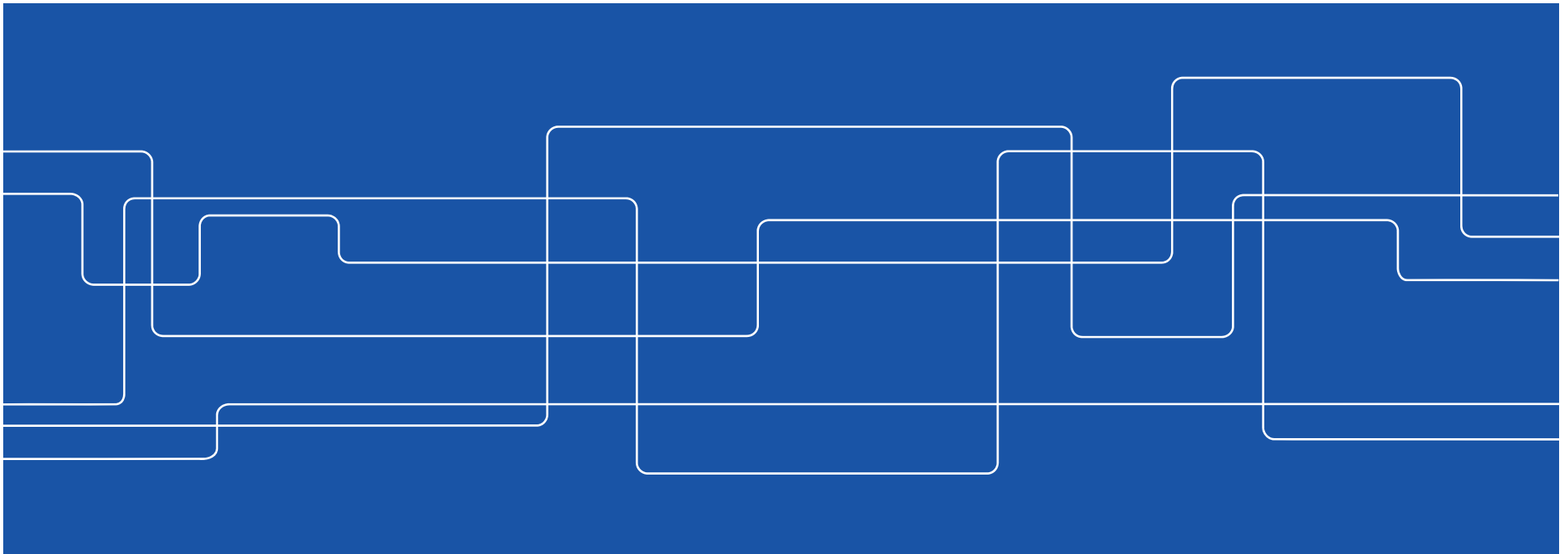




Inverkan på bärförmågan av slaka bergsförankringar under betongdammar med hänsyn till nedbrytning

Rikard Hellgren





Rikard Hellgren

Doktorand vid avdelningen för betongbyggnad, KTH

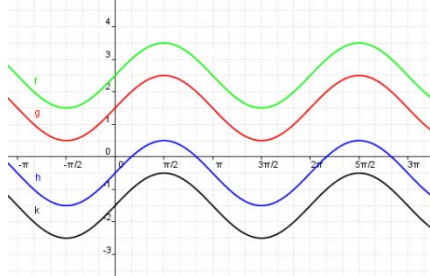
Vattenkraftskonsult, WSP Vattenbyggnad



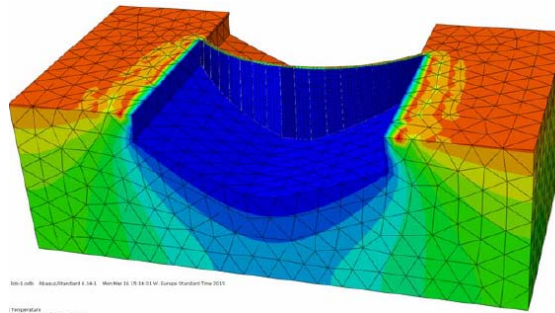


Projekt 1: Modelluppdatering baserat på dammätningar för tillståndsbedömning av betongdammar

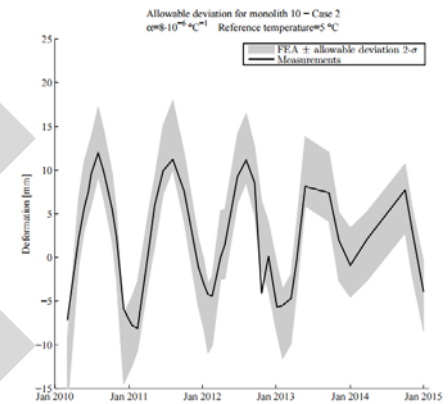
Yttre faktorer



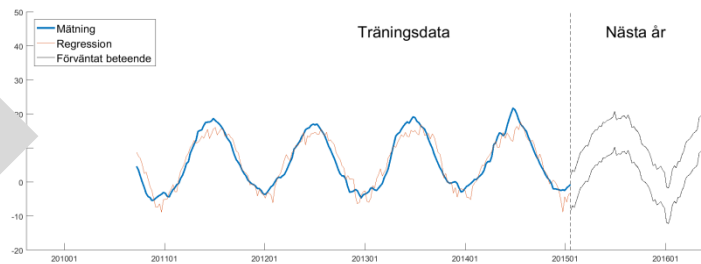
Teoribaserade modeller



Respons
(Beteende)



Databaserade modeller

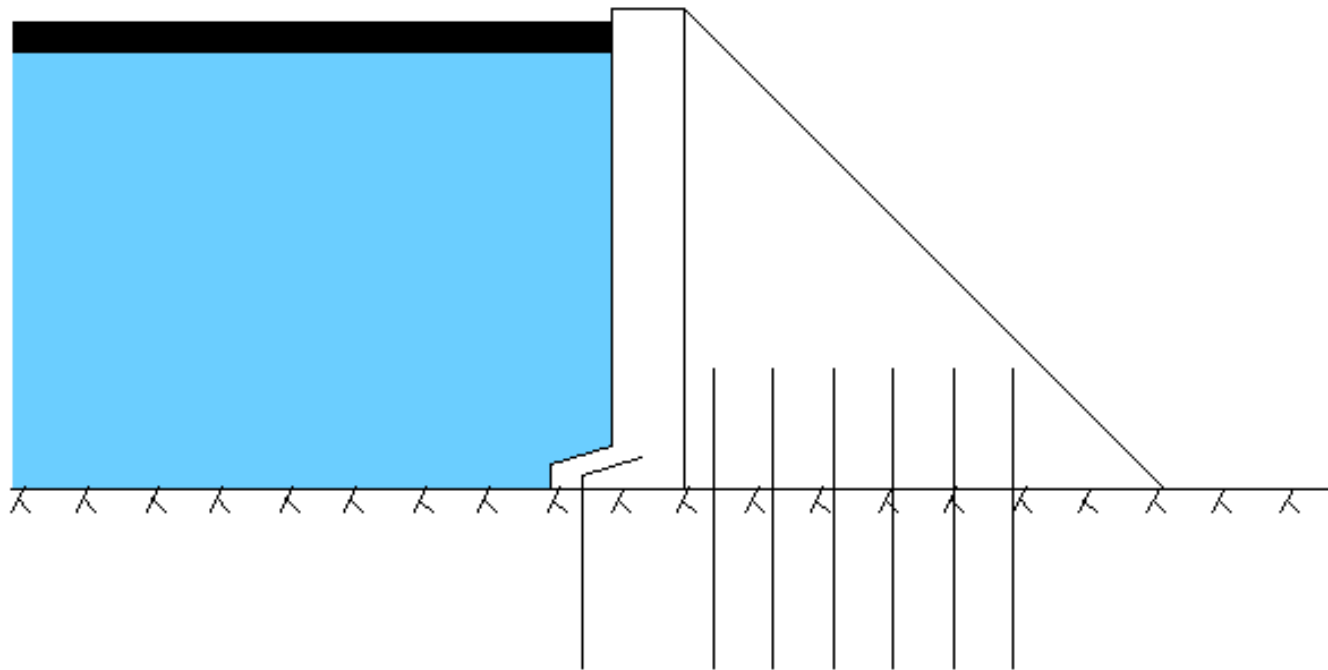




Slaka bergsförankringar under betongdammar

RIDAS betraktar slaka bergsförankringar som en extra säkerhet.

