	1.00	0.65	0.37
Fast lag	20.00	10.00	38.0	19.5				



cu fra SHANSEP		cu fra SHANSEP		cu fra SHANSEP		cu fra SHANSEP	
Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]	Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]	Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]	Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]
0	20	0	20	0	45	0	60
30	130	30	130	30	165	30	185

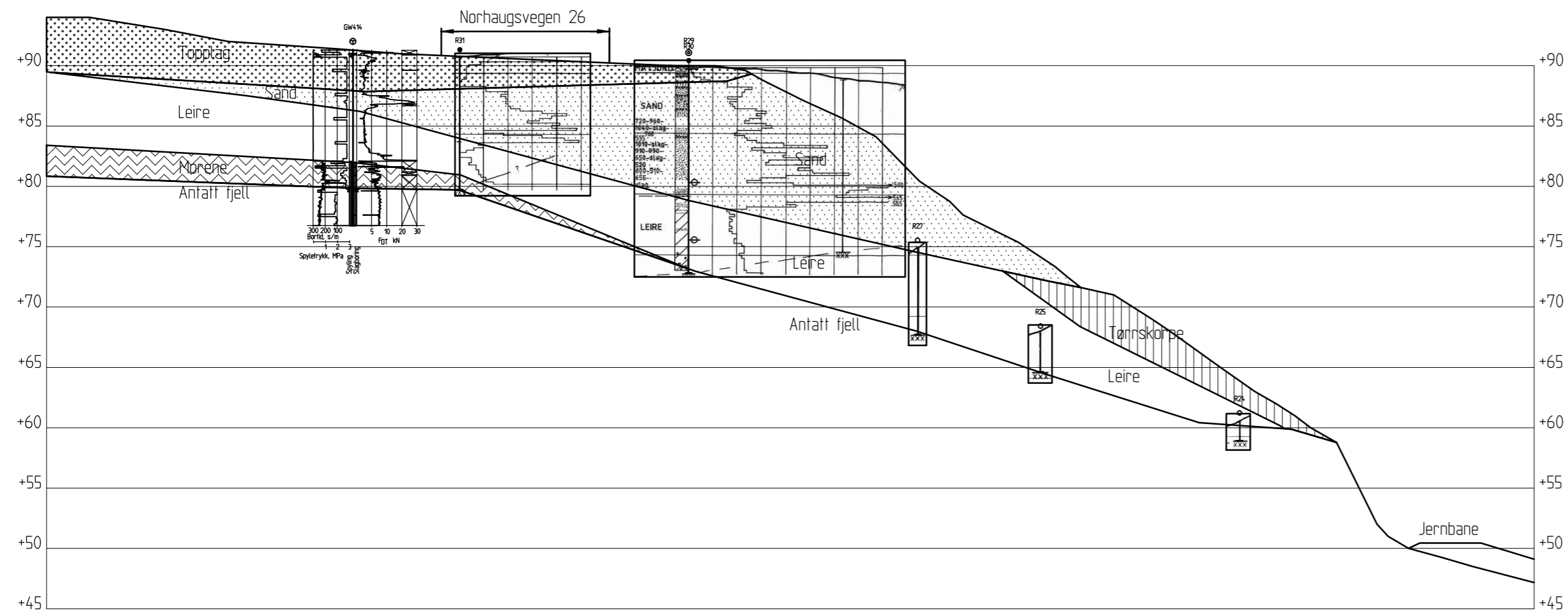
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

-		-		-	
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlens veg		Status		-	
Stabilitet Hoem		Original format		A3.2	
Profil H4		Tegningens filnavn		Hoem profil H4 Dagens situasjon.dwg	
Dagens situasjon		Målestokk		1400	
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		30.09.2015	BKB	MMe	MME
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20140539	131	-	
www.ngi.no					





FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

Rv.706 Sluppen - Sivert Dahls veg
Stabilitet Hoem

Profil H5
Lagdelling, før skred i februar 1989

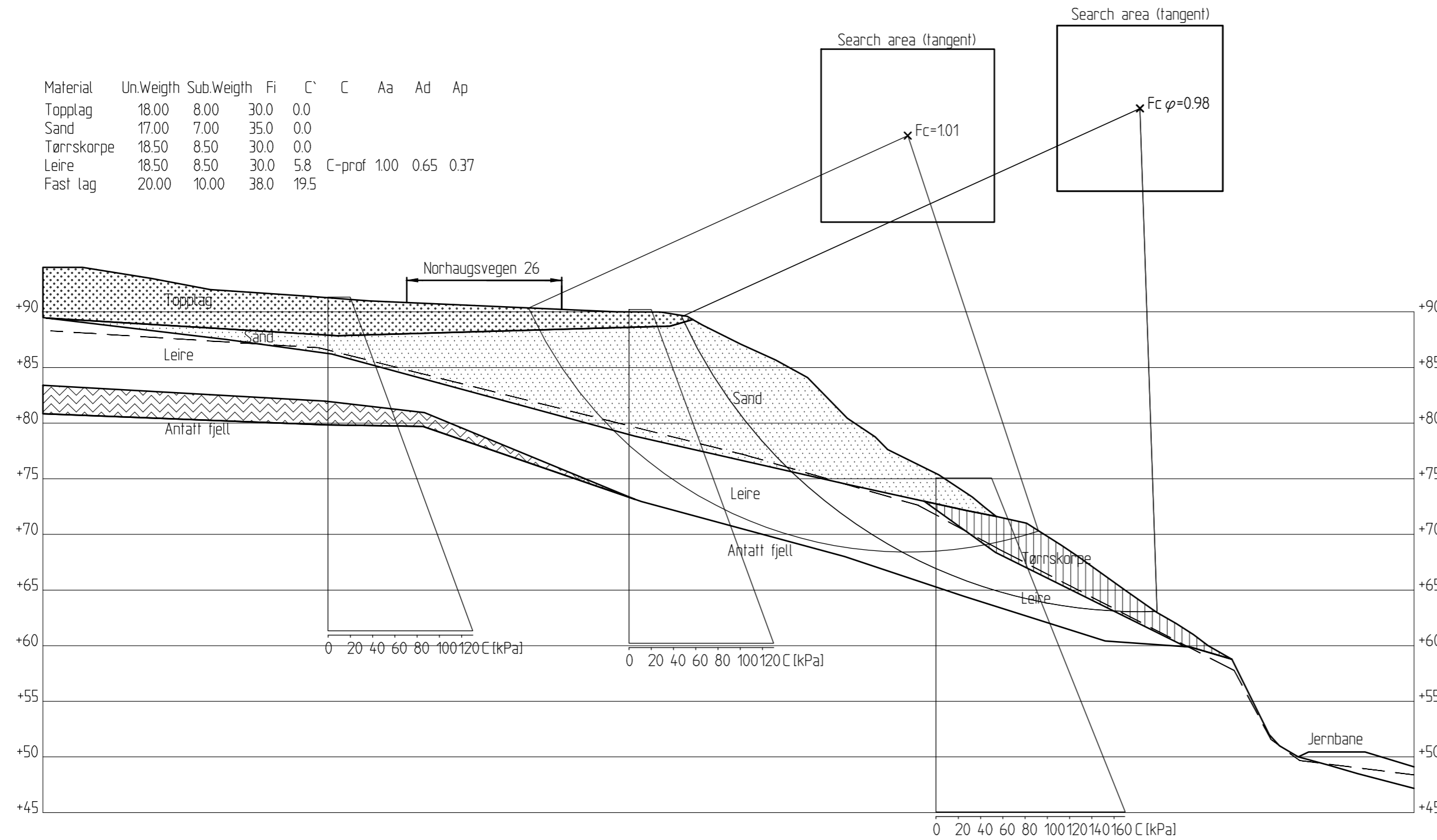
Status
-
Original format
A3.2
Tegningens filnavn
Hoem profil H5 Lagdelling for skred.dwg

Målestokk
1400



NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 30.09.2015	Konstr./Tegnet BKB	Kontrollert MMe	Godkjent MMe
	Oppdragsnr. 20140539	Tegningsnr. 140	Rev. -	

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	18.00	8.00	30.0	0.0				
Sand	17.00	7.00	35.0	0.0				
Tørreskorpe	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	30.0	5.8	C-prof	100	0.65	0.37
Fast lag	20.00	10.00	38.0	19.5				



cu fra SHANSEP	
Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]
0	20
30	130

cu fra SHANSEP	
Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]
0	20
30	130

cu fra SHANSEP	
Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]
0	50
30	170

FORKLARINGER:


-

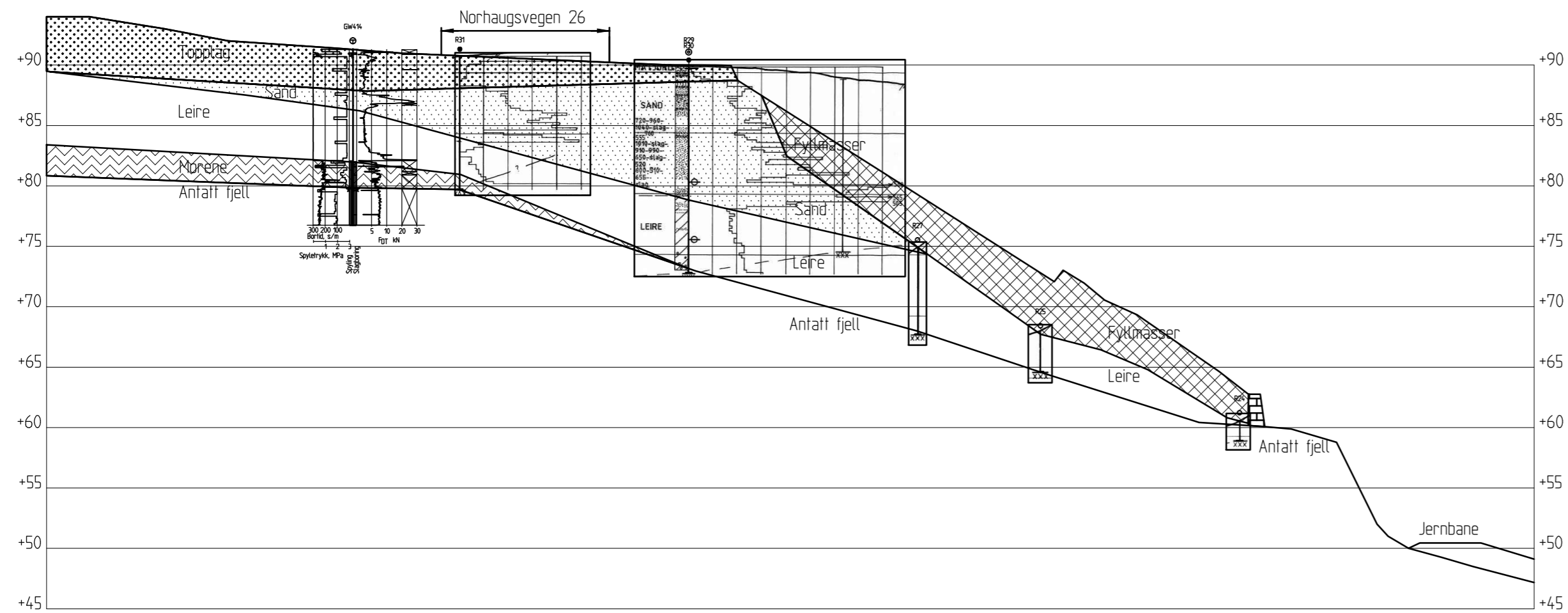
BESTEMMELSER:

-

HENVISNINGER:

-

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahls veg Stabilitet Hoem		Status - Original format A3.2 Tegningens filnavn Hoem profil H5 Situasjon før skred.dwg Målestokk 1400			
Profil H5 Situasjon, før skred i februar 1989		Dato 30.09.2015 Oppdragsnr. 20140539	Konstr./Tegnet BKB Tegningsnr. 141	Kontrollert MMe	Godkjent MMe Rev. -
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no					



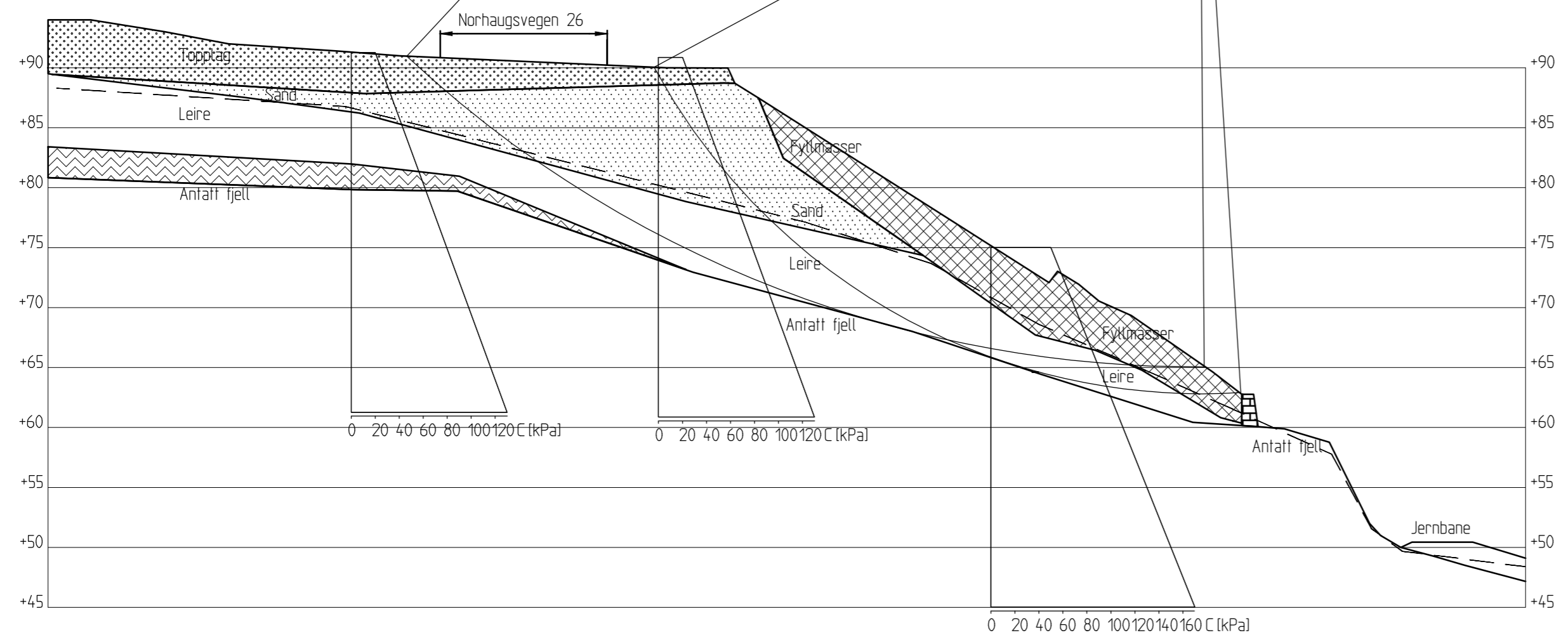
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahls veg		Status			
Stabilitet Hoem		-			
Profil H5		Original format			
Lagdelling, etter skred i februar 1989		A3.2			
		Tegningens filnavn			
		Hoem profil H5 Lagdelling etter skred.dwg			
		Målestokk			
		1400		NGI	
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		30.09.2015	BKB	MMe	MMe
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20140539	142		
www.ngi.no					

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasser	19.00	9.00	4.00	4.2				
Topplag	18.00	8.00	30.0	0.0				
Sand	17.00	7.00	35.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	30.0	5.8	C-prof	1.00	0.65	0.37
Morene	20.00	10.00	38.0	19.5				




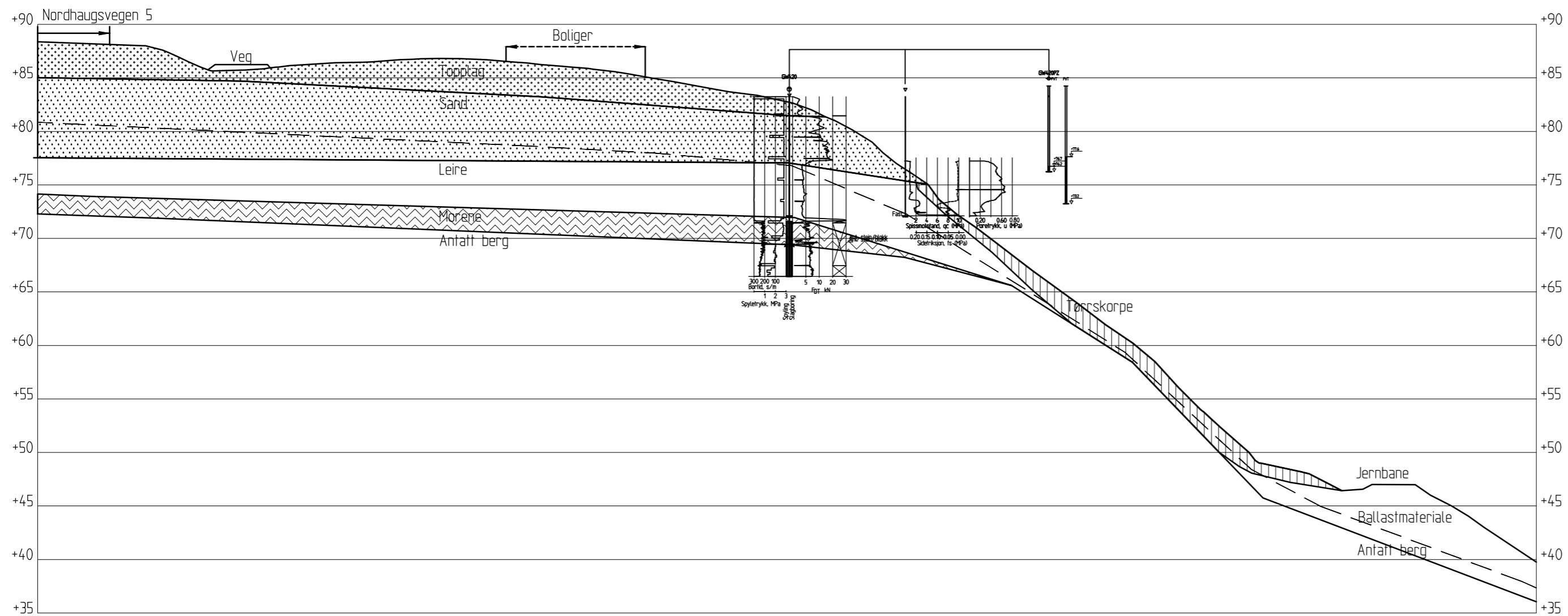
cu fra SHANSEP		cu fra SHANSEP		cu fra SHANSEP	
Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]	Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]	Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]
0	20	0	20	0	50
30	130	30	130	30	170

FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlens veg Stabilitet Hoem		Status - Original format A3.2 Tegningens filnavn Hoem profil H5 Situasjon etter skred.dwg Målestokk 1400			
Profil H5 Dagens situasjon, etter skred i februar 1989		Dato 30.09.2015 Oppdragsnr. 20140539		Konstr./Tegnet BKB Tegningsnr. 143	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Kontrollert MMe		Godkjent MMe	
		Rev.		-	



FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

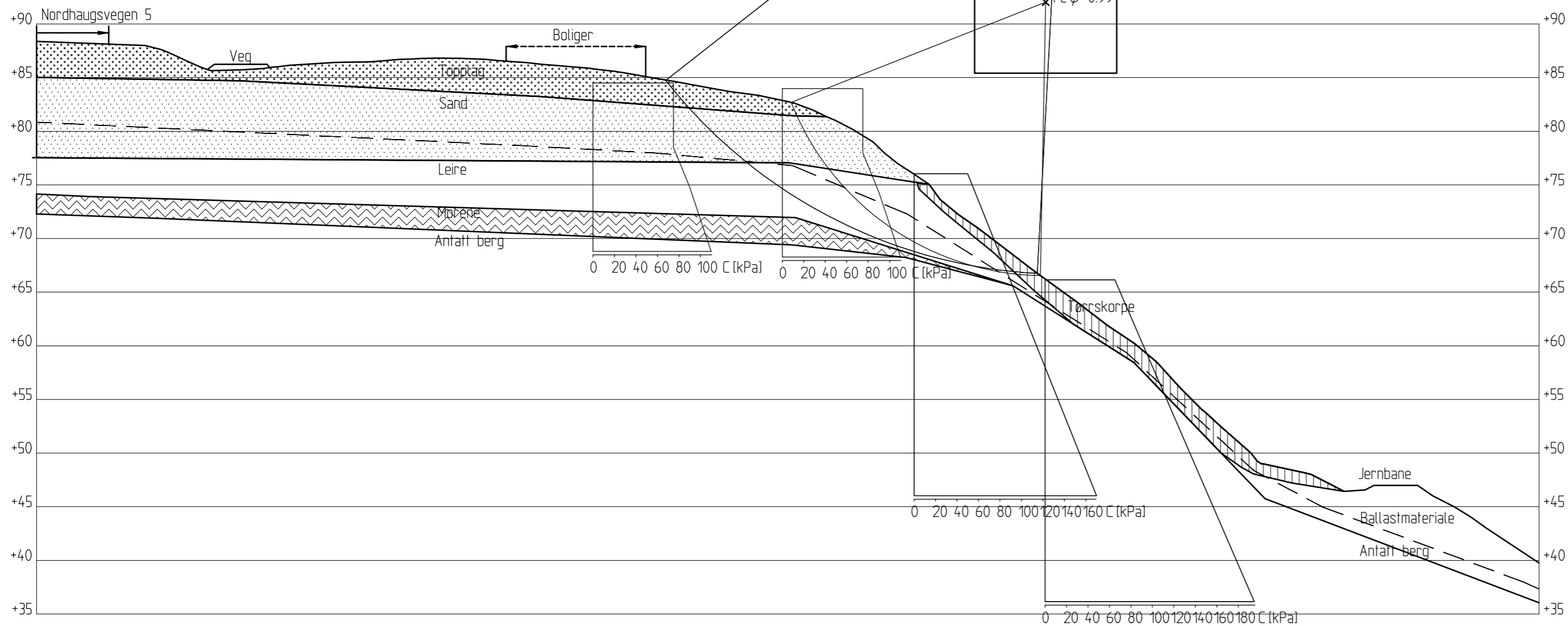
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlsens veg
Stabilitet Hoem

Profil H6
Lagdelling

Status	-
Original format	A3.2
Tegningens filnavn	Hoem_profil_H6_Lagdelling.dwg
Målestokk	1400
NGI	

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	30.09.2015	BKB	MMe	MMe
	Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
	20140539	150	-	

