STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

CHALMERS

LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET

TRAFIKVERKET



LÅNGSAMMA SKRED I SKIKTAD SILTIG JORD

FÖRSTUDIE

Medverkande:

SGI: Hjördis Löfroth, Karin Lundström, Martin Holmén, Hanna Fritzon, David Rudebeck

Chalmers: Ayman Abed, Minna Karstunen, LTU: Qi Jia, Jan Laue

TrV: Eva-Lotta Olsson, Mikael Ånäs, Stefan Johansson, Freja Söderberg

Foto: Stefan Johansson, TrV, Väg 908, Västersel

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

UPPLÄGG

- Bakgrund, syfte, mål
- Genomförande och slutsater från olika delmoment
- Slutsatser från förstudien och förslag på fortsättning



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

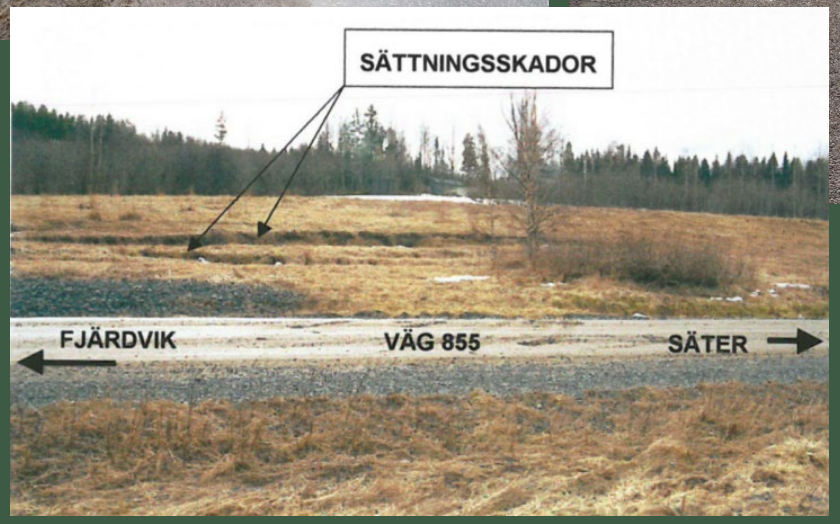
BAKGRUND

I slänter av silt/lera i anslutning till vägar/järnvägar i Västernorrland – sättningar, skredliknande sprickor och skred.


Väg 925 Kappelberget




Väg 1069 Ravesta



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

SYFTE

- Varför uppstår långsamma deformationer i slitig jord
- Hur påverkar klimatrelaterade förändringar som grundvatten, portryck och tjäle
- Identifiera förutsättningar för var problemen kan uppstå
- Hur de kan förutses och övervakas





MÅL

Rapport som inkluderar:

- Genomgång av problemet och under vilka förutsättningar problemet kan uppstå
- Förslag på upplägg av modellering och avancerade laboratorieanalyser
- Identifiering av lämpliga metoder för övervakning
- Preliminära förhållanden under vilka problemen kan uppstå
- Förslag på fortsättning efter förstudien

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

GENOMFÖRANDE

- Studie av meteorologiska förhållanden
- Analyser av geotekniska utredningar
- Intervjuer (geotekniker, drift, underhåll)
- Genomgång och kritisk granskning av kunskapsläget avseende:
  - Inverkan av olika faktorer som topografi, grundvatten/portryck, frys/tö, krypning, vägutformning
  - Metoder för modellering
  - Avancerade laboratorieförsök
  - Övervakning
- Dra slutsatser från genomgång o analys
- Rapportering



Foto: AFRY
väg 1069 Ravesta



ANALYS GEOTEKNISKA UTREDNINGAR, INTERVJUER

Sju utredda områden i Västernorrland där långsamma skredrörelser inträffat.

Studerat: meteorologiska förhållanden, händelsen, topografi, markanvändning, geologi, jordlagerföljd, grundvatten/portryck, vägdata mm

Liknande problem på andra platser?