140 MPa





Potentiell stor nytta!

		Utan förankring [säkerhetsfaktor]	Med förankring [säkerhetsfaktor]
Hotagen ¹	Stjälpning	1.27	1.59
Storfinnforsen ²	Glidning	1,26	1,34
Denna studie	Stjälpning	1,08	1,54
	Glidning	1.01	1.35

[1] Christer, L. (2007). *Utredning och provtagning av förankringsstag i Hotagens regleringsdamm*. Stockholm: Elforsk.

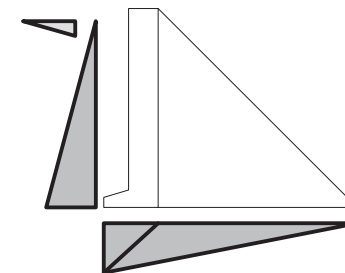
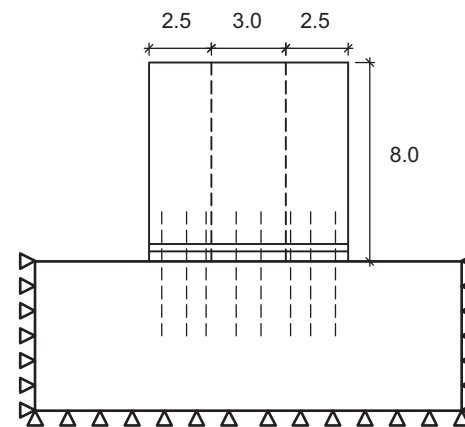
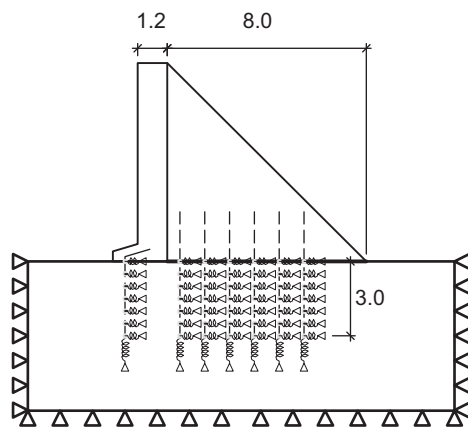
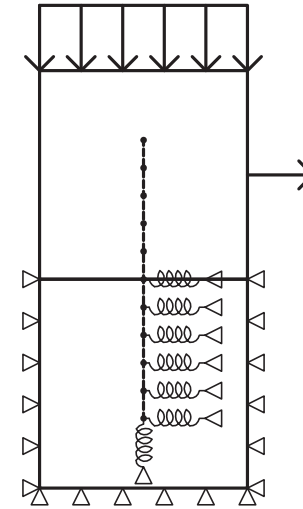
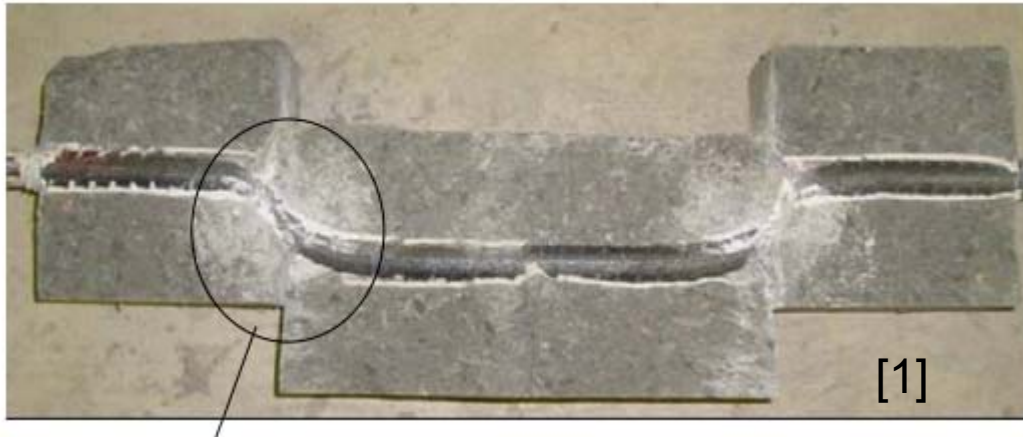
[2] Berzell, C. (2014). Load capacity of grouted rock bolts in concrete dams. Master Thesis. Stockholm, Sweden: KTH Royal Institute of Technology



Bergförankringar under dammar: Två frågställningar

1. Hur stora rörelser krävs för att en passiv bergförankring ska aktiveras?
2. Vilken status har en förankring under en damm efter X år?

1. Hur stora rörelser krävs för att en passiv bergförankring ska aktiveras?



[1] Jalalifar H, Aziz N (2010) *Experimental and 3d numerical simulation of reinforced shear joints*.
 Rock Mechanics and Rock Engineering 43(1):95–103



2. Vilken status har en förankring under en damm efter X år?

Det finns ingen metod för att tillståndsbedömning av en redan installerad oåtkomlig bergförankring under en betongdamm

Tillståndsbedömning av förankringsstag i dammar

Inventering av möjliga metoder och förslag på vidareutveckling



Elforsk rapport 13:70

Tomas Ekström
Manouchehr Hassanzadeh
Mårten Janz
Bror Sederholm
Bojan Stojanovic
Peter Ulriksen

December 2013

ELFORSK



2. Vilken status har en förankring under en damm efter X år?

Projekt mål

Genomföra tester på befintlig bergförankringar

Utveckla en beräkningsmetodik som beaktar hur nedbrytning påverkar bärförmågan hos slakarmerade bergsförankringar.

Föreslå en statistisk fördelning för nedbrytning

Utveckling av sannolikhetsbaserade metod för stabilitetsberäkningar med bergförankringar.



Inverkan på bärförmågan av slaka bergsförankringar Under betongdammar med hänsyn till nedbrytning



