

Oppdrag: Reguleringsplan for N. Bakklandet 83/85 og Innherredsveien 1-3

Rambøll Norge AS
Mellomila 79

Tema: Analyse av områdestabilitet og vurderinger av sannsynlighet for skred i kvikkleiresone 182: Nedre Bakklandet .

N-7493 TRONDHEIM

Notat nr. 6061033 - 02.

Tlf +47 73 84 10 00
Fax +47 73 84 11 10
Tlf dir +47 73 84 11 37
www.ramboll.no

Dato: 2007-05-10

Vår ref.:

6061033A/ELETRH

Til

Selskap	Navn	E-post
Trondheim kommune	Tone Furuberg	tone.furuberg@trondheim.kommune.no

Fra

Rambøll Norge AS	Einar Lyche	einar.lyche@ramboll.no
------------------	-------------	------------------------

REGULERINGSPLAN FOR DEL AV NEDRE BAKKLANDET KVIKKLEIRESONE.

Analyse av områdestabilitet og vurderinger av sannsynlighet for skred i sonen.

1 INNLEDNING

Rambøll Norge AS divisjon Geo og Miljø har fått i oppdrag av Trondheim kommune ved Tone Furuberg å utføre en nærmere analyse av de områdemessige stabilitetsforhold i tilknytning til gjeldende Reguleringsplan for Nedre Bakklandet 83/85 og Innherredsveien 1-3, som ligger innenfor kvikkleiresone 182: Nedre Bakklandet.

Denne sonen er tidligere, ved en standard ROS-analyse utført av NGI, klassifisert med faregrad middels og risikoklasse 5.

Bakgrunnen for oppdraget er en varslet innsigelse til reguleringsplanen fra Fylkesmannen i Sør-Trøndelag (FM) i brev dat. 08.06.2006, som ønsker en nøyere risikoanalyse av kvikkleiresonen med beregning av sannsynlighet for skred både for det regulerte planområdet og tilgrensende områder.

I denne sammenheng uttrykkes sannsynlighet for skred ved beregningsmessig sikkerhetsfaktor F_c (ikke hyppighet). Det er utarbeidet en (foreløpig) veileder, ref./1/, som gir kriterier både for utførelse av stabilitetsanalyser og vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire.

FM ønsker også en belysning av hva som kan gå galt og dermed utløse skred, og en belysning av konsekvensene dersom en slik hendelse skulle inntreffe.

2 GRUNNLAG FOR STABILITETSANALYSER

2.1 Sonens utstrekning

Den tidligere klassifiseringen av sonen er bygd på et relativt beskjedent antall tidligere utførte grunnundersøkelser. Det foreligger pr. dato et større antall undersøkelser enn det grunnlaget klassifiseringen har bygd på.

Med dette som utgangspunkt har vi gjennomgått alle foreliggende grunnundersøkelser som er utført i denne kvikkleiresonen, og på denne bakgrunnen kommet fram til en nokså betydelig reduksjon av sonenutstrekningen, jfr. framstillingen på vedlagte områdekart bilag 1. Undersøkelsesgrunnlaget er opplistet i egen tabelloversikt vist i bilag 2.

Den aktuelle reguleringsplanen, avmerket på kartet, ligger imidlertid for vesentlige deler innenfor sonen eller i et potensielt utløpsområde fra sonen.

2.2 Grunnforhold i kvikkleiresone 182 Nedre Bakklandet

Det er gjort en gjennomgang av alle tidligere utførte undersøkelser i kvikkleiresonen, ref. opplisting i tabellen i bilag 2.

Grovt sammenfattet kan følgende beskrivelse av grunnforholdene gis, jfr. også framstillingen på profilene/utskriftene i bilag 3 - 5:

Løsmasser/utstrekning:

Den reviderte kvikkleiresonen karakteriseres ved en avgrensning mot SØ langs en gruntliggende fjellrygg parallelt Kirkegata langs oversiden av denne. Herfra faller fjellet nokså bratt mot NV ned mot og under Nidelva, med økende løsmasseoverdekning. Langs N. Bakklandet kan fjelldybden under terreng variere mellom 15 og 25 m, trolig økende mot 35 m videre mot NV under Nidelva.

Regnet fra dagens terreng er de øvre lag (på land) til 2 - 3 m dybde for en stor del bearbejdede masser, mye sand/grus (frikksjonsmaterialer), over fast tørrskorpeleire og videre middels fast leire med etter hvert stigende skjærstyrke med dybden. Fra en viss dybde er leira kvikk eller sensitiv.

Overkant av kvikkleirelaget ligger på dybde tilsvarende ca 5 m under elvebunn, stigende slakt innover land på Bakklandsiden.

Kvikkleirelaget går altså ut i (innunder) Nidelva på sydlig del av kvikkleiresonen, mens det ikke er påvist kvikkleire i dybden mellom sonen og Nidelva på nordlig del (utenfor reguleringsplanen). Det foreligger her ikke boringer videre utover under elva. Her er det derfor gjort en forutsetning om økende mektighet, uten at dette i de etterfølgende beregninger synes å være en viktig premis.

Dagens terreng i kvikkleiresonen har tidligere vært overdekket av relativt betydelige løsmasser, som senere er erodert/utrast i forbindelse med Nidelvas nedskjæring under landhevingen. Forsiktigvis er tidligere terreng anslått å ha ligget minst 15 m høyere i mellom Kirkegt. og Nidelva, trolig kan overdekningen ha vært større mellom 20 og 30 m. Den tidligere terrenghøyden har medført en betydelig forkonsolideringseffekt (OCR) i de gjenliggende leirmassene, noe som også avspeiles i styrken.

Profiler/terrengforhold:

For representativ beregningsmessig analyse av områdestabilitetsmessige sikkerheten er det etablert 2 profiler gjennom kvikkleiresonen, mrk. A og B på kartet i bilag 1.

Profilene, med lagdeling og styrkeparametre, er presentert i beregningsutskriftene på vedlagte bilag 3 - 5. Her er terreng, løsmasselagdeling og underliggende profil for fast grunn/fjell lagt inn i hht. foreliggende grunnlag fra tidligere undersøkelser.

Det er noe usikkerhet omkring terrengforløp og løsmasselagdeling helt ut mot og utover i elveløpet (Nidelva). Det er særlig elvekantens utforming og elvas bunnprofil som er mest usikker. Generelt har vi kunnskap om at terrenget ut mot elva avsluttes med et bolverk, dvs. et vertikalt terrengsprang oppstøttet med en tømmer/stein/murkonstruksjon, ned mot elvebunn i framkant av eksisterende bryggehus. Trolig har ikke elvebunnen lengre full dybde inn mot bolverket, men er over tid (siden båter hadde tillegg langs bryggerekken) blitt tilslammet og tilauret med løsmasser i et slakt skrånende bunnprofil ut fra land. Det er i stabilitetsanalysene likevel regnet med en vanddybde i elva på kote 4 helt inn mot bolverket, noe som burde representere en forutsetning på sikker side.

Skjærstyrke i leira:

Det foreligger begrenset med gode skjærstyrkemålinger i de dypere liggende leirlagene. Dette pga. av prøveforstyrrelser og lite direkte skjærstyrkemålinger. Det er derfor valgt å ta utgangspunkt i en erfaringsmessig sammenheng mellom skjærstyrke s_{UD} , vertikalspenning og OCR-forhold for bløt til middels fast leire, ref./2 - 4/, uttrykt ved ligningen:

$$s_{UD} = 0,21 p_0' \times OCR^{0,65} \quad (1)$$

$$\text{hvor: } OCR = p_c' / p_0'$$

p_0' = effektivt overlagingstrykk i dag

p_c' = forkonsolideringstrykk ut fra antatt tidligere terrengnivå.

I kvikkleire (sprøbruddmateriale) er den karakteristiske s_{UD} bestemt på denne måten i tillegg redusert med 10 % i beregningene, av hensyn til tøyingskompatibilitet.

Det foreligger et betydelig antall gode skjærstyrkebestemmelser i det øvre ikke-sensitive/kvikke leirlaget, som tilsier en konstant karakteristisk minimumsstyrke på $s_{UD} = 30$ kPa (etter 10 % reduksjon) med dybden, inntil styrken i hht. (1) overstiger denne.

Det er generelt regnet med en grunnvannstand ca 2 m under terreng. Det er regnet med hydrostatisk grunnvannstand i dybden fra dette nivå. Et større poreovertrykk vil kunne slå ut i en noe overvurdert skjærstyrke i dybden. Dette vil bli behandlet i de etterfølgende vurderingene.

3 UTFØRTE STABILITETSANALYSER

3.1 Analysemodell

Stabilitetsanalysene er utført med sirkulære glideflater, med stabilitetsanalyseprogrammet GeoSlope, for dagens terreng- og belastningsforhold. Terrenglast er ikke medregnet. Ved senere stabilitetskontroll som korrigerer for riktig topografi, bør evt. bygningslaster vurderes medregnet.

Analysene er basert på isotrop skjærstyrke. Passiv sone av de aktuelle, kritiske skjærflatene er dels vesentlig mindre enn utstrekningen av aktiv sone. Sonen med direkte skjær dominerer skjærflaten. Dette tilsier at en stabilitetsanalyse basert på isotrop skjærstyrke vil ligge på sikker side.

3.2 Analyserte profiler

Resultater Profil A-A, jfr. bilag 3:

Dette profilet er lagt gjennom/ved siden av reguleringsområdet (ned Bakkegata) ut mot Nidelva. Ved de foran beskrevne forutsetninger har dette profilet laveste sikkerhet for monolittiske skjærflater som starter ved foten av skråningen (mot Innherredsvegen) og ender opp mot fjellskråningen bak Kirkegata, dvs. ca innenfor kvikkleiresonen.

Laveste beregnede sikkerhet $F_c = 2,29$ ved dagens terreng- og belastningsforhold.

Skjærflater med utløp helt ut mot Nidelva vil ha betydelig større sikkerhet, og må dessuten passere gjennom en mellomsone med ikke-kvikk leire.

Dagens sikkerhet mot utløsning av en områdemessig (monolittisk) skred i profil A-A må karakteriseres som meget tilfredsstillende, ut fra de krav som gjelder i hht. ref./1/.

For et byggeprosjekt som påvirker geometri og belastningsforhold, og derigjennom kan påvirke områdestabiliteten i kvikkleiresonen, stilles egne krav. Se kap.5.2.

Resultater Profil B-B, jfr. bilag 4 og 5:

Dette profilet er lagt lengre sør i kvikkleiresonen, hvor kvikkleirelaget stikker helt ut i Nidelva under elvebunnen.

Her kommer dagens terrengskråning tettere på, og åpner for kritiske skjærflater ut mot/i elva.

De utførte stabilitetsanalysene i profilet belyser 3 forhold:

- A. Lokal sikkerhet omkring elvekanten/bolverket.
- B. Områdemessig sikkerhet mot større (monolittiske) utglidninger innenfor sonen.
- C. Betydning av evt. større poreovertrykk i dybden i forhold til karakteristisk skjærstyrke.

Vedr. tilfelle A:

Dersom en forutsetter at Nidelva har vanddybde kote 4 helt inn mot eks. bolverk, vil sikkerheten mot lokal utglidning her være kritisk, dvs. lavest, med beregnet sikkerhet $F_c = 1,41$ - som i utgangspunktet er tilfredsstillende også i forhold til kravene gitt i ref/1/. En slik lokal utglidning i utgangspunktet vil i liten grad berøre kvikkleirelaget direkte fysisk (se bilag 4), men kan likevel som et initialras åpne for videre progressiv bruddutvikling i kvikkleirelaget i sonen.

Hvor stor ringvirkning en slik progressiv bruddutvikling kan medføre kan ikke forutsies med sikkerhet. Vi anser det imidlertid som lite sannsynlig at bruddutviklingen vil forplante seg til fra elvebredden omkring profil B helt tilbake til det aktuelle planområdet.

Vedr. tilfelle B:

Ved å se på større skjærflater, dvs. skjærflater med mer områdedekkende karakter (les: utstrekning), framkommer at sikkerheten raskt øker mot størrelsesorden $F_c = 1,9$ - $2,4$ - se de viste skjærflater i bilag 4. Sikkerheten mot større områdemessige (monolittiske) skred er således meget tilfredsstillende.

Vedr. tilfelle C:

Det er for tilfelle B regnet med hydrostatisk poretrykk under et antatt GV-nivå ca 2 m. u. terreng og vannspeilet i Nidelva. For å kunne vurdere betydningen av et større poreovertrykk i forhold til den områdemessige sikkerheten, er tilfelle B modellert med et poreovertrykk økende jevnt under GV-nivået til et overtrykk på 10 m VS i 30 m dybde, målt i forhold til hydrostatisk trykk. Dette antas å dekke et tenkt ekstremtilfelle med poreovertrykk pga. mulig artesisk vanntrykktilførsel fra høyere-liggende grunnvannsnivå (utenfor sonen) via sprekker i berggrunnen under leirlaget.

Med denne forutsetning reduseres sikkerheten mot områdemessige skred i profil B (for tilfelle C i forhold til tilfelle B) med størrelsesorden 10 – 15 %. Fortsatt er sikkerheten mot områdemessige skred meget tilfredsstillende.

3.3 Vurdering av områdestabilitet på grunnlag av utførte stabilitetsanalyser.

Selv med ugunstige og konservative forutsetninger mht. styrke og poretrykk, synes sikkerheten mot områdemessige skred, dvs. store monolittiske utglidninger som griper inn i kvikkleiresonen, å være betryggende stor. Dette gjelder ut fra dagens terreng- og belastningsforhold. Det skal derfor i hht. ref. /1/ i utgangspunktet ikke være behov for å treffe stabiliserende tiltak i området for å åpne for utbygging på reguleringsplan-nivå.

De gjennomførte analysene for tilfelle A viser imidlertid at det likevel kan finnes sårbarhet for områdestabiliteten, ved at sikkerhet mot lokal bruddutvikling kan angripes av naturkreftene. Dette gjelder eksisterende beskyttelse mot erosjon/bolverkets bestandighet mot Nidelvas nedbrytning. Et sammenbrudd i bolverket/forbygningen med åpning for økt erosjon kan medføre lokal utglidning og påvirkning av kvikkleirelaget som følge.

I beregningene for tilfelle A (Profil B) er det sannsynligvis lagt noe ugunstige forutsetninger til grunn med hensyn til terrengforløpet omkring elvekanten/ut i elva, med et vertikalt sprang. Sannsynligvis er profilet mer utslaket, noe som raskt gir betydelig økning i lokal sikkerhet. Dette vil telle en god del ved endelig vurdering på dette foreløpig uavklarte punkt.

Siden kvikkleiresonens områdemessige stabilitet kan svekkes av naturkrefter gjennom Nidelvas eroderende/nedbrytende virkning, er det grunnleggende viktig å sikre at denne virkning holdes i sjakk .

4 KONSEKVENNS VED OMRÅDEMESSIG STABILITETSSVIKT.

En vesentlig faktor ved vurdering av konsekvens ved stabilitetssvikt i kvikkleiresone Nedre Bakklandet , vil være hvilke muligheter kvikkleirelaget har til å flyte ut i tilfelle brudd.

På Bakklandsiden ligger kvikkleira knapt over kote ± 0 og ute i elva synes overdekningen å være min. 5 m sydligst i sonen. Nordover i sonen når ikke kvikkleiresonen ut i Nidelva.

Et ukontrollert tiltak (fylling/massedeposering eller utgraving) med brudd i kvikkleira som følge, synes å ha lite potensiale for massiv horisontalforskyvning (massebevegelse). Det synes da mest sannsynlig at det vil oppstå tildels store deformasjoner med oppsprekking og lokalt store vertikalforskyvninger av grunnen.

Eksempelvis kan det ved brudd oppstå bunnheving i Nidelva, og nedsynkning på landsiden. For den eksisterende bebyggelsen vil slike bevegelser være ødeleggende, og konstruksjoner vil kunne kollapse. I en slik fase er det stor risiko for mennesker i området.

Som en konsekvens av evt. bunnheving i Nidelva, kan det i verste fall tenkes å kunne oppstå oppdemming med flom og vannstrømning innover land på Bakklandsiden.

Det synes altså ikke å være fare for store horisontale skredbevegelser, slik vi ellers kjenner til i fbm. for eksempel Rissa-raset. Likevel kan ødeleggelsene uansett bli store, og fare for liv og helse i en slik hendelse vil være åpenbar.

Skredets ringvirkninger må vurderes i forhold til utgangspunktet (bruddstedet). Det er derfor vanskelig å bedømme omfanget. Som nevnt foran antas det imidlertid som lite sannsynlig at en i utgangspunktet lokal bruddutvikling ved elvebredden omkring profil B kan forplante seg helt tilbake til det aktuelle planområdet ved Bakkegata..