- i Sverige? - Intervjuer
  - två händelser identifierade
- i andra länder? - Förfrågningar hos nyckelpersoner, litteratur
  - ett fåtal liknande i litteratur

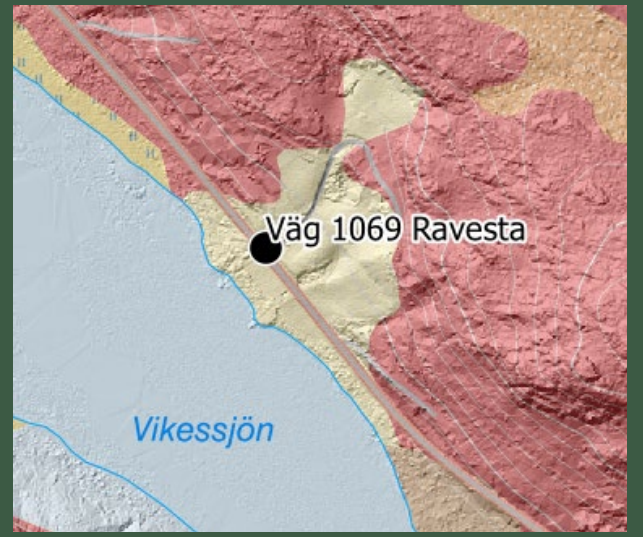
ANALYS UTREDNINGAR, INTERVJUER - SLUTSATSER

Rörelser längs väg 862 Hammarsbron bedöms ha andra orsaker.

För övriga händelser:

- De har huvudsakligen har inträffat under höst eller vår
  - föregåtts av en höst med mycket större nederbörd än normalt som föll innan marken tjälades. Mycket mer nederbörd än normalt innan samtliga händelser
- Vägavsnitten ligger i nedre delen av en sluttning som ansluter till morän och/eller berg i dagen
- Övre jordlagren består av ett tätt material, lera – silt, och artesiska tryck har uppmätts

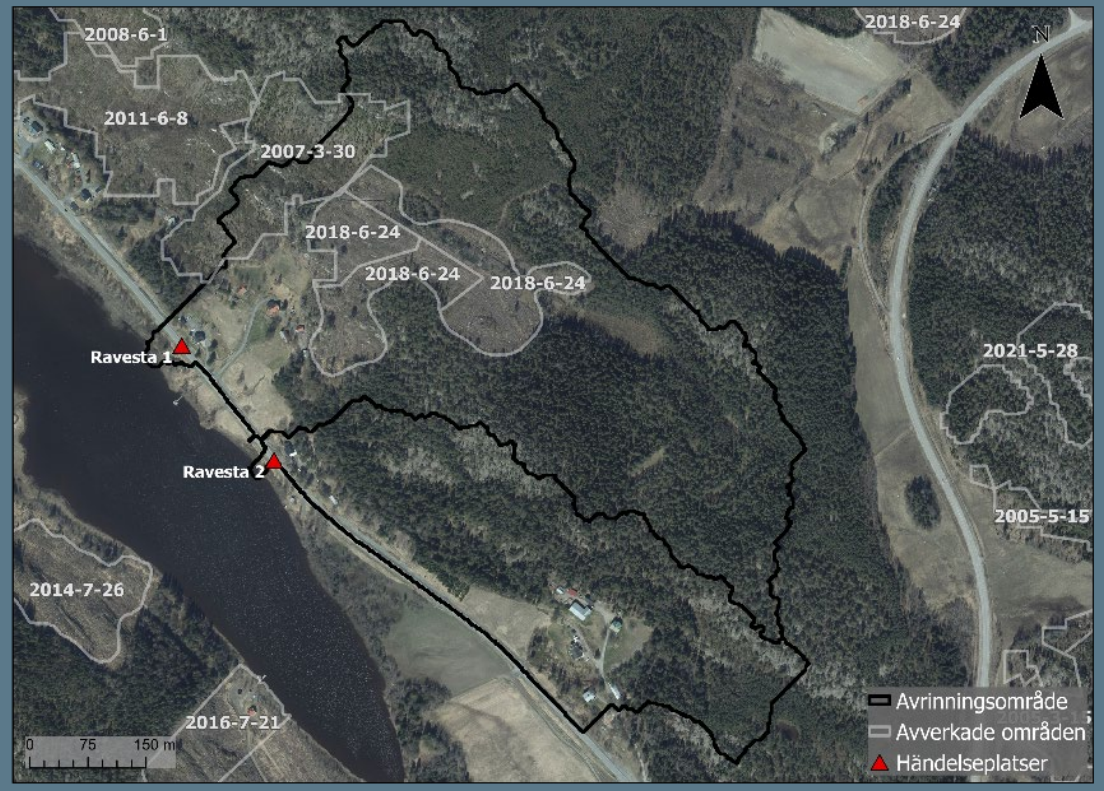




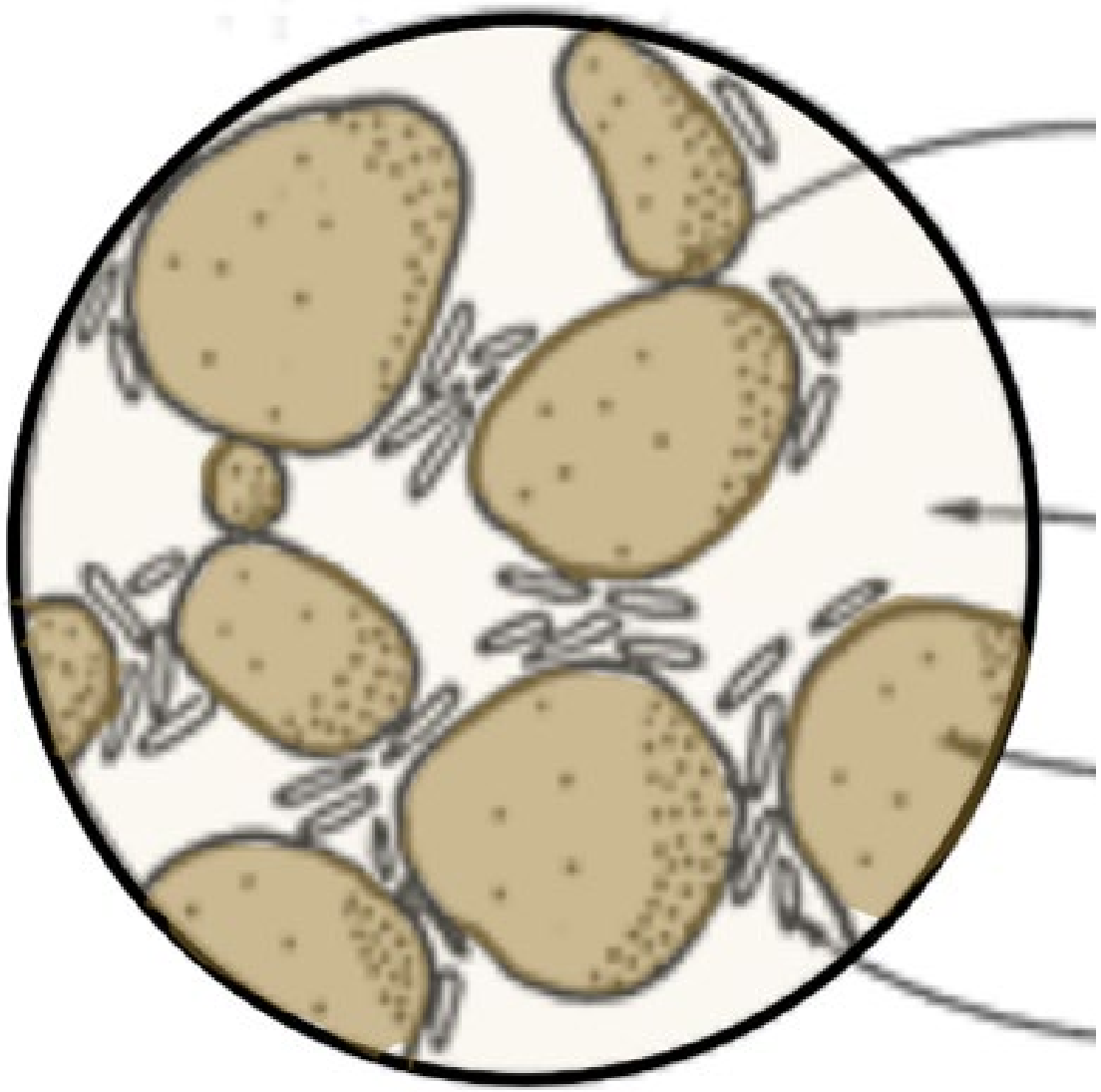
ANALYS UTREDNINGAR, INTERVJUER - SLUTSATSER

- Stabiliteten generellt låg vid samtliga händelseplatser i Västernorrland
- I fyra fall i Västernorrland, har avverkning av skog utförts ovanför vägavsnitten 2,5 - 3 år innan vägskadorna uppkommit
- Intervjuer resulterat i två ytterligare fall i andra delar av Sverige
- Förutom dessa fall känns inte problemet igen, med längsgående sprickor som utbildas till skred

Ortofoto, avrinningsområde vid händelseplats samt avverkade områden



Källa: Skogsstyrelsen, Lantmäteriet (2020) ©Geodatasamverkan



GENOMGÅNG AV DAGENS KUNSKAPSLÄGE

- Studerat siltig jords egenskaper och hur det kan kopplas till stabilitetsproblem
- Teoretiska basen för bedömning av mättad och omättad skjuvhållfasthet
- Teorin använd för att förklara de för svenska fallen mest relevanta skredutlösande faktorerna i siltiga slänter utifrån litteraturen

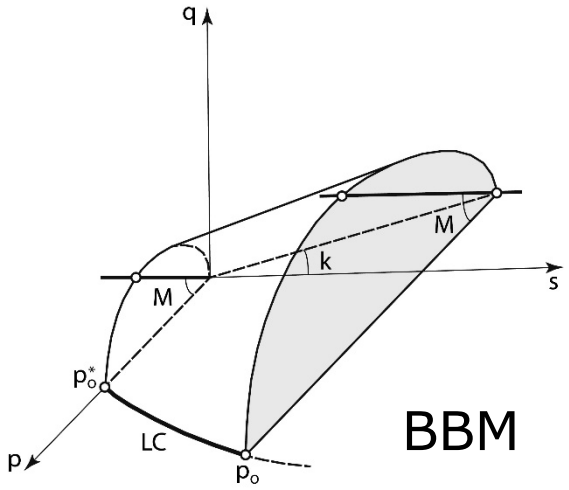
STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

DAGENS KUNSKAPSLÄGE - SLUTSATSER

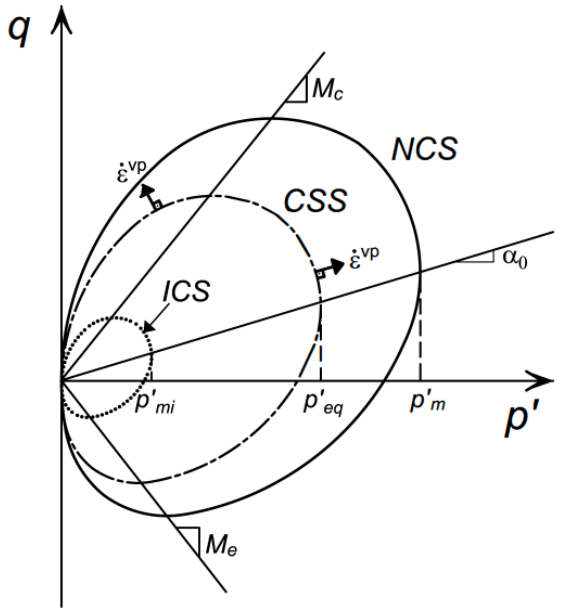
De utlösande faktorerna för långsamma skred omfattar:

1. Variation i kapillärt undertryck och grad av vattenmättnad
2. Uppkomst av höga portryck i fullt vattenmättat tillstånd
3. Krypdeformationer som förändrar jordstrukturen, vilket leder till tidsberoende ökning av artesiska portryck och minskning av skjuvhållfastheten
4. Frys/tö cykler separerar jordpartiklarna från varann, vilket resulterar i minskad densitet och ökad porvolym
5. De hydrogeologiska och topografiska förhållandena

