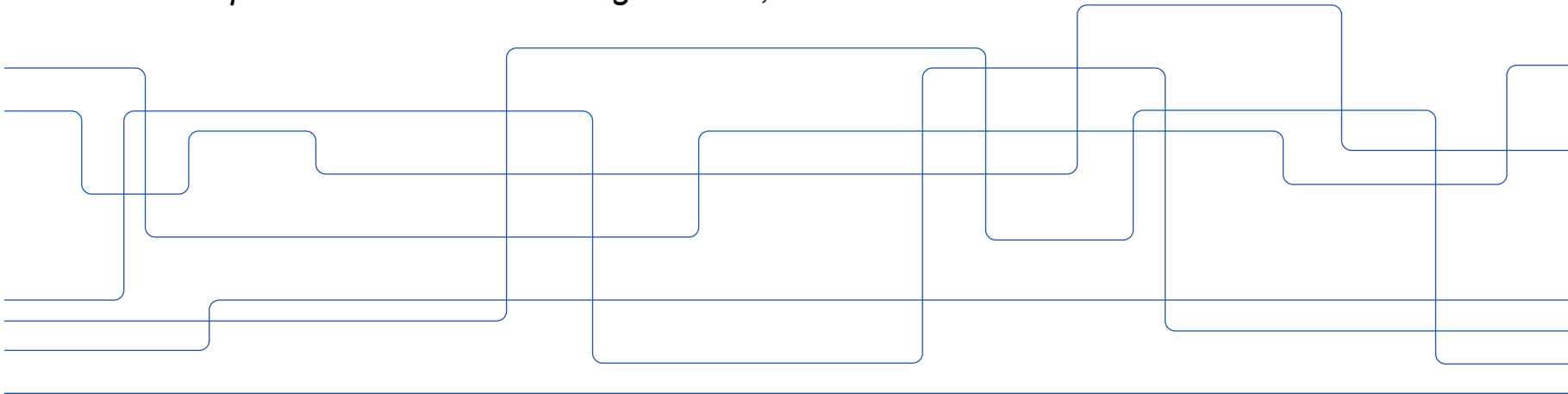




Utveckling av metodik för bestämning av storskalig skjuvhållfasthet hos naturliga bergsprickor

FRANCISCO RÍOS-BAYONA

Doktorand på Avd. för Jord- och Bergmekanik, KTH



➤ Detta forskningsprojekt finansieras av:

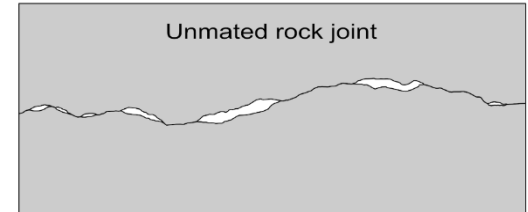
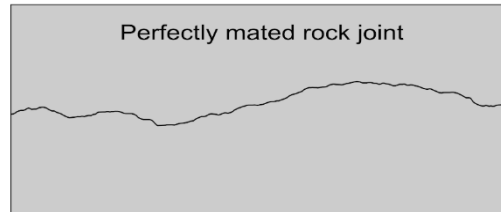


➤ Handledare:

- Fredrik Johansson (KTH)
- Diego Mas Ivars (SKB)

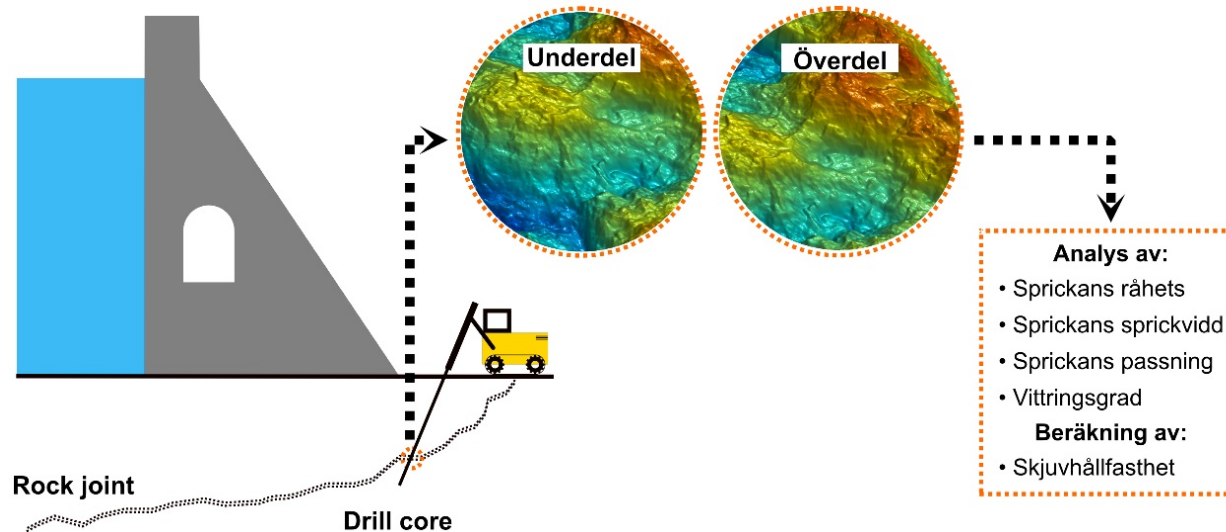
Bakgrund

- Bestämning av bergsprickors **storskaliga** skjuvhållfasthet är fortfarande en utmaning i bergmekanik.
- Skjuvhållfastheten är en viktig parameter för att kunna bestämma **säkerheten** mot glidning vid:
 - stabilitet av dammar,
 - blockstabilitet i tunnlar,
 - stabilitet av bergslänter.
- Utöver **skalan**, påverkas skjuvhållfastheten av flera faktorer:
 - sprickytans råhet,
 - vittringsgrad,
 - normalspänning,
 - **passning**.



Bakgrund

- Bergsprickor under en damm har dock en begränsad åtkomlighet.
 - Kan observationer i **fält** utnyttjas?
 - Kärnborrning i kombination med optisk skanning.
 - Att utgå från information i **liten skala** för att prediktera den **storskaliga** skjuvhållfastheten är en **öppen fråga**.



Syfte

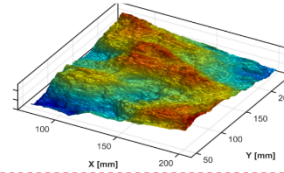
- Projektets övergripande syfte är att:
 - Utveckla en metodik för bestämning av den **storskaliga skjuvhållfasthet** för subhorisontella sprickplan i berggrunden under dammar.
- Doktorands etapp 1 (Jan. 2017 – Apr. 2019):
 - Undersöka och applicera analytiska och numeriska metoder för bestämning av skjuvhållfastheten hos naturliga och ofyllda bergsprickor.
- Doktorands etapp 2 (Apr. 2019 – Dec. 2021):
 - Undersöka om kärnborring i kombination med optisk skanning kan användas i fält för att bestämma bergsprickors storskaliga skjuvhållfasthet.

Övergripande metodik i etapp 1

Analytisk metodik

- Uppskattar passnig av naturliga bergsprickor med den genomsnittliga sprickvidden.
- Vidareutvecklar brottkriterium utvecklat av Johansson och Stille (2014).
- Verifierar kriteriet med bergprover tagna vid Storfinnforsens och Långbjörns lamelldammar.