Richard Malm
KTH/SWECO



Fredrik Johansson
KTH/SWECO



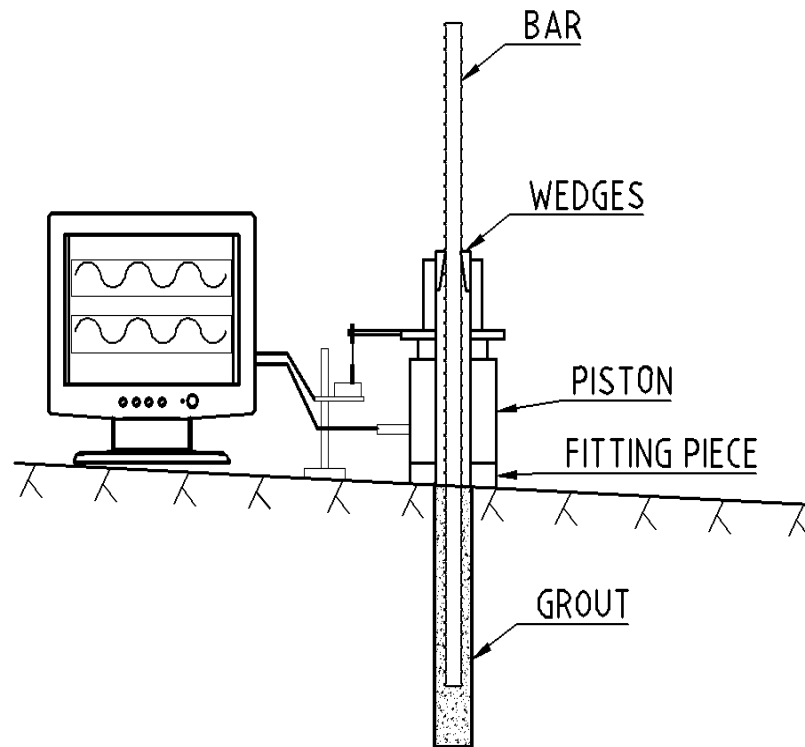
Francisco Rios
Bayona
KTH/SWECO



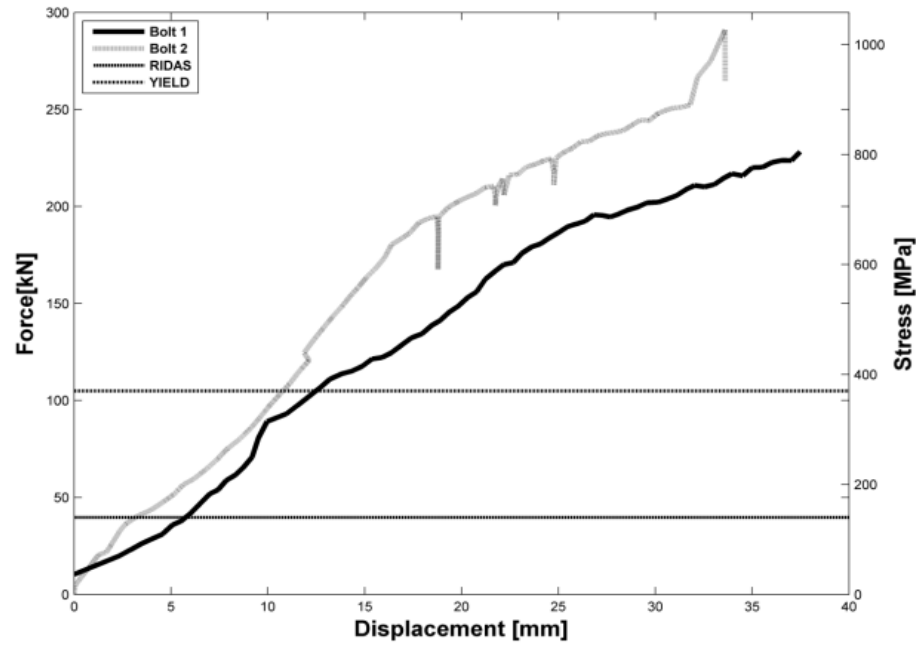
Rikard Hellgren
KTH/WSP



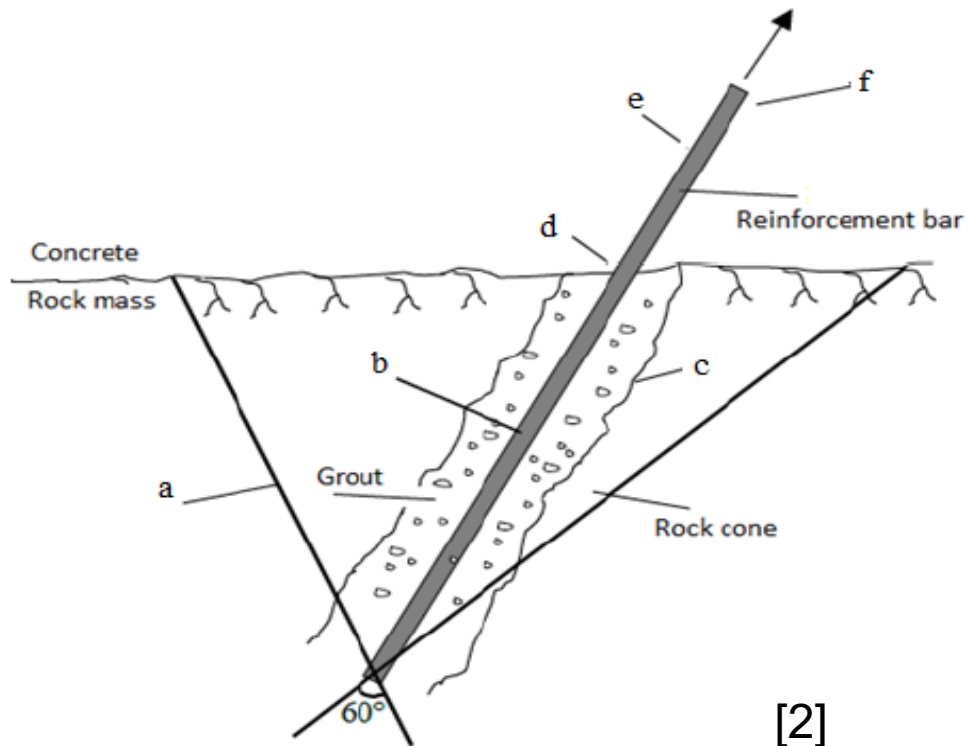
Tester av 50 år gamla bergbultar



Tester av 50 år gamla bergbultar



Bergförankring under dammar



Fyra delar

Berg och Betong

Bruk

- Skydda stålet
- Förankra stålet

Stål

- Kraftöverföring

[2]



Nedbrytning av bruk

Många skademekanismer – tre skador

1. Svällning
 - a) ASR
 - b) Kemisk
 - c) Frost
 - d) Sulfatangrepp

+ Omslutning
+ Stänger eventuella sprickor.
"Expansion är av mindre betydelse för bergbultarnas beständighet. Tvärtom kan svällningen ge en bättre infästning." [4]

2. Krympning
 - a) Plastisk
 - b) Kemisk
 - c) Uttorkning

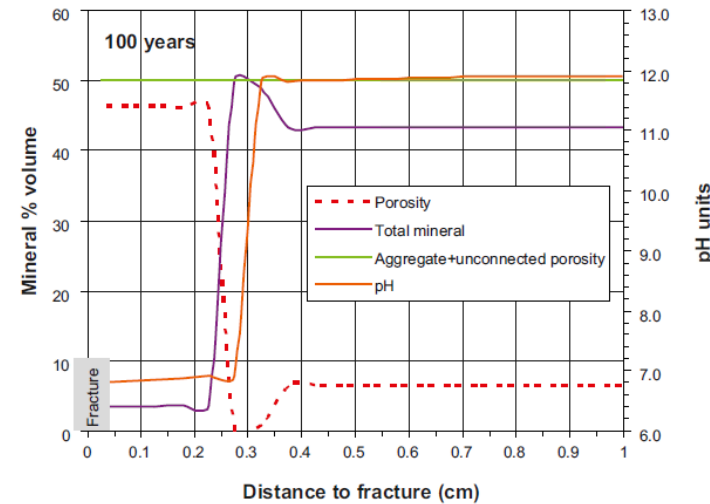
+ Minskas av tillgång till vatten
+ Självläkningsförmåga.
"Krympning är därför inget problem" [4]

3. Materialförlust
 - a) Separation
 - b) Erosion
 - c) Urlakning

[4] Windelhed K., Lagerblad B., Sandberg B., 2002. Cementingjutna bultars beständighet. SveBeFo rapport 58. Stiftelsen Svensk Bergteknisk Forskning

Urlakning

”Lindblom (2012) har sammanställt undersökningsdata som utförts vid Chalmers Tekniska Högskola och Göteborgs Universitet. Dessa visade att vid nedbrytning av cement vid en diffusionsstyrd lakning så skulle en nedbrytning under 100 år endast kunna bli ca 0,1 m.” [5]



Det är stålets korrosion som är boven!

Bilder: Grandia et.al (2010) Quantitative modelling of the degradation processes of cement grout. TR-10-25, SKB

[5] Bogdanoff, I (2013) Degradering av berg, förstärkningar och injektering i tunnlrar, Strålsäkerhetsmyndigheten



Korrosion hos stål i vatten

Ca 50 $\mu\text{m}/\text{år}$ enligt BeFo-report 58 [4]

20 – 30 $\mu\text{m}/\text{år}$ vid Harsprånget karftstationstunnel. [5]

Tyska standarden DIN 50929 part 3,
Beräkna ett korrosionsindex (W_0) utifrån

- Stålets placering
- Vattnets flöde
- pH-värde
- ACN (Alkanitet + Oganiskt innehåll)
- Kalciuminnehåll (Ca^{2+}),
- Kloridinhåll (Cl^-)
- Sulfatinhåll (SO_4^{2-})

[4] Windelhed K., Lagerblad B., Sandberg B., 2002. Cementingjutna bultars beständighet. SveBeFo rapport 58. Stiftelsen Svensk Bergteknisk Forskning

[5] Håkansson, W (2013) Kraftverkstunnlars beständighet - En studie om åldringsfenomen och nedbrytningsprocesser. Lunds tekniska Högskola

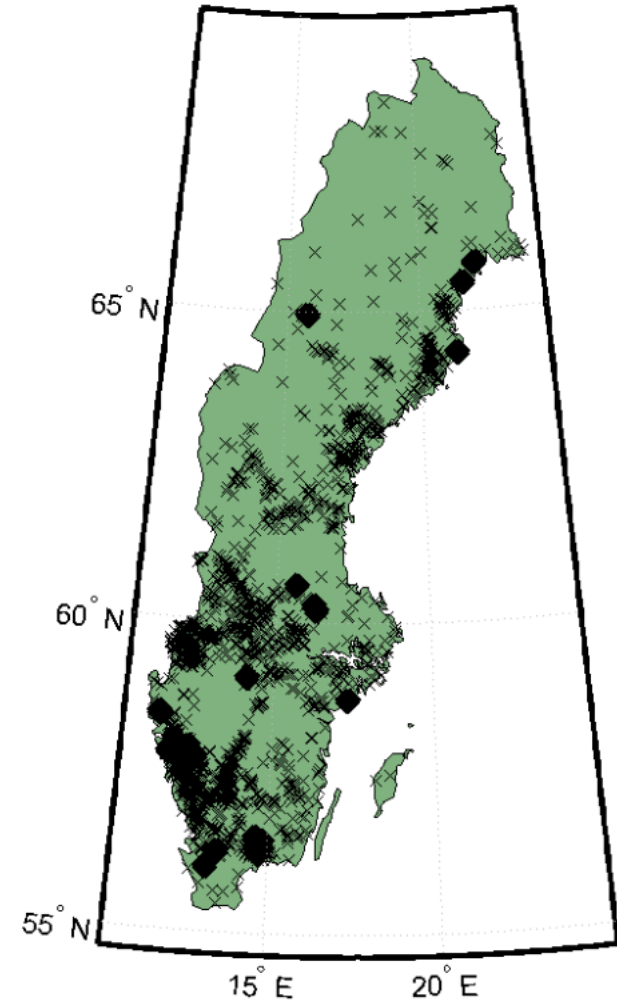


Korrosion hos stål i vatten

SLU:s databas för miljökemi.

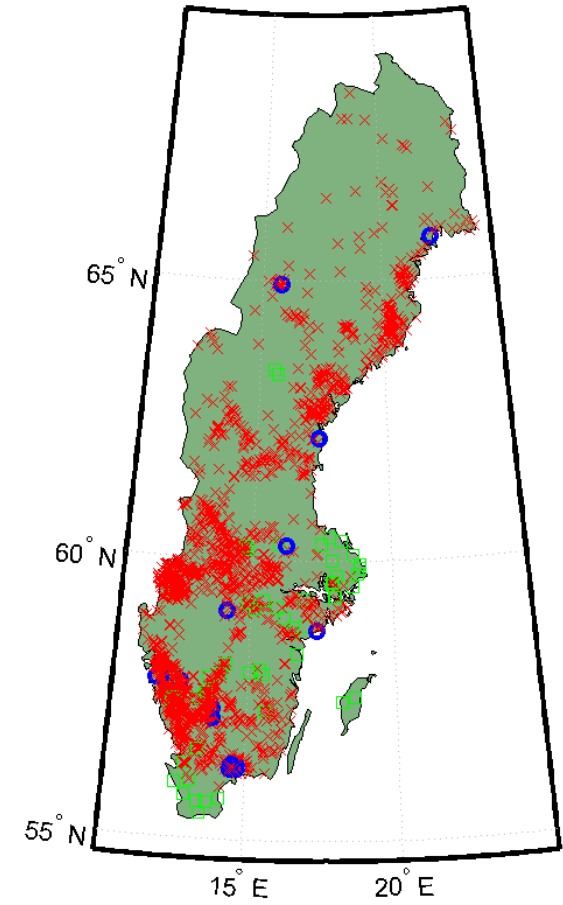
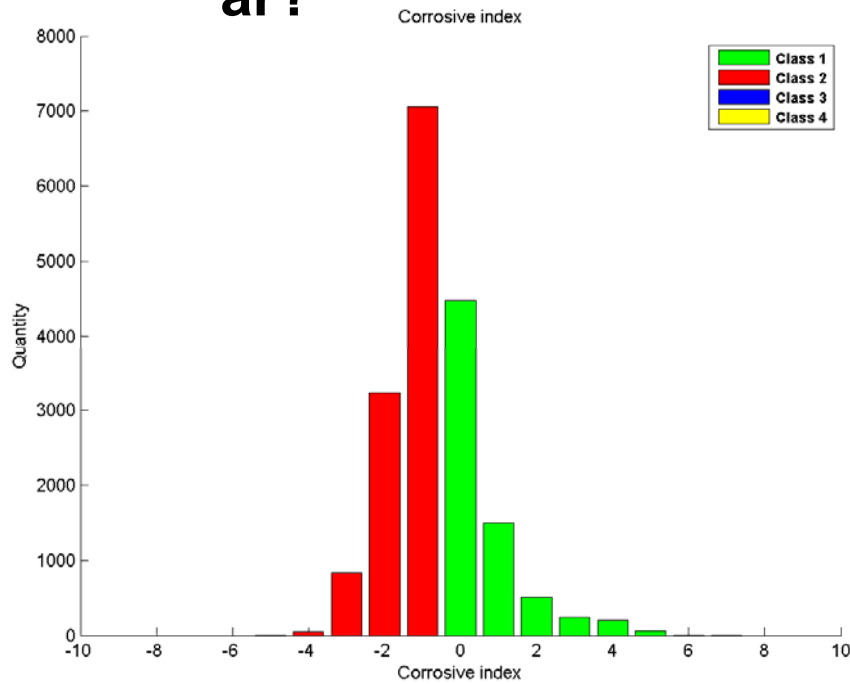
Ca 30 000 mätningar av vattenkemi i Svenska vatten (älvar och sjöar).

Antagit stillastående vatten (-1)
(Konservativt jämfört med flödande vatten (0))





Vilken status har en bergbult under en damm efter X år?



	W_o	Medelkorrosion ($\mu\text{m} / \text{year}$)	Groppfrätning ($\mu\text{m} / \text{year}$)
Klass 1	≥ 0	10	50
Klass 2	-1 till -4	20	100
Klass 3	-5 till -8	50	200
Klass 4	< -8	100	500



Diskussion

The rock bolts bearing contribution to the failure modes sliding and overturning can be assessed by the following steps.

1. Calculate the capacity for the attachment.
 - a. Resistance of the contact interface between rock and grout

$$R_{rock-grout} = \pi \cdot \Phi_{\text{bore hole}} \cdot L_{rock} \cdot c_{rock-grout}$$

- b. Resistance of the contact interface between steel and grout.

$$R_{steel-grout} = \pi \cdot \Phi_{steel} \cdot L_{rock} \cdot c_{rock-grout}$$

- c. Resistance of the contact interface between concrete and steel

$$R_{concrete-steel} = \pi \cdot \Phi_{steel} \cdot L_{concrete} \cdot f_b$$

- d. Resistance of the rock mass.

$$R_{rock} = \frac{\pi r^2 h}{3} \cdot \gamma_{rock}$$

2. Determine the corrosive index, W_o , and the corresponding average corrosion rate ($\mu\text{m}/\text{year}$)

3. Calculate the current cross section

$$\Phi_{steel,current} = \Phi_{steel} - 2 \cdot \text{corrosion rate} \cdot \text{construction age}$$

4. Calculate the steel bolts tensile capacity

$$R_{steel} = f_y \cdot \frac{\pi \cdot \Phi_{steel,current}^2}{4}$$

5. Determine the maximum allowed tensile force in the bar.

$$T_{ty} = \min(R_{rock}, R_{rock-grout}, R_{steel-grout}, R_{concrete-steel}, R_{steel})$$

6. Calculate the contribution to

- a. Overturning stability, the rock bolt is included as a stabilizing moment with the force and an lever arm equal to the horizontal distance between the rock and the overturning point.
- b. Sliding stability, the rock bolt is included as a bearing vertical force.



Diskussion / Mina tankar

Fortsatt arbete

Fortsatt dokumentation och testning av äldre bergförankringar bör genomföras.

Fokus på nedbrytningsmekanismer.

Inkludera bergförankring.

Bör finnas dokumentation

Allt eller inget?

Brottmoder/förankring i RIDAS?

$140\text{MPa} = 370/\gamma$ där $\gamma = 2.6$?



rikard.hellgren@byv.kth.se
rikard.hellgren@wspgroup.se

Tack för att ni lyssnat!

