

## Korrosionsprovning av olika typer av bergbultar

Bergbult av kolstål, förzinkat kolstål, förzinkat och epoxibelagt kolstål och rostfritt stål är alternativ för bergförstärkning i tunnlar. Osäkerhet råder avseende korrosionsrelaterad livslängd hos ingjutna bultar, liksom korrosionsskyddsförmågan hos använda ytbeläggningar. Detta på grund av dålig tillgång på data och eftersom synliga delar snabbt får kraftiga angrepp medan tillståndet hos delar i berg är okänt.



Figur 1. Provplats Muskötunneln

### Bakgrund

Våren 2010 startades forskningsprojektet "Korrosionsskydd av bergbultar" med inriktningen att ta fram nya krav på korrosionsskydd av bergbult och andra produkter utsatta för grundvatten från berg med hög kloridhalt. Ett extra korrosionsskydd av cementingjutna bergbultar behövs ofta inte för att uppfylla teknisk livslängd i berg med ett grundvatten med låga kloridhalter. Däremot kan andra krav som estetiska krav och krav på demonterbarhet, behöva olika typer av korrosionsskydd. Nuvarande erfarenhet och kunskap är inte tillräckliga för att säkert bedöma om mycket lång teknisk livslängd i korrosiva miljöer kan uppfyllas med enbart korrosionsmån. Kombinerat korrosionsskydd genom organisk beläggning och varmförzinkning ökar livslängden, men kräver normalt underhållsmålning för att ge skydd under hela tekniska livslängden.

Rostfritt stål har erkänt goda korrosionsegenskaper i kloridhaltiga och alkaliska miljöer. Det finns ett stort intresse att använda rostfria stål i tunnlar med ett aggressivt grundvatten. Om hänsyn inte tas till enbart direkta materialkostnader för till exempel bergstag, expanderbultar utan också till underhållskostnader under till exempel en 100 års period, kommer skillnaderna mellan rostfria förankringsstag, expanderbultar och vanliga varmförzinkade förankringstag och expanderbultar att minska. Den totala kostnaden under konstruktionens livstid blir sannolikt lägre med rostfritt stål.

### Syfte och genomförande

Syftet med projektet har varit att fastställa korrosionshårdigheten för olika typer av bergbultar när de utsätts för kloridhaltigt grundvatten vid användning som förstärkning och förankring i tunnlar och bergum.

Projektet har genomförts av Swerea KIMAB med stöd från SBUF, Elforsk, Outokumpu Stainless AB, Trafikverket, BeFo, Nordic Galvanizers AB, Galvano A/S och Vik Ørsta A/S.

### Resultat

Samtliga korrosionsprovade bergbultar har exponerats i bergväggen under två år i Muskötunneln och i Äspötunnel, figur 1. Under exponeringen har bergbultarna varit utsatta för ett relativt stagnant vatten i berget under den större delen av provningstiden.

Obelagt kolstål hade efter två års exponering i tunnelmiljö frätgropar upp till 350  $\mu\text{m}$  i Muskötunneln. Synliga lokala korrosionsangrepp förekommer varken på de ingjutna bergbultsdelarna eller på stålytor omgivna av vatