

# Korrosionsprovning av olika typer av bergbultar i tunnlar - långtidsexponering

Bror Sederholm och Helen Pahverk, RISE KIMAB



Delvis ingjuten bergbult exponerade 8 år i Muskötunneln

## Finansiering av projektet

- BeFo
- Trafikverket
- SBUF
- Energiforsk
- Nordic Galvanizers
- Outokumpu Stainless AB
- Vik Ørsta AS
- Galvano Tia AS
- RISE KIMAB

## Bakgrund

- Bergbultar av kolstål, förzinkat kolstål, epoxibelagt varmförzinkat kolstål och rostfritt stål är alternativ för bergförstärkning i tunnlar.
- Osäkerhet råder avseende korrosionsrelaterad livslängd hos ingjutna stål bultar, liksom hos sådana med korrosionsskydd i form av enbart varmförzinkning eller varmförzinkning med organisk beläggning samt rostfria bultar. Detta p.g.a. dålig tillgång på data och eftersom synliga delar snabbt får kraftiga angrepp medan tillståndet hos delar i berg är okänd.
- När projektet påbörjades för ca åtta år sedan fanns inga bra metoder för att bedöma korrosiviteten hos bergets grundvatten.

## Mål och syfte

- Målet för projektet är att ta fram underlag för att ta fram tekniska krav för dimensionering, val av material och korrosionsskydd på bergbult och andra produkter, utsatta för sprickvatten från berg med hög kloridhalt ( $> 150$  mg/l).
- Syftet med detta projekt är framförallt att fastställa korrosionshårdigheten för olika typer av bergbultar när de utsätts för kloridhaltigt grundvatten vid användning som förstärkning och förankring i tunnlar och bergrum.

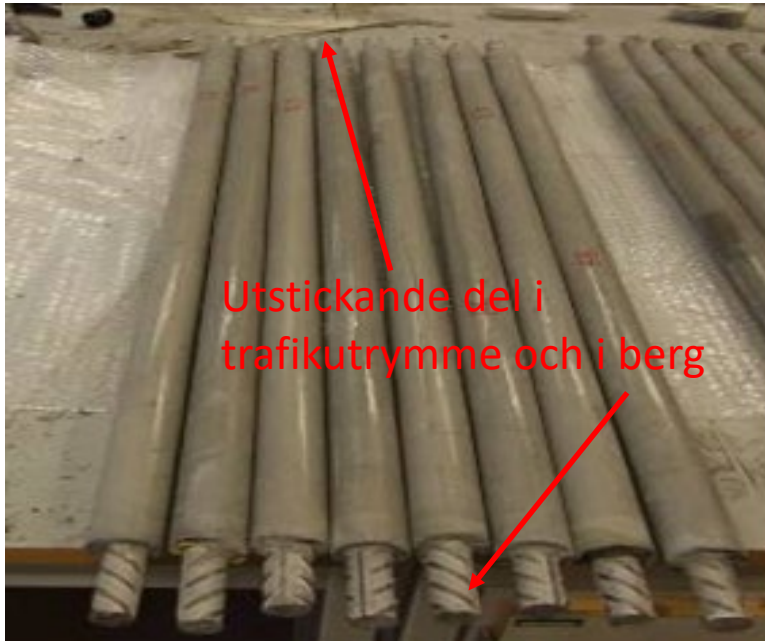
# Genomförande

- Som provplatser för korrosionsprovning med kloridhaltigt vatten valdes Muskö- och Äspötunnelarna ut. Båda tunnelarna har en hög halt av klorider ( $> 3000$  mg/l) bergets grundvatten





# Genomförande



Provkroppar med delvis ingjutna bergbultar som placeras i förborrade hål i tunnelvägg. Provkropparna exponerades i Äspö- och Muskötunnlarna i ca 8 år. Bergbultarnas korrosionshastighet och utvärderades efter exponering

# Resultat och slutsatser

- *Obelagda kolstålsbultar* har efter åtta års exponering i trafikutrymmet frätgropar upp till 1350  $\mu\text{m}$  i Äspötunneln och 370  $\mu\text{m}$  i Muskötunneln. Synliga lokala korrosionsangrepp förekommer varken på de ingjutna bergbultsdelarna eller på stålytor omgivna av vatten inne i berget.
- *Rostfria bergbultar* har inga synliga korrosionsangrepp efter åtta års korrosionsprovning varken inne i berget eller i trafikutrymmet i någon av tunnlarna.
- *Varmförzinkade bergbultar* har vitrost på utstickande ytor exponerade i trafikutrymmet och inne i borrhålen. För bultar med ca 45  $\mu\text{m}$  ursprunglig zinkskiktjocklek är zinkskiktet lokalt helt bortfrätt i kontakt med anläggningscement efter åtta års korrosionsprovning. Korrosionshastigheter för både ingjutna ytor och fritt exponerade för vatten längst in i berget varierade mellan 7,7 och 12,2  $\mu\text{m}$  zink per år i de båda tunnlarna. För de utstickande delarna i trafikutrymmet uppmättes en korrosionshastighet mellan 1,6 och 3,1  $\mu\text{m}$  i de båda tunnlarna.

# Resultat och slutsatser

- *Epoxibelagda varmförzinkade bergbultar* har det konstaterats dålig vidhäftning vid blottlagda skador hos beläggningen för ett av två beläggningssystem efter åtta års exponering. Samtliga exponerade beläggningar utan blottlagda skador var helt oskadade med en mycket bra vidhäftning mot underlaget. Det är viktigt att beläggningens vidhäftning kontrolleras noga efter applicering av beläggningen.
- Analyser av vattnet i borrhålen efter åtta år kunde påvisa att pH-värdet och alkaliniteten var hög genom inverkan av anläggningscement. Det höga pH-värdet och den höga alkaliniteten tillsammans med en låg syrehalt ger tillräckligt korrosionsskydd för kolstål, rostfritt stål och epoxibelagda varmförzinkade även vid mycket höga kloridhalter i grundvattnet. Inget flödande grundvatten har kunnat konstateras i något av borrhålen.