Baserat på högupplöst
optisk skanning av
bergsprickor



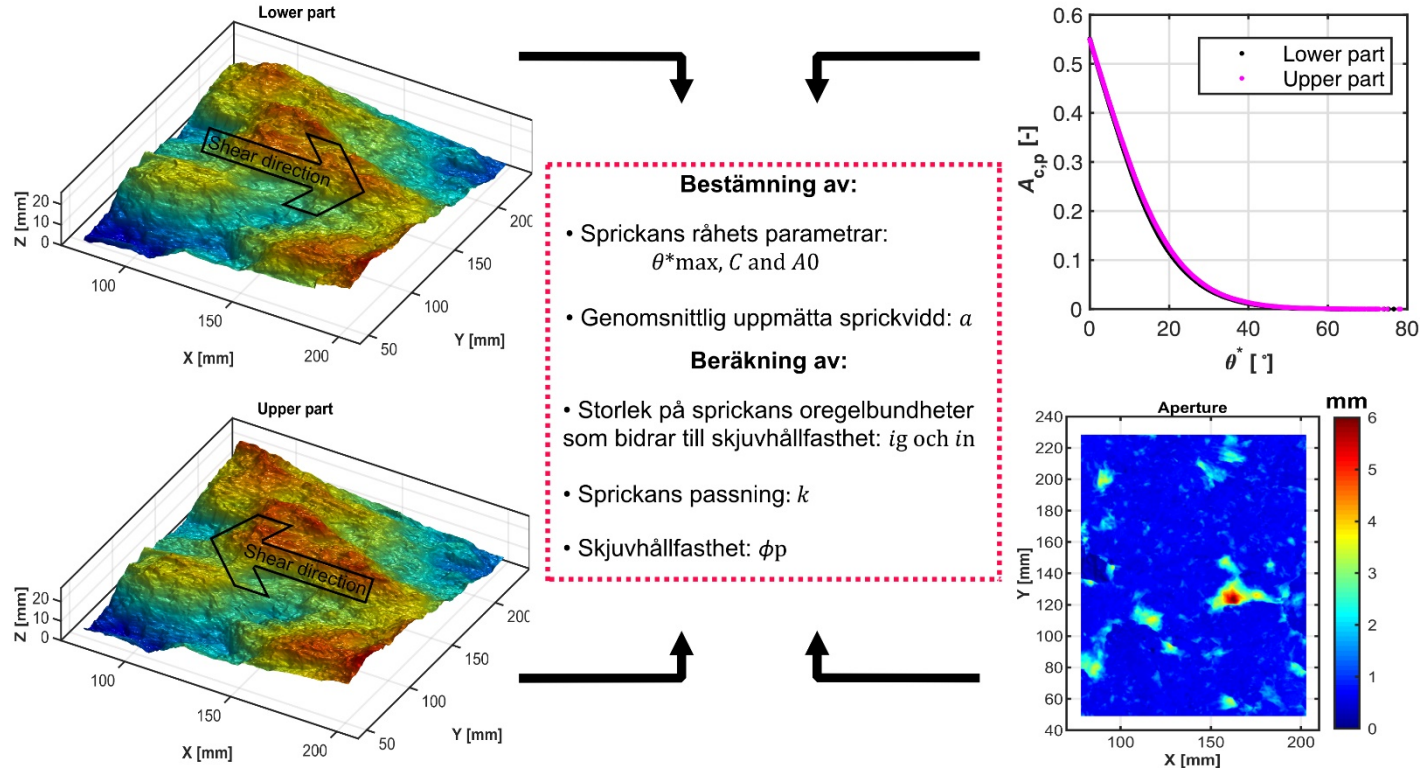
Numerisk metodik

- Använder PFC2D för att numeriskt studera skjuvhållfasthet för bergsprickor.
- 2D-profiler tagna från en perfekt passad spricka med 60x60 mm (Johansson 2016).
- Skapar syntetiska bergprover och genomföra skjuvtest i den utvecklade skjuvboxen.

Jämförelse med
genomförda skjuvtest
i laboratorium



Etapp 1: Analytisk metodik



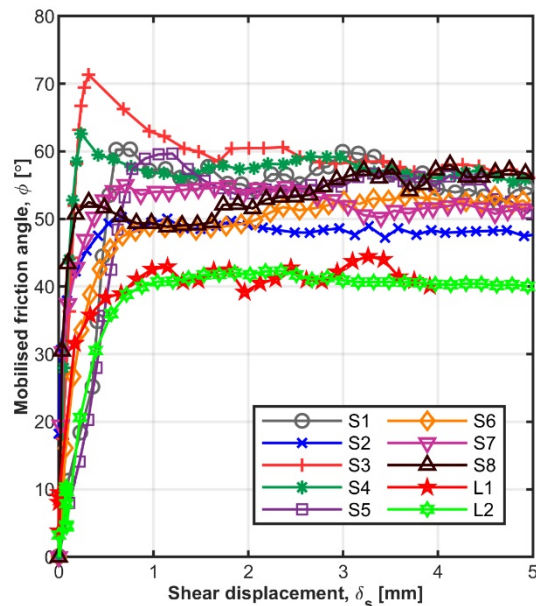
Ríos-Bayona F, Johansson F, Mas-Ivars D (2021) Prediction of Peak Shear Strength of Natural, Unfilled Rock Joints Accounting for Matedness Based on Measured Aperture. Rock Mech Rock Eng 54: 1533-1550. doi: <https://doi.org/10.1007/s00603-020-02340-8>

Etapp 1: Analytisk metodik

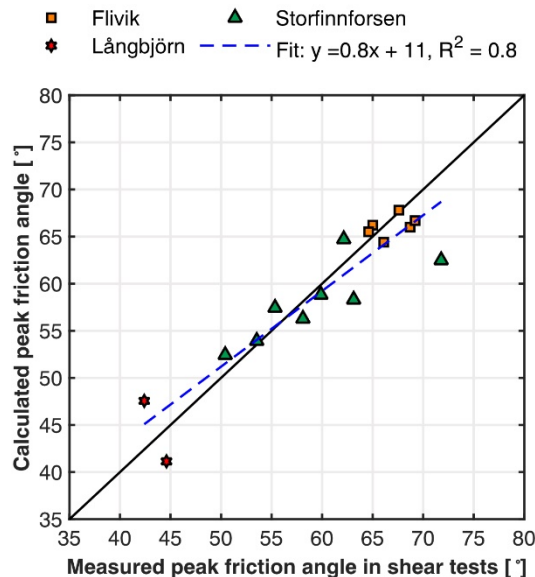
➤ Verifiering av det vidareutvecklade kriteriet från Ríos-Bayona et al. (2021):

