



## Effect of climate change on soft clay slopes

No. of elements in model	Safety factor
0	1.45
1000	1.44
2000	1.43
4000	1.41
6000	1.39
14000	1.36

**A2017-10**

**KONTAKT**

**Projektledare utförare:**  
Carolina Sellin, Chalmers

**FoI-handläggare Trafikverket:**  
Carina Hultén

Klimatförändringarna kommer att leda till mer oberäkneliga nederbördsmönster och ökade temperaturväxlingar. Översvämningar i yt- och grundvatten, liksom ökning av antalet frysnings- och upptiningscykler per år, kommer att påverka den underliggande jordens egenskaper. Detta kan i sin tur utlösa oönskade markrörelser och jordskred.

Detta kräver nytänkande, eftersom dagens användande av totalspänningsbaserade analysmetoder inte kan beakta effekterna av portrycksförändringar. Likväl är stabiliteten direkt relaterad till

portrycksförändringar och vattenfyllda sprickor i torrskorpan.

Projektet har fokuserat på att implementera en avancerad jordmodell (Creep-SCLAY1S) i släntstabilitetsberäkningar.

Detta har varit ett grundläggande steg för att kunna simulera hur sensitiv kohesionsjord, och därmed släntstabiliteten, påverkas av ett förändrat klimat.

I detta arbete har det uppkommit frågor kring hur säkerhetsfaktorn mot brott definieras och om denna kan relateras till konventionella metoder och regelverk.

### Syfte och mål

att utveckla nya metoder för att bedöma känsligheten hos infrastrukturen mot oönskade rörelser och jordskred på grund av "miljöpåverkan", med fokus på infrastruktur belägen på lösa leror.

att använda Finita Element Metod (FEM) för att utveckla

en effektivspännings baserad metod som hanterar både grunda och djupa glidytor.

att genom ökad kunskap om effekten av miljölaster minska osäkerheten vid beräkning av släntstabilitet.

**BIG område:** PF B.2 Hållbarhet och Beständighet  
**TRL nivå:** 3 **FUD-info:** 6366  
**Agenda 2030 mål:** 13.1 och 13.3  
**Nyckelord:** Modellering(numerisk), Lera, Skärning, Modifiering, Tid, Temperatur, Vatten, ULS: Brott i jord (stabilitet) GEO, Drift, Förvaltning.

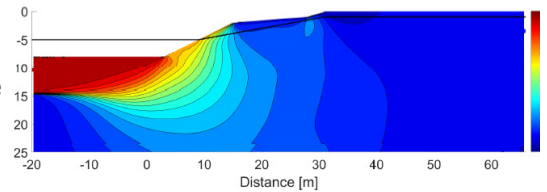
## Resultat

### Tekniska resultat

En ny beräkningsmetod av släntstabilitet där lerans grundläggande materialegenskaper används som indata och förändras med tid (krypegenskaper) och (effektiv) spänningssituation.

### Andra resultat

- Sammanställning av de beräkningsmetoder för släntstabilitet som lärs ut på universitet idag samt styrkor/svagheter med dessa.
- Unik grafisk presentation av hur spänningarna i en slänt roterar och således hur jordens hållfasthets-/deformationsegenskaper varierar med tid (erosion, krypegenskaper) och position (aktiv-, direkt-, passiv zon).
- Litteraturstudie av klimatförändringars effekt på slänters stabilitet.
- Introduktion av ny beräkningsmetod i universitetsundervisning, i examensarbete samt i fallstudie initierad av SGI.



Rotation av huvudspänningar

## Nytta ur olika perspektiv

### Trafikverkets

Trafikverket har fått ökad kunskap om effektivspänningsbaserade jordmodeller och hur anisotropi i slänter kan simuleras i FEM-miljö. Inklusivt inblick i den presenterade beräkningsmetoden, dess potential och fallgropar. Projektet har varit till nytta genom att påvisa komplexiteten i att inkludera klimatscenario i släntstabilitetsberäkningar, då inte enbart vattennivåer (effektivspänningen) förändras utan även jordens hållfasthets/deformationsegenskaper.

### Utförarens

Grundläggande del i doktorandstudier som gett ökad förståelse för bl a släntstabilitet, FEM-modellering och hur spänningstillståndet i marken påverkar jordens egenskaper (effektivspänningsberoende jordmodeller). Litteraturstudierna har även gett utföraren en ökad kunskap om klimatförändringarnas effekter på slänter i mikro/makro-perspektiv, vilket är applicerbart vid exempelvis projekt med stabilitetshöjande åtgärder.

### Branschens

Gett en inblick i alternativa metoder att beräkna släntstabilitet och förtydliganden av de antaganden som görs med lamellmetoden. Den nya beräkningsmetoden inkluderar begreppet "anisotropi" på ett mer fullständigt sätt än de fördefinierade funktioner som finns i kommersiella programvaror för lamellmetoden, vilket kan öka förståelsen för konceptet. Beräkningsmodellen kan användas som ett alternativ till vedertagna metoder vid komplex släntgeometri, kontrollprogram eller planering av utökad provtagning.

Vidare har master-studenter haft räkneövningar med den nya beräkningsmetoden, vilket öppnar upp för diskussion och reflektion kring FEM-beräkningar för slänter på arbetsplatser. Det är sannolikt den största nyttan; att branschen får insikt i mekanismerna bakom säkerhetsfaktorn i kommersiella FEM-programvaror, med hänsyn till identifiering av kritisk glidyta, beräkning av säkerhetsfaktor och implementering av jordmodell.

## Publikationer

Sellin, C., (2019), "On evaluating slope stability in sensitive clay - a comparison of methods through a case study", European Young Geotechnical Engineers Conference, 26-27 September 2019, Turkey.

Sellin, C., (2021), "A2017-10 Final Report: Effects of climate change on slopes in sensitive clay", BIG-rapport, ISBN: 978-91-986926-2-4

"Inkluderar begreppet "anisotropi" på ett mer fullständigt sätt, vilket ökar förståelsen för konceptet"



Vill du veta mer?  
I följande publikationer  
hittar du mer information