

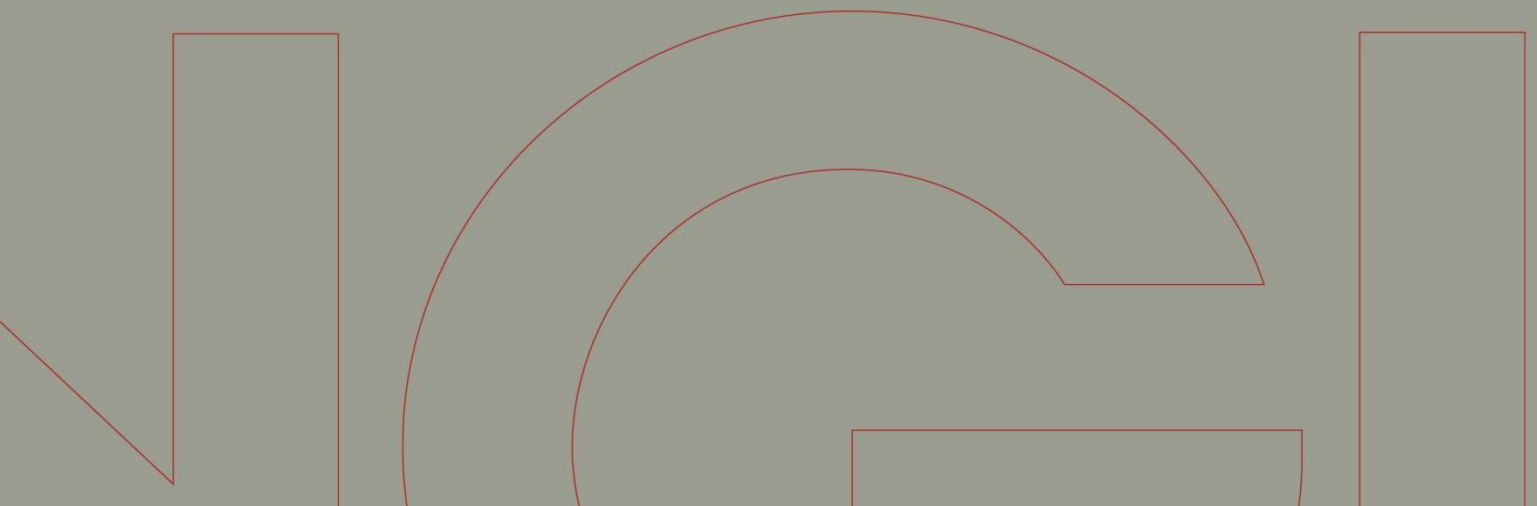


Rapport / Report

Kvikkleireskred Kattmarka, Namsos

Stabilitetsforhold og sikringstiltak ved Fiolveien

20091258-2
20. mai 2009
Rev. 1



Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentsiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere dette før bruk av 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 NGL.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this before using 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 NGL.



Prosjekt

Prosjekt: Kvikkleireskred Kattmarka, Namsos
Rapportnummer: 20091258-2
Rapporttittel: Stabilitetsforhold og sikringstiltak ved
Fiolveien,
Dato: 05.05.2009
Rev.1-20.05.2009

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pirsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: NVE Region Midt-Norge
Oppdragsgivers
kontaktperson: Mads Johnsen
Kontraktreferanse: Avtaledokument datert 21.04.2009

For NGI

Prosjektleder: Kjell Karlsrud
Rapport utarbeidet av: Kjell Karlsrud
Odd Gregersen
Ragnar Moholdt

Sammendrag

Grunnen i området ved Fiolveien består av marin leire med mektighet inntil ca 25 m. Under 2 m sand og tørrskorpe er leiren relativt bløt. På partiet fra strandsonen og opp til ca kote 15 er leiren kvikk (mister sin styrke ved omrøring). Videre oppover er leiren middels sensitiv. Det samme gjelder når man kommer noe utenfor standlinjen.

Skråningen har ligget slik den er i dag i meget lang tid, og den har en beregningsmessig sikkerhetsmargin. Det er derfor liten fare for skred så lenge forholdene ikke endrer seg. I den sammenheng er det også positivt at det ikke er bekker gjennom dette området som eroderer og forverrer sikkerheten.

I et langsiktig perspektiv er området likevel noe sensibelt for uforutsette inngrep. I forbindelse med den kartlegging av skredrisiko som NVE har stått for de siste årene er det satt opp kriterier for risikoklassifisering, ref. /5/. Med de sikkerhetsfaktorer som er beregnet for dagens terreng, og mulige

BS EN ISO 9001
Serifisert av BSI
Reg. No. FS 32989

Sammendrag (forts.)



Rapport nr.: 20091258-2
Dato: 2009-05-05
Rev. dato: 2009-05-20
Side: 2 / Rev.: 1

konsekvenser et eventuelt skred ved Fiolveien vil kunne få, vil skredrisikoen klassifiseres som middels høy.

NGI vil på det grunnlag, og under hensyn til skredet som inntraff i Kattmarka, anbefale at man tar sikte på å oppnå en økning av minste beregnede sikkerhetsfaktor på 10 %, og at ingen glideflater bør ha beregningsmessig materialfaktor/sikkerhetsfaktor lavere enn 1,4. For å oppnå dette er det foreslått utlegging av en motfylling langs sjøkanten som har en tykkelse opp til ca. 2m og inneholder ca. 10.000 m³ med sprengstein.

1	Innledning	4
2	Grunnforhold	4
	2.1 Topografi og løsmasser	4
	2.2 Poretrykk	6
	2.3 Styrkeparametre	8
3	Stabilitetsberegninger	15
	3.1 Metode	15
	3.2 Beregningsresultater	15
4	Vurdering av skredfare og sikringstiltak	16
5	Referanser	18

Tegninger

010	Borplan	M = 1:1 000
100	Profil A – A Grunnforhold	M = 1:500
101	Profil B – B Grunnforhold	M = 1:500
102	Profil A - A Stabilitet, dagens terrengforhold	M = 1:500
103	Profil A – A Stabilitet, med motfylling	M = 1:500

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Norges Geotekniske Institutt (NGI) er engasjert av NVE for å vurdere sikkerheten for boligene i Fiolveien ved Gullholmstranda. Bakgrunnen er at boligfeltet ligger som nærmeste nabo til skredområdet i Kattmarka og at det, i forbindelse med undersøkelser for oppgradering av Kattmarkveien, er påvist kvikkleire i strandsonen nedenfor boligfeltet.

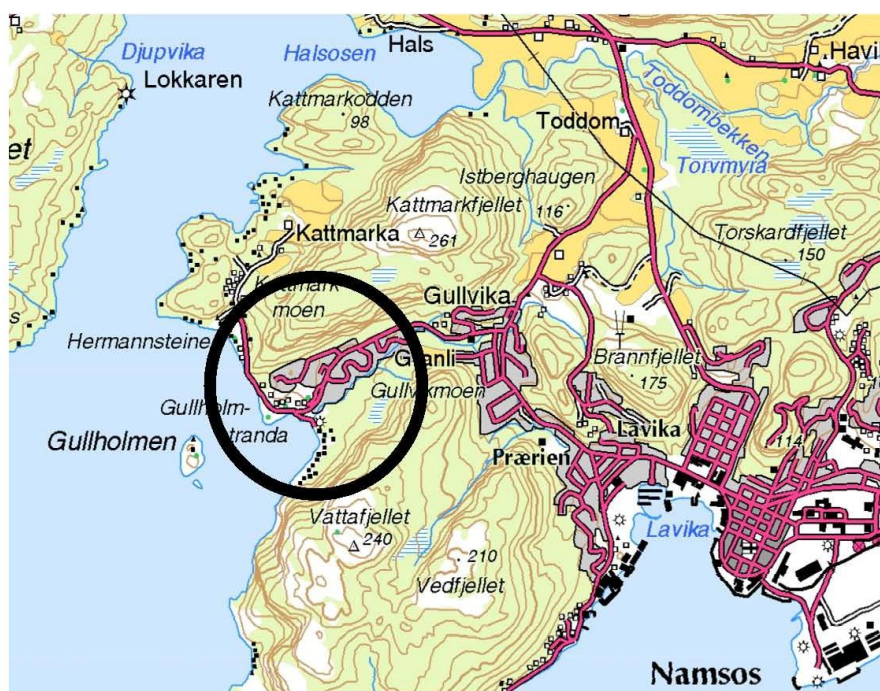
NGI har utarbeidet program for supplerende grunnundersøkelser, besørget oppfølging av feltarbeidene, evaluert boredata, foretatt bestemmelse av leirens styrkeparametere og utført stabilitetsanalyser. Likeledes er det foretatt en evaluering av behovet for stabiliserende tiltak som beskrevet i denne rapporten.

I denne revisjon 1 av rapporten er det gjort en korrigering av udrenert styrke tolket for CPTU trykksonderingen ved hull MC3. Dette på bakgrunn av at Multiconsult, som utførte denne sonderingen, hadde feilaktig korrigert målte poretrykk for lufttrykk. Konsekvensen av dette var at tolket styrke ble for lav ved denne lokasjonen, og at beregnet sikkerhetsfaktor for skråningen også ble noe for lav. Som det fremgår av rapporten påvirker dette likevel ikke anbefalt sikringstiltak i noen vesentlig grad.

2 Grunnforhold

2.1 Topografi og løsmasser

Figur 2.1 viser oversiktskart over det aktuelle området.



Figur 2.1 Oversiktskart

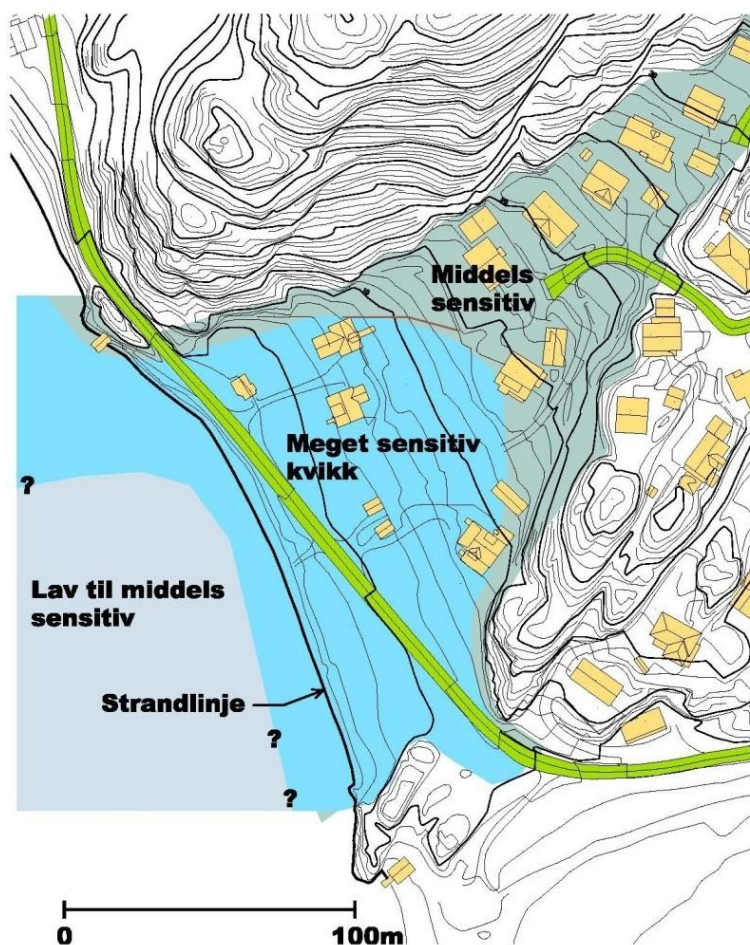
Resultatene fra grunnundersøkelser utført før og etter skredet er sammenstilt i NGIs rapport 20091258-1, datert 03.04.2009, ref./1/. Undersøkelser før skredet, ref./2/.

Tegning 010 - Borplan viser området med beliggenhet av alle utførte boringer. Området er ganske jevnt stigende fra sjøen og ca. 200 m innover. Området er begrenset av fjellrygger i nordvest og sydøst med avstand mellom disse avtagende fra ca 150 m nederst ved sjøen til ca 50 m øverst. Gjennomsnittlig terrenghelning er ca 1:8. Lokalt er helningen noe brattere, 1:6. Utenfor strandlinjen er det langgrunt, og på fjære sjø kan man gå tørrskodd ut til Gullholmen, figur 2.1.

Løsmassene består av marin leire og derunder sand/grus over fjell. Det er relativt store dybder til fast grunn over det meste av området. På den nederste delen av området er det registrert mektigheter av leire på mer enn 20 m i flere borpunkter. På den øverste delen har leiren en tykkelse på gjennomgående mindre enn 10 m. Sand-/gruslagets tykkelse er ikke kartlagt. På tegning 010 er det tegnet inn koter til fjell/fast grunn. Kotene er beheftet med stor usikkerhet, men viser hovedtrekkene i dybdeforholdene i området. Som det fremgår er dybdene størst sentralt gjennom området.

Leiren har gjennomgående dårlig utviklet tørrskorpe, høy sensitivitet (mister styrken ved omrøring) og lav styrke. Laboratorieundersøkelser på opptatte jordprøver viser at tørrskorpen nede ved veien/strandsonen, prøveseriene S2 og S3, har en tykkelse på mindre enn 1 m. Midt oppe på området, prøveserie MC5, har tørrskorpen en tykkelse på ca 2 m.

Leiren betegnes som kvikk på partiet fra strandlinjen og opp til midten av området (Fiolveien 12), se figur 2.2. Sonderingene gir meget lav motstand og laboratorieundersøkelsene viser at vanninnholdet er høyere enn flytegrensen, henholdsvis 30-40 % og 20- 25 %. Omrørt skjærstyrke er mindre enn 0,5 kPa og målte sensitiviteter, prøveseriene S2 og S3, ligger for det meste på mellom 50 og 200. På det øverste partiet ligger omrørt verdi på 2 til 3 kPa og sensitiviteten på mellom 10 og 20 (prøveserie MC5). Sonderingene i dette området viser en viss økning med dybden. Leiren betegnes her som middels sensitiv.



Figur 2.2 Situasjonsplan, kvikkleire. Leiren er meget sensitiv (kvikk) på nedre del av skråningen og middels sensitiv på øvre del.

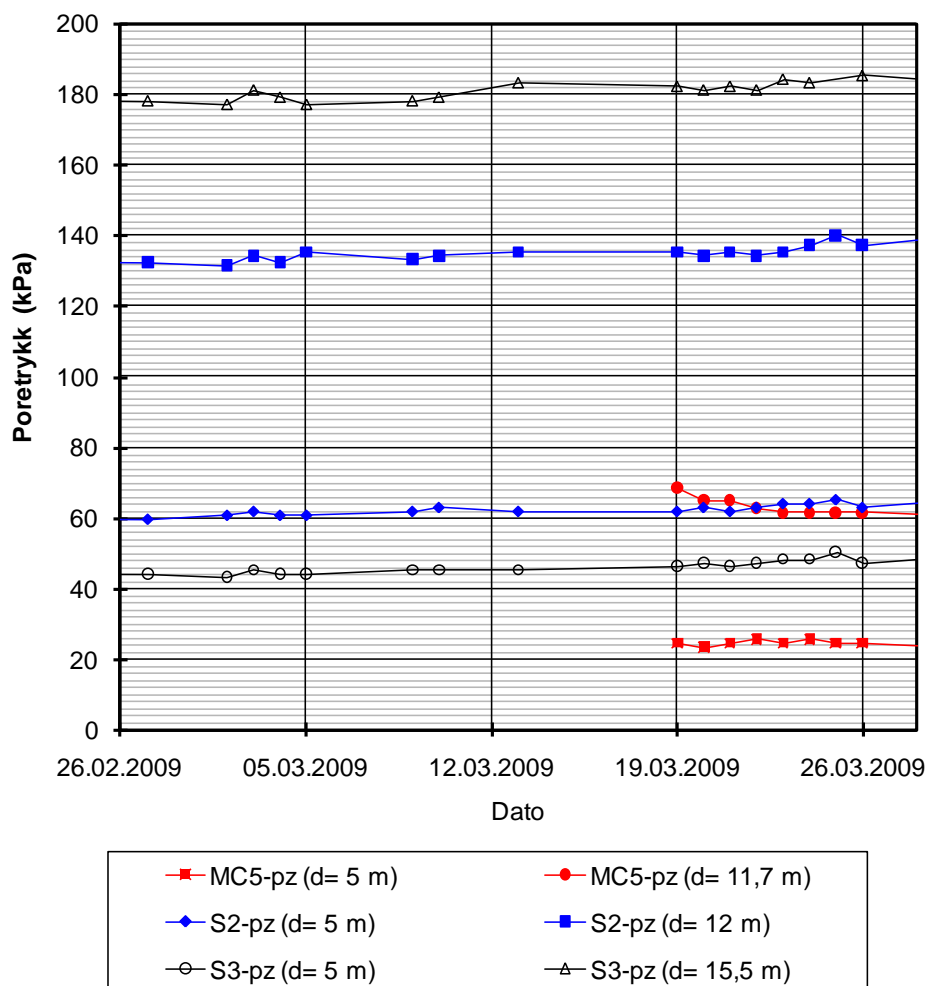
Boringene ute i sjøen viser at det er kvikkleire lengst i nord, nærmest den utstikkende fjellryggen der sprengningsarbeidene ble gjennomført like før skredet inntraff. Sonderingene lenger syd, SV11, SV12 SV14, SV15 og SV16 indikerer middels til lav sensitivitet.

2.2 Poretrykk

Det er målt poretrykk ved tre lokaliteter, to i strandsonen ved hull S2 og S3 og en ved borepunkt MC5 oppe i skråningen, jfr. Tegning 010. Det er installert to målere på hvert sted.

Figur 2.3 viser målte trykk mot tid og tabell 2.1 sammenstiller høyeste og laveste målte trykk.

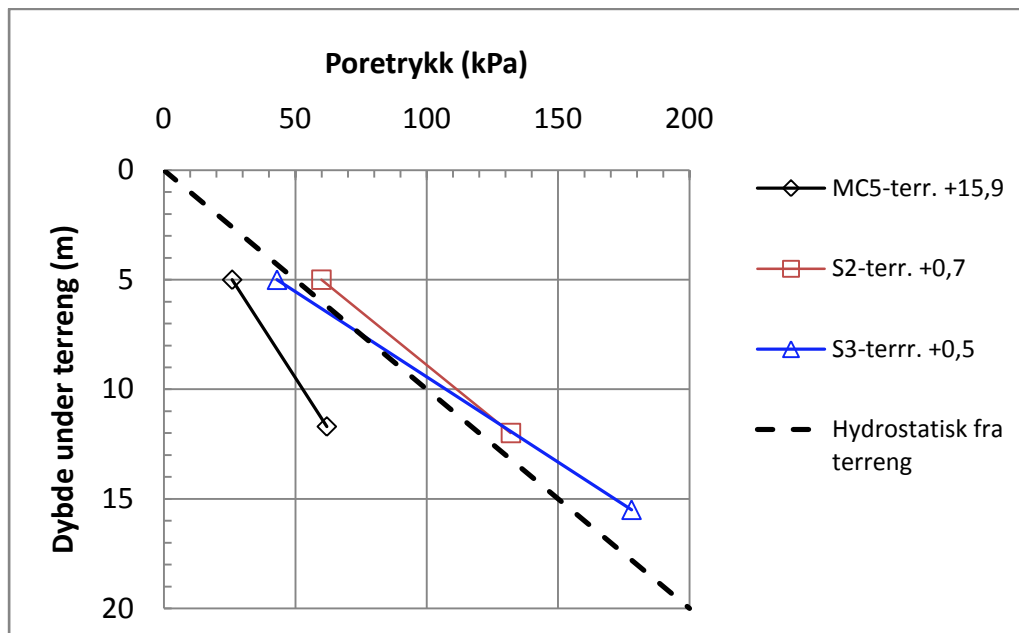
Poretrykkene ved S2 og S3 har vært ganske stabile gjennom måleperioden på 4 uker.



Figur 2.3- Tidsforløp poretrykk

Tabell 2.1- Sammenstilling av målte poretrykk

Måler nr.	Terr. kote (m)	Dybde	Kote spiss (m)	Målte poretrykk	
				Lavt (kPa)	Høyt (kPa)
MC5-pz	15,9	5,0	10,9	26	28
MC5-pz	15,9	11,7	4,2	62	62
S2-pz	0,7	5,0	-4,3	60	65
S2-pz	0,7	12,0	-11,3	132	138
S3-pz	0,5	5,0	-4,5	43	46
S3-pz	0,5	15,5	-15,0	178	186



Figur 2.4- Variasjon i poretrykk med dybde under terreng (basert på lave verdier fra tabell 2.1).

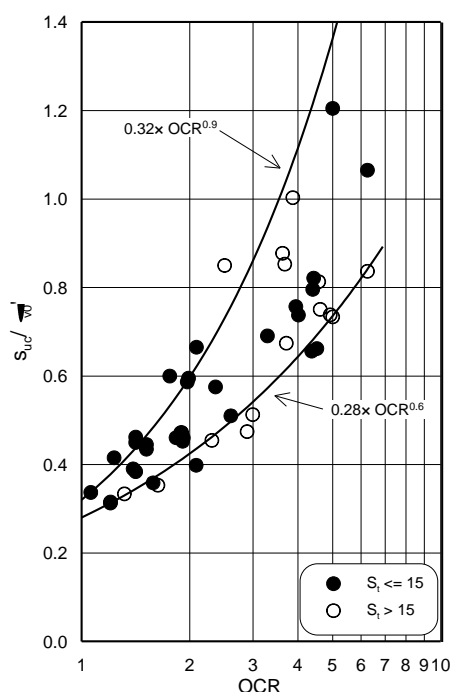
Figur 2.4 sammenlikner de målte poretrykkene mot en hydrostatisk trykkfordeling regnet fra terreng (lave verdier fra tabell 2.1). Målingene ved hull S2 og S3 i strandsonen viser at det er noe artesisk trykk i leira, dvs poretrykk som er høyere enn hydrostatisk og innebærer en oppadgående strømning gjennom leirlaget. Ved hull MC5 oppe i skråningen er det i derimot et betydelig undertrykk med dybden og en nedad rettet strømningsgradient gjennom leira. De forholdsvis lave poretrykkene kan skyldes at det finnes noen drenerende silt eller sandlag i leira.

2.3 Styrkeparametre

Multiconsult hadde utført ødometerforsøk og anisotrop konsoliderte aktive treaxialforsøk på to kvikkleireprøver prøver fra 4,3 m og 6,15 m dybde ved hull S3, /2/. Dette hullet ligger ved sjøkanten rett på utsiden av eksisterende vei. Tabell 2.2 sammenstiller resultater av forsøkene med hensyn til udrenert styrke, s_{uA} og forkonsolideringstrykk, p_c . Merk at ødometerforsøkene var noe vanskelige å tolke forkonsolideringstrykket fra. Overkonsolideringsgraden, OCR, er derfor også tolket ut fra en empirisk relasjon til mellom normalisert udrenert styrke og OCR i figur 2.5, basert på NGIs sammenstilling av styrke data fra forsøk på blokkprøver av meget høy kvalitet i ref. /3/.

Tabell 2.2- Sammenstilling av resultater fra ødometer og treaksialforsøk på prøver fra hull S3

Dybde (m)	σ_{v0} (kPa)	S_{uA} (kPa)	S_{uA} / σ_{v0}	p_c (ødom) (kPa)	OCR-ødom.	OCR basert s_u
4,15	31	18	0,58	ca. 50	1,61	2,0 – 3,3
6,45	49	23,5	0,54	ca. 80	1,63	1,6 – 2,4



Figur 2.5- Relasjon mellom normalisert udrenert styrke fra aktive treaksialforsøk mot overkonsolideringsgrad basert forsøk på blokkprøver av høy kvalitet (fra ref. /3/)

Dataene viser at leira ved borhull MC3 er noe forkonsolidert, antagelig som følge av en kombinasjon av reell forbelastning og langtids sekundærsetninger.

De utførte CPTU trykksonderingene har likevel vært det vesentligste underlaget for valg av udrenert styrke for bruk i stabilitetsberegninger. Aktiv udrenert trykkstyrke, s_{uA} , er tolket fra de empiriske CPTU-korrelasjoner som er anbefalt i /3/. Korrelasjonene er basert på resultat av laboratorieforsøk på blokkprøver av høy kvalitet og målt korrigert spissmotstand, q_t , og poreovertrykk, Δu , og er som følger:

1) Basert på korrigert spissmotstand

$$s_{uA} = (q_t - \sigma_{v0})/N_{kt}$$

For leire med lav sensitivitet ($S_t < 15$)

$$N_{kt} = 7.8 + 2.5 \log OCR + 0.082 I_p$$

For leire med høy sensitivitet ($S_t > 15$)

$$N_{kt} = 8.5 + 2.5 \log OCR$$

2) Basert på poretrykk

$$s_{uA} = \Delta u / N_{\Delta u}$$

For leire med lav sensitivitet ($S_t < 15$)

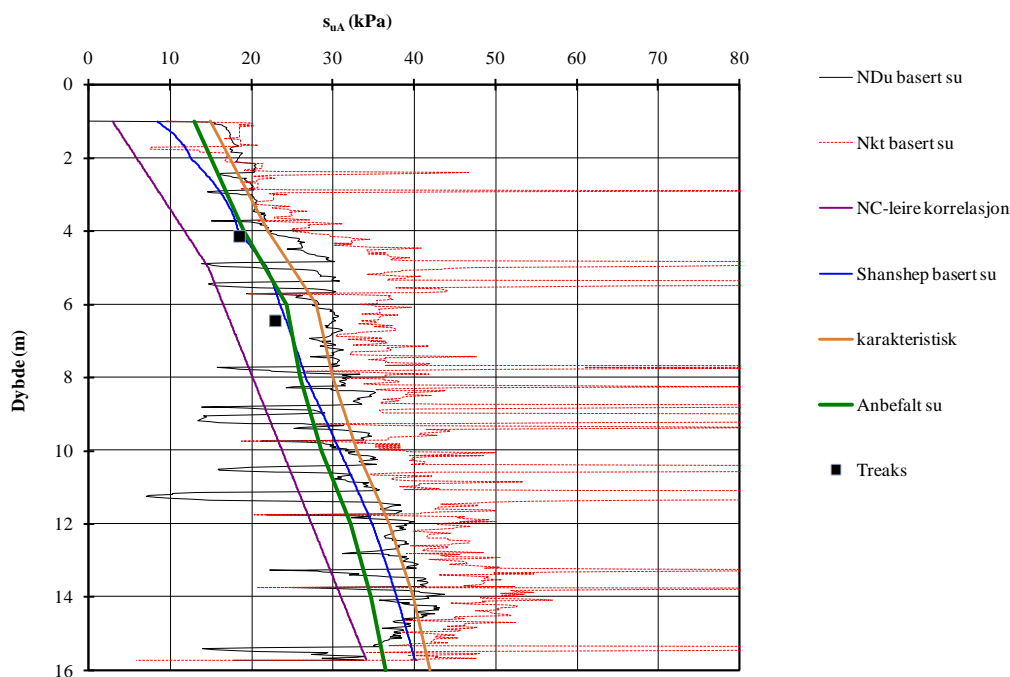
$$N_{\Delta u} = 6.9 - 4.0 \log OCR + 0.07 (I_p) \quad I_p \text{ in } \%$$

For leire med høy sensitivitet ($S_t > 15$)

$$N_{\Delta u} = 9.8 - 4.5 \log OCR$$

I tråd med anbefalinger gitt i /3/ er valgte styrker primært basert poretrykkstolkningen. Dette fordi korrelasjonene relatert spissmotstand generelt viser mer spredning.

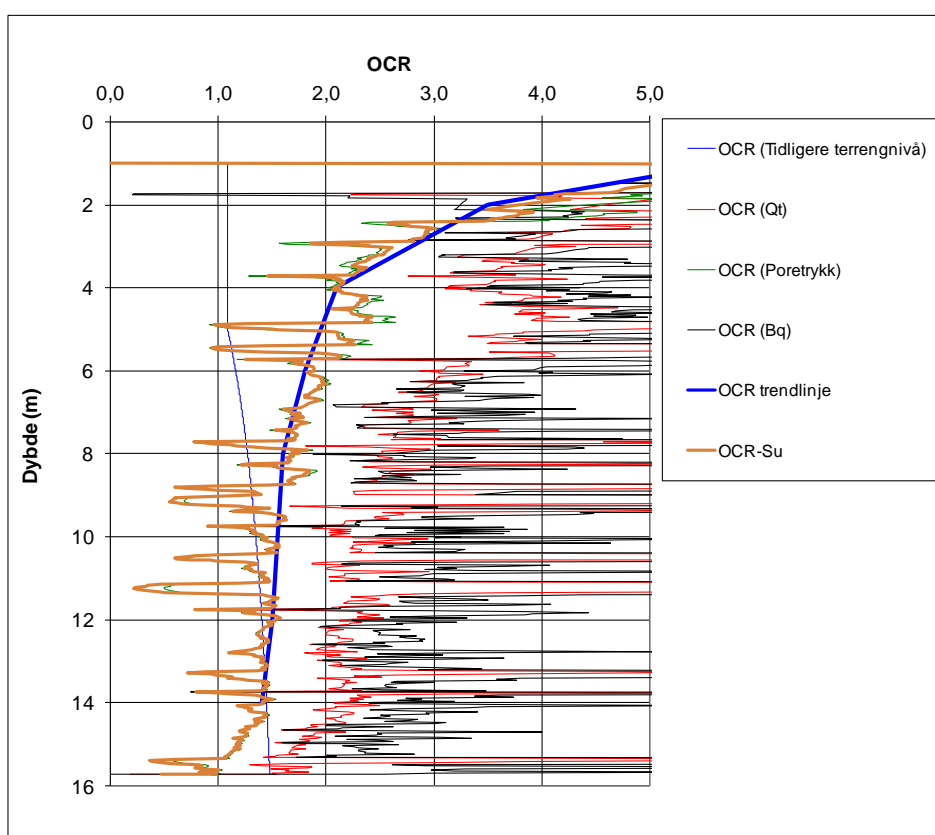
Den OCR som inngår i tolkningen er til en viss grad tilpasset de normaliserte styrkeverdier som kommer ut av tolkningen. Det vil si at OCR er tilbakeregnet ut fra figur 2.5.



Figur 2.6- Udrenert aktiv trykkstyrke tolket fra CPTU S3- terrengkote +0,7.

Figur 2.6 viser et eksempel på tolkede styrker for hull S3 hvor det også er lagt inn resultat fra treaksialforsøkene. Noen kommentarer til denne figuren:

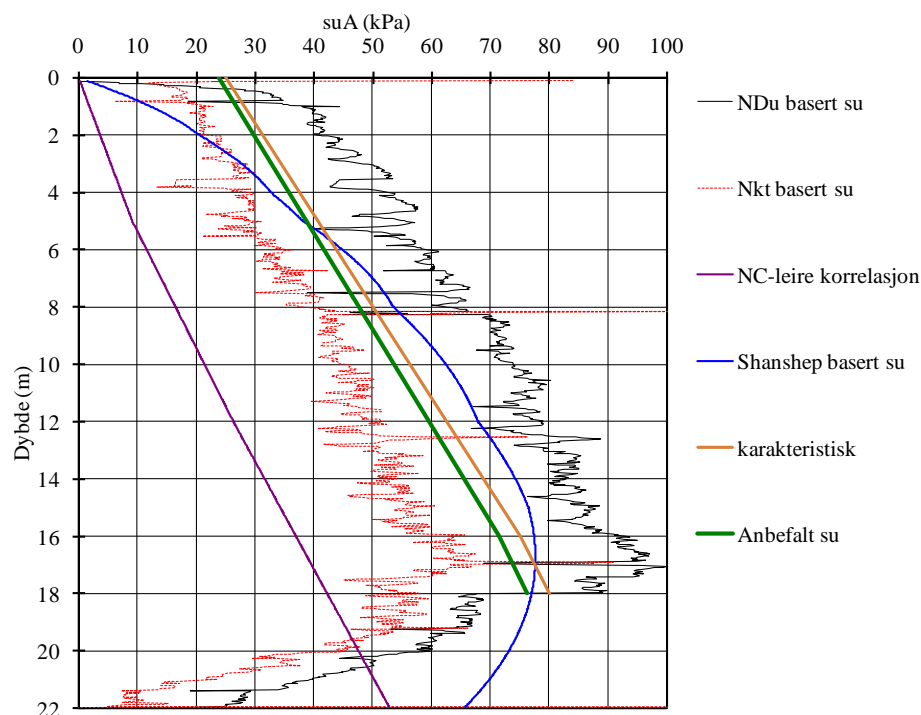
- Kurven kalt **karakteristisk styrke** i figur 2.6 er beste tilpasning til styrke basert på poretryksresponsen.
- Kurven **anbefalt styrke** tilsvarer **karakteristisk styrke** redusert med 15 % for å ta hensyn til potensiell effekt av sprøbrudd på udrenert aktiv trykkstyrke bestemt på grunnlag av blokkprøver. Dette er i tråd med de anbefalinger som er gitt i /4/. Anbefalt styrke ligger nær treaksverdiene. Dette kan forsvares fordi treaksialforsøkene er utført på noe forstyrrede prøver (i motsetning til helt uforstyrrede blokkprøver) som har mistet noe av sin styrke.
- Kurven **NC-leire** tilsvarer en antatt nedre grense for styrken for en leire med $OCR = 1,0$, tilsvarende $s_{uA} = 0,28 \sigma'_{v0}$.
- Kurven **Shansep-basert** legger til grunn at $s_{uA} = 0,28 \sigma'_{v0} OCR^{0,6}$, der OCR er valgt i henhold til antatt trendlinje i figur 2.7. Det er den samme trendlinjen som ligger til grunn for bestemmelse av $N_{\Delta u}$ og N_{kt} ved beregning av styrkeverdiene. Denne trendlinjen er delvis også forankret i OCR tolket fra laboratorieforsøkene (tabell 2.2), og tilbakeregnet **OCR- s_u** linje i figur 2.7..



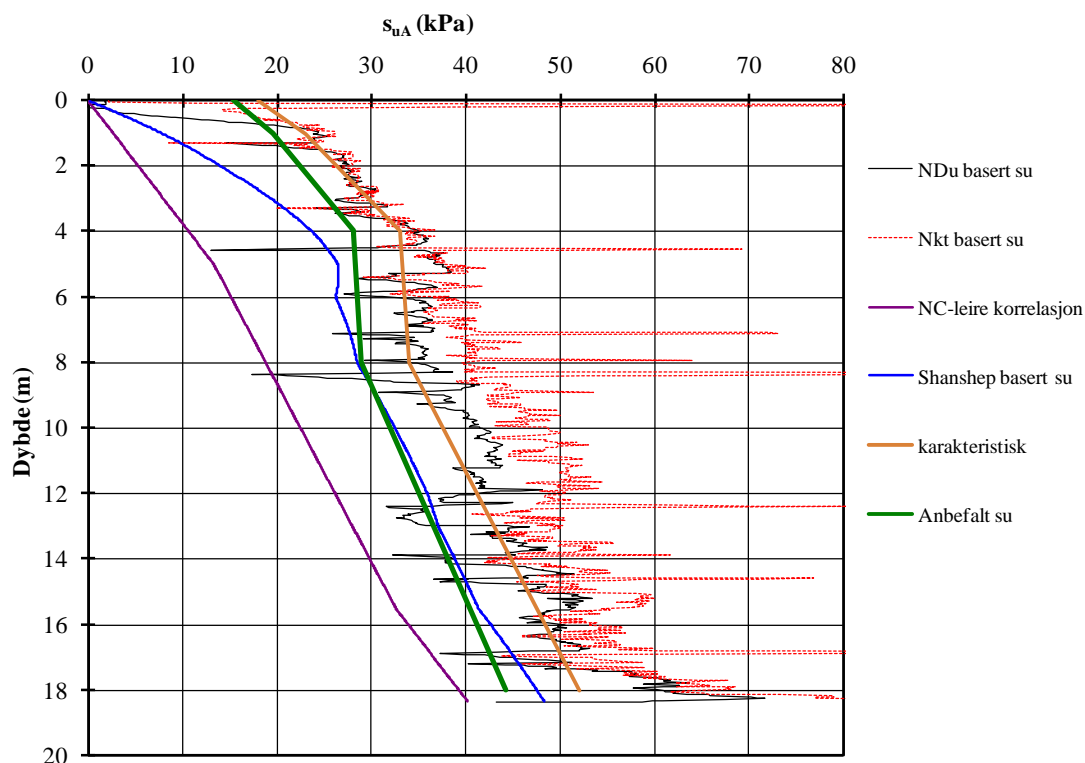
Figur 2.7- OCR bestemt for CPTU S3 med ulike korrelasjoner

Figur 2.8-2.12 viser tolket udrenert styrke basert på de øvrige CPTU boringene ved Fiolveien. De er lagt inn i rekkefølge fra sjøen og opp skråningen. Terrengekote er angitt, se ellers plassering av borepunkter i Tegning 010. Også her er **anbefalt styrke** valgt 15 % lavere enn **karakteristisk styrke** for kvikkleire, men med bare 5 % lavere for ikke-kvikk leire. Noen spesielle bemerkninger kan knyttes til tolkningen av de enkelte boringene:

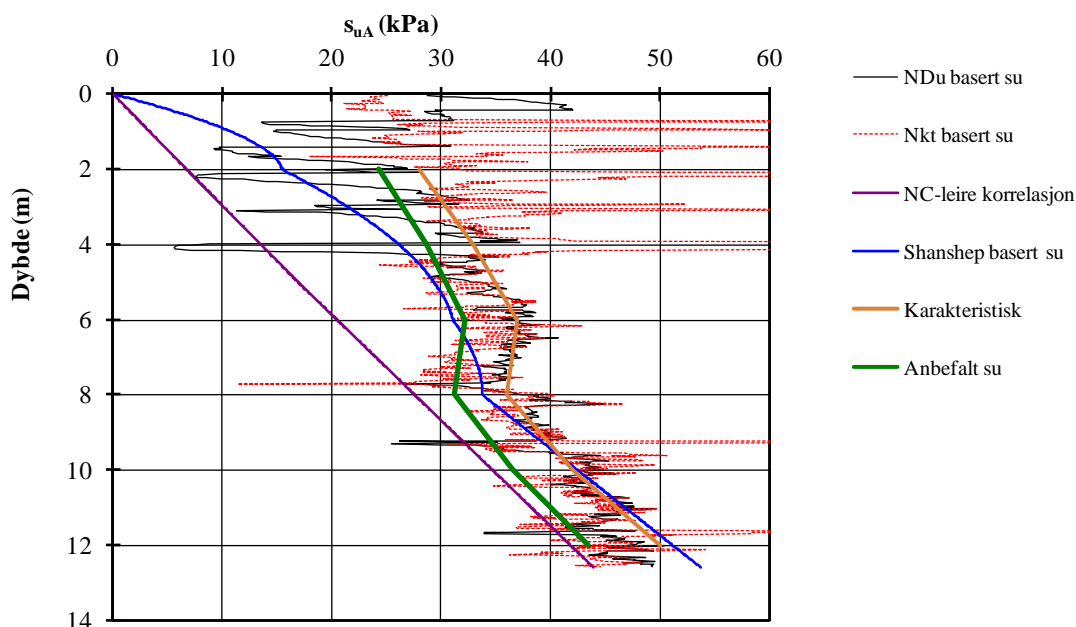
- Boringene SV14 (ikke-kvikk leire!) ute i sjøen viser relativt høye styrker. Det tyder på at sjøen har erodert vekk en del tidligere overliggende masser i dette området.
- Ved SV17 (for det meste kvikkleire) er det et helt urimelig fall i tolket styrke under 18 m dybde, som må tilskrives en eller annen feil ved registreringene. Ellers er styrkene i forhold til dybde også relativt høye her, men ikke så høye som ved SV14..
- Tolket styrke ved MC3 er noe høyere enn ved S3, som representerer de laveste verdiene. Det har vesentlig sammenheng med at det her både er høye poretrykk og at masser antagelig i bare begrenset grad har vært erodert bort i dette området. Under 6 m dybde er **anbefalt styrke** begrenset nedad av NC-leire linjen ($s_{uA} = 0,28 \sigma'_{v0}$).
- Det er markert økning av styrkene ved MC5 og SV7 i forhold til lenger ned i skråningen. Dette har delvis direkte sammenheng med relativt lave poretrykk i dette området.



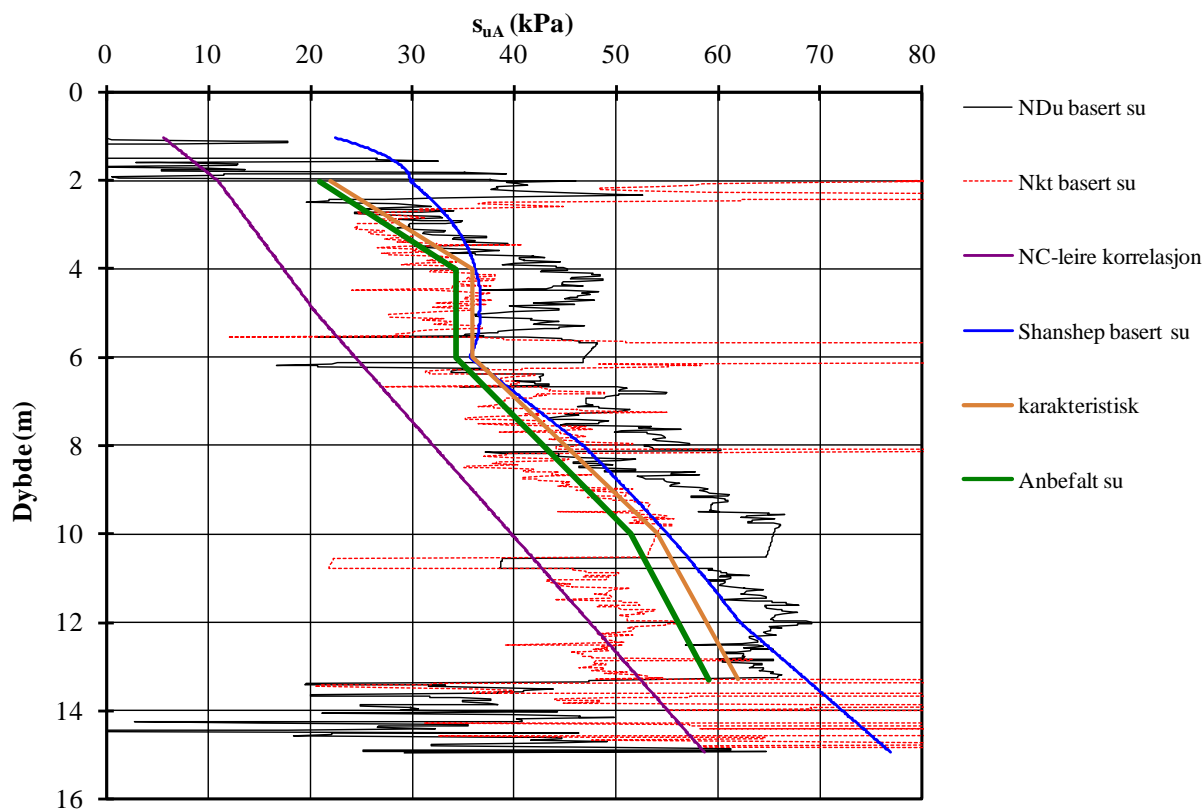
Figur 2.8- Udrenert aktiv styrke tolket fra CPTU SV14- terrengekote -1,1 (ikke-kvikk leire)



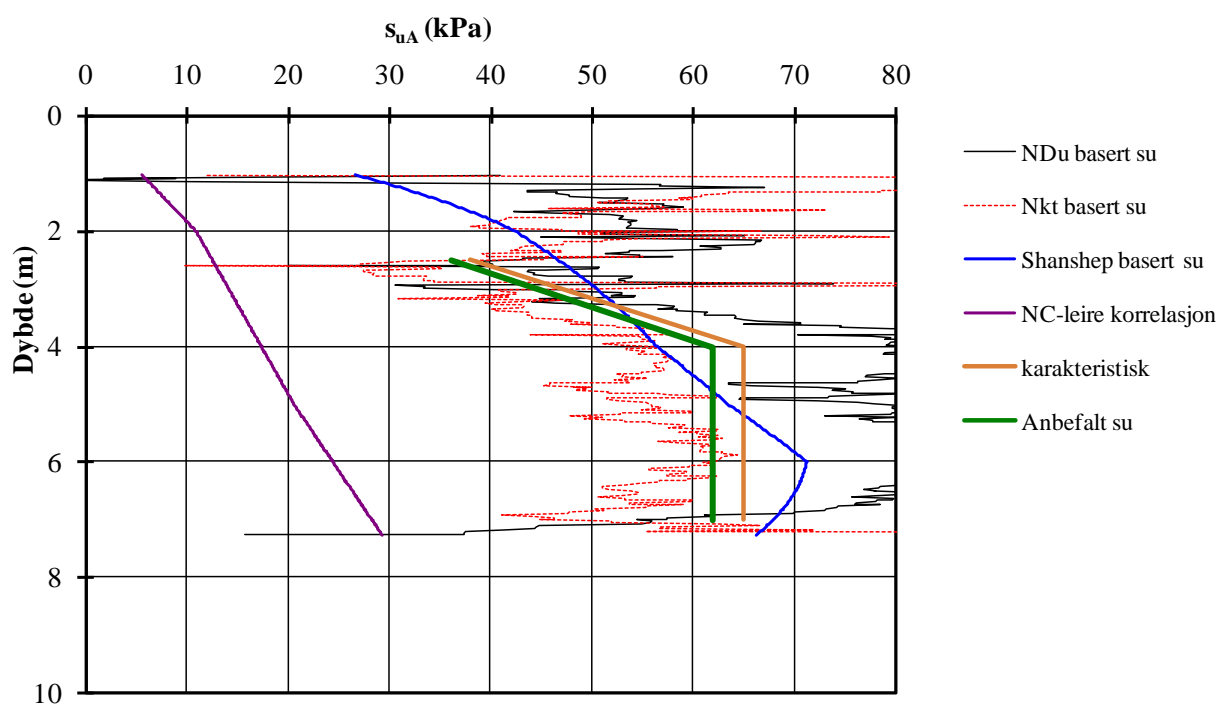
Figur 2.9- Udrenert aktiv styrke tolket fra CPTU SV17- terrengkote -1,1



Figur 2.10 - Udrenert aktiv styrke tolket fra CPTU MC3- terrengkote + 9,9



Figur 2.11- Udrenert aktiv styrke tolket fra CPTU MC5- terrengkote + 15,5



Figur 2.12- Tolket styrke fra CPTU SV7- terrengkote + 21,0 (ikke-kvikk leire)

I stabilitetsberegningene er det tatt hensyn til at udrenert styrke er anisotrop. Basert på de sammenhenger som fremkommer ved forsøk på blokkprøver av høy kvalitet som er presentert i /3/ og /4/ er følgende lagt til grunn:

Direkte simple skjær styrke, $s_{uD} = 0,70s_{uA}$
Passiv udrenert styrke, $s_{uP} = 0,40s_{uA}$

Merk at disse anisotropiforhold er anvendt på **anbefalt** aktiv s_{uA} styrke og at disse styrkene også er valgt som **anbefalt styrke** uten reduksjon for sprøbrudd effekt. Dette fordi DSS og passive treaksial forsøk viser langt mindre styrke reduksjon ved store tøyninger enn aktive forsøk. Dette er også i tråd med anbefalinger gitt i /3/ og /4/.

3 Stabilitetsberegninger

Stabilitetsanalysene er utført for Profil A - A, som går sentralt gjennom området, se tegning 010. Merk imidlertid at i profilet er antatt fjell valgt som dypeste nivå i noen borer i nærheten av profilet. Analyser ble først utført for å vise dagens beregningsmessige sikkerhet mot skred. Deretter ble det utført analyser for å se på effekt av en stabiliserende motfylling i strandsonen.

3.1 Metode

Analysene er utført med beregningsprogrammet GeoSuite Stability, som regner etter grenselikevektsmetoden. Materialfaktoren (tilsvarende sikkerhetsfaktor), γ_M , bestemmes i beregningene ut fra kravet om horisontal-, vertikal- og momentlikevekt. Det er gjort beregninger for både sirkulærsylindriske og sammensatte glideflater for å finne frem til ugunstigste bruddfigur.

En kombinert effektivspennings- og totalspenningsanalyse er benyttet. Leirlaget er modellert med udrenert skjærstyrke (s_u) og anisotropiforhold som gitt i kapittel 2.3. For toppmasser av sand er det antatt en friksjonsvinkel på 35° og for silt/tørrskorpe 30°. Poretrykk er valgt i tråd med høyeste verdier i tabell 2.1.

3.2 Beregningsresultater

Det er utført beregninger for å vise både dagens beregningsmessige sikkerhet mot skred og beregningsmessig sikkerhet etter utlegging av stabiliserende motfylling i strandsonen. Den stabiliserende motfyllingens utstrekning oppover i skråningen er avsluttet mot eksisterende bebyggelse (Kattmarkveien 28 og 30), se figur 3.1 og tegning 103. Fyllingen har en bredde på ca 50 m, gjennomsnittlig tykkelse ca 2 m og lengde 100 m, altså et teoretisk volum på $\approx 10\ 000\ m^3$. Beregningene er utført for sirkulære så vel som sammensatte

glideflater. Beregnet sikkerhet for kritiske glideflater er oppsummert i tabell 3.1. Tallene viser sikkerhetsfaktor uten/med hensyntagen til sidekrefter som diskutert under.

Kritiske glideflater er vist på tegningene 102 (dagens situasjon) og 103 (med motfylling). Som det fremgår er de kritiske glideflatene i dagens situasjon lange og går ut i strandsonen. Lavest sikkerhet, 1,22, er beregnet for glidesirkel I. Det ligger da til grunn at skråningen er av uendelig lang utstrekning, dvs. at sidekrefter ikke er medregnet. Dette er konservativt. Tas sidekrefter med, vil den beregningsmessige sikkerheten for denne glideflaten øke med 10 %. Det vil si fra 1,22 til 1,34. Laveste sikkerhet for sammensatte glideflater er beregnet til 1,29, som med sidekrefter blir 1,40. Etter utlegging av motfylling, vil kritiske glideflater gå ut utenfor motfyllingen. Beregningsmessig sikkerhet for kritisk glideflate etter utlegging av motfyllingen, glideflate II, er 1,34 uten sidekrefter og 1,48 med sidekrefter. For denne glideflaten er sikkerheten forbedret med 7 %. Kritisk glideflate som går ut ovenfor motfyllingen, glideflate III, har en beregningsmessig sikkerhet på 1,39 uten sidekrefter og 1,53 med sidekrefter. Selve motfyllingen har en beregningsmessig sikkerhet mot fjæra utenfor på 1,60, uten sidekrefter.

Tabell 3.1 Beregnet materialfaktor (sikkerhetsfaktor), γ_M

Kritiske glideflate	Uten motfylling	Med motfylling	%-vis forbedring med motfylling
Glidesirkel I, kritisk uten motfylling	1,22/1,34	1,38/1,52	13 %
Glidesirkel II, kritisk med motfylling	1,25/1,37	1,34/1,48	7 %
Glideflate III, kritisk ovenfor motfylling	1,39/1,53	1,39/1,53	0 %
Sammensatt glideflate	1,29/1,40	1,35/1,48	5 %

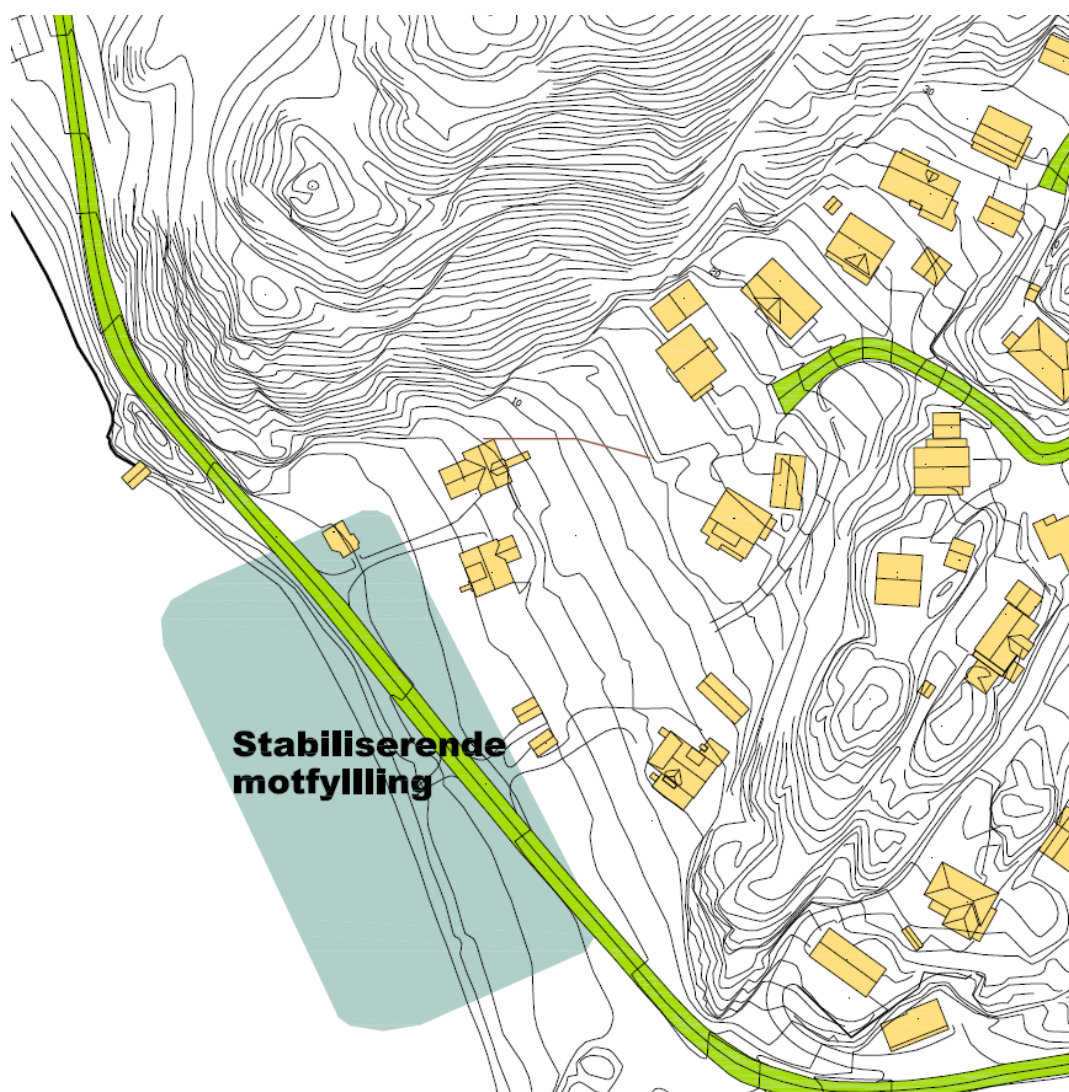
4 Vurdering av skredfare og sikringstiltak

Skråningen har ligget slik den er i dag i meget lang tid, og har en beregningsmessig sikkerhetsmargin. Det er derfor liten fare for skred så lenge forholdene ikke endrer seg. I den sammenheng er det også positivt at det ikke er bekker gjennom dette området som eroderer og forverrer sikkerheten.

I et langsiktig perspektiv er området likevel noe sensibelt for uforutsette inngrep. I forbindelse med den kartlegging av skredrisiko, som NVE har stått for de siste årene, er det satt opp kriterier for risikoklassifisering, ref. /5/. Ved å anvende disse kriteriene for Fiolveien klassifiseres skredrisikoen som middels høy (kasse 3 av 5)

NGI vil på det grunnlag, og under hensyn til skredet som inntraff i Kattmarka, anbefale at man tar sikte på å oppnå en økning av minste beregnede sikkerhetsfaktor på 10 %, og at ingen glideflater bør ha beregningsmessig materialfaktor/sikkerhetsfaktor lavere enn 1,4, når det tas hensyn til geometrieffekten.

Motfyllingen, slik den er vist på figur 3.1 og tegning 103, tilfredsstillers ønsket om en slik stabilitetsforbedring.



Figur 3.1 Forslag til stabiliserende motfylling

5 Referanser

- /1/ NGI (2009)
”Kvikkleireskred Kattmarka, Namsos. Grunnundersøkelser Fiolveien. Datarapport”.
NGI rapport nr 20091258-1, datert 24. april 2009.
- /2/ Multiconsult (2009)
”Namdalsprosjektet, Kattmarkvegen. Geoteknisk prosjekteringsrapport”.
Multiconsult rapport nr 412074-2, datert 16. februar 2009.
- /3/ Karlsrud, K.; Lunne, T.; Kort, D.A.; Strandvik, S. (2005)
CPTU correlations for clays.
International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 16. Osaka 2005. Proceedings, Vol. 2, pp. 683-702.
- /4/ Karlsrud, K. (2003)
Skjærstyrkeegenskaper av leire og bruk i stabilitetsanalyser.
Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger. Kurs Norsk Geoteknisk Forening, Hell 2003. Foredrag 4.2.
- /5/ NGI (2002)
Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire.
Rapport 20001008-2, Revisjon 3, datert 8. oktober 2008

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information													
Dokumenttittel/Document title Kvikkleireskred Kattmarka, Namsos						Dokument nr./Document No. 20091258-2							
Dokumenttype/Type of document			Distribusjon/Distribution			Dato/Date 2009-05-20							
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report			<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited			Rev.nr./Rev.No. 1							
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note			<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited										
			<input type="checkbox"/> Ingen/None										
Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags – og energidirektorat													
Emneord/Keywords Kvikkleire, udrenert skjærstyrke, stabilitet, motfylling													
Stedfesting/Geographical information													
Land, fylke/Country, County Nord-Trøndelag						Havområde/Offshore area							
Kommune/Municipality Namsos						Feltnavn/Field name							
Sted/Location Fiolveien						Sted/Location							
Kartblad/Map N50 1723 IV Namsos						Felt, blokknr./Field, Block No.							
UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL175521													
Dokumentkontroll/Document control													
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001													
Rev./Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision					Egenkontroll/Self review av/by:		Sidemanns-kontroll/Colleague review av/by:		Uavhengig kontroll/Independent review av/by:		Tverrfaglig kontroll/Inter-disciplinary review av/by:	
0	Originaldokument					KK		OG					
1						KK		OG					
Dokument godkjent for utsendelsen/Document approved for release					Dato/Date		Sign. Prosjektleder/Project Manager						



Rapport nr.: 20091258-2
Dato: 2009-05-05
Rev. dato: 2009-05-20
Side: 20 / Rev.: 1

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

NGI arbeider i følgende markeder: olje og gass, bygg og anlegg, samferdsel, naturskade og miljøteknologi.

NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

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

www.ngi.no

NGI is a leading international centre for research and consulting in the geosciences.

NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the environment, installations and structures.

NGI works within the oil and gas, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA. NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002, and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no



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

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

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

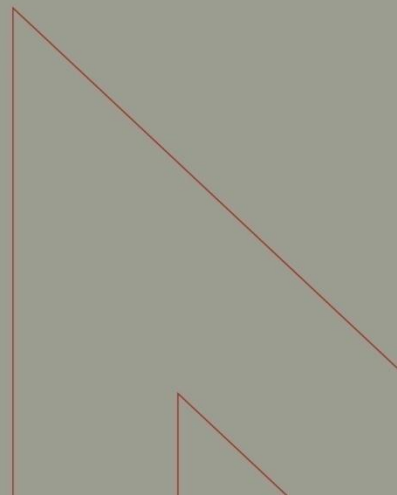
Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

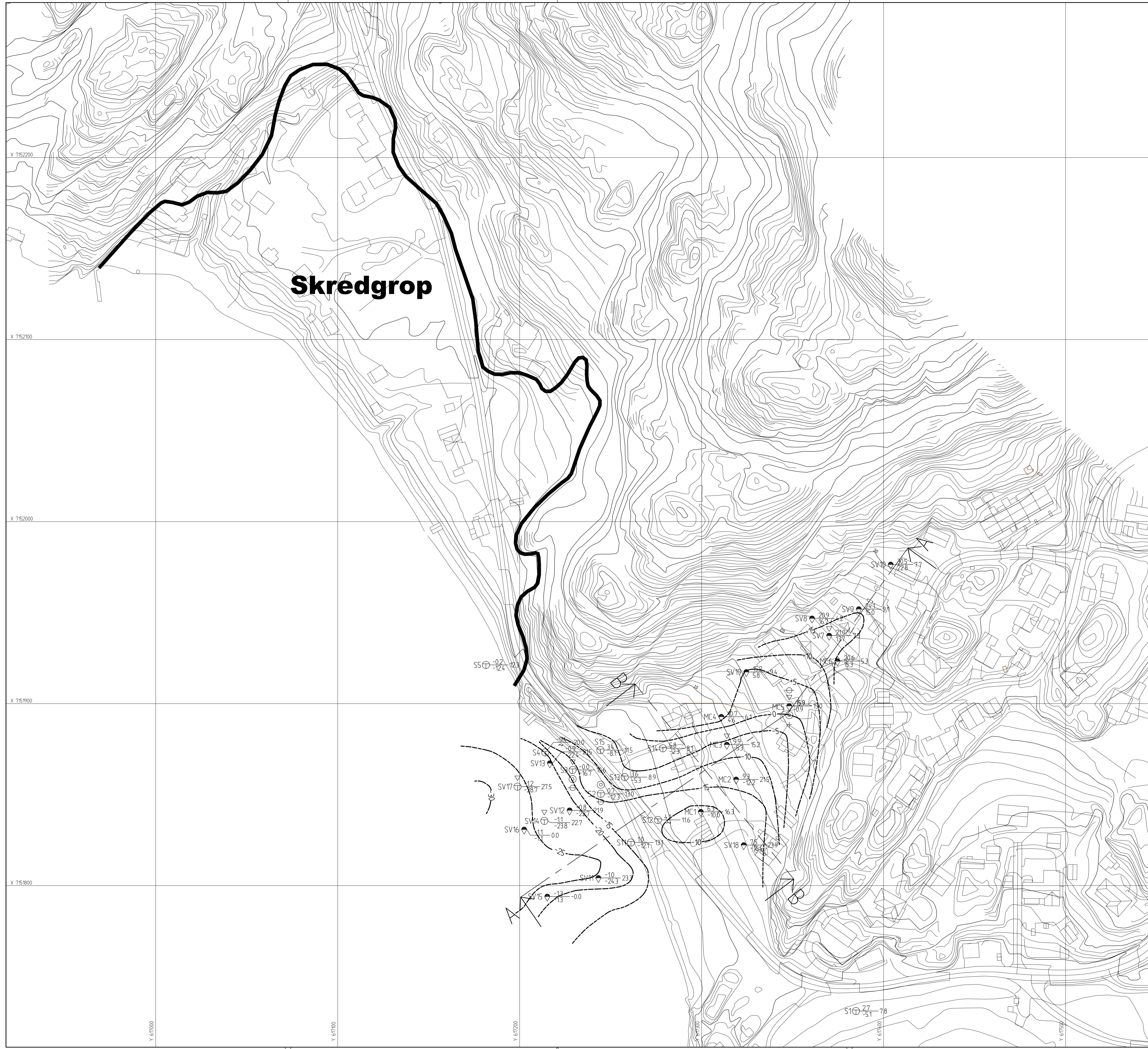
T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

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

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





FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- ⊕ Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

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

Tegningstittel	Tegningsnr.	Rev.
Borplan med koter til fjell/fast grunn	010	

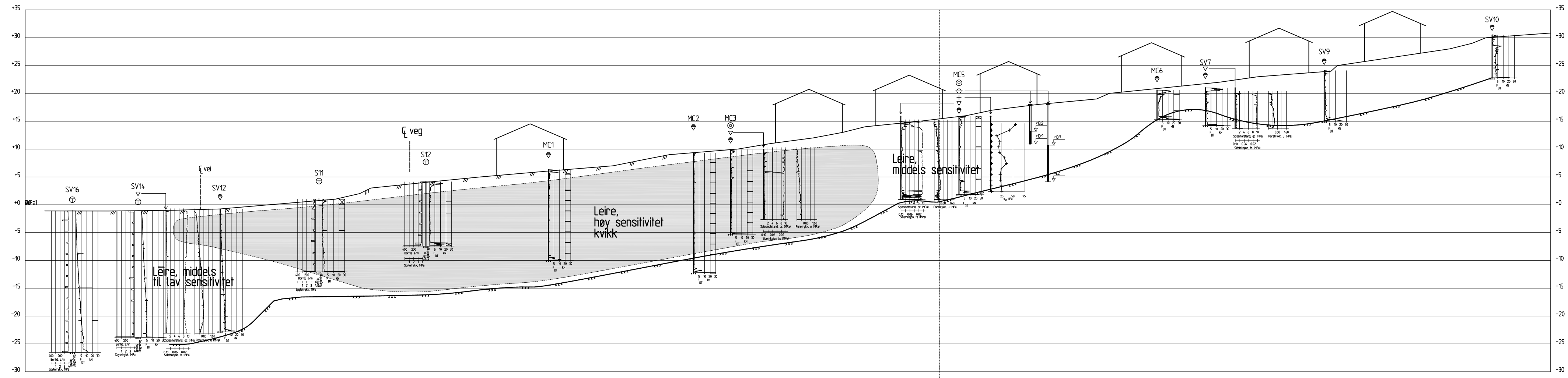
Norges vassdrags- og energidirektorat
Kvikkleireskred Kalfmarka, Namsos

Stabilitetsforhold og sikringsiltak ved Fiolveien
Borplan med koter til fjell/fast grunn

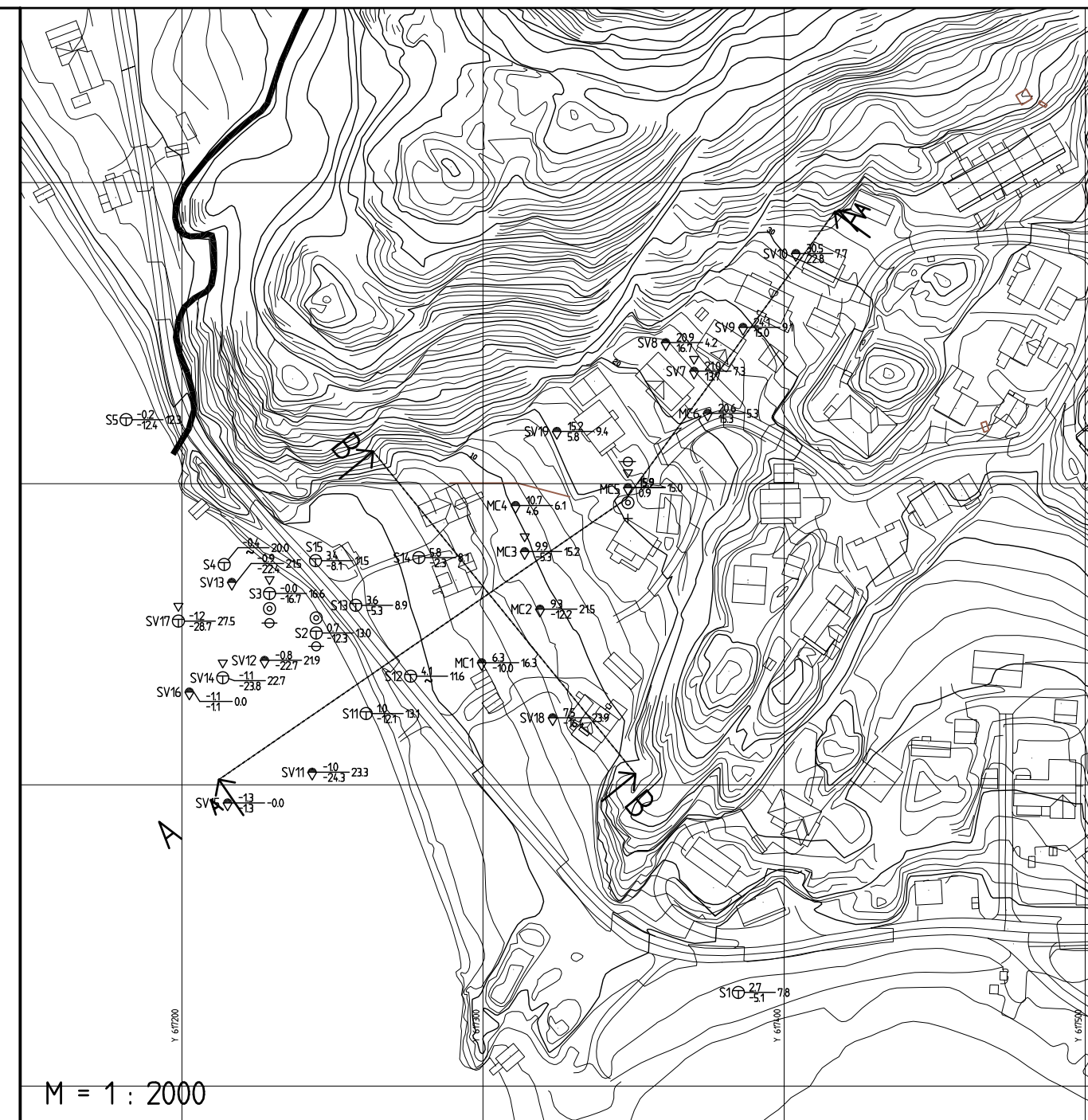
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3830 Lilleløv Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 16.04.2009 Oppdragsnr. 20091258	Kontroll / Eignet KJA Tegningsnr. 010	Kontrollert OG	Godkjent KK
--	---	--	-------------------	----------------



1 : 1000



Profil A-A
1 : 500

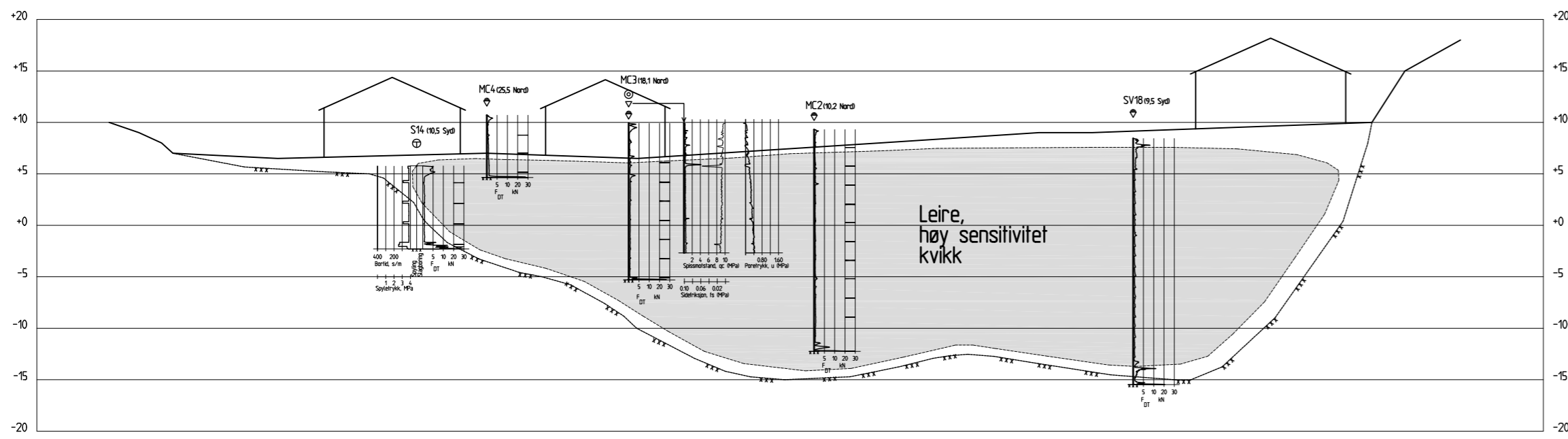


M = 1 : 2000

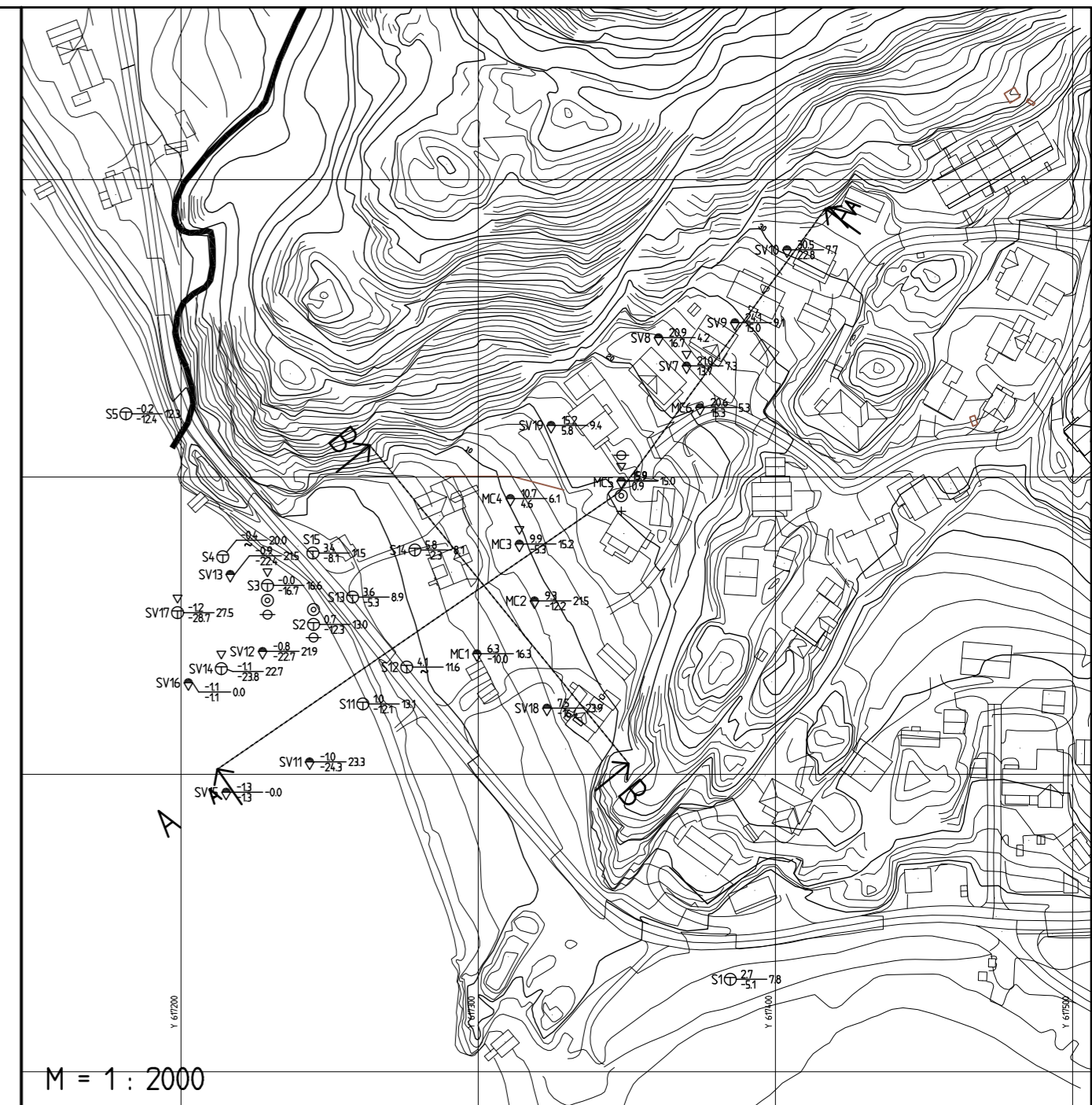
FORKLARINGER:

- Dreiesondering ✱ Fjellkontrollboring ⊙ Prøveserie ⊖ Poretrykksmåling
- Enkel sondering ⬇ Dreietrykksondering □ Prøvegrop ⚡ Fjell i dagen
- ▽ Trykksondering ⊕ Totalsondering + Vingeboring
- ┆ Boring avsluttet ┆ Antatt stein, blokk eller fast grunn
- ┆ Antatt fjell, berg ┆ Boret i fjell
- Antatt fjellførløp

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat Kvikkleireskred Kattmarka, Namsos		Status			
		Original format A3L Tegningens filnavn g\gearkiv\20091258\autograf.rit\100.dwg Målestokk			
Stabilitetsforhold og sikringstiltak ved Fiolveien Profil A-A Grunnforhold		1 : 500 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 15.04.2009 Oppdragsnr. 20091258	Konstr./Tegnet KJA Tegningsnr. 100	Kontrollert OG	Godkjent KK



Profil B-B
1 : 500



M = 1 : 2000

FORKLARINGER:

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ┆ Boring avsluttet
- ┆ Antatt fjell, berg
- ┆ Antatt fjellførlop
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◊ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ┆ Antatt stein, blokk eller fast grunn
- ┆ Boret i fjell
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

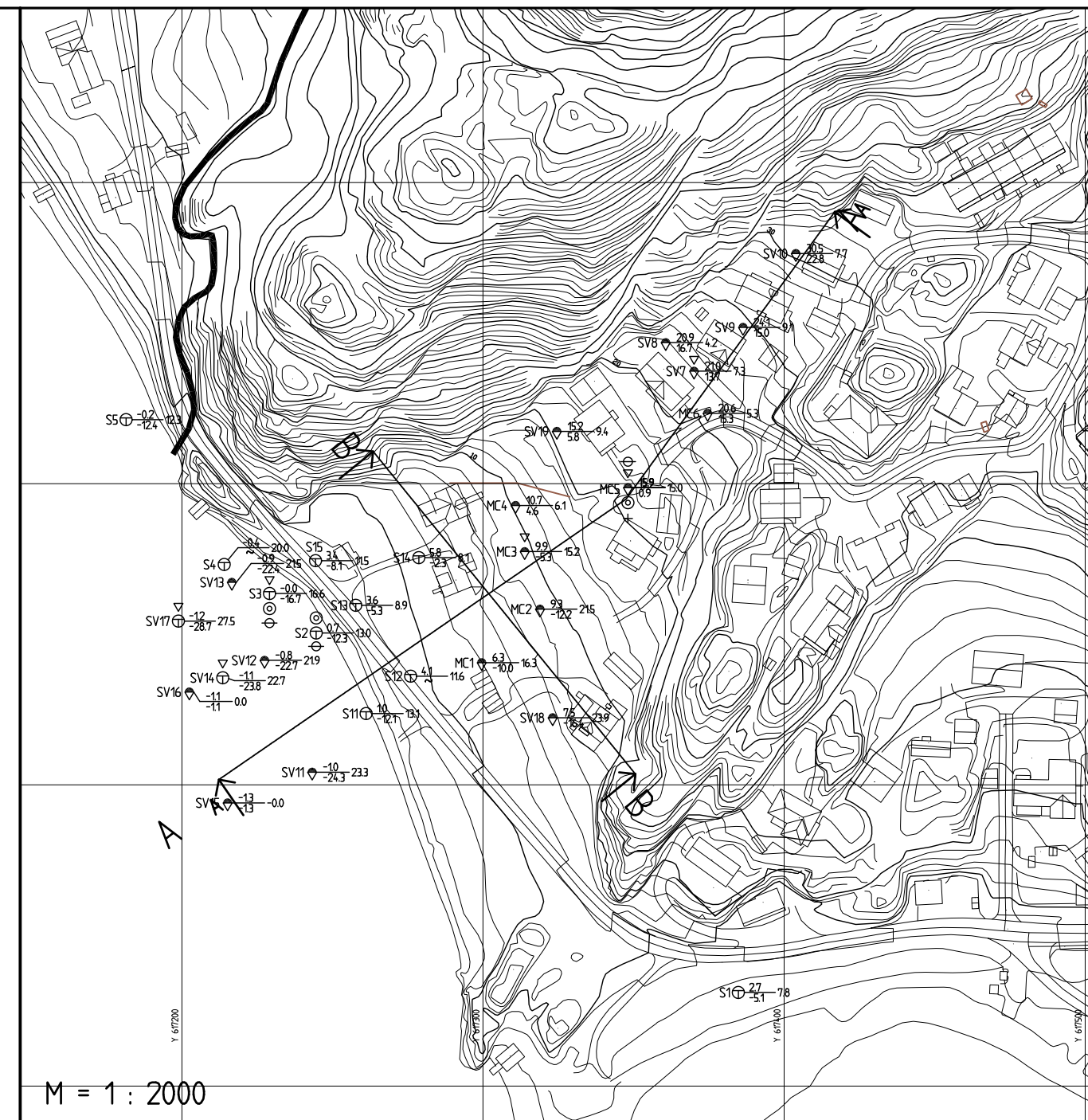
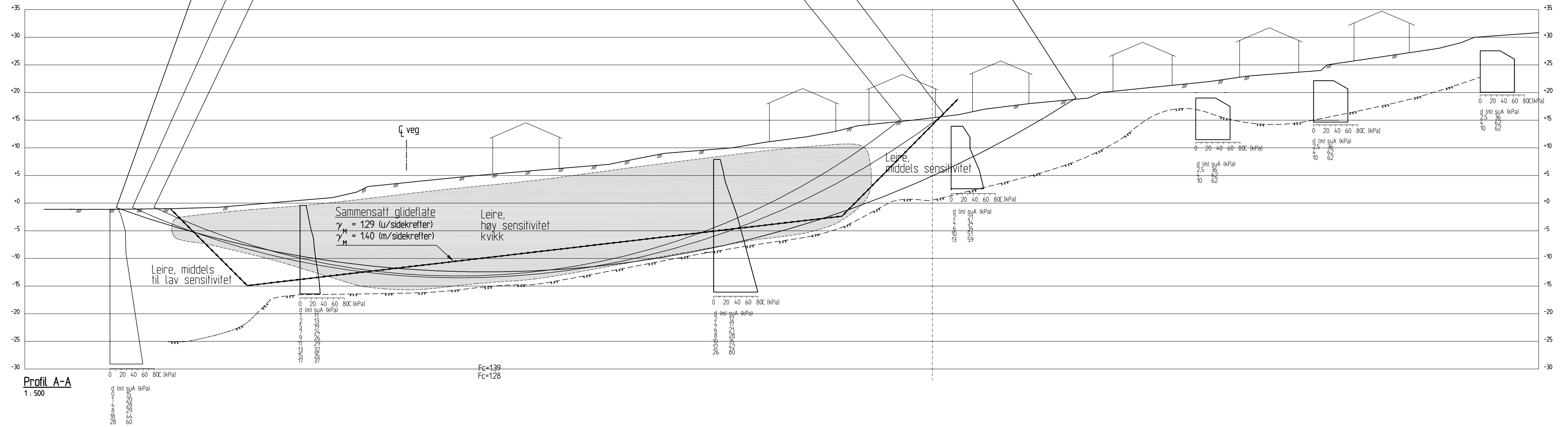
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Norges vassdrags- og energidirektorat Kvikkleireskred Kattmarka, Namsos	Status			
		Original format A3L			
		Tegningens filnavn g\geoparkiv\20091258\autograf.rit\101.dwg			
		Målestokk			
	Stabilitetsforhold og sikringstiltak ved Fiolveien Profil B-B Grunnforhold	1 : 500			
		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 15.04.2009 Oppdragsnr. 20091258	Konstr./Tegnet KjA Tegningsnr. 101	Kontrollert OG	Godkjent KK