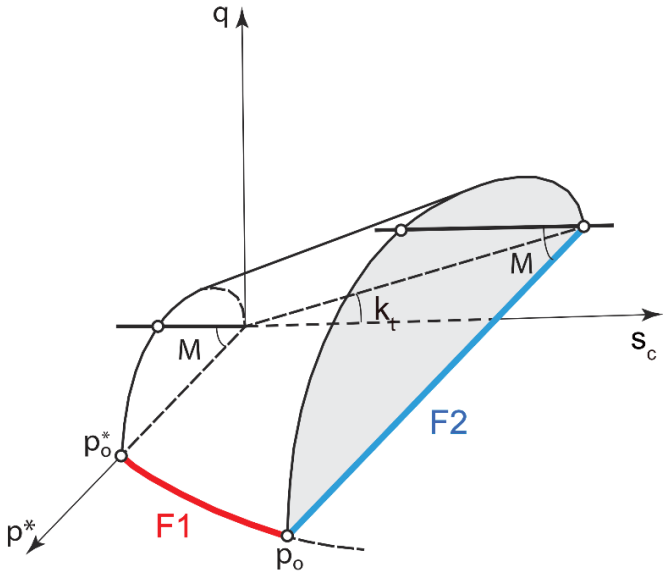
Utifrån litteraturen indikeras att de rörelser som inträffat på hösten främst orsakas av nederbörd och de som inträffat på våren av frys/tö cykler



BBM



Creep-SClay1S



Frozen and Unfrozen soil model

MODELLERING

- Genomgång av tillgängliga tillvägagångssätt som tar hänsyn till porvattenövertryck, krypning, frys/tö cykler vid olika laster och randvillkor.
  Förslag metod:
  - kombinerad Termo-Hydro-Mekanisk (THM) Finit Element Metod (FEM)
  - Plaxis2D
- Förslag konstitutiva modeller:
  - Barcelona Basic Model (BBM) för omättad jord
  - Creep-SClay1S för att fånga krypeffekter och naturlig silt/leras beteende
  - NTNU:s Frozen Unfrozen soil model för att simulera frys/tö cykler

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

SAMMANSTÄLLNING MODELLERING INKL. FÖRSÖK FÖR BESTÄMNING PARAMETRAR

Process	Metod	Konstitutiv modell	Särskilda laboratorieförsök
Delvis vatten-mättat	Kombinerad HM FEM (Plaxis 3D)	BBM	• Ödometerförsök • Undertryckskontrollerade aktiva triaxialförsök
Krypning	Kombinerad HM FEM (Plaxis 3D)	Creep-SClay1S	• Ödometerförsök • Aktiva och passiva odränerade triaxialförsök • Fallkonförsök
Frys/tö	Kombinerad THM FEM (Plaxis 3D)	Frozen/Unfrozen soil model	• Ödometerförsök under ofrusna och frusna förhållanden • Enaxliga tryckförsök vid frusna förhållanden och olika temperatur • Tjällyftningstest

METODER FÖR ÖVERVAKNING - KUNSKAPSLÄGE

Följande metoder har studerats:

Metod	Parameter som mäts	Kategori av metod
Totalstation	Markdeformation	Geodetisk
GNSS (Global Navigate Satellite Systems)	”	Geodetisk
Fjärranalys (optisk, lidar, SAR)	”	Fjärranalys
Inklinometer, töjningsgivare mfl	Deformation mark och undergrund	Geoteknisk mätning
DFOS (Distribuerad fiberoptik)	”	”
TDR (Time Domain Reflectometry)	Deformation mark och undergrund alt. vatteninnehåll	”
Portrycksmätare	Porvattentryck, grundvattennivå	”
Tensiometer	Vattenmättnad i omättad zon	”
Termistor och Fiber Optik (FO)	Jordtemperatur	”

Bedömning: Integration av olika övervakningstekniker tillsammans med teoretiska studier behövs för att öka kunskapen om dessa fenomen


STATENS
GEOTEKNISKA
INSTITUT
SLUTSATSER AV FÖRSTUDIEN
OCH FÖRSLAG PÅ
FORTSÄTTNING
Foto: Trafikverket

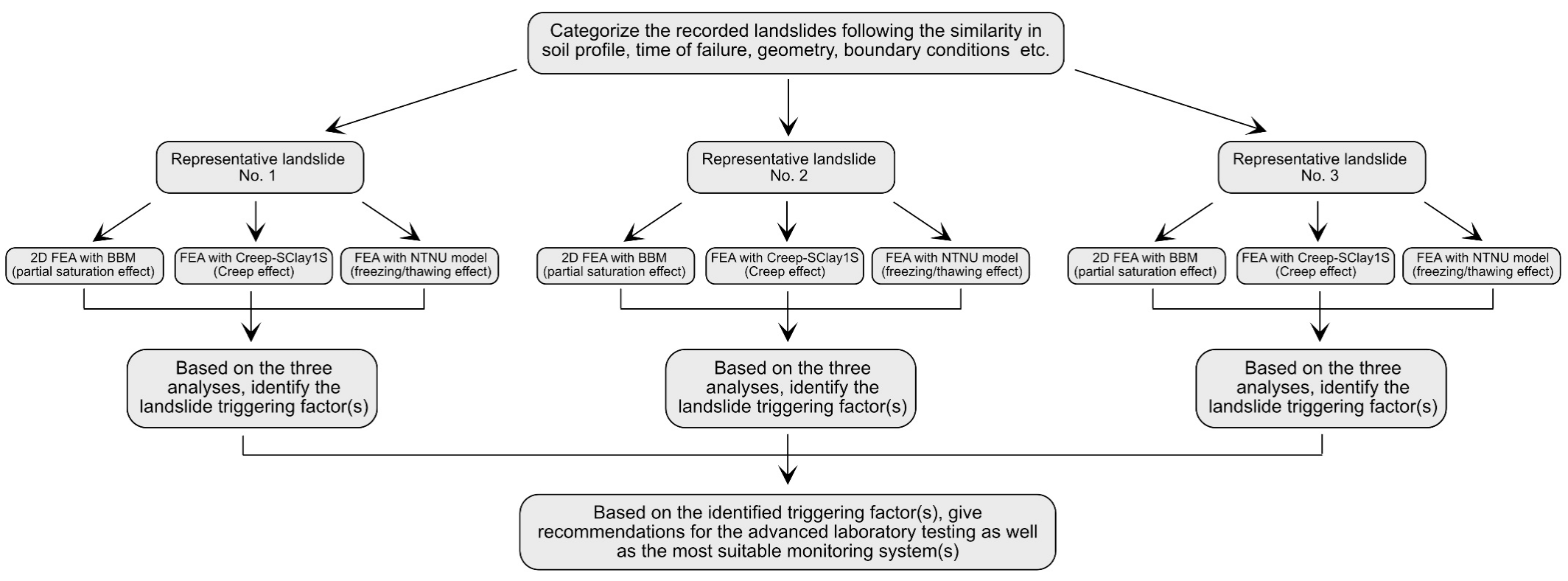
STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

PRELIMINÄRA FÖRHÅLLANDEN DÄR LÅNGSAMMA SKRED KAN FÖRVÄNTAS

- Vägen ligger på skrå i nedre delen av en sluttning som ansluter till morän och/eller berg i dagen
- De övre jordlagren i området består av ett tätt material, såsom lera och silt
- Artesiska vattentryck kan förväntas kunna uppstå i området för vägavsnittet
- Förutsättningarna bedöms öka om stabiliteten för vägavsnittet initialt är låg
- Indikationer på att förutsättningarna ökar om avverkning utförts inom avrinningsområdet till sådana vägavsnitt
- betydligt större nederbörd än normalt bedöms bidra till att kryprörelser och långsamma skred inträffar.
- Indikationer på att stora nederbördsmängder på hösten kan leda till kryprörelser och skred i samband med att tjälen går ur marken på våren

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

FÖRSLAG PÅ UPPLÄGG FÖR MODELLERING,



ÖVERVAKNING: InSAR identifierats som en lovande metod för att övergripande identifiera sträckor där kryprörelser pågår. Integration av olika övervakningstekniker tillsammans med teoretiska studier behövs för att öka kunskapen.

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

FÖRSLAG FORTSATT ARBETE

- Kartläggning av liknande områden med stöd av GIS
- Studier av InSAR mätningar bakåt i tiden för identifiering av områden med kryprörelser
- Numerisk modellering för en större förståelse utlösande mekanismer
- Inverkan av minskad effektivspänning på hållfastheten bör studeras vidare
- Studier av de hydrogeologiska förhållandena för att förstå samband




TACK
FÖR ER UPPMÄRKSAMHET
Från drönarfilm: Trafikverket

BIG webbinarium

Slow landslide movements in layered silty soil

2024-02-23

Eva-Lotta Olsson, Trafikverket

Bakgrund

- Händelser i Västernorrland höst-vinter-vår 2020-2021
- Forskningsbehov
- Två ansökningar inkom (SGI/Chalmers resp LTU)
- En projekt (förstudie) med tre olika parter (SGI/Chalmers/LTU)

2021-04-20:



2021-05-06:



Stora Geotekniknätverket Skypemöte 2021-02-12
- inför Skypemöte 2021-03-25 till 26

Idésprutning FOI och utvecklingsprojekt.
Underlag för nya projekt i BIG, forskningsportföljer och interna verksamhetsnära utvecklingsprojekt.

(**Fetstil**=obligatoriska uppgifter)

Föreslagen rubrik: Långsamt skred
Förslagslämnare (ett eller flera namn): Mikael Ånäs IVtam och Stefan Johansson UHtb
Vad handlar det om: I Västernorrland har vi fler ställen med mkt höga portryck, pga av topografin, i kombination med silt i undergrunden. Silten i olika variationer i kombination med mkt höga portryck orsakar ett krypande skred. Det bör inte betraktas som en sättning eftersom deformationen kan accelerera vid höga portryck och det kan uppkomma stora vertikala och horisontella rörelser.
Varför (vad är problemet eller förbättringsmöjligheten): Vi vill undersöka var och varför dessa deformationer uppstår. Detta för att kunna förutspå risker för både för väg och järnväg för nybyggnad och befintliga anläggningar. Problemen kommer också att öka med anledning av klimatförändringen som förutspår ökad nederbörd i Västernorrland
Kan det formuleras ett tydligt **mål**: Förutspå och undersöka långsamt skred.
Typ av projekt (forskning, förstudie, verksamhetsnära utveckling etc):

Nytta för Trafikverket

Förstudie, behöver forska vidare… men vi har kommit en bra bit på vägen!

- Bra rapport
- Bra förslag till fortsättning
- Svårt att hitta liknande händelser i internationell litteratur
- SGI har hållit ihop projektet på ett föredömligt sätt
- Engagerade utförare
- Ovanligt omfattande deltagande från Trafikverkets sida
- Väldigt bra möten med givande diskussioner
- Blandad engelska och svenska i rapporten, vissa bilagor på engelska (men TRV var med och beslutade att vi skulle göra på det sättet!)

CHAT
Webbinarium 20240223 Långsamma skred

[12:25] Sven Knutsson

Du föreslår att numeriska analyser ska göras inledningsvis. Ska man inte börja med enklare analyser?

[12:25] Niklas Strandberg

Hej intreant ämne, hur stora rörelser har ni observerat per/år och är regelbunden är rörelsen?

*hur regelbunden är rörelsen

[12:28] Minna Karstunen

There are some possibilities for simple analysis, but at the end the mobilised strength is coupled with pores pressures and suction. And the effects of freeze thaw on strength is also coupled

[12:28] Martin Dreifaldt
Hej, hur långt är tidsperspektivet från förstatecken på rörelser till fullt utvecklat skred?

[12:29] Sven Knutsson

För mig är detta effekter av upptiningsförlopp av fruset material. Helt i linje med vad jag, utifrån mina begränsade kunskaper om saken, skulle kunna anta hända.

[12:29] Minna Karstunen

But once we fully understand the mechanisms, it is time for simplifications

[12:30] Minna Karstunen

the frozen soil is also barrier for flow, so pressures can build up on one side if the hillside thaws before the valley