5 SAMLET KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

5.1 Krav til områdestabilitetsmessig sikkerhet i forhold til reguleringsplan.

Områdestabiliteten innenfor kvikkleiresone 182 Nedre Bakklandet er i hht. NVEs veileder, ref./1/, tilfredsstillende med dagens terreng- og belastningsforhold. Som sådan vil den aktuelle reguleringsplanen ikke kreve iverksatt spesielle stabiliseringstiltak. Ukontrollerte naturpåkjenninger kan imidlertid påvirke dette bildet, se pkt. 5.3.

5.2 Nødvendige krav i forbindelse med byggesaksbehandling.

Reguleringsplanens bestemmelser må stille klare krav til følgende i forbindelse med prosjektering og byggesaksbehandlingen av tiltak innenfor sonen.

Det må kreves dokumentert at aktuelle tiltak innenfor kvikkleiresonen i ferdig utbygd tilstand ikke medfører reduksjon av dagens sikkerhet mot områdemessige utglidninger i sonen, samtidig som tilfredsstillende sikkerhet i anleggsfasen skal ivaretas. Her skal ref./1/ legges til grunn for krav og dokumentasjon.

NS 3480 skal legges til grunn for den geotekniske prosjekteringen innenfor kvikkleiresonen, og prosjekteringen skal gjennomføres av personell med dokumentert nødvendig kompetanse.

Tiltak som påvirker stabiliteten lokalt, og dermed kan påvirke områdestabiliteten, bør defineres i Geoteknisk prosjektklasse 3, med tilhørende konsekvens for krav til grunnlagsdata, prosjektering og prosjekteringskontroll, samt kontroll av utførelse i byggefasen.

Det anbefales utført uavhengig kontroll av prosjekteringen.

Ovennevnte prosedyre skal forebygge at det utilsiktet, ved menneskelig påvirkning, kan utløses skredvirksomhet i kvikkleiresonen.

5.3 Spesielle krav i forhold til naturpåkjenning (erosjon) og forbygningstilstand.

For reguleringsplanen spesielt.

Det er foran påpekt at den ellers tilfredsstillende områdestabiliteten i kvikkleiresonen, og dermed også for reguleringsplanen, kan være sårbar i forhold til mulig skade/lokalt sammenbrudd i elvebreddens bolverk/forbygning mot Nidelva, dvs. i forhold til naturpåkjenning.

Så langt antas imidlertid at en lokal stabilitetssvikt i kvikkleiresonen langs elvebredden ikke kan forplante seg bakover til det aktuelle området for Reguleringsplan for Nedre Bakklandet 83/85 og Innherredsveien 1-3. Dette området bør dermed kunne behandles som sikkert i forhold til naturpåkjenninger som foran nevnt.

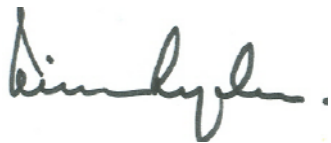
Vi anbefaler likevel at det gjennomføres en tilstandskartlegging av bolverk/forbygning, som bl.a. omfatter kontroll av vanddybde og lokal stabilitet av elvebredden innenfor kvikkleiresonens utstrekning. Det er naturlig å se dette som en videreføring av kvikkleireskredfareprosjektet, med stabilitetsanalyser og tiltaksutredning.

For Kvikkleiresonen generelt.

Avhengig av karakter av evt. påvist nødvendige sikringstiltak langs kvikkleiresonen mot Nidelva jfr. foregående avsnitt, bør det vurderes om slike tiltak rent generelt bør iverksettes, uavhengig av den foreliggende reguleringsplan og det aktuelle byggetiltak, evt. om det er riktigere å gjennomføre sikringstiltak i en annen planmessig sammenheng. Her antar vi at det kan være flere berørte parter (NVE, grunneiere og kommunen) som bør høres.

Med vennlig hilsen

Rambøll Norge AS



Einar Lyche

Inger Johanne M. Søreide

Vedlegg:

Bilag 1: Kart over Kvikkleiresone 182: Nedre Bakklandet , inkl. forslag til ny avgrensning og orientering av Stabilitetsprofil A-A og B-B (bilag 3 5).

Bilag 2: Tabelloversikt over foreliggende rapporter fra tidligere grunnundersøkelser i/omkring kvikkleiresone 182: Nedre Bakklandet (grunnlag for avgrensning av ny sone).

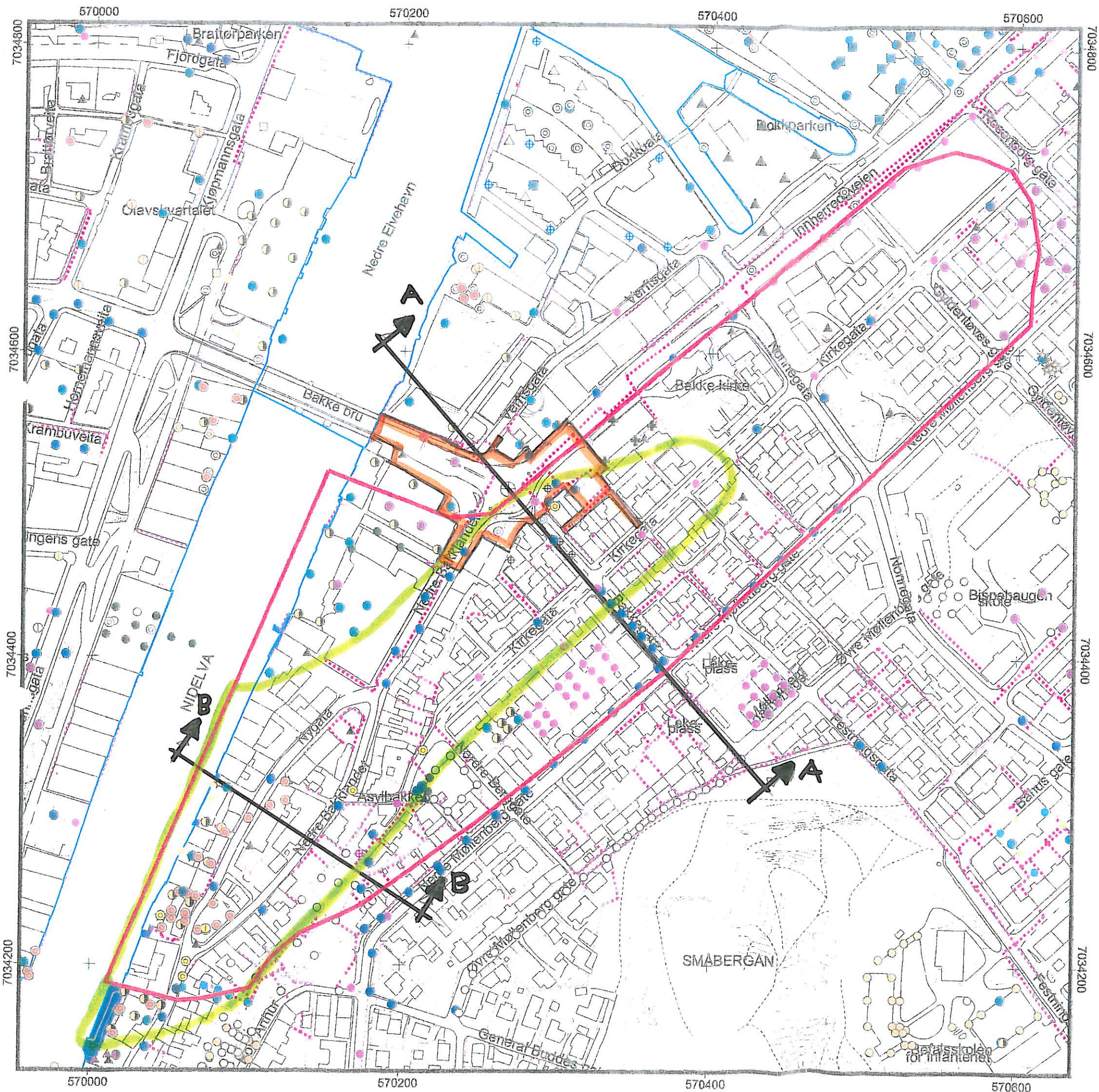
Bilag 3: Profil A-A Stabilitetsanalyse m/beregningsforutsetninger.

Bilag 4: Profil B-B Stabilitetsanalyse m/beregningsforutsetninger.