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Topplag	18.00	8.00	30.0	0.0				
Sand	17.00	7.00	35.0	0.0				
lørrskorpe	18.50	8.50	30.0	0.0				
Leire	18.50	8.50	30.0	5.8	C-prof	1.00	0.65	0.37
Morene	20.00	10.00	38.0	19.5				



cu fra CPTU GW420		cu fra CPTU GW420		cu fra SHANSEP		cu fra SHANSEP	
Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]	Dybde [m]	Skjærfasthet [kPa]	Tidligere terrengnivå kote +101 [m]	Skjærfasthet [kPa]	Tidligere terrengnivå kote +101 [m]	Skjærfasthet [kPa]
0	75	0	75	0	50	0	65
6	75	6	75	30	170	30	195
10	90	10	90				
13	100	13	100				
18	110	18	110				

FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

**Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlens veg
Stabilitet Hoem**

Profil H6
Dagens situasjon

Status	-
Original format	A3.2
Tegningens filnavn	Hoem profil H6 Dagens situasjon.dwg
Målestokk	1400
NGI	

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	30.09.2015	BKB	MMe	MME
Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.		
20140539	151	-		

FORKLARINGER:

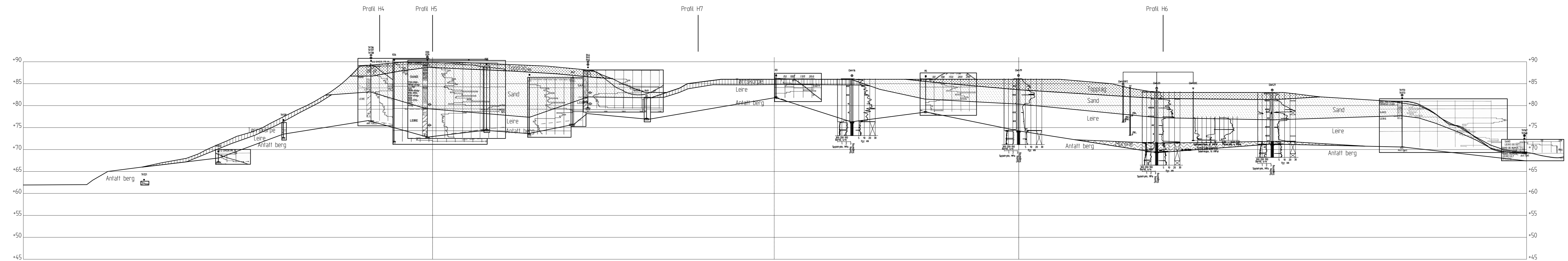
BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlsens veg		Status		-	
Stabilitet Hoem		Original format		-	
Profil H7		Tegningens filnavn		Hoem_profil_H7_Lagdelling.dwg	
Lagdelling		Målestokk		1400	
NGI		Dato		30.09.2015	
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		Konstr./Tegnet		BKB	
NO-0806 Oslo, Norway		Kontrollert		MME	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		Godkjent		MME	
www.ngi.no		Oppdragsnr.		20140539	
		Tegningsnr.		160	
		Rev.		-	



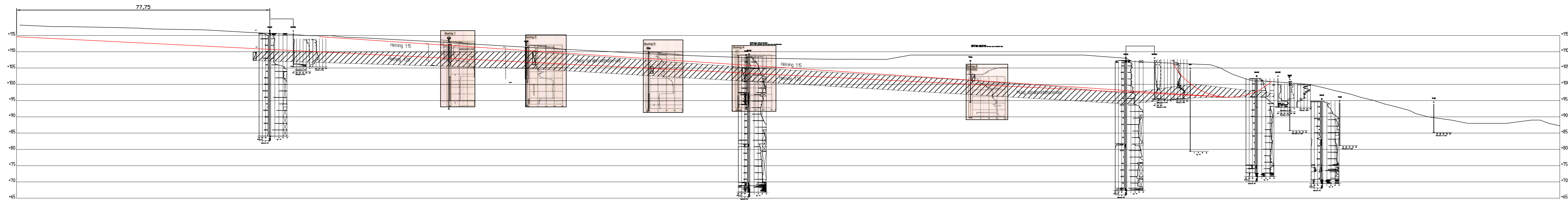


FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlsens veg		Status			
Stabilitet Hoem		Original format			
Profil H8		A3.0			
Lagdeling		Tegnings filnavn			
		Hoem.profil H8 Lagdeling.dwg			
		Målestokk			
		1400			
NGI		NGI			
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 30.09.2015	Konstr./Tegnet BKB	Kontrollert MMe	Godkjent MMe
		Oppdragsnr. 20140539	Tegningsnr. 170	Rev. -	



FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

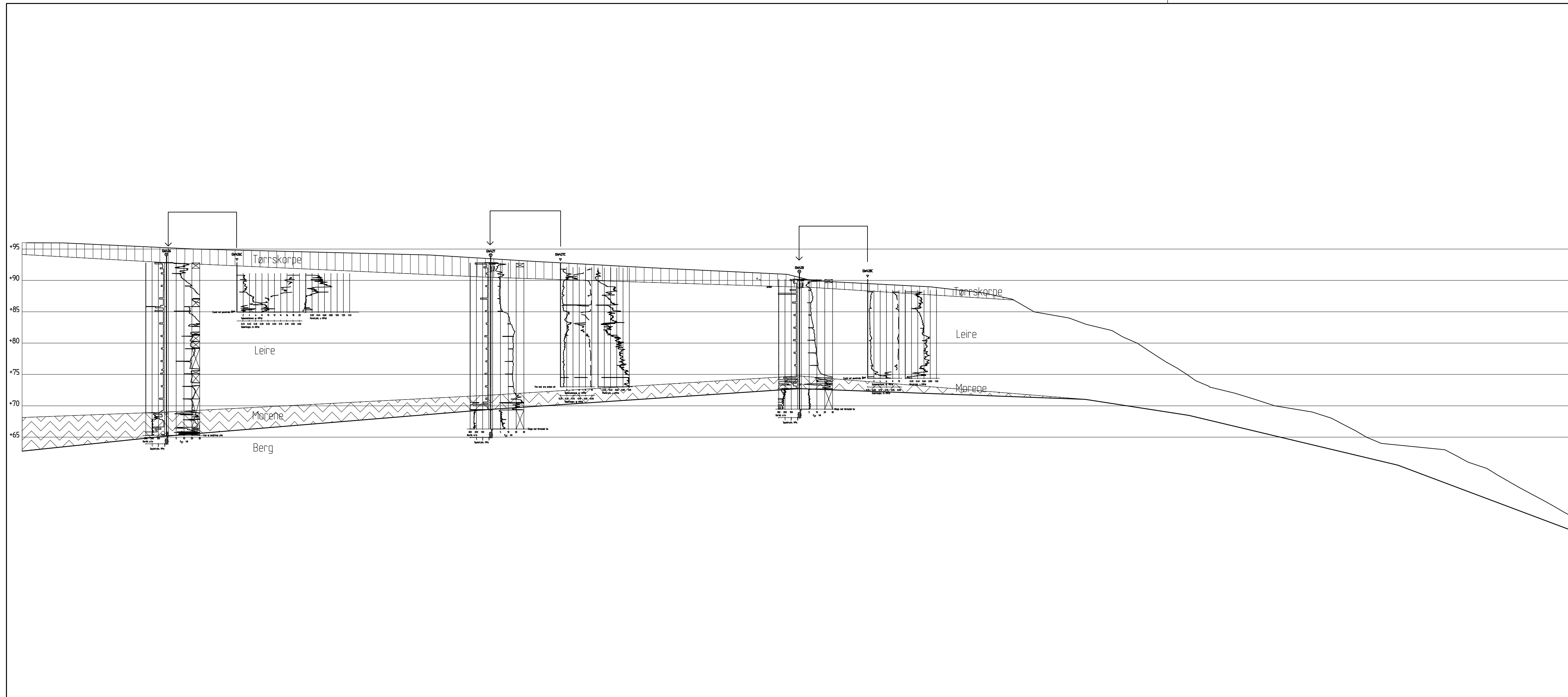
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

Rv. 706 Sluppen - Sivert Dahls veg
Stabilitet Hoem

Lengdeprofil Nordhaugvegen
Lagdeling
Helning 1:15 og 1:20

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	29.09.2016	BKB	MMe	KE
Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.		
20140539	180	-		





FORKLARINGER:

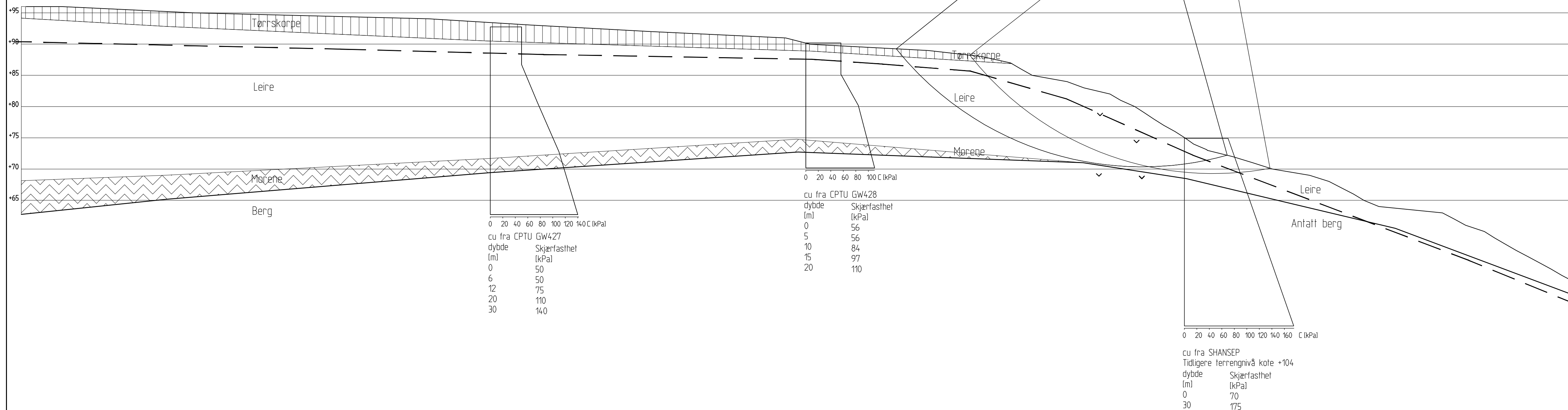
BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahls veg		Status			
Stabilitet Hoem		Original format			
Profil H9		A3.1			
Lagdelling		Tegningens filnavn			
		Hoem profil H9 Lagdeling.dwg			
		Målestokk			
		1:400			
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		29.09.2016	BKB	MMe	KE
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20140539	190	-	
www.ngi.no					



Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørsskorpe	18.00	8.00	30.0	0.0				
Leire	18.50	18.50	30.0	5.8	C-prof	1.00	0.63	0.35
Morene	20.00	10.00	38.0	19.5				



FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
Rv.706 Sluppen - Sivert Dahlens veg Stabilitet Hoem		Status - Original format A3.1 Tegningens filnavn Hoem profil H9 Dagens situasjon.dwg			
Profil H9 Dagens situasjon		Målestokk 1:400			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 29.09.2016	Konstr./Tegnet BKB	Kontrollert MMe	Godkjent KE
Oppdragsnr. 20140539		Tegningsnr. 191		Rev. -	

Vedlegg G

UTLØPSVURDERING

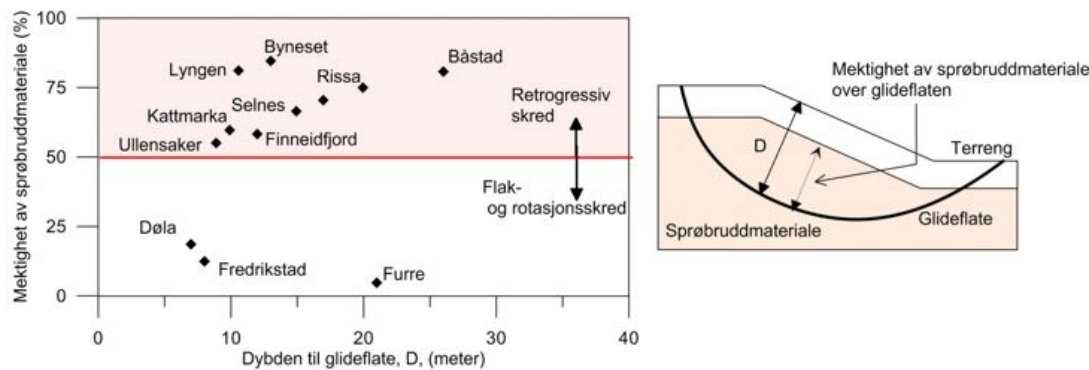
Innhold

G1	Begrensning av utløpsområder	2
G2	Konklusjon	4
G3	Referanser	4

G1 Begrensning av utløpsområder

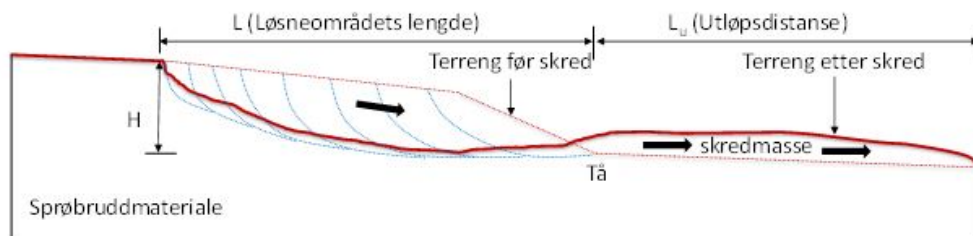
Det er gjort en vurdering for å avgrense utløpsområdet for kvikkleiresone nr. 202 *Hoem* og *Nordre Hallset*. Kvikkleiresone *Nordre Hallset* vurderes iht. kriterier for vurdering av utløp fra kvikkleireskred beskrevet i dette vedlegget. Utløp fra kvikkleiresone nr. 202 *Hoem* vil ikke inkludere sprøbruddmateriale, og vurderes derfor som vanlige jordskred.

Utløpsområdet er vurdert iht. [1] og [2], og er basert på mektigheten av kvikkleire samt topografien i utløpssonen (ravinert/flatt terreng). Iht. ref. [2] er bruddformen (skalk- og flyteskred eller flak og rotasjonsskred) avhengig av hvor stor prosentandel av skredmassene som består av sprøbruddmateriale. Dette er forsøkt vist i figur G-1. For kvikkleiresonen *Nordre Hallset* vil andelen sprøbruddmateriale som inngår i et skred maksimalt utgjøre omlag 15% av skredmassene.



Figur G-1 Skredmekanisme basert på prosentandel sprøbruddmateriale inkludert i skredet. Hentet fra ref. [2].

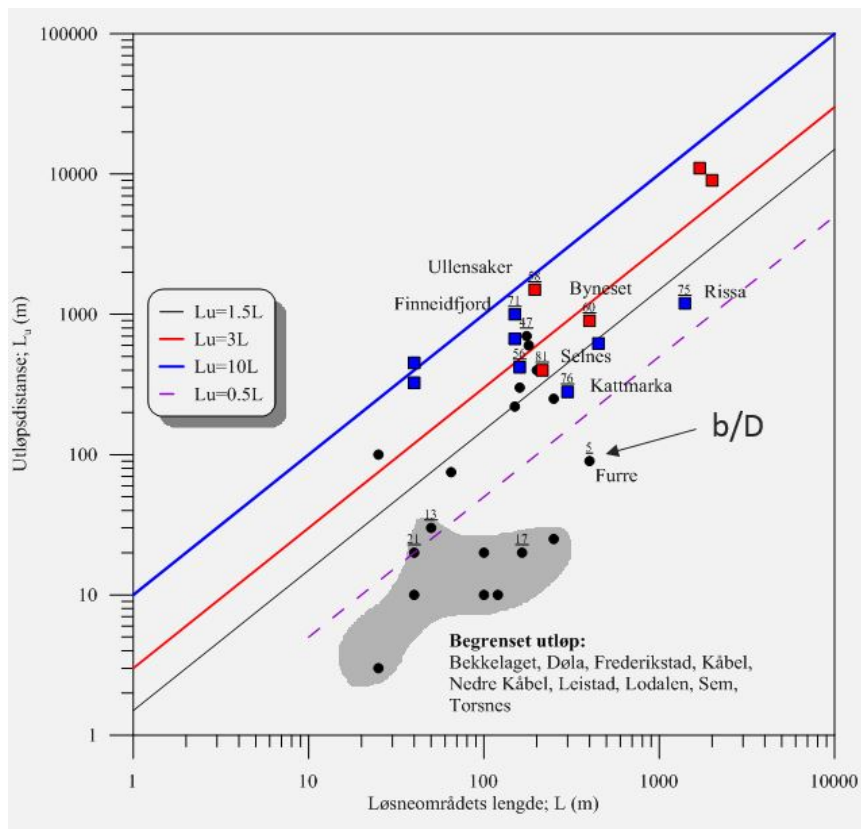
En annen faktor som også vil påvirke et skredutløp er skredmassenes omrørte skjærfasthet. Her skilles det mellom sensitive og ikke-sensitive masser, samt omrørt skjærfasthet større eller mindre enn 1 kPa. En stor andel av sprøbruddmaterialet har omrørt skjærfasthet lavere enn 1 kPa. Disse massene vil kunne bli svært flytende dersom et skred går og massene blir omrørte.



Figur G-2 Utløpsdistanse, L_u , og løsneområdets lengde, L . Hentet fra ref. [2].

