

# RAPPORT

Suldal kommune

Suldal. Ras i Suldalslågen  
Stabilitet og geotekniske anbefalinger

Geoteknisk rapport  
111304r2

7. mai 2015

Prosjekt: Suldal. Ras i Suldalslågen  
Dokumentnavn: Stabilitet og geotekniske anbefalinger  
Dokumentnr: 111304r2  
Dato: 7. mai 2015

Kunde: Suldal kommune  
Kontaktperson: Endre Gjil  
Kopi: Kon-Sul AS v/Reidar Blesvik

Rapport utarbeidet av: Lars Erik Haug  
Rapport kontrollert av: Geir Solheim  
Prosjektleder: Geir Solheim

---

**Sammendrag:**

I oktober 2014 gikk det et ras i en elveskråning i Suldalslågen ved Sand i Suldal kommune. GrunnTeknikk AS er engasjert for å gjøre grunnundersøkelser og gi geotekniske råd og anbefalinger vedrørende raset.

Kon-Sul AS v/Reidar Blesvik er engasjert av Suldal kommune til å følge opp nødvendige arbeider med raset og har vært vår kontaktperson i oppdraget.

Utførte grunnundersøkelser viser generelt relativt faste masser av sand og silt (elveavsetning) over siltig leire som blir bløt og sensitiv (kvikk) i dybden.

Beregninger viser at det kan oppnås tilstrekkelig prosentvis forbedring av sikkerhet ved topografiske endringer i form av terrengavlastning og motfylling ved elvekanten.

Foreliggende rapport inneholder resultater fra stabilitetsberegninger og gir generelle råd og anbefalinger vedrørende sikringstiltak for skråningen ned mot Suldalslågen.

## INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning.....	4
2	Terreng og grunnforhold.....	5
3	Raset oktober 2014 og tidligere ras i området.....	6
4	Faregrad-, skadekonsekvens og risikoevaluering.....	8
4.1	Faregradsevaluering.....	8
4.2	Skadekonsekvens.....	9
4.3	Risikoklasse.....	10
4.4	Konklusjon.....	11
4.5	Tiltakskategori og krav til sikkerhet.....	11
4.5.1	Tiltakskategori vegtiltak.....	11
4.5.2	Tiltakskategori boligformål.....	12
5	Stabilitet.....	13
5.1	Kriterier for skred.....	13
5.2	Skredmekanismer, generelt.....	13
5.3	Stabilitetsberegninger.....	14
5.3.1	Generelt.....	14
5.3.2	Opprinnelig situasjon.....	15
5.3.3	Beregninger for stabiliserende tiltak.....	15
6	Konklusjon. Anbefaling av tiltak.....	18
6.1	Tiltak.....	18
6.2	Anleggsmessige forhold.....	19
7	Sluttkommentar.....	20

## TEGNINGER

Tegn nr.	Tittel	Målestokk
0	Oversiktskart	1:30 000
5	Situasjonskart med inntegnet faresone	1:1000

## VEDLEGG

1	Beregningsutskrifter stabilitet	9 sider
---	---------------------------------	---------

---

**REFERANSER**

- [1] NVE. «Flaum og skredfare i arealplanar» 2-2011
- [2] NTNU presentasjon. «Utløsende årsaker og ulike bruddmekanismer for kvikkleireskred» av Anders Gylland. SVV Teknologidagene 2009.
- [3] NGU Rapport 2012.040 av Jean-Sebastien L'Heureux/Inger Lise Solberg Utstrekning og utløpsdistanse for kvikkleireskred basert på katalog over skredhendelser i Norge
- [4] NVE. «Sikkerhet mot kvikkleireskred» 7-2014
- [5] GrunnTeknikk AS rapport 111304r1 av 2. mars 2015
- [6] Statens vegvesen Veglaboratoriet. Grunnundersøkelser Rv.46 Tjelmane bru. Rapport L-189B, rapp.nr.1
- [6] Statens vegvesen Vegdirektoratet. Grunnundersøkelser Rv.46 Sand i Ryfylke. Rapport 471/66, august 1966
- [7] Statens vegvesen. Grunnundersøkelser Rv.46 Sand-Osen, parsell Sand-R\Tjelmane bru. Oppdrag nr LD-37A, rapport nr 1 januar 1975.
- [8] Statens vegvesen. Grunnundersøkelser Rv.46 Sand Rallabekken bru. Oppdrag nr LD-113A, rapport nr 1 januar 1976.
- [9] Statens vegvesen. Grunnundersøkelser FV. 689, rv.46 Litle Haga bru. Oppdrag nr LD-121A, rapport nr 1 mai 1976.
- [10] NGI-rapport 20001008-2, rev. 3 datert 08.10.2008. Metode for faregradsevaluering.
- [11] GrunnTeknikk AS Teknisk beregning stabilitet. 111304tb1 datert 2. mars 2015



## 1 Innledning

17. oktober 2014 gikk det et ras i en elveskråning i Suldalslågen ved Sand i Suldal kommune. GrunnTeknikk AS er engasjert av Suldal kommune for å utføre grunnundersøkelser og beregninger vedrørende stabilitet, samt gi råd og anbefalinger vedrørende raset og aktuelle tiltak.

Vi har tidligere utført grunnundersøkelser for oppdraget. Resultatene er presentert i GrunnTeknikk AS rapport 111304r1 av 23. februar 2015, ref.[5].

Reidar Blesvik i Kon-Sul AS er engasjert av Suldal kommune til å koordinere arbeidene med raset og har vært vår kontaktperson i oppdraget.

Foreliggende rapport inneholder resultater fra stabilitetsberegninger, faregradsevaluering iht NVE's retningslinjer samt råd og anbefalinger vedrørende raset og stabiliserende tiltak.



Bilde 1 Fotos tatt hhv 17. og 24. oktober 2014 (fra Kon-sul AS)

## 2 Terreng og grunnforhold

Resultater fra grunnundersøkelsene og beskrivelse av grunnforholdene er beskrevet i geoteknisk datarapport. For en mer detaljert beskrivelse av terreng og grunnforhold i området vises til geoteknisk rapport 111304r1 av 2. mars 2015, ref [5]. En kort oppsummering av beskrevet i det følgende.

Suldalslågen er et meandrerende, regulert vassdrag som har sitt utløp ved Sand. Ved Hauga ca. 1,7 km sørøst for Sand sentrum, gjør elva en ca. 180 grader sving. I yttersving er det en bratt skråning opp til en elveterrasse ca. 15 m over vannspeilet i Lågen. Det aktuelle raset gikk i denne skråningen, vist på NGU's løsmassekart under. Litt lenger inne på elveterrassen går Sandvegen, Rv.46.

Utførte grunnundersøkelser viser generelt relativt faste masser av sand, grus og silt (elveavsetning) over leire/silt som blir bløt og sensitiv (kvikk) i dybden. Det er registrert kvikkleire fra tilnærmet nivå med elvebunnen og videre til stor dybde.

Totalsonderingene nærmest raset viser et topplag av antatt grusig sand med høy bormotstand. Topplaget er ca. 4-5 m tykt. Videre er det registrert lav men økende bormotstand ca. 8 m i antatt leire/silt før bormotstanden avtar med dybden ned til boringene er avsluttet på inntil 35 m dybde i løsmasser uten å treffe berg. Avtagende bormotstand tyder på sensitive/kvikke masser til stor dybde.

Utførte boringer mot sørvest viser et noe tykkere topplag av sandige masser, men bormotstanden i dybden er imidlertid sammenfallende med forløpet på borkurvene nærmest elva.. Lagdelingen i området er tilnærmet horisontal.

Det er ikke utført boringer nede i selve rasområdet. Boringer på motsatt elvebredd viser lav og tilnærmet konstant bormotstand i bløte og sensitive masser/kvikkleire allerede fra ca. 2 m under terreng. Nivået samsvarer tilnærmet med bunnen av elva.

Undersøkelsene tyder på et underliggende kvikkleirelag i hele dalbredden i nivå med bunnen av elva.

Oversiktsbilde fra 1881.no sin kartløsning er vist under.



Bilde 2 Oversiktsbilde fra 1881.no sin kartløsning.



### 3 Raset oktober 2014 og tidligere ras i området

Det aktuelle raset 17. oktober 2015 gikk i en yttersving i elva. Vi har forstått at det helt fram til raset gikk ble utfylt masser på toppen av elveskråningen i en lokal forsenkning. Det skal være fylt ut ca 1000 m<sup>3</sup> før raset gikk. Ingen maskiner eller mennesker ble direkte berørt/skadet av raset. En eksisterende OV-ledning ble forlenget ca 15 m ut i det utfylte området. Ut fra bilder var ledningen sterkt vannførende og med rørdimensjon ca 500 mm. Raset var 50-60 m bredt (se bilde 1).

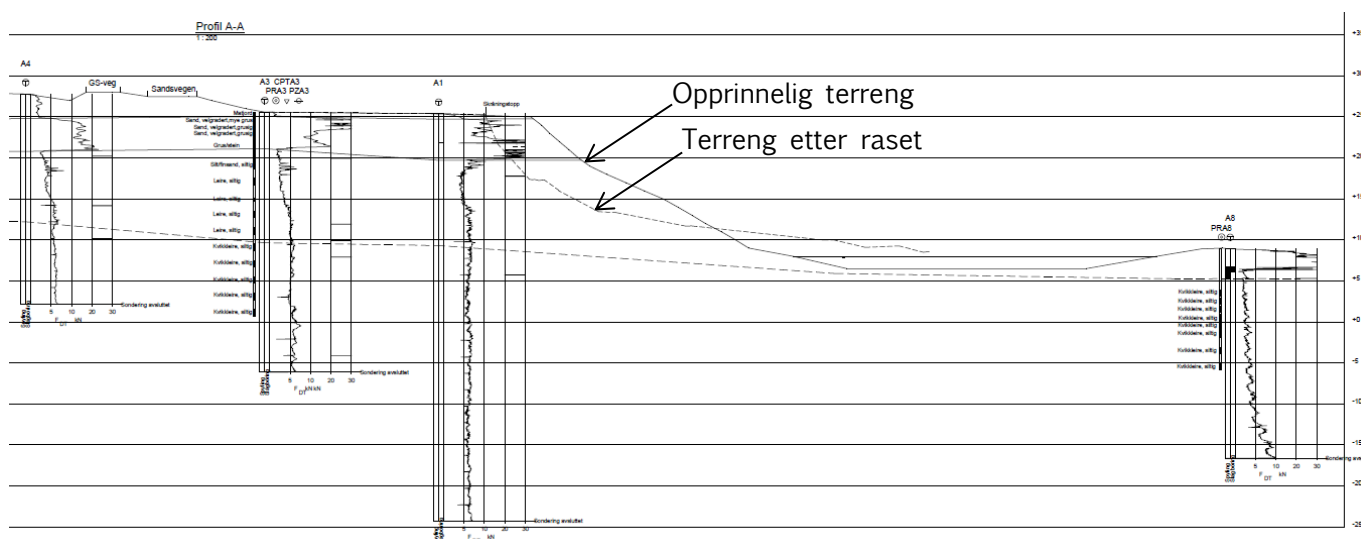
Hoveddelen av raset har gått i sandige og siltige masser i øvre lag ned til 13-14 m dybde. Under denne lagpakken har glidningen/bruddet også har gått ned i underliggende kvikkleire. Raset fikk imidlertid ikke noen bakovergrepene utvikling som er typisk for kvikkleireskred. Rasmassene demmet opp deler av elva.

Det er overveiende sannsynlig at oppfyllingen som ble gjort på elvekanten sammen med tilførsel av betydelige mengder overvann sluppet ut ved skråningstopp, er den direkte årsaken til raset. Skråningen hadde naturlig nok lav sikkerhet mot brudd før utfyllingen startet.

Umiddelbart etter raset ble det iverksatt grunnundersøkelser. Resultatene fra disse er presentert i ref.[5]. I tillegg ble det iverksatt oppfølging ved

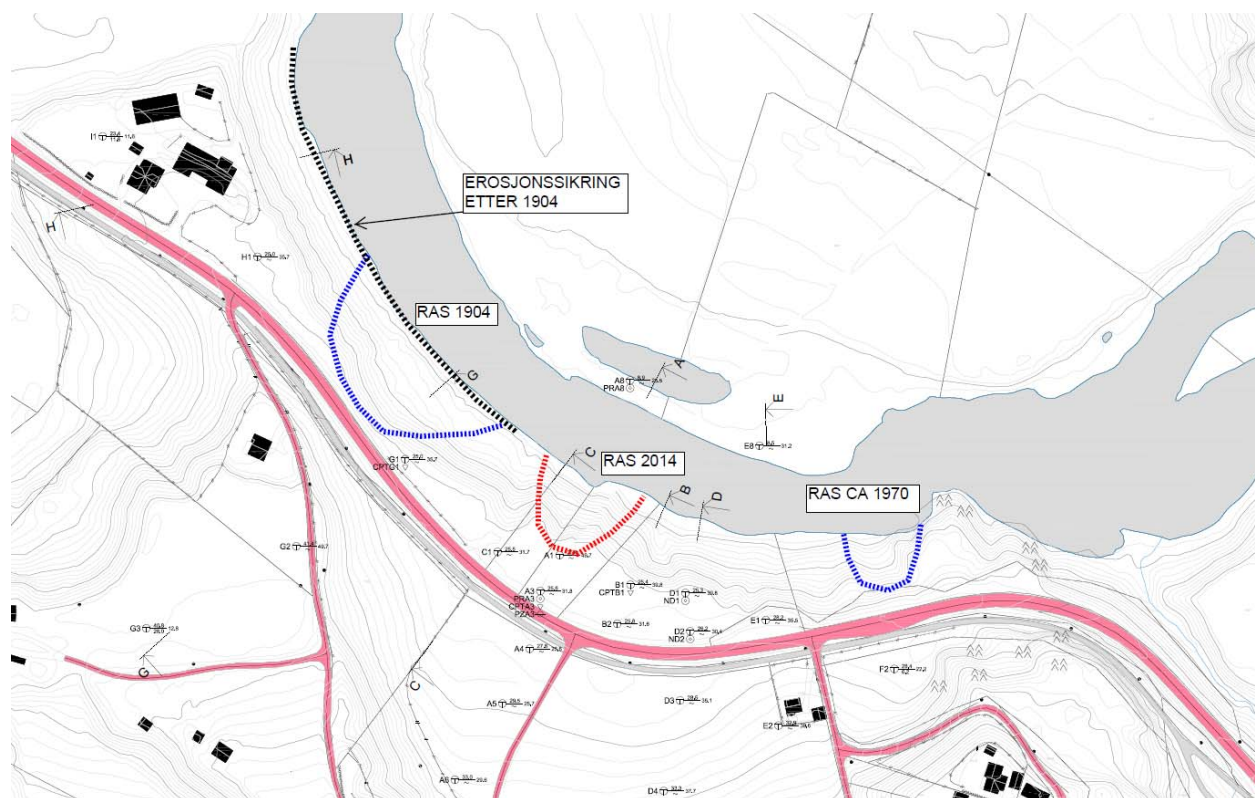
- avsperring av området
- daglige befaringer
- kontrollmålinger på utsatte punkter
- nedsatt hastighet og skilting på hovedvei

Suldal kommune foretok innmåling av raset og rasmassene. Innmålt profil er vist sammen med opprinnelig terreng (profil A-A) fra kommunalt kart på figur under.



Figur 1 Profil A-A fra ref.[5]. Innmålt terreng etter raset sammen med opprinnelig terreng.

I møter med Suldal kommune, NVE, Statkraft og lokale grunneiere/naboer, har vi fått informasjon om at det tidligere har gått ras i elveskråningene i nærområdet. Kjente ras langs elvestrekningen er skissemessig vist på borplan fra ref.[5] under.



Figur 2 Kjente ras og tiltak på elvestrekningen

I 1904 gikk det et ras rett nedstrøms raset i 2014. Detaljert omfang av raset er ikke kjent, men ut fra beskrivelser og spor i terrenget, må raset ha vært større enn raset i 2014. Det er ikke spor etter bakovergrepene. Vi har forstått at det etter raset ble utført erosjonssikring langs elvebredden. Sikringen ble utført med lokal kulestein fra et område lenger nordvest. Antatt omfang av raset og erosjonssikring er skissemessig vist på fig.2 over.

I forbindelse med veiarbeider ca 1970, ble det fylt ut steinmasser mot elva lenger oppstrøms raset i 2014. Steinmassene forårsaket et grunnbrudd ut i elva som skissemessig vist. Det er fjell i dagen rett øst for rasområdet og raset antas å ha gått tilnærmet inn mot fjellet.

## 4 Faregrad-, skadekonsekvens og risikoevaluering

### 4.1 Faregradsevaluering

Grunnundersøkelsene har påvist stor utstrekning av kvikkleire med tilnærmet horisontal lagdeling, og at kvikkleirelaget strekker seg bakover under eksisterende bebyggelse. Da evt. framtidig boligbygging i området vil komme i tiltakskategori K4, krever NVE's veileder ref.[4] en faregradsevaluering av området hvor det er påvist kvikkleire.

Faregrad er vurdert på grunnlag av topografiske, geotekniske og hydrologiske kriterier. Tabell 1 og 2 under angir kriterier for evaluering av faregrad.

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidl. skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	> 30	20 - 30	15 - 20	< 15
Tidligere/ nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0 - 1,2	1,2 - 1,5	1,5 - 2,0	> 2,0
Poretrykk Overtrykk, kPa	+3	> + 30	10 - 30	0 - 10	Hydrostatisk
Undertrykk, kPa	-3	> -50	- (20 - 50)	- (0 - 20)	
Kvikkleiremektighet	2	> H/2	H/2 - H/4	< H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	> 100	30 - 100	20 - 30	< 20
Erosjon	3	Aktiv/ glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep Forverring	+3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
<b>Sum poeng</b>		<b>51</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>0</b>
<b>% av maksimal poengsum</b>		<b>100 %</b>	<b>67 %</b>	<b>33 %</b>	<b>0 %</b>

Tabell 1 Evaluering av faregrad.

Faregradsklasse	Lav	Middels	Høy
Faregradsindikator, $F_i$	0 - 17	18 - 25	26 - 51
Relativ sannsynlighet for skred	Lav	Middels	Høy
Erosjon	Ingen/lite	Noe	Aktiv
Terrenginngrep	Ingen/forbedring	Noe stabilitetsforverring	Stabilitetsforverring

Tabell 2 Faregradsklassene er inndelt i tre faresoner

Faregradsevaluering for det aktuelle området er vist i tabell 3.

Tabell 3 Faregradsevaluering for området

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	3	3	Det er kjennskap til 2 ras i umiddelbar nærhet. Selv om ingen av disse har medført bakovergrepene, suksessive ras (kvikkleireskred), har vi angitt høyeste score 3 for tidligere skredaktivitet.
Skråningshøyde	2	1	2	Høydeforskjellen ned mot elva er ca. 15 m.
OCR	2	1	2	Det er konservativt forutsatt en beskjeden overkonsolidering av grunnen (OCR = 1,5-2) selv om tidligere elveavsetning over de marine avsetningene er nederodet av elva.
Poretrykk	3/-3	0	0	Det er ikke målt poreovertrykk i grunnen og det er antatt hydrostatisk fordeling med dybden.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Kvikkleiremektighet er stor
Sensitivitet	1	3	3	Målt høy sensitivitet i kvikkleira.
Erosjon	3	2	6	Det er ikke tegn til vesentlig erosjon langs elvebredden selv om området ligger i yttersving i elva. Det er foretatt tidligere erosjonssikring på deler av strekningen. Det er derfor valgt «noe erosjon» med score 2.
Inngrep	3/-3	0	0	Lett boligbebyggelse forutsatt å ikke gi noen forverring
Poengverdi (F <sub>i</sub> )			22	Gir faregradsklasse "middels"

Resultatet av faregradsevalueringen er 22 poeng. Området havner dermed i faregrad «middels».

## 4.2 Skadekonsekvens

Tabell 4 og 5 viser klassifiseringssystemet med score, poeng og vekttall for skadekonsekvens. Tabell 6 viser tildelte score poeng for det aktuelle området.

Tabell 4 Grunnlag for skadekonsekvens evaluering

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	>50	10 - 50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001 - 5000	100 - 1000	<100

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Toglinje, baneprioritet	2	1 - 2	3 - 4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentralt	Regionalt	Distribusjon	Lokal
Oppdemming/flo	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
<b>Sum poeng</b>		<b>45</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>0</b>
<b>% av maksimal poengsum</b>		<b>100 %</b>	<b>67 %</b>	<b>33 %</b>	<b>0 %</b>

Tabell 5 Skadekonsekvensklassene er inndelt i tre klasser

Skadekonsekvensklasse	Mindre alvorlig	Alvorlig	Meget Alvorlig
Skadekonsekvensindikator, $S_i$	0 - 6	7 - 22	23 - 45
Skade/tap av liv	Liten fare	Fare	Stor fare
Økonomiske tap	Moderat	Betydelig	Meget store

Tabell 6 Skadekonsekvensevaluering for aktuelt område Suldal

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Boligheter, antall	4	2	8	Området forutsettes spredt bebygget i landbruksområde. Fortetting
Næringsbygg, personer	3	1	3	Forutsatt næring i form av landbruk med relativt lite antall mennesker
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	Ingen
Vei, ÅDT	2	2	4	ÅDT ukjent. Antatt ÅDT 1001-5000
Toglinje	2	0	0	Ingen
Kraftnett	1	3	3	Ingen
Oppdemming/flo	2	1	2	Oppdemming av landbruksområder
<b>Poengverdi</b>			<b>20</b>	<b>Skadekonsekvensklasse "Alvorlig"</b>

Den utførte evalueringen gir samlet poengverdi på 20, hvilket klassifiserer sonen i konsekvensklasse «alvorlig».

### 4.3 Risikoklasse

Risikoklasse er definert som produktet mellom samlet poengverdi for hhv. faregradsevaluering og konsekvensevaluering.

For den aktuelle faresonen gir dette poengverdi 440. Tabell 6 viser inndeling i 5 ulike risikoklasser etter samlet poengverdi. Faresonen klassifiseres etter tabellen til risikoklasse 2.

Tabell 6 Risikoklasse

Risikoklasse	1	2	3	4	5
Risikoindeks, $R_i$	< 170	171- 630	631 - 1900	1901 – 3200	>3200
Videre aktiviteter	ingen	ingen	Vurdere grunnundersøkelse og stabilitet	Grunnundersøkelse, stabilitetsanalyser og evt. tiltak	Grunnundersøkelse, stabilitetsanalyser og tiltak

## 4.4 Konklusjon

Den delen av kvikkleiresonen/faresonen som omfatter elveskråningene og bakenforliggende terreng langs Suldalslågen får følgende klassifisering;

Faregradsklasse: Middels

Konsekvensklasse: Alvorlig

Risikoklasse: 2

## 4.5 Tiltakskategori og krav til sikkerhet

### 4.5.1 Tiltakskategori vegtiltak

For mindre vegbygging/vegtiltak i området forutsettes at tiltakskategori K1 kan brukes for «Byggverk, terrenginngrep og anlegg av begrenset størrelse og tyngde», og gjelder kommunale veger og trafiksikkerhetstiltak, slik som gang- og sykkelveger, over- og underganger, tiltak i forbindelse med anlegg av midtdeler og lignende.

<p><b>K1: Byggverk, terrenginngrep og anlegg av begrenset størrelse og tyngde (inkludert inventar) med lite personopphold. Selve tiltakene kan utføres med lette masser for å oppnå at stabiliteten ikke forverres.</b></p> <p>Eksempler er mindre driftsbygninger i landbruket og lagerbygg av begrenset verdi, mindre massedeponier, lokale VA-anlegg, private og kommunale veger og trafiksikkerhetstiltak, slik som gang- og sykkelveger, over- og underganger, tiltak i forbindelse med anlegg av midtdeler og lignende.</p>	<p>Tiltaket skal ikke påvirke områdestabiliteten negativt. Ved tvil om dette skal tiltaket flyttes til K2.</p> <p>Erosjon som kan gi negativ påvirkning på stabiliteten i tiltaksområdet skal stoppes ved erosjonssikring.</p> <p>Vurdering av tiltakets virkning på områdestabilitet kvalitetssikres av kollega.</p>
---	---

Tabell 7. Tiltakskategori K1.



## 4.5.2 Tiltakskategori boligformål

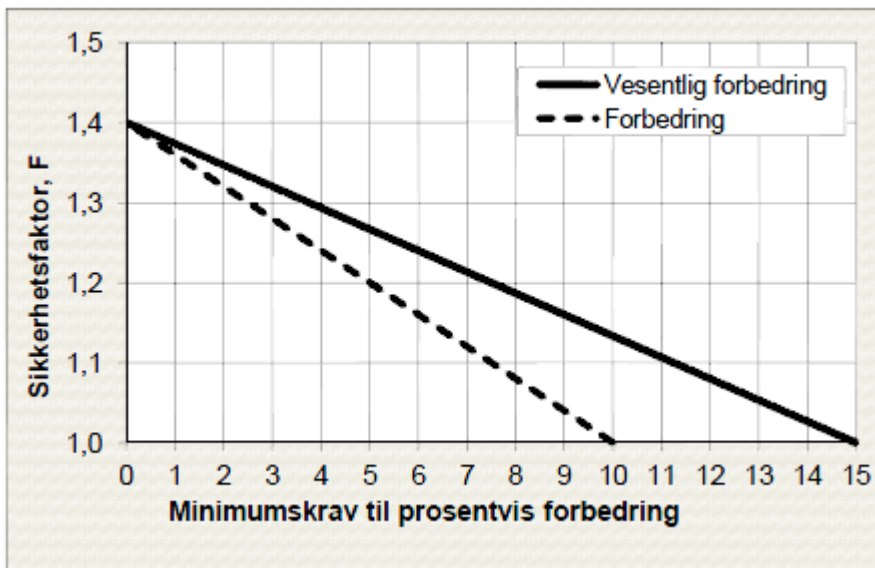
Evt. boligbygging/fortetting vil komme i tiltakskategori K3 ved bygging av to boenheter eller K4 ved bygging av fler enn to boenheter.

Tiltakskategori. Type tiltak som inngår i tiltakskategorien	Hvordan oppnå tilfredsstillende sikkerhet for ulik faregrad		
	Faregrad før utbygging: Lav	Faregrad før utbygging: Middels	Faregrad før utbygging: Høy
<p><b>K2:</b> Tiltak som er nevnt under kategori K1 når tiltaket vil påvirke stabiliteten negativt dersom det ikke gjennomføres stabiliserende tiltak utenom selve tiltaket.</p> <p>Dersom tiltaket medfører tilflytting av personer skal tiltaket plasseres i tiltakskategori K3 eller K4.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring **</p> <p>Kvalitetssikres av kollega.*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring hvis <math>F &gt; 1,2</math>, <i>eller</i></p> <p>c) Forbedring hvis <math>F \leq 1,2</math>, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p><b>K3:</b> Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi (utover tiltak i K0-K2). Ved planlagt større tilflytting/ personopphold gjelder K4.</p> <p>Eksempler er bolighus og fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, mindre utendørs publikumsanlegg, mindre næringsbygg, større VA-anlegg.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring**</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring hvis <math>F \geq 1,2</math>, <i>eller</i></p> <p>c) Forbedring hvis <math>F &lt; 1,2</math>, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> <i>eller</i></p> <p>b) Forbedring hvis <math>F &lt; 1,4</math>, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p><b>K4:</b> Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold enn tiltak i K3 samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner.</p> <p>Eksempler er mer enn to eneboliger /fritidsboliger, rekkehus/boligblokk, bolig- og hyttefelt, skole og barnehage, sykehjem, større næringsbygg, kontorbygg, idretts- og industrianlegg, større utendørs publikumsanlegg, lokale beredskapsinstitusjoner.</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> <i>eller</i></p> <p>b) Forbedring hvis <math>F &lt; 1,4</math>, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> <i>eller</i></p> <p>b) Vesentlig forbedring hvis <math>F &lt; 1,4</math>, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>

Tabell 8 viser NVE tabell 5.1 tiltakskategori for K3 og K4.

For evt utbygging kreves dermed

- a) sikkerhet  $\gamma_m \geq 1,4$
- b) eller evt. forbedring (se tabell 9 under)



Tabell 9 Krav til prosentvis forbedring

## 5 Stabilitet

### 5.1 Kriterier for skred

Når omrørt skjærstyrke ( $s_r$ ) er mindre enn  $0,5 \text{ kN/m}^2$  og sensitivitet ( $S_r$ )  $> 30$  defineres leira som kvikk. Dette er registrert i prøveseriene i hull A3 og A8 omkring kote + 8-9. Sonderinger tyder på kvikkleire til stor dybde på tvers av hele dalen.

For at et større kvikkliereskred skal kunne utløses må flere kriterier være tilstede. Et av disse er at området har tilnærmet sammenhengende lag av sprøbruddmateriale (kvikkleire) i grunnen. Videre må løsmassene ha et utløpsområde.

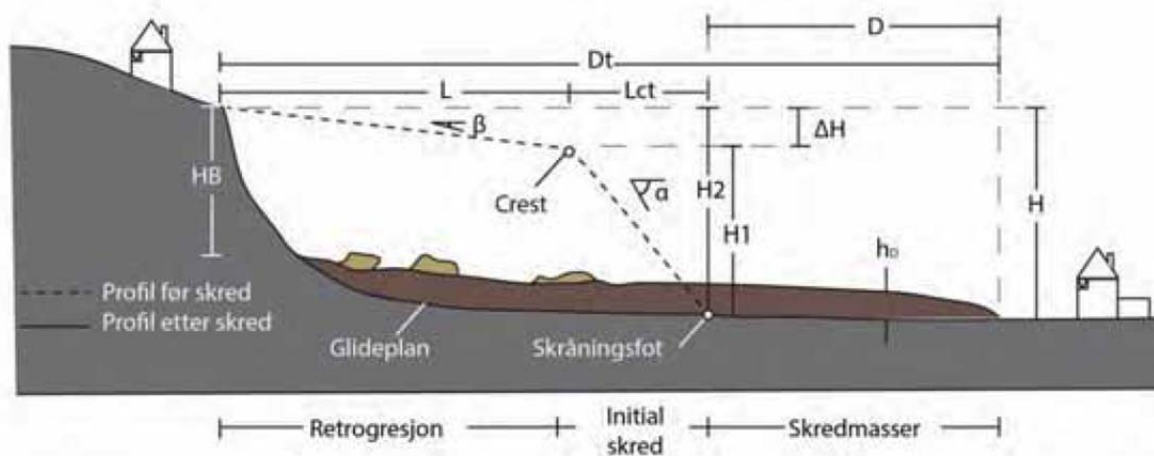
Begge kriterier er oppfylt i dette tilfellet da det er påvist stor mektighet av kvikkleire Suldalslågen er et naturlig utløpsområde for eventuelle skred.

### 5.2 Skredmekanismer, generelt

Skred i denne sammenhengen er en større utglidning i volum enn et lokalt brudd.

Det er flere typer og benevnelser av skred i forbindelse med kvikkleire. Hovedmekanismene pleier å være bakovergripende (retrogressive), bakover progressive, og nedover progressive ref [2]. Et større skred kan også innebefatte flere typer mekanismer som opptrer i en rekkefølge.

Det er generelt akseptert at store skred i sensitiv leire er bakovergripende (retrogressive). I ref. [3] er det angitt geometriske forhold som har vist at helningene på bunnen av et skred varierer normalt i størrelsesorden 1:15 til 1:20, dvs  $L/H \sim 15-20$ . Dette er vist i figur 3 nedenfor.



Figur 3 Utbredelse av skred, fra ref. [3]

Et progressivt skred er en glidning med et slags stort monolittisk, flak. Skredet starter med en progressiv bruddsone som sprer seg fra foten, eller toppen av skråningen og danner ofte et lengre monolittisk glidelegeme. Typiske utløsningsmekanismer er erosjon i foten, pålastning på toppen av skråningen, eller poretrykksøkning.

## 5.3 Stabilitetsberegninger

### 5.3.1 Generelt

Det er utført stabilitetsberegninger i to typiske snitt;

1. Profil A-A i rasområdet
2. Profil H-H i vest hvor det ligger en gård på kanten av elveskråningen.

Plassering av beregningsprofilene er vist på situasjonskart/faresonekart, tegning -5. Det er utført beregninger for

1. Opprinnelig terreng
2. Stabiliserende tiltak ved terrengavlastning
3. Stabiliserende tiltak ved motfylling i form av en anleggsvei i skråningsfot

Beregningene er utført som ADP-analyse på totalspenningsbasis med beregningsprogrammet Geosuite Stabilitet basert på utførte grunnundersøkelser beskrevet i ref.[5]. Designparametere og beregningsforutsetninger er detaljert beskrevet i eget teknisk beregningshefte 111304tb1 datert 2. mars 2015, ref.[11] og er ikke nærmere beskrevet i foreliggende rapport.

Generelt er det i beregningene lagt til grunn et jordprofil med et topplag av elveavsatt materiale (sand, grus og silt) over overkonsolidert leire og kvikkleire til stor dybde. Grunnvannstanden ved topp skråning er lagt i overgangen mellom sand/grus og underliggende leire. Ved bunn skråning er grunnvannstanden lagt i nivå med elva. For nærmere beskrivelse av beregningsforutsetninger vises til ref.[11].

### 5.3.2 Opprinnelig situasjon

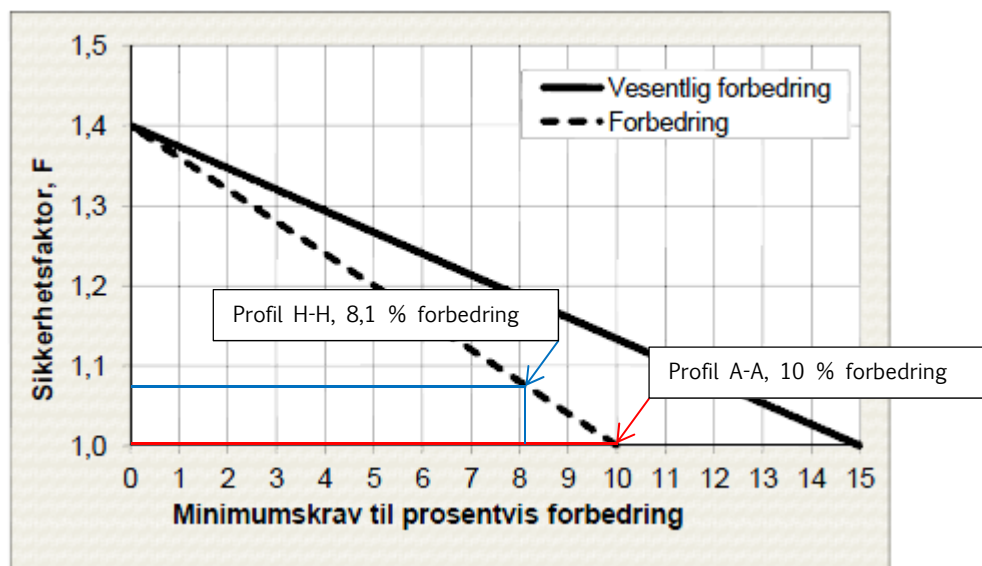
Resultater fra beregningsprogrammet Geosuite Stabilitet for opprinnelig situasjon er vist i tabell 1.

Beregning	Beskrivelse	Sikkerhet, Fc
4 - 1	Profil A-A, Dagens situasjon	0,93
5 - 1	Profil H-H, Dagens situasjon	1,07

Tabell 10 Resultater fra beregninger for opprinnelig situasjon.

Beregningsmessig sikkerhet er meget lav og viser en tilnærmet labil situasjon ( $F_c = 1,0$ ). Det må derfor utføres stabiliserende tiltak dersom det ikke skal settes restriksjoner på arealene.

Beregningsmessig sikkerhet  $F_c > 1,4$  vil vanskelig kunne oppnås med akseptable tiltak, og det må gjøres tiltak for å oppnå tilstrekkelig prosentvis forbedring. I våre beregninger er det tatt utgangspunkt i beregnet verdi før tiltak (dvs.  $F_c = 0,93$  og  $F_c = 1,07$ ) for vurdering av oppnådd forbedring. Vi legger derfor til grunn at disse resultatene tilsvarer en labil skråning (1,0). Krav til prosentvis forbedring for de ulike profilene er vist i figur 4 under:



Figur 4 Krev til prosentvis forbedring, figur 5.1 [2]. Profil A-A vist med rød farge og profil H-H med blå.

### 5.3.3 Beregninger for stabiliserende tiltak

Aktuelle tiltak for forbedring er diskutert i møter med NVE, Statens vegvesen og Suldal kommune.

For elvestrekningen lokalt ved rasstedet er mulige tiltak terrengavlastning på jordet/beitet på toppen av skråningen, evt. i kombinasjon med en stabiliserende motfylling i skråningsfot. Jordet på toppen er tilnærmet flatt med svak stigning opp mot riksveien. Terrenget på topp skråning er derfor generelt vurdert som gunstig med tanke på terrengavlastning. En evt. motfylling ved skråningsfot vil måtte komme ut i elva og vil redusere elvetverrsnittet på stedet. Selv om terrenget ved motsatt elvebredd er lavt/flatt og til tider er oversvømt ved flom, er en reduksjon av elvetverrsnittet generelt ugunstig. I våre beregninger/vurderinger har vi derfor gjort beregninger for en løsning med kun terrengavlastning.

I terrenget nedstrøms raset og mot gården, har det tidligere gått ras i 1904 (se kap.3). I dette området har derfor tidligere rasaktivitet fjernet jordet inn mot veien slik at terrengavlastning på skråningstopp ikke er mulig uten en omfattende omlegging av riksveien og fjerning av bygninger på

gården. Terrengavlastning er derfor lite aktuelt i nordre halvdel av sonen. Vi har derfor utført beregninger for motfylling ved skråningsfot ned mot elva for vurdering av tilstrekkelig forbedring.

Helt øst i sonen der det tidligere gikk ras ca 1970, er det heller ikke rom for terrengavlastning. Det er ikke gjort beregninger for denne mindre delen av sonen.

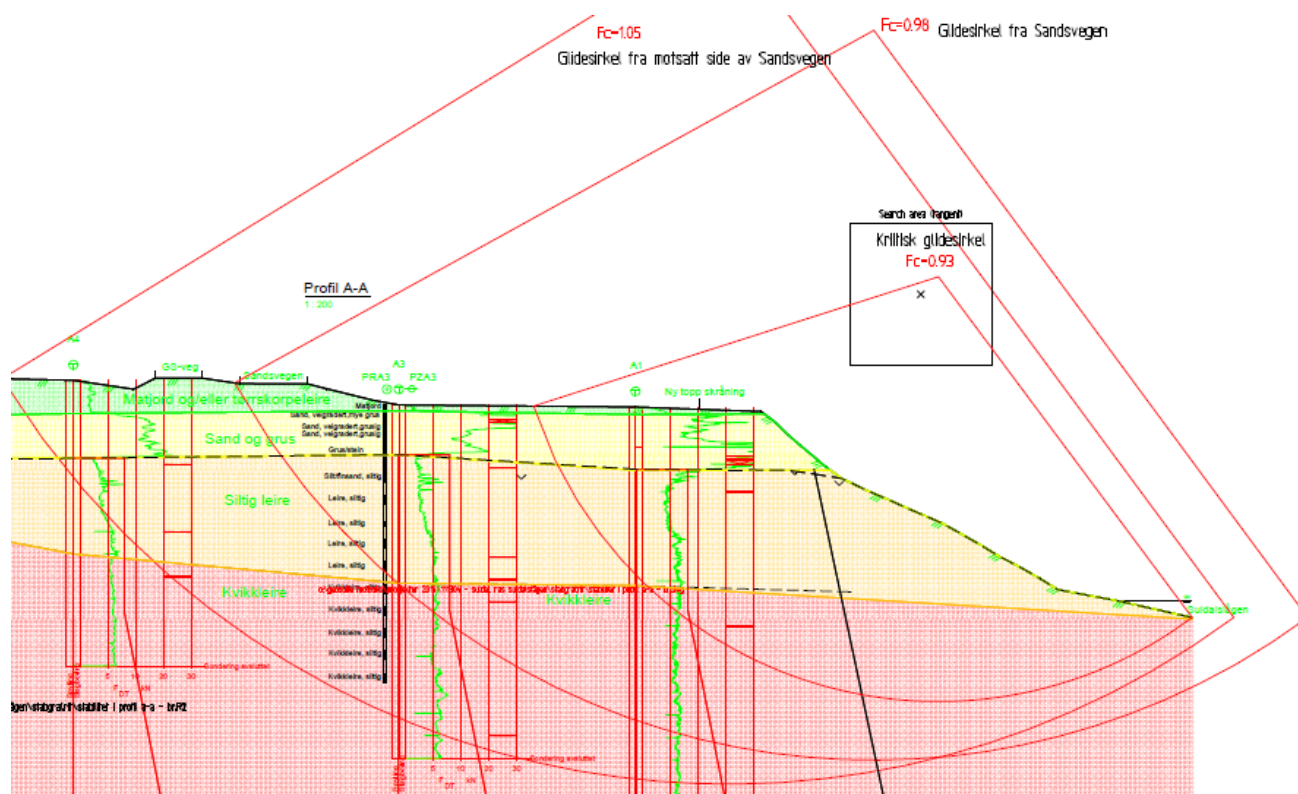
Resultater fra beregningsprogrammet Geosuite Stabilitet for prosentvis forbedring i henhold til figur 4 er vist i tabell 11 under.

Beregning	Beskrivelse	Beregnet sikkerhet, Fc	Krav til sikkerhet, Fc (forbedring)
4 - 2	Profil A-A, Avlastning av terrenget	1,02	1,02
5 - 2 til 4	Profil H-H, 4 m bred anleggsvei i forskjellige posisjoner i skråningen	1,09	1,16
5 - 5	Profil H-H, motfylling som gir tilstrekkelig forbedring	1,16	1,16

Tabell 11 Resultater fra beregninger med tiltak for forbedring av sikkerheten.

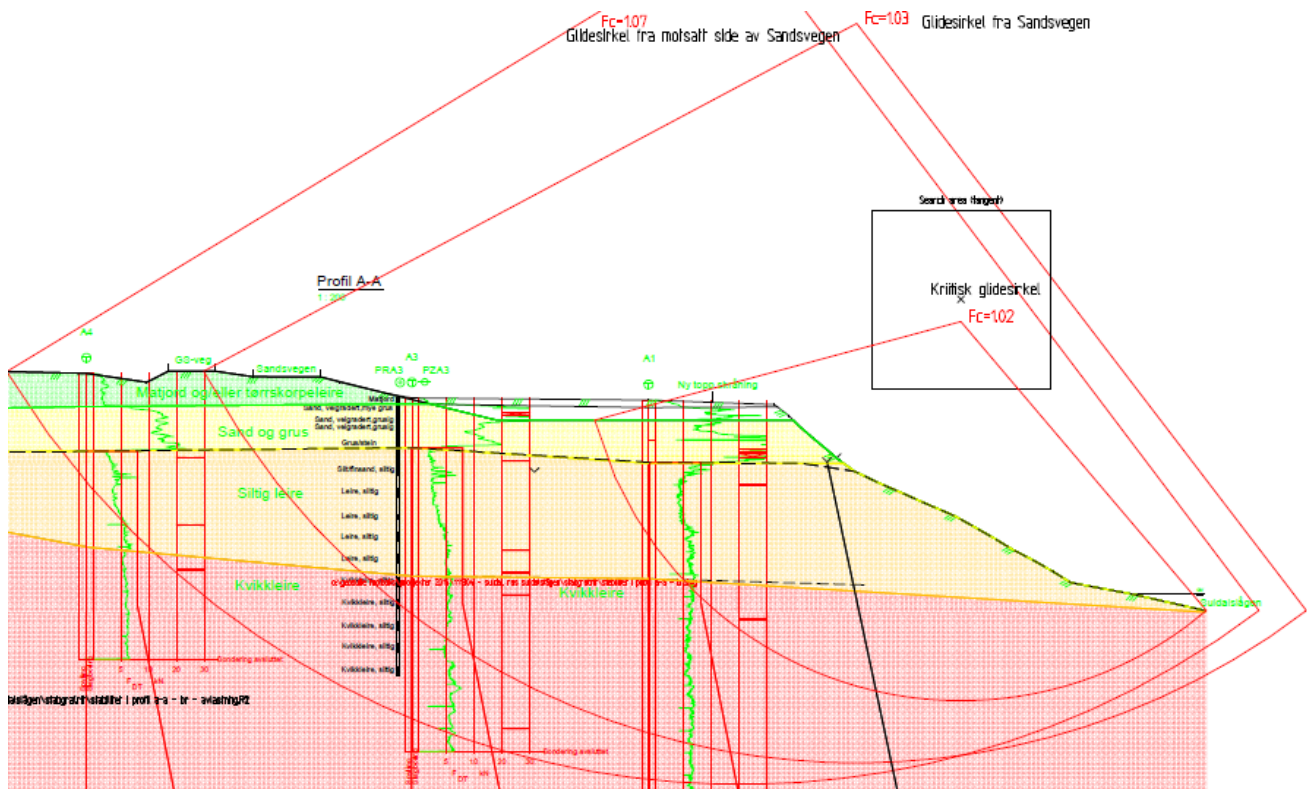
### Profil A-A

Beregningene viser meget lav sikkerhet ved dagens situasjon (su),  $F_c = 0,93$ . Ved å avlaste terrenget 2 m på jordet mellom raskanten og riksveien oppnås tilstrekkelig prosentvis forbedring på 10% til  $F_c = 1,02$ . Mest kritisk sirkel (fig.5) beskriver et noe større og dypere brudd enn raset som skjedde.



Figur 5 Kritisk gldesirkel fra Geosuite Stabilitet for profil A - A, dagens situasjon.

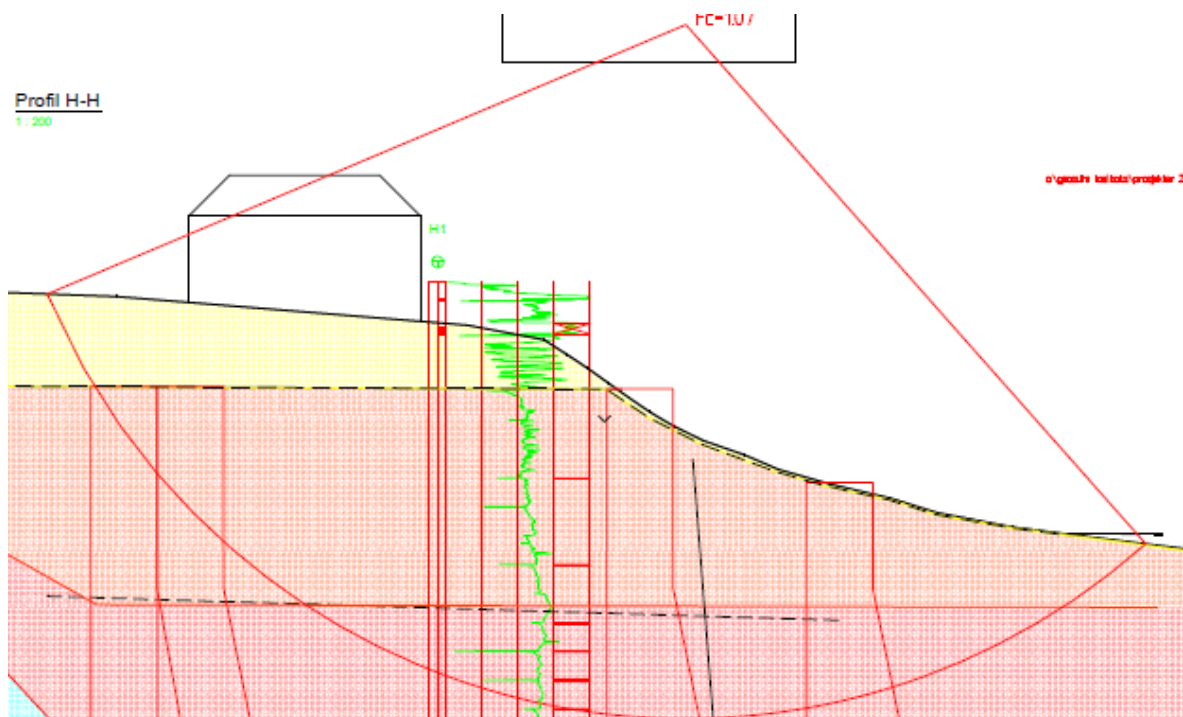




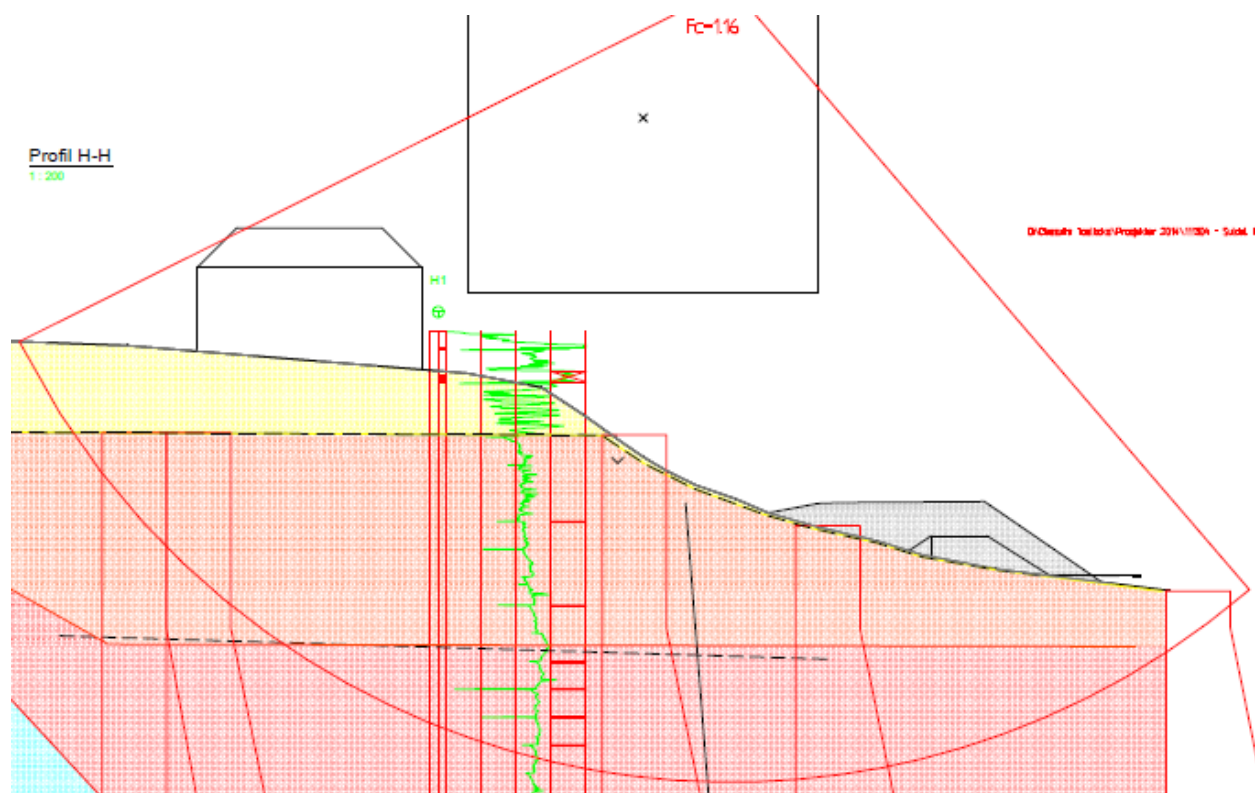
Figur 6 Kritisk gledesirkel fra Geosuite Stabilitet for profil A - A, 2 m avlasting av terreng bak skråning.

Profil H-H

Bregningene viser også her meget lav sikkerhet ved opprinnelig situasjon med  $F_c = 1,07$ . En normalt bred anleggsvei (3 m) i bunnen av skråningen gir ikke tilfredsstillende forbedring med en sikkerhet på  $F_c = 1,09$  (2% forbedring). En større motfylling (fig.8) gir tilstrekkelig forbedring med  $F_c = 1,16$ .



Figur 7 Kritisk gledesirkel fra Geosuite Stabilitet for profil H - H, dopprinnelig situasjon.



Figur 1 Kritisk glidesirkel fra Geosuite Stabilitet for profil H - H, motfylling som gir tilstrekkelig prosentvis forbedring.

Tilstrekkelig forbedring i skråningen nedenfor gården krever derfor en ca 20-24 m bred motfylling/anleggsvei med høyde ca 5-6 m mot elva. Fyllingen vil også gå noe ut i elveløpet. Ulike størrelser på motfylling er vist i ref.[11].

## 6 Konklusjon. Anbefaling av tiltak

### 6.1 Tiltak

Dagens situasjon er ikke tilfredsstillende. Vi mener derfor det må gjøres tiltak for å forbedre den beregningsmessige sikkerheten både lokalt ved rasgropa og langs den aktuelle elvestrekningen nedstrøms raset.

I den østre delen hvor det er jorde mellom fylkesveien og Suldalslågen anbefales 2 m terrengavlastning. Denne forbedringen bør gjøres før andre tiltak/arbeider med raset starter.

I området nedstrøms raset anbefales forbedring av sikkerheten ved utlegging av 10-12 m bred og 5-6 m høy motfylling nede ved elva, og dels noe ut i elva. Motfyllingen benyttes som anleggsvei for inn/utkjøring av masser i rasområdet og vil bli permanent erosjonssikring på strekningen. Motfyllingen og erosjonssikringen må detaljprosjekteres.

På vedlagt tegning -5 er det inntegnet tilnærmet faresone for kvikkleireområdet på den aktuelle elvestrekningen. Faresonen er basert på et tenkt initialscred ved elvekanten og deretter en helning på bunnen av rasgropa på 1:15 bakover. Faresonen angir ikke avgrensning av kvikkleireforekomsten som antas å ligge tilnærmet i hele dalbredden, men en tenkt, maksimal utbredelse av et evt skred.

Dersom stabiliserende tiltak gjennomføres som angitt over, vil det ikke være behov for begrensning av evt framtidig utbygging i sonen utover vanlige krav til prosjektering og bygging i kvikkleiresoner.

Dersom det velges å ikke utføre deler av foreslåtte tiltak, må det legges begrensning på utbygging i sonen. Et evt. bygge- og deleforbud må avklares nærmere med NVE.

## 6.2 Anleggsmessige forhold

Da beregninger viser meget lav sikkerhet mot brudd, kan det ikke aksepteres gjennomføring av tiltak som midlertidig reduserer sikkerheten i anleggsfasen. Utbedringsarbeidene anbefales derfor startet ved 2 m terrengavlastning av hele jordet bak rasgropa.

Detaljert anleggsgjennomføring må avklares nærmere med NVE, men vi vil foreslå følgende framgangsmåte;

### A Terrengavlastning

1. Først kan matjord fra jordet skaves av med gravemaskin og kjøres bort for mellomlagring. Ingen masser kan lagres på plassen. Gravemasser må kjøres til egnet sted for mellomlagring. Matjorda kan legges tilbake igjen når arbeidene er ferdige.
2. De grusige sandmassene under matjordlaget graves bort til ønsket nivå (2 m) og kjøres bort for lagring. De sandige massene kan om ønskelig brukes til senere gjenfylling av rasgropa (se under).
3. Skråningskanten ved topp skråning flates noe ut («knekkes»). Matjorda kan så tilbakeføres når gravearbeider og bortkjøring er ferdige.

### B Gjenfylling av rasgrop

Etter at terrengavlastning er utført anbefales rasgropa fylt igjen. Vi ser for oss to alternative løsninger for dette;

1. Bygge en anleggsvei som går over Suldalslågen fra motsatt elvebredd. Det bør da legges store rør som kan ta mye av vannføringen i Lågen mens anleggsarbeidene pågår. Rasmassene i elva graves bort seksjonsvis og erstattes med egnede masser. Rasmassene legges inn i rasgropa og dekkes til med masser fra jordet. I kanten mot elva etableres erosjonssikring med knust/sprenget stein. Anleggsveien fjernes igjen når arbeidene er ferdige.
2. Bygge en anleggsvei fra gården i vest og langs Suldalslågen bort til raset. Anleggsveien vil bli ca. 6 høy ytterst og opp til 24 m bred. Fyllingsfoten vil ligge tilnærmet i vannkanten – dels noe ut i elva (3-4 m). Arbeidene i selva rasgropa gjøres som alt.1.

Gjenfylling av rasgropa ved tipping av masser fra topp skråning eller tilføring av masser fra langt transportbånd fra toppen frarådes. Evt. direkte utlegging av noe masser ved hjelp av gravemaskin med ekstra lang arm kan vurderes.

Alternativ 1 gir tilstrekkelig forbedring ved rasområdet, men gir ingen forbedring nedstrøms raset. Dersom det ikke i tillegg lages motfylling her, må det legges restriksjoner på hele faresonen, se kap.6.1

Alternativ 2 gjør at utlagt anleggsvei også benyttes som permanent motfylling og erosjonssikring. Dersom motfyllingen skal bygges slik at den tilfredsstillende gir tilstrekkelig forbedring, blir imidlertid fyllingen relativt stor. Alternativt kan det vurderes en mindre motfylling/anleggsvei som ikke berører elveløpet i



så stor grad, men som gir mindre forbedring (2-4%). En evt. redusert motfylling/anleggsvei som ikke fullt ut tilfredsstiller krav til forbedring, må diskuteres nærmere med NVE.

## 7 Sluttkommentar


Eventuell motfylling og erosjonssikring må detaljprosjekteres.

## Kontrollside

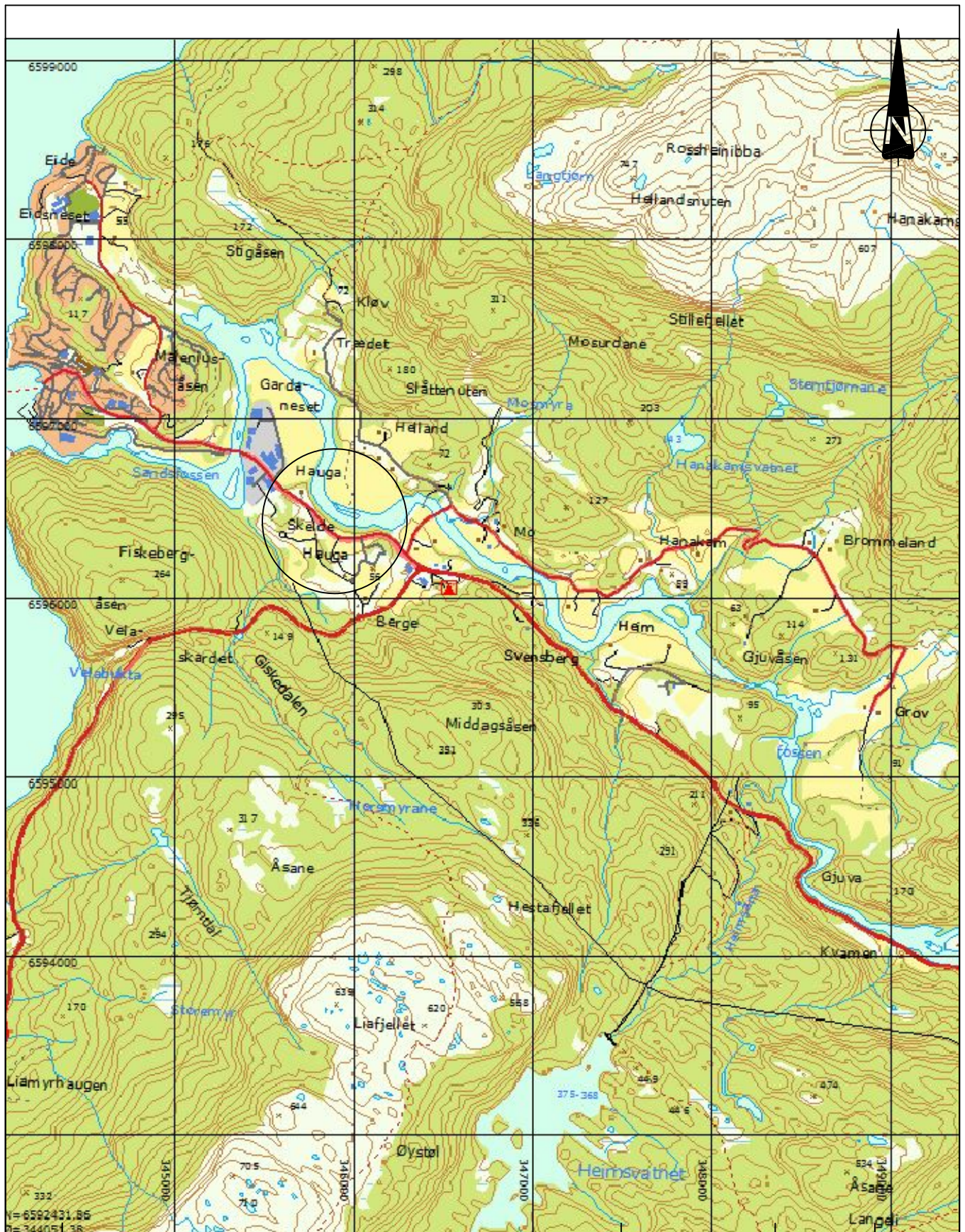
Dokument	
Dokumenttittel: Suldal. Ras i Suldalslågen, Stabilitet og geotekniske anbefalinger	Dokument nr: 111304r2
Oppdragsgiver: Suldal kommune	Dato: 7. mai 2015
Emne/Tema: Stabilitet	

Sted		
Land og fylke: Norge, Rogaland	Kommune: Suldal	
Sted: Hauga		
UTM sone: 32	Nord: 6596360	Øst: 345902

Kvalitetssikring/dokumentkontroll					
Rev	Kontroll	Egenkontroll av		Sidemannskontrav	
		dato	sign	dato	sign
	Oppsett av dokument/maler	24.4.15	LEH	7.5.15	ges
	Korrekt oppdragsnavn og emne	24.4.15	LEH	7.5.15	ges
	Korrekt oppdragsinformasjon	24.4.15	LEH	7.5.15	ges
	Distribusjon av dokument	24.4.15	LEH	7.5.15	ges
	Laget av, kontrollert av og dato	24.4.15	LEH	7.5.15	ges
	Faglig innhold	24.4.15	LEH	7.5.15	ges

Godkjenning for utsendelse	
Dato: 7.5.2015	Sign.: 





Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.
<b>Suldal Kommune</b> <b>Suldal. Ras Suldalslågen</b>		Dato	Tegn.	Kontr.
		05.02.2015	LEH	GES
<b>Oversiktskart</b>		Målestokk	Originalformat	
		M = 1 : 30 000	A4	
<b>GRUNNTEKNIKK AS</b>		Status	Tegning i rapport	
		Tegningsnummer	Rev.	
<a href="http://www.grunnteknikk.no">www.grunnteknikk.no</a> Tønsberg, tlf.: 90 75 91 15 Porsgrunn, tlf.: 95 20 25 07		<b>111304-0</b>		









Fc=107 Glidesirkel fra motsatt side av Sandsvegen  
 Fc=103 Glidesirkel fra Sandsvegen

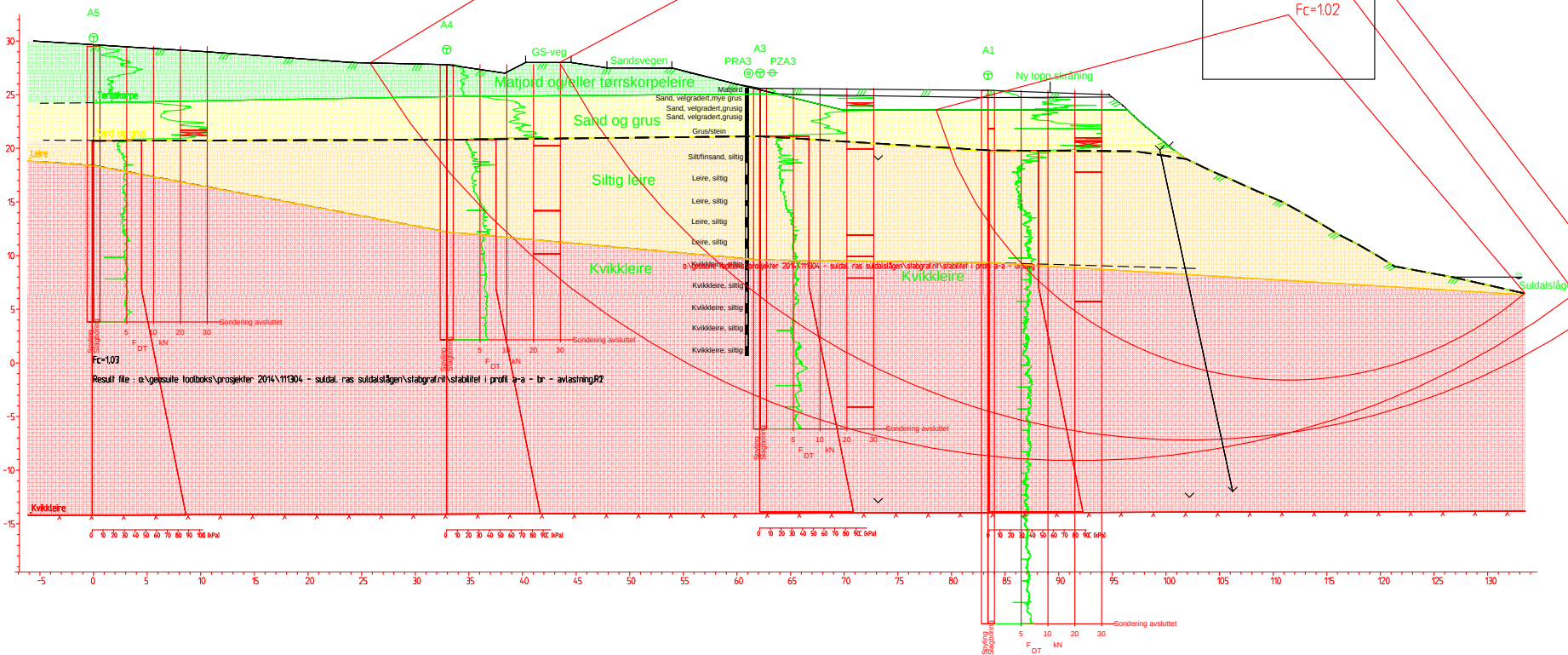
Materiale	Un	W <sub>eqh</sub>	Sub	W <sub>eqh</sub>	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpe	19,00	9,00	31,0	0,0						
Sand og grus	18,00	8,00	34,0	0,0						
Leire	20,00	10,00						C-prof 150	100	050
Kvikkleire	20,00	10,00						C-prof 127	100	050

Search area (target)

Kritisk glidesirkel

Fc=102

Profil A-A  
 1:200



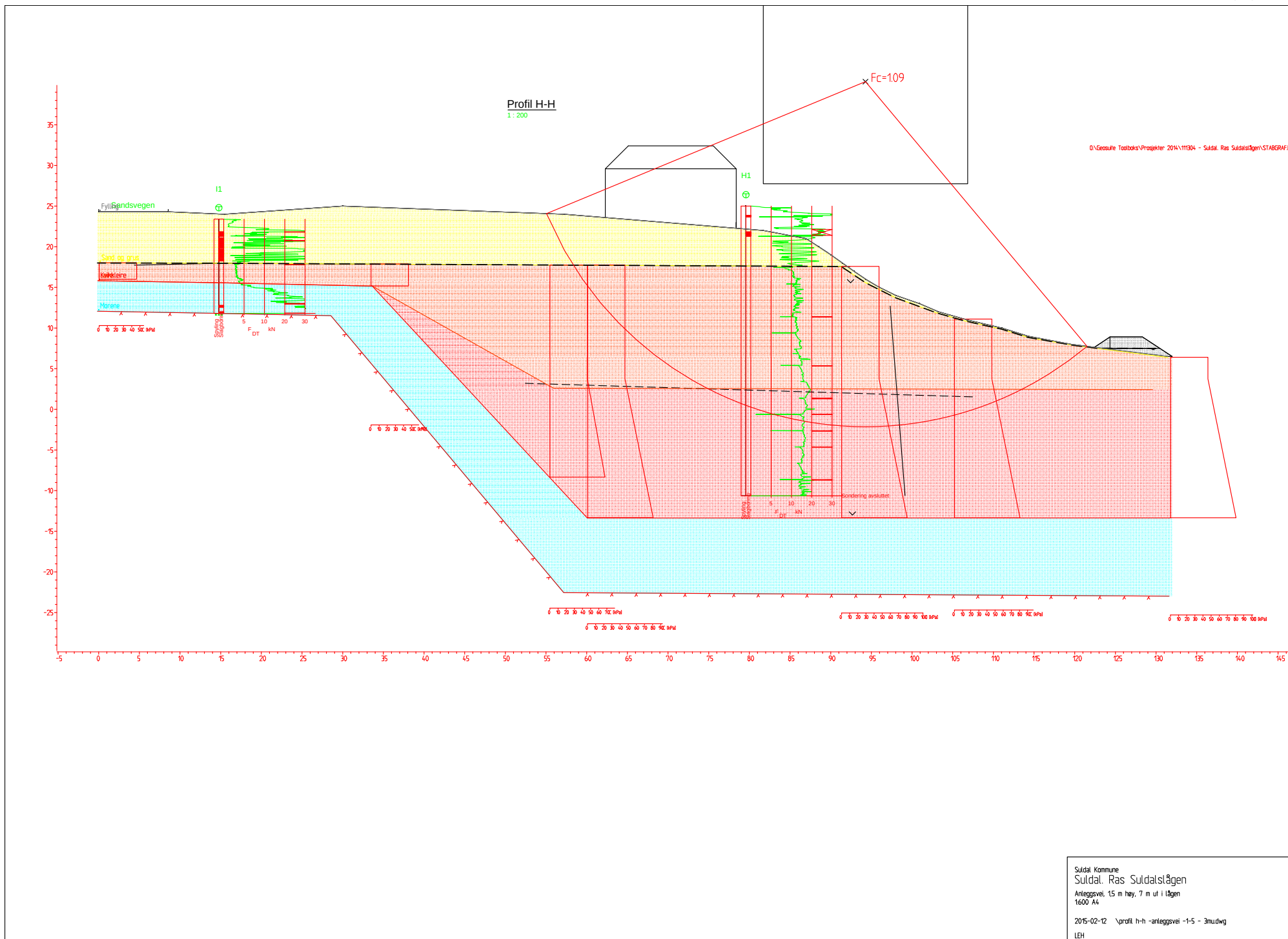
Result file : o:\geotekn\footboks\prosjekt\2014\111304 - suldal ras suldalstagen\stabgrafi\stabilitet i profil a-a - br - avlastning.R2