Bilag 5: Profil B-B Stabilitetsanalyse m/beregningsforutsetninger forhøyet pore(over)trykk.

Referanser:

/1/	NVE komité: Multiconsult/Rambøll/ Vegdirektoratet/NGI	Veileder for: Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire . *): Utgave nr. 8 er under bearbeidelse (mindre justeringer), og forventes framlagt som endelig høringsutkast.	Foreløpig utgave nr.7.*	2007
/2/	Karlsruud, K. , Aas, G. og Gregersen,O.	Can we predict landslide hazards in soft sensitive clays? Proceedings, International symposium on Landslides, Torino (1984) Vol. 1, pp. 107-130.	NGI publ. 158.	1984
/3/	Karlsruud,K. , Lunne T., D.A.Kort and Strandvik S.	CPTU-correlations for Clays .	NGI rapp. 2041198 -1	2005
/4/	Lunne, Robertson and Powell.	CPT in geotechnical practise.	E & FN SPON	1997



Nedre Baklandet Kvikkleiresone
 "K" = Påvist kvikkleire

M = 1:2500

Alle grunnboringer

⊙ Påvist kvikkleire i prøve

Sone : 182 Nedre Baklandet

— N6I avgrensning av kvikkleiresonen

— Forslag til ny avgrensning av kvikkleiresonen

BILAG 1 TIL NOTAT 6061033-2.
 DAT. 10.05.07
 Reguleringsplan for N. Baklandet 83/85
 og Innherredsveien 1-3

24/11-06 *Ty. H. Sandaker*



Stabilitetsberegninger utført i profil A-A og B-B

▭ Omriss reg. plan område

Oversikt over foreliggende rapporter/datagrunnlag fra tidligere grunnundersøkelser:

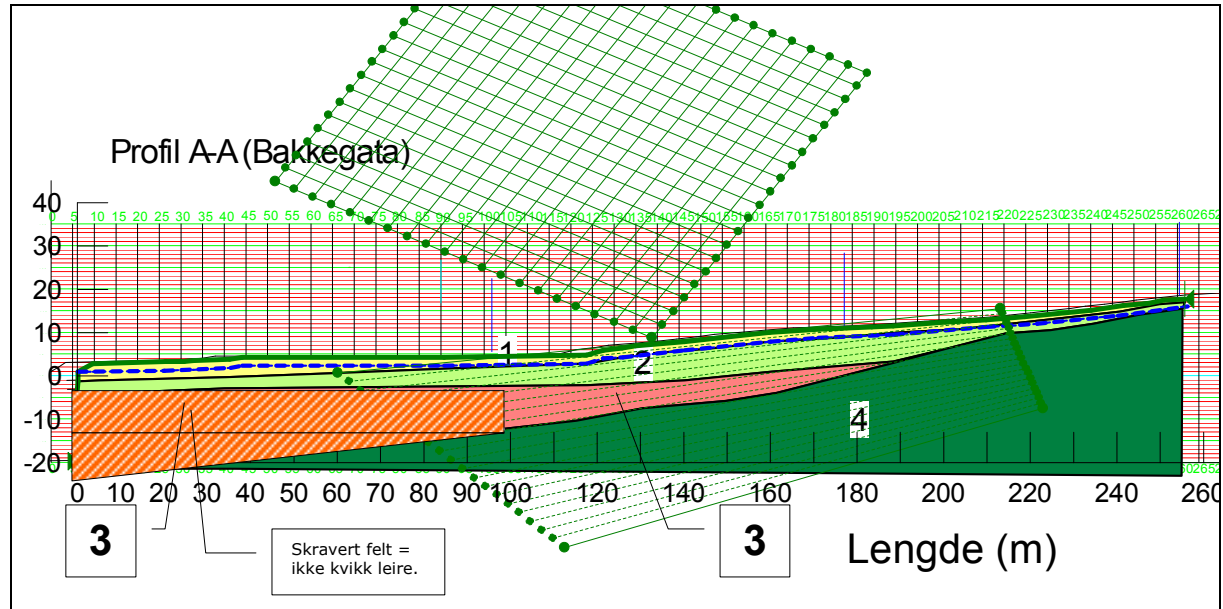
Rapport nr:	Plassering:	Utført av:
R.17	Innherredsveien 3-5	Trondheim kommune
R.11	Rosenborg. 1895	Trondheim kommune
R.22	Verftstomten, 1900	Trondheim kommune
R.350	Bakklandet bedehus	Trondheim kommune
R.344	Innherredsveien	Trondheim kommune
R.419-3	Bakklandetsutredningen	Trondheim kommune
R.883	Møllenberg-Lade	Trondheim kommune
R.744	Kirkegata/Bakkegata	Trondheim kommune
R.419	Bakklandstangenten	Trondheim kommune
R.419-3	Bakklandsutredningen	Trondheim kommune
R.712	Nedre Bakklandet	Trondheim kommune
R.718	Nedre Bakklandet	Trondheim kommune
R.416	Bakkegata	Trondheim kommune
R.383	Nedre Møllenberg gt	Trondheim kommune
GEO 32329	Nedre Bakklandet 25	Geoteam
NOT 57124	Nygata 28B	Noteby
NOT 301000	Reg. Plan ved Bakke bru	Noteby/Multiconsult
Ud 674A	Kryss ved Bakke bru	Statens vegvesen
NGI O.862	Innherredsveien 1.	NGI
O.3575	P-hus Verftstomta	Rambøll Norge AS
O.5057	Nedre Bakklandet.	Rambøll Norge AS
O.4043	Nedre Bakklandet.	Rambøll Norge AS
O.12360	Kirkegata 3B	Rambøll Norge AS
O.6570-1	Byfornyelse Nedre Bakkl.	Rambøll Norge AS
O.6570-2	Byfornyelse Nedre Bakkl.	Rambøll Norge AS
O.6686	Nygata 2-4. Bakklandet	Rambøll Norge AS
O.1298	Rosenborg Dampbageri	Rambøll Norge AS
640009A	Nedre Bakklandet 79	Rambøll Norge AS

Stabilitetsberegninger for kvikkleiresone 182 Baklandet.

Resultater fra beregninger i GeoSlope:

1. Profil A-A (Bakkegata)

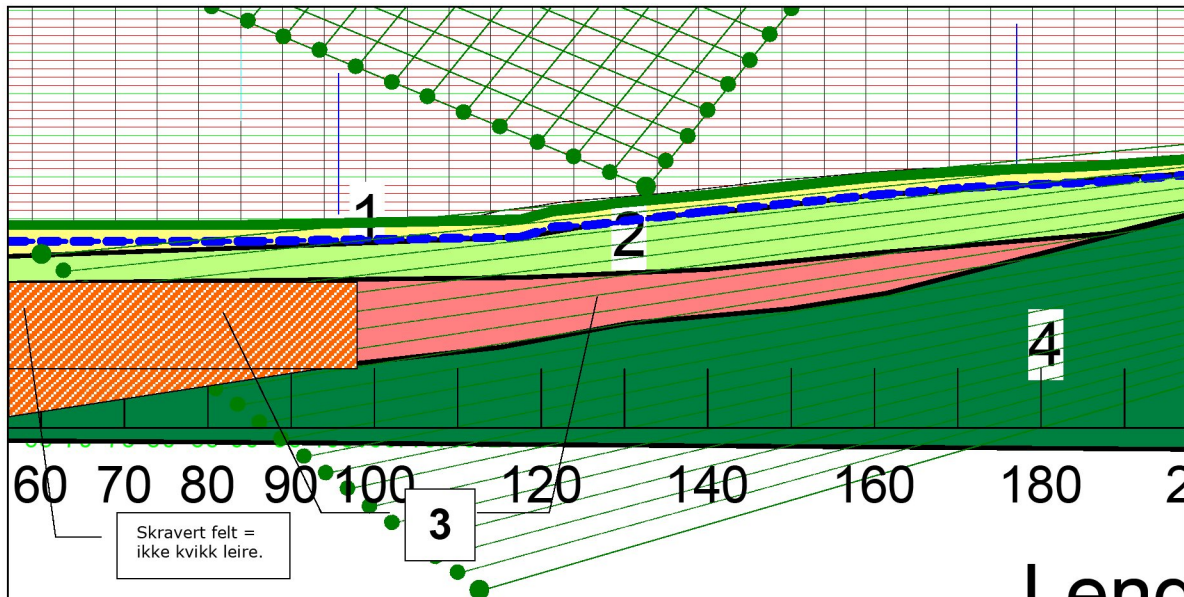
Modell:



(grunnvann er antatt 2m under terreng)

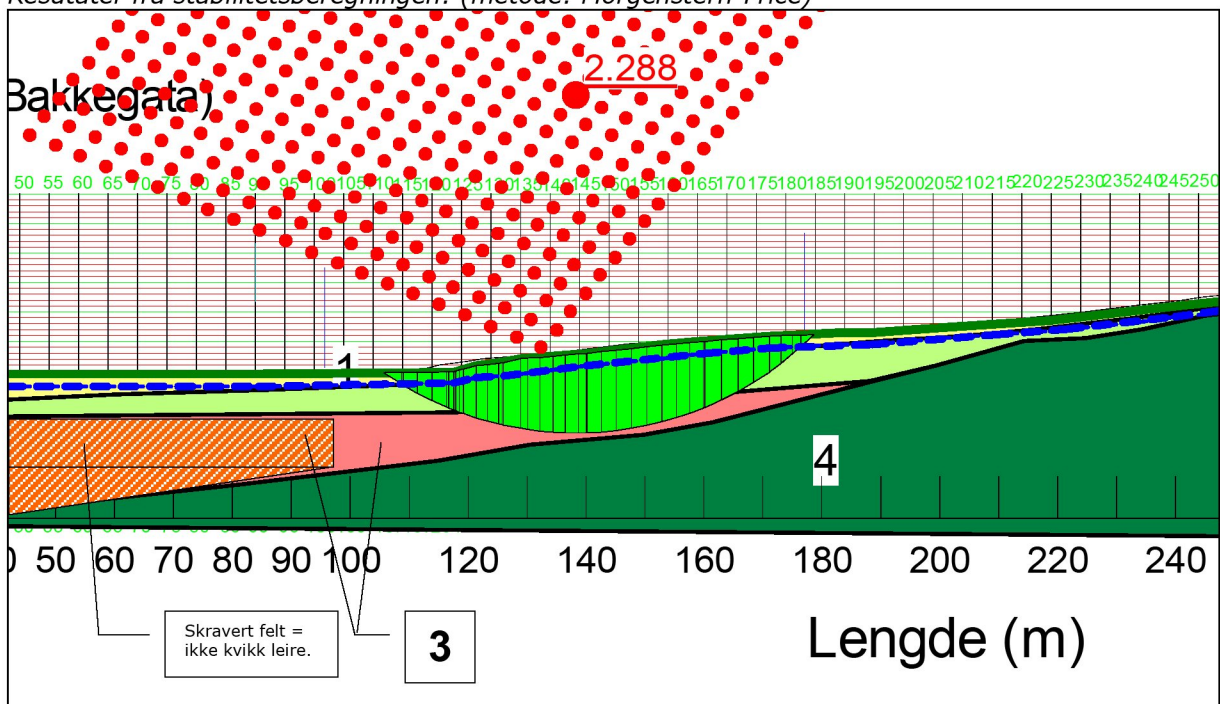
Jordparametre:

<p>Soil 1 fylling</p> <p>Soil Model Mohr-Coulomb</p> <p>Unit Weight 19 kN/m³</p> <p>Cohesion 0</p> <p>Phi 31</p> <p>Piezometric Line # 1</p> <p>Ru 0</p> <p>Pore-Air Pressure 0 kPa</p>	<p>Soil 2 leire su=30</p> <p>Soil Model Undrained (Phi=0)</p> <p>Unit Weight 19 kN/m³</p> <p>Cohesion 30</p> <p>Piezometric Line # 1</p> <p>Ru 0</p> <p>Pore-Air Pressure 0 kPa</p>
<p>Soil 3, Region 3 leire su=K*p0'</p> <p>Soil Model S=f(depth)</p> <p>Unit Weight 19 kN/m³</p> <p>C-Top of Layer 30</p> <p>Rate of Increase 1.9</p> <p>C-max: 50</p> <p>Piezometric Line # 1</p> <p>Ru 0</p> <p>Pore-Air Pressure 0 kPa</p>	<p>Soil 4 grovere masser</p> <p>Soil Model Mohr-Coulomb</p> <p>Unit Weight 19 kN/m³</p> <p>Cohesion 0</p> <p>Phi 38</p> <p>Piezometric Line # 1</p> <p>Ru 0</p> <p>Pore-Air Pressure 0 kPa</p>



Figur med inntegrede jordlag 1, 2, 3 og 4.

Resultater fra stabilitetsberegningen: (metode: Morgenstern-Price)



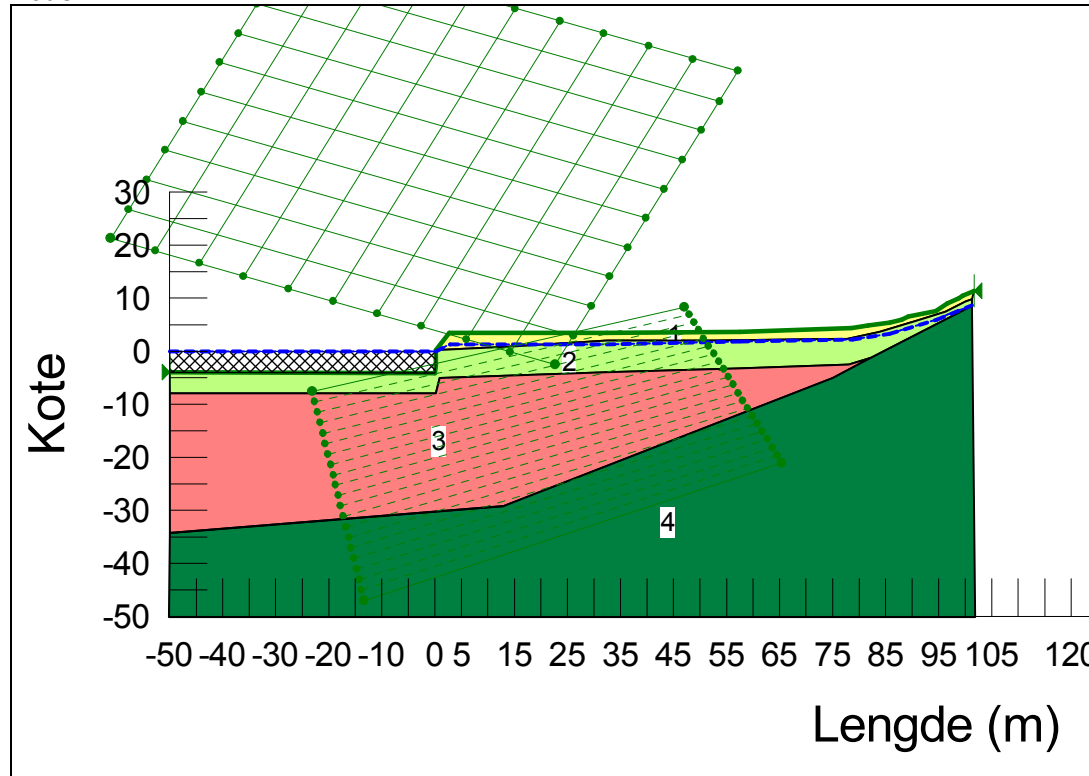
Beregnet materialfaktor: $\gamma_m = 2,29$

Stabilitetsberegninger for kvikkleiresone 182 Baklandet.

Resultater fra beregninger i GeoSlope:

2. Profil B-B

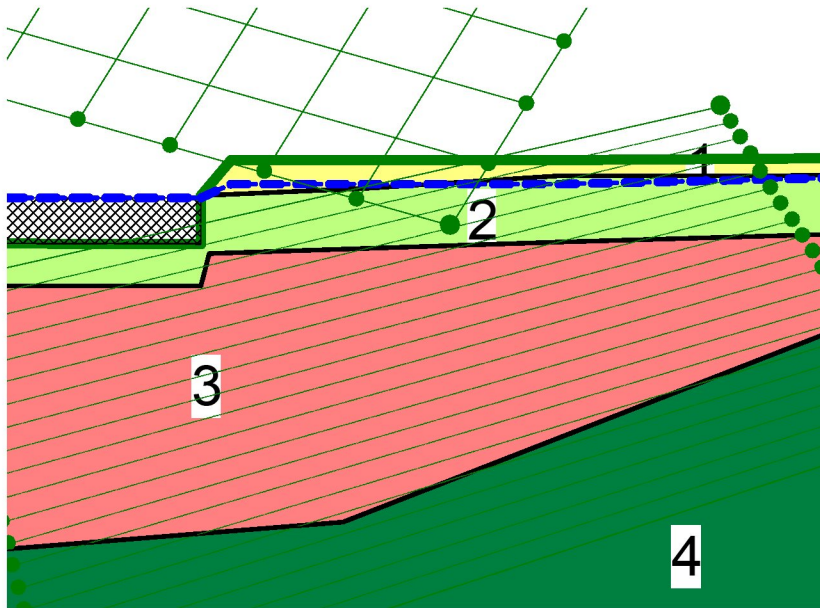
Modell:



(grunnvann er antatt 2m under terreng og i kote +0 i Nidelva)

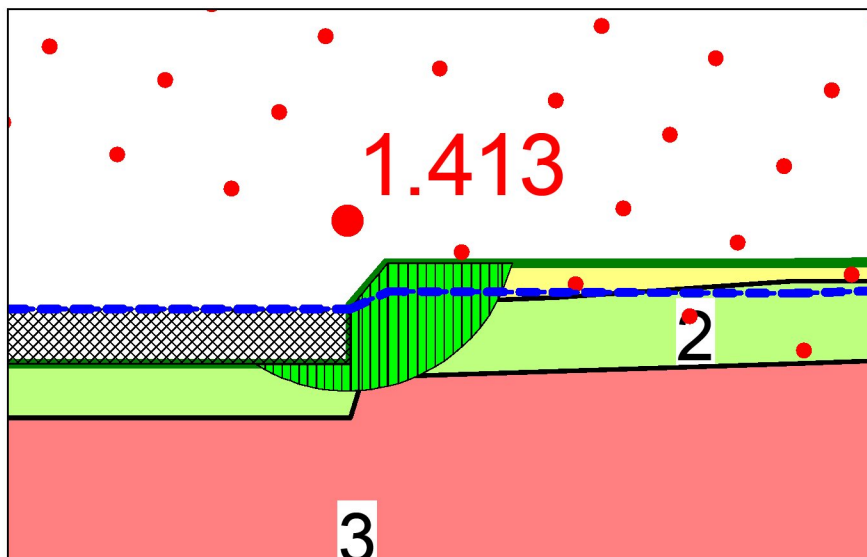
Jordparametre:

<p>Soil 1 Fylling Soil Model Mohr-Coulomb Unit Weight 19 kN/m³ Cohesion 0 Phi 31 Piezometric Line # 1 Ru 0 Pore-Air Pressure 0 kPa</p>	<p>Soil 2 Leire su=30 Soil Model Undrained (Phi=0) Unit Weight 19 kN/m³ Cohesion 30 Piezometric Line # 1 Ru 0 Pore-Air Pressure 0 kPa</p>
<p>Soil 3, Region 3 Leire su=k*p0' Soil Model S=f(depth) Unit Weight 19 C-Top of Layer 30 Rate of Increase 1.9 C - Maximum 80 Piezometric Line # 1 Ru 0 Pore-Air Pressure 0</p>	<p>Soil 4 grovere masser Soil Model Mohr-Coulomb Unit Weight 19 kN/m³ Cohesion 0 Phi 38 Piezometric Line # 1 Ru 0 Pore-Air Pressure 0 kPa</p>

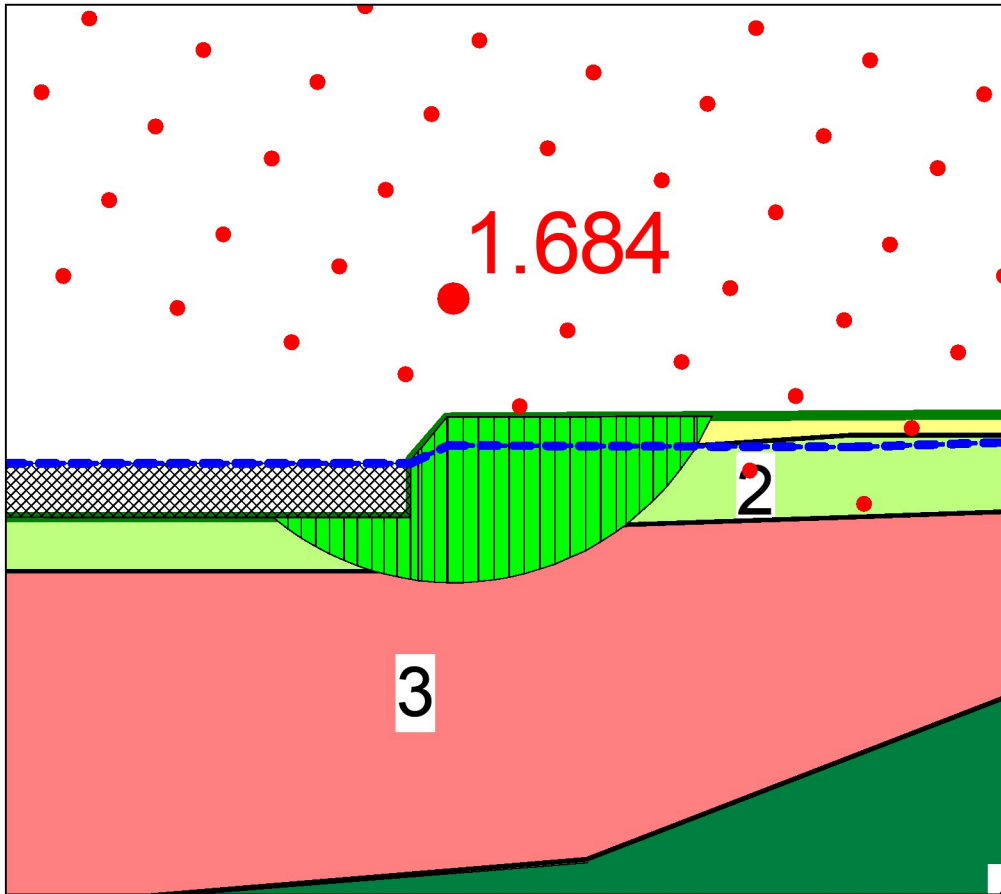


Figur med inntegnede jorlag 1, 2, 3 og 4.

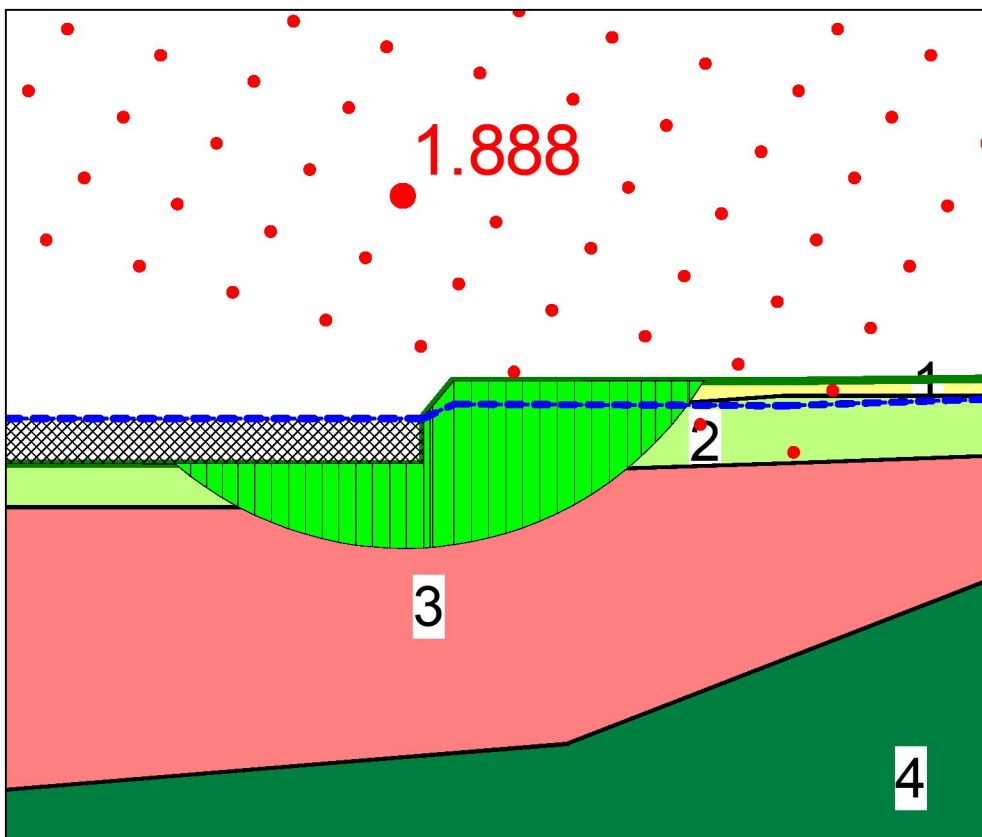
Resutater fra stabilitetsberegningen: (metode: Morgenstern-Price)



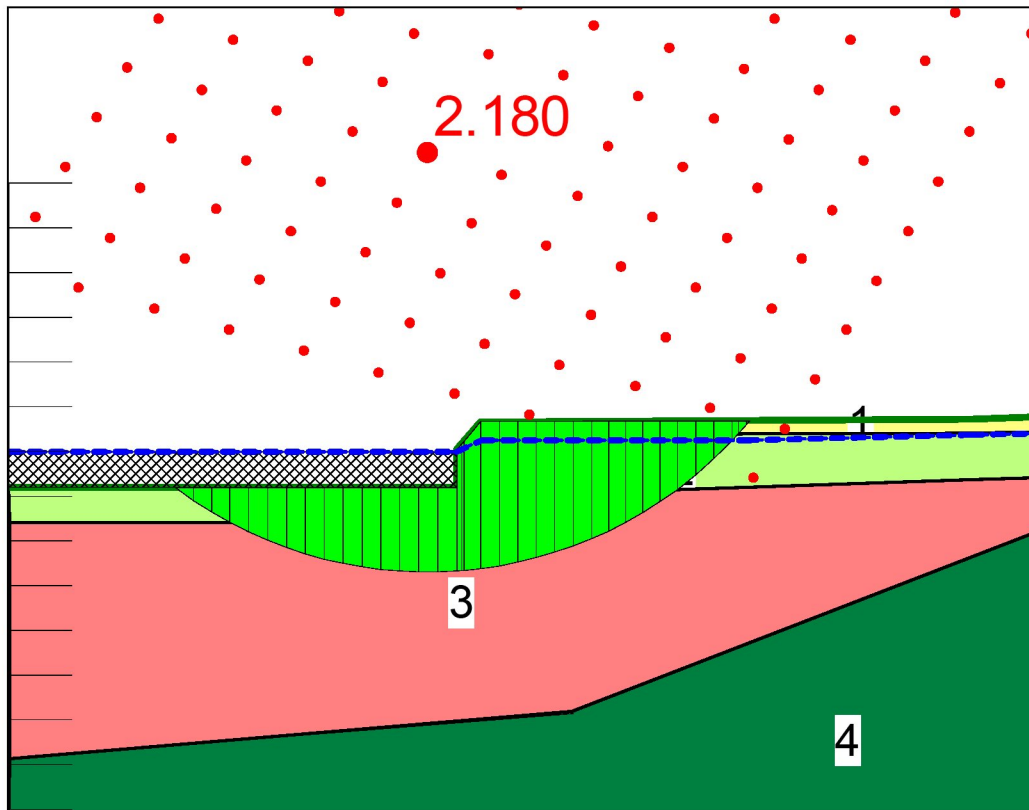
Beregnet materialfaktor: $\gamma_m=1,41$



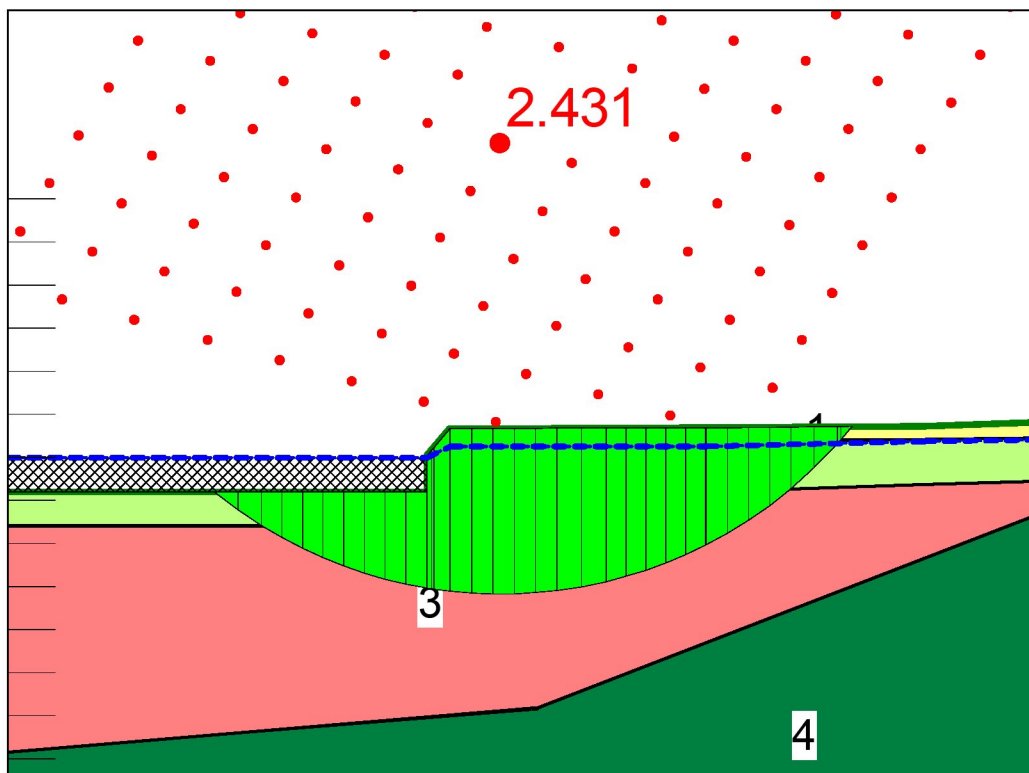
Beregnet materialfaktor: $\gamma_m=1,68$



Beregnet materialfaktor: $\gamma_m=1,89$



Beregnet materialfaktor: $\gamma_m=2,18$



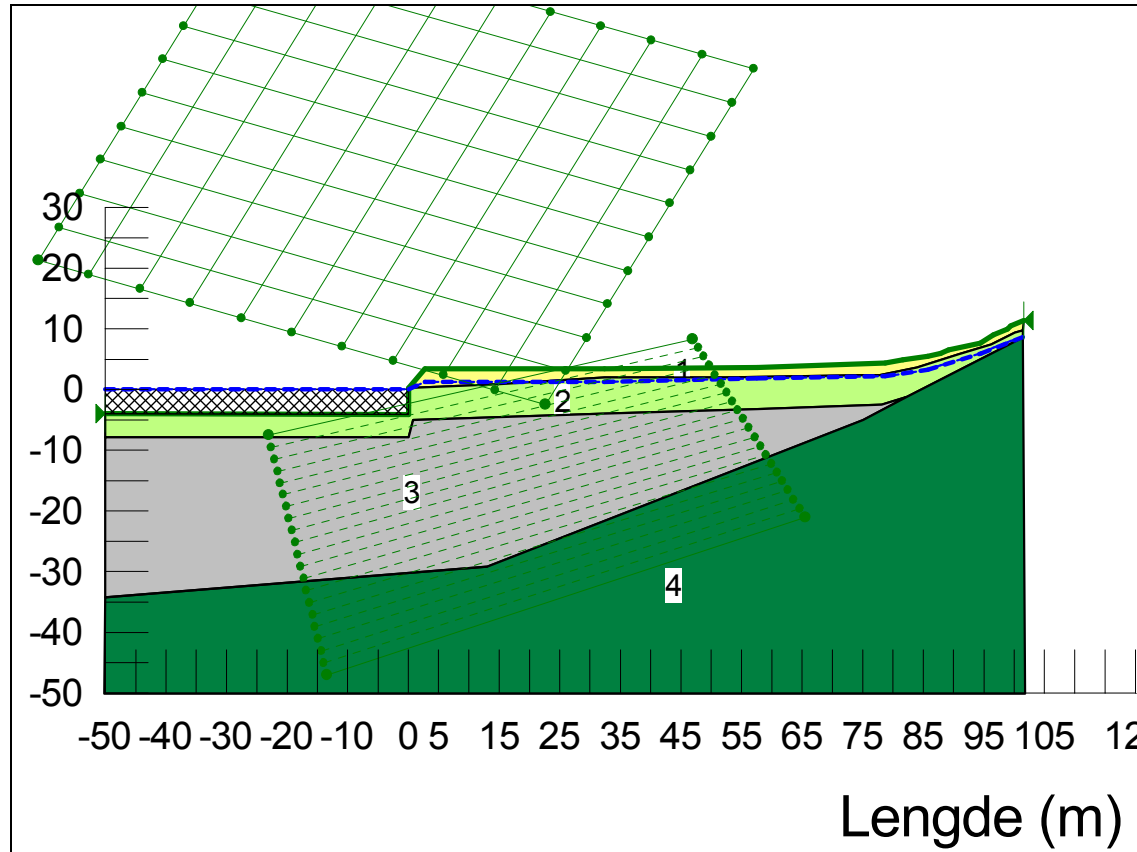
Beregnet materialfaktor: $\gamma_m=2,43$

Stabilitetsberegninger for kvikkleiresone 182 Bakklandet.