Lengden på utløpsområdet L_u , bestemmes ut fra lengden på skredet, L , se figur G-2. Iht. ref. [2] kan skredlengden bestemmes som en faktor multiplisert med løsneområdets

lengde, L . Figur G-3 viser erfaringsdata fra ulike skred, som gir grunnlag for å bestemme en faktor for dette prosjektet.



Figur G-3 Sammenheng mellom løsneområdets lengde og utløpsområde, ref. [2].

For skred som går nordover, ned i bekkedalen mellom Nordhaugvegen og Skjermvegen vil ikke skredmassene ha noe sted og gjøre av seg, så massene vil bare bli liggende i bunnen av bekkelaget. Utløp for skredmasser utgjør ingen risiko her.

Utløpssonen for vestre del av sonen (profil H1, se vedlegg F, tegning 101) består av ravinert terreng i form av en bekkedal. Her vil et eventuelt initialscred åpne for bakenforliggende masser, og en retrogressiv bruddmekanisme vil kunne oppstå, dog med begrenset potensiale. Mektigheten på kvikkleira er begrenset, slik at mengden sprøbruddmateriale som vil kunne strømme ut er liten. Store deler av et eventuelt initialscred består dessuten av ikke-sensitive masser som vil legge seg i bekkedalen og sperre for de bakenforliggende massene. For å gjøre et estimat på utløpsområdet her antas det en utløpslengde $Lu = 1,0 \cdot L$. Utløpsområdet er vist på tegning nr. G022.

Dersom et skred går fra den østre delen av sonen og sørover (profil H2, se vedlegg F, tegning 111) antyder kritiske skjærflater at et skred trolig ikke vil gripe langt nok bak til å inkludere sprøbruddmateriale. Beregnet sikkerhet for skjærsirkel som innbefatter sprøbruddmateriale er imidlertid lavere enn kravet på $F_c \geq 1,4$. Utløpsområde beregnes

derfor på samme måte som for profil H1, med en utløpslengde langsetter ravinen med $L_u = 1,0 * L$. Utløpsområdet er vist på tegning nr. G022.

Dersom skredet går fra østre del av ryggen og vestover (langs profil H3, se vedlegg F, tegning 121) vil skredmassene ha utløpsretning direkte mot jernbanen og Rv. 706. Et slikt skred antas å ikke inkludere sprøbruddmateriale, da beregnet sikkerhet mot skjærflater som inkluderer sprøbruddmateriale er $F_c = 1,56$ og $F_{c,\varphi} = 1,40$ på henholdsvis udrenert og drenert basis. Et initialskred her vil derfor kun bestå av ikke-sensitive masser som vil stanse i den naturlige flaskehalsen terrenget danner mot jernbanen. Det er imidlertid ikke utenkelig at deler av massene vil kunne gli nedover skråningen mot jernbanen, men det er her snakk om et svært beskjedent masseomfang. For beregning av utløpsområde her benyttes $L_u = 0,5 * L$ ettersom skredmassene ikke er av sensitiv art. Utløpsområdet er vist på tegning nr. G022.

For skred fra kvikkleiresone nr. 202 *Hoem* mot jernbanen vil ikke skredmassene involvere sprøbruddmateriale. Topografien her tilsier likevel at skredmasser vil kunne gå nedover langs skråningene ned mot Dovrebanen og Rv. 706. Erfaringer fra skredet som gikk ved Nordhaugsvegen i februar 1989 viser at skredmassene vil kunne nå helt ned til Nidelva og stenge både jernbanen og Rv.706. Ut fra områdets topografi antas det at stabiliteten er lav langs hele jernbanen.

Løsnelengder for profil H1 til H3 er henholdsvis vist på tegning 101, 111 og 121.

G2 Konklusjon

Basert på beregninger og geoteknisk skjønn vurderes ikke utløpsmasser fra et eventuelt skred fra kvikkleiresone *Nordre Hallset* å utgjøre noen fare for Dovrebanen eller Rv. 706. Dette skyldes i hovedsak kvikkleiras begrensede mektighet, samt den store andelen ikke-sensitive masser som vil inngå i et eventuelt initialskred. Erfaringer viser imidlertid at skred fra kvikkleiresone nr. 202 *Hoem* vil kunne nå helt ned til Nidelva, selv om et eventuelt skred her ikke vil involvere sensitive masser. Det er denne typen jordskred som utgjør størst risiko for Dovrebanen og Rv.706 slik situasjonen er i dag.

G3 Referanser

- [1] Norges Geotekniske Institutt, «Q-bing - Utløpsmodell for kvikkleireskred, Characterization og historical quick clay landslides and input parameters for Q-Bing,» NGI, 2012.
- [2] V. T. m.fl., «En diskusjon om løsne- og utløpsområder for skred i sprøbruddmaterialer,» Forening for Fjellsprenningsteknikk, 2014.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Områdestabilitet Hoem		Dokumentnr./Document no. 20140539-04-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Distribusjon/Distribution Begrenset/Limited	Dato/Date 2015-09-30
		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 1 / 2016-10-11
Oppdragsgiver/Client Statens vegvesen Region midt		
Emneord/Keywords Områdestabilitet, Hoem, Kvikkleire, Løsne- og utløpsområder.		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Sør-Trøndelag	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Trondheim	Feltnavn/Field name
Sted/Location Hoem	Sted/Location
Kartblad/Map 1621 IV Trondheim	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone 32, Ø:569015 N:7030792	

Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:
0	Originaldokument	2015-09-16 Bjørn Kristian Fiskvik Bache	2015-09-28 Magne Mehli		
1	Revisjon etter uavhengig kontroll	2016-09-22 Bjørn Kristian Fiskvik Bache	2016-10-10 Magne Mehli		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 11. oktober 2016	Prosjektleder/Project Manager Kyrre Emaus
--	--------------------------------------	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within 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 following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