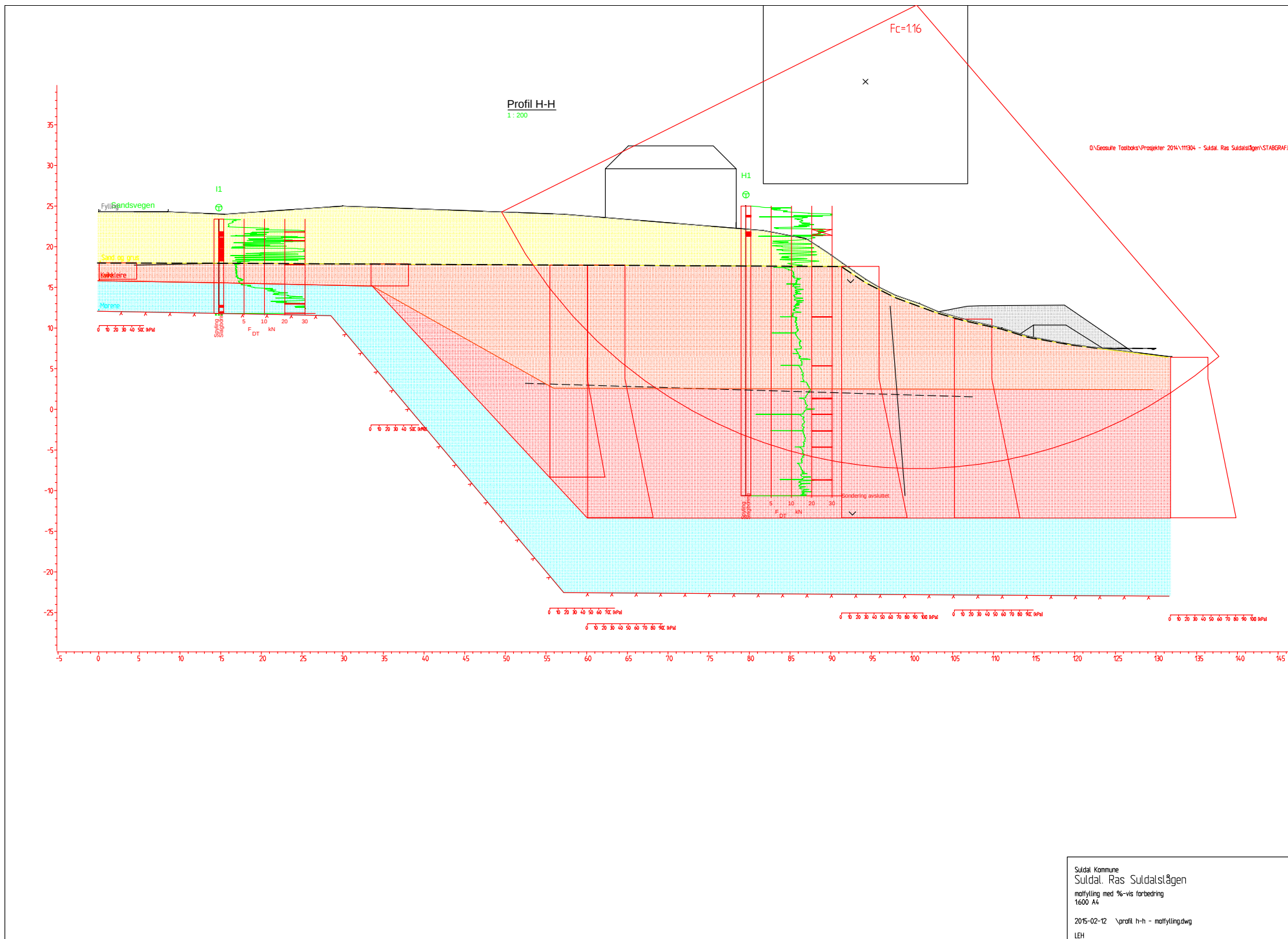




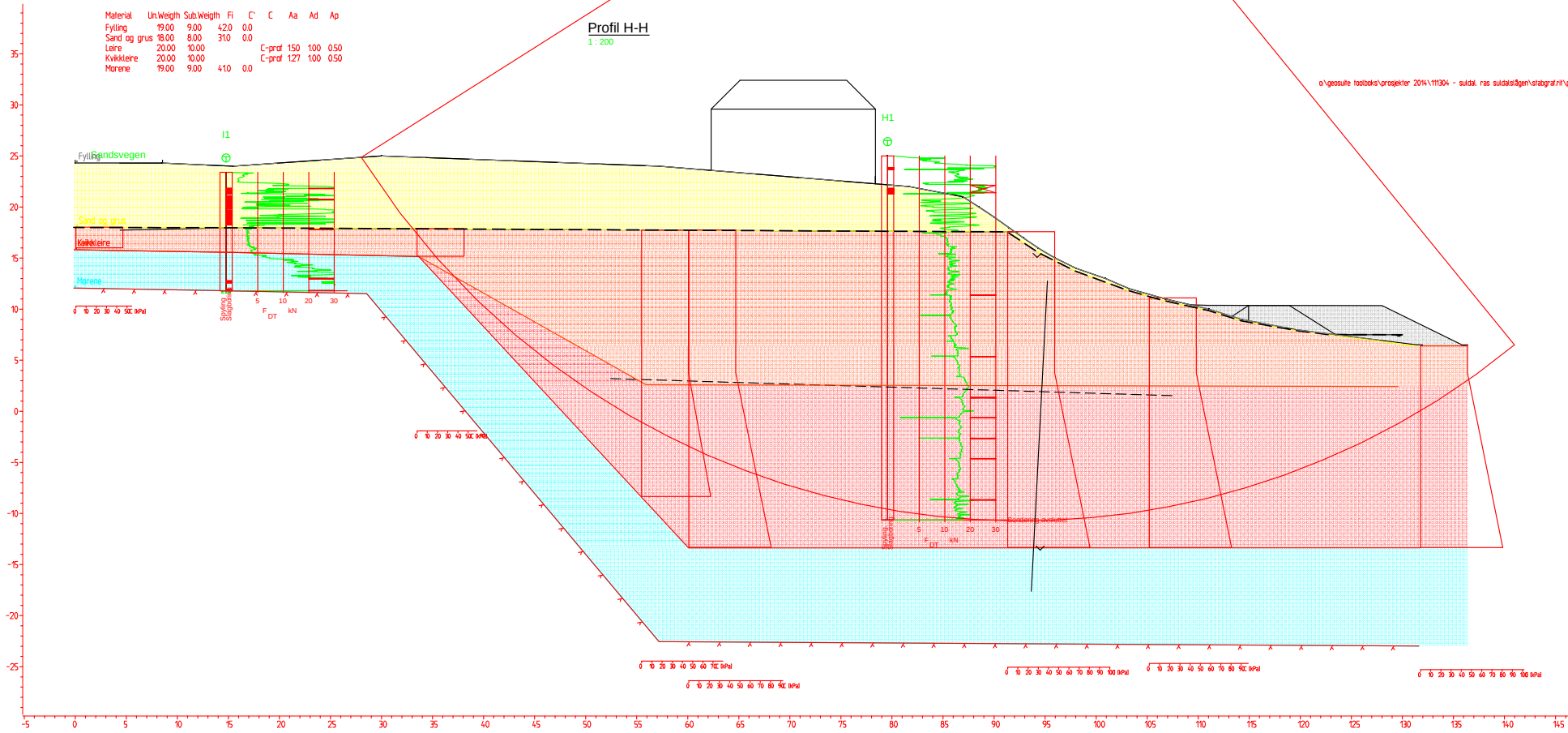


D:\Geseulle\Trafikk\Prosjekter\2015\11304 - Suldal, Ras Suldalstågen\STABGRAF.RIT

Suldal Kommune  
Suldal, Ras Suldalstågen  
Anleggsvei, 15 m høy, 7 m ut i lågen  
1600 A4  
2015-02-12 \profil h-h -anleggsvei -1-5 - 3mudwg  
LEH



Fc=1.16



o:\gesulte\utboks\prosjekt\2014\111934 - suldal ras\suldalstagen\stabgraf\11.prd