Bergprover	Test i laboratorium	Storlek [mm]	Bergsspricka	σ_n [MPa]
Flivik (6)	Johansson (2016)	60 x 60 200 x 200	Perfekt passad	1.0
Storfinnforsen (8)	Ríos-Bayona et al. (2021)	Upp till 200 x 200	Naturlig, ofylld	1.0
Långbjörn (2)	Johansson (2009)	125 x 125 240 x 240	Naturlig, ofylld	≈ 0.9

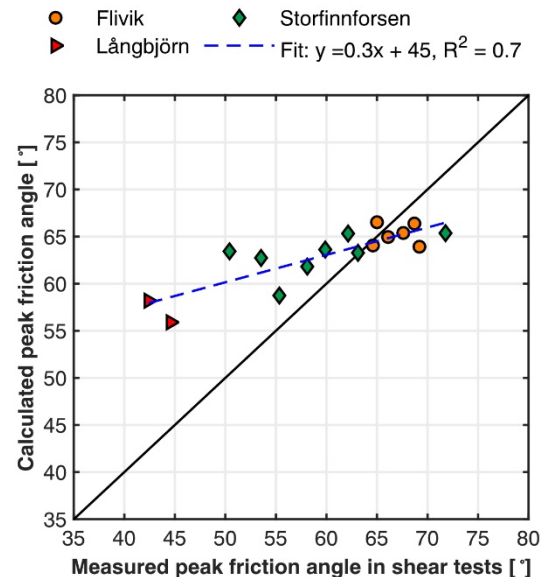
Etapp 1: Analytisk metodik



(a) Resultat från skjuvtester^[1]



(b) Ríos-Bayona et al. (2021)^[1,2]



(c) Casagrande et al. (2018)^[2]

[1] Ríos-Bayona F, Johansson F, Mas-Ivars D (2021) Prediction of Peak Shear Strength of Natural, Unfilled Rock Joints Accounting for Matedness Based on Measured Aperture. Rock Mech Rock Eng 54: 1533-1550. doi: <https://doi.org/10.1007/s00603-020-02340-8>

[2] Ríos-Bayona F, Andersson E, Johansson F, Mas Ivars D (2021) The importance of accounting for matedness when predicting the peak shear strength of rock joints. IOP Conf Ser: Earth Environ Sci 833: 012017. doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/833/1/012017>

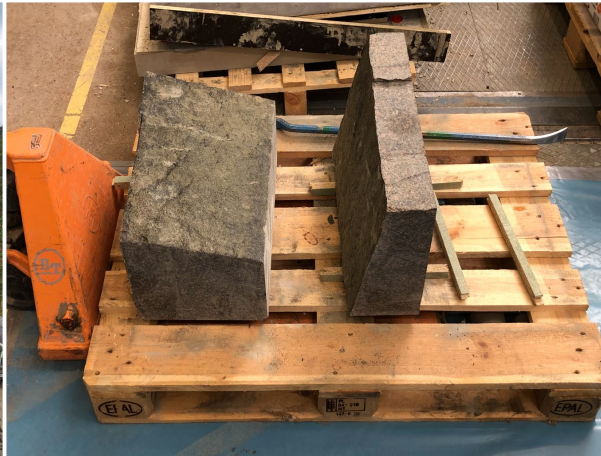


Slutsatser etapp 1

- Bra överensstämmelse mellan de genomförda skjuvförsöken och den beräknade skjuvhållfastheten med Ríos-Bayona et al. (2021).
- Den genomsnittliga uppmätta sprickvidden kan användas för att uppskatta en naturlig sprickas passning.

Etapp 2: Tillämpning av etapp 1 med större skalor

- Utvecklar en metodik som baseras på Ríos-Bayona et al. (2021) där resultat från observationer i fält utnyttjas för att bestämma den storskaliga skjuvhållfastheten.
 - H0: Den storskaliga skjuvhållfastheten kan bestämmas in-situ genom att använda information från ett representativt antal kärnborrhål.
 - H0 har utretts i laboratorium med 2 st storskaliga bergprover sågade vid Krångede kraftstation.



Etapp 2: Tillämpning av etapp 1 med större skalor

- Skjuvförsök genomfördes i den nybyggda skjuvmaskinen på RISE i Borås.



Slutsatser etapp 2

- Resultaten visar på att kärnborrhål innehåller den nödvändiga informationen (sprickapertur, ytråhet) som kan användas för att uppskatta skjuvhållfastheten i större skalor.
- Detta ligger till grund för en komplett metodik för uppskattning av skjuvhållfastheten för användning vid stabilitetsanalys av dammar.
- Genom utvecklingen av metodiken erhålls ett praktisk användbart verktyg som utgår från resultaten av de undersökningar som redan idag används vid undersökning av berggrunden under dammar.



Utveckling av metodik för bestämning av storskalig skjuvhållfasthet hos naturliga bergsprickor

FRANCISCO RÍOS-BAYONA

Email: frrb@kth.se