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	AltGw	Ru-factor	PWPress.
Motfylling	3	19.00	42.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Sand	4	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Silt	5	19.50	30.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Leire	2	19.50	---	---	C-profil	1.00	0.70	0.40	0.00	0.00	0.00
Sand-grus	1	19.50	35.0	0.0					0.00	0.00	0.00
Berg											

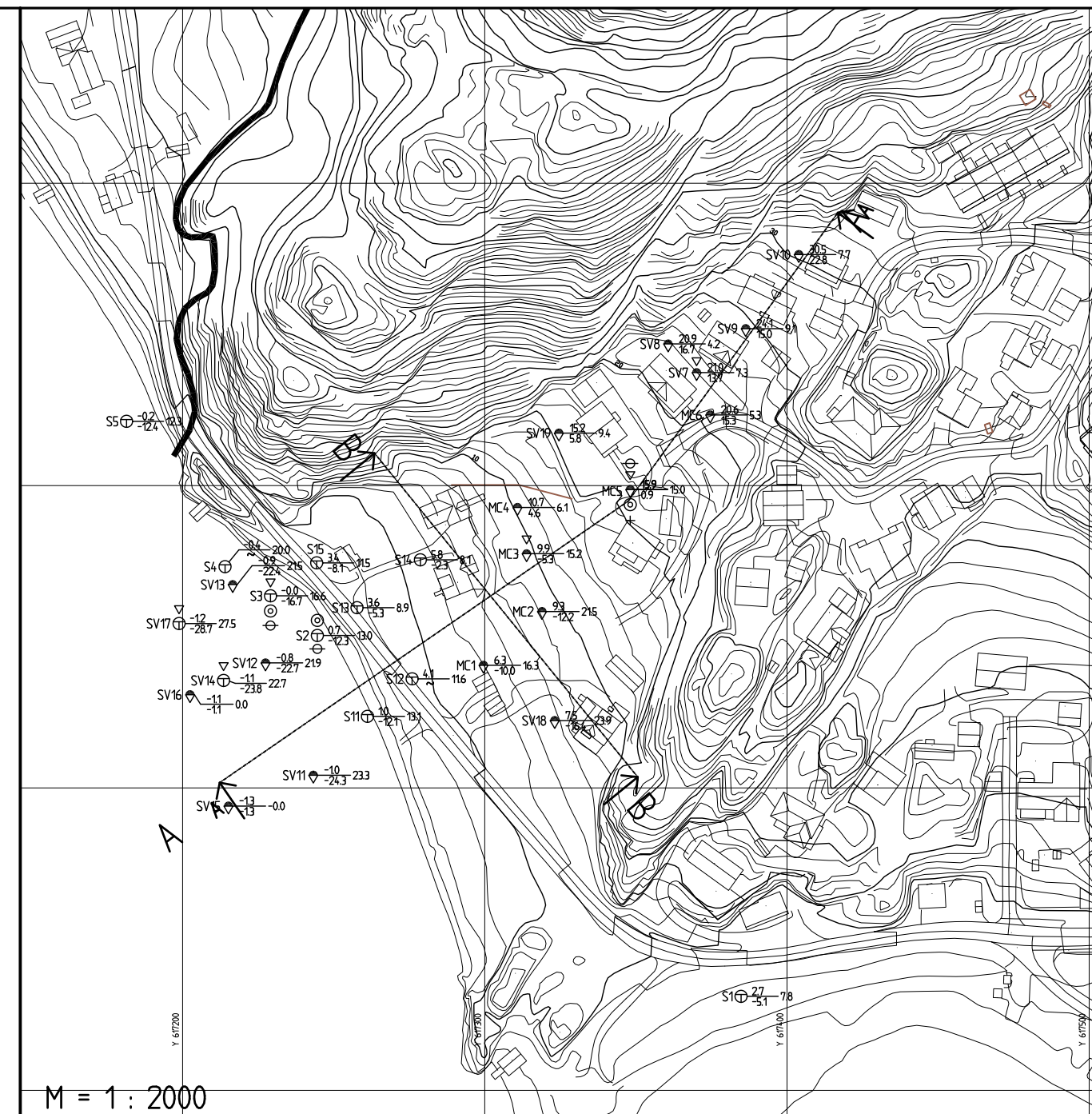
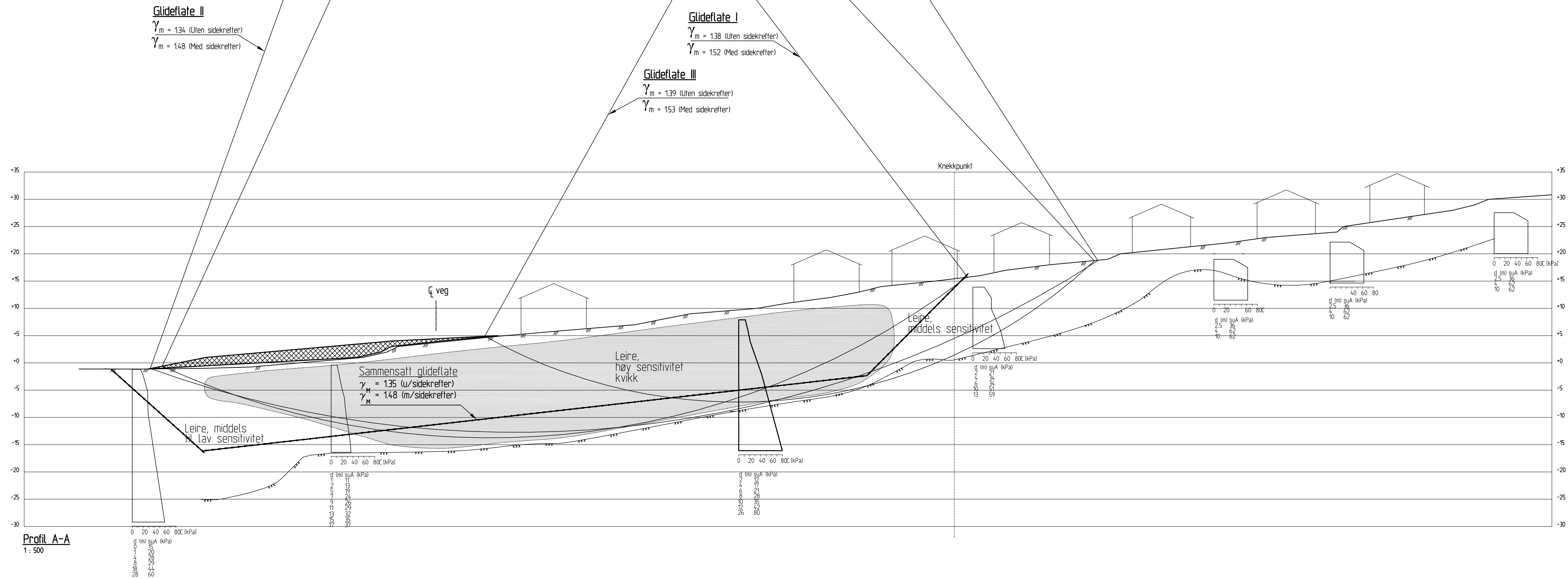
Glideflate II
 $\gamma_m = 125$ (Uten sidekrefter)
 $\gamma_m = 137$ (Med sidekrefter)

Glideflate I
 $\gamma_m = 122$ (Uten sidekrefter)
 $\gamma_m = 134$ (Med sidekrefter)

Glideflate III
 $\gamma_m = 139$ (Uten sidekrefter)
 $\gamma_m = 153$ (Med sidekrefter)



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat Kvikkleireskred Kattmarka, Namsos			Original format A3L Tegningens filnavn g\gearkiv\20091258\autograf.rit\102.dwg Målestokk		
Stabilitetsforhold og sikringstiltak ved Fiolveien Profil A-A Stabilitet, dagens terrengforhold			1 : 500 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 25.05.2009 Oppdragsnr. 20091258	Konstr./Tegnet KJA Tegningsnr.	Kontrollert OG	Godkjent KK
			102		



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Norges vassdrags- og energidirektorat Kvikkleireskred Kattmarka, Namsos		Original format A3L Tegningens filnavn g\gearkiv\20091258\autograf.rit\103.dwg M\bestokk			
Stabilitetsforhold og sikringstiltak ved Fiolveien Profil A-A Stabilitet, med motfylling		Dato 25.05.2009 Oppdragsnr. 20091258	Konstr./Tegnet KJA Tegningsnr.	Kontrollert OG	Godkjent KK
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		103			