Resultater fra beregninger i GeoSlope:

3. Profil B-B med redusert s_{uD} pga poreovertrykk = 100 kPa ved ca 30m under terreng

Modell:

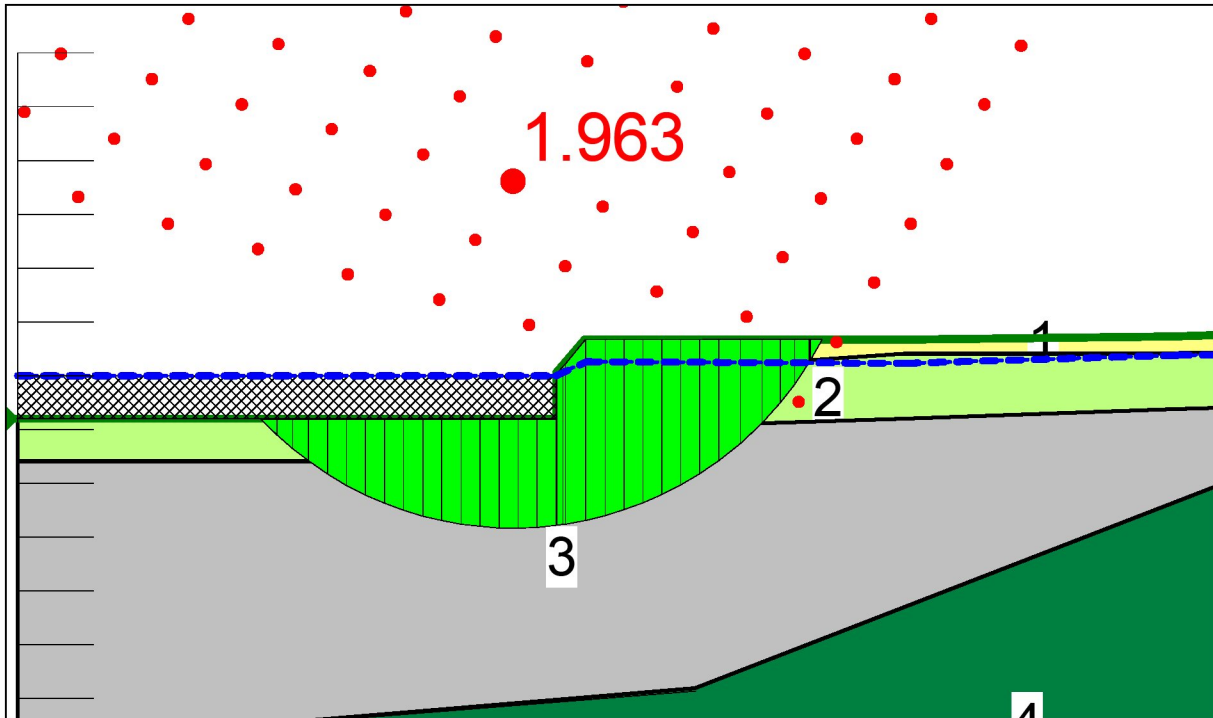


(grunnvann er antatt 2m under terreng og i kote +0 i Nidelva)

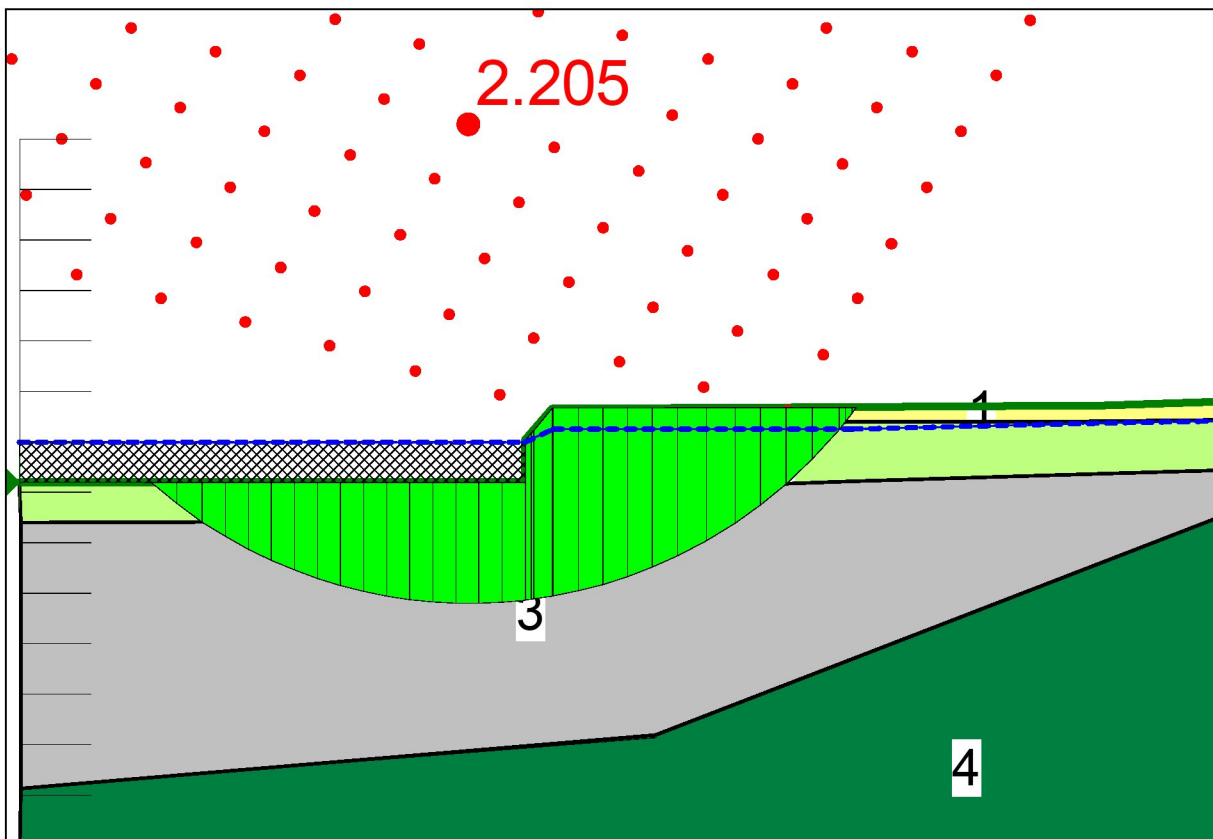
Jordparametre:

<p>Soil 1 Fylling Soil Model Mohr-Coulomb Unit Weight 19 kN/m³ Cohesion 0 Phi 31 Piezometric Line # 1 Ru 0 Pore-Air Pressure 0 kPa</p>	<p>Soil 2 Leire $s_u=30$ Soil Model Undrained (Phi=0) Unit Weight 19 kN/m³ Cohesion 30 Piezometric Line # 1 Ru 0 Pore-Air Pressure 0 kPa</p>
<p>Soil 3, Region 3 Leire $s_u=k \cdot p_0'$ Soil Model $S=f(\text{depth})$ Unit Weight 19 kN/m³ C-Top of Layer 30 Rate of Increase 1.56 C maximum: 80 Piezometric Line # 1 Ru 0 Pore-Air Pressure 0 kPa</p>	<p>Soil 4 grovere masser Soil Model Mohr-Coulomb Unit Weight 19 kN/m³ Cohesion 0 Phi 38 Piezometric Line # 1 Ru 0 Pore-Air Pressure 0 kPa</p>

Resutater fra stabilitetsberegningen: (metode: Morgenstern-Price)



Beregnet materialfaktor: $\gamma_m=1,96$



Beregnet materialfaktor: $\gamma_m=2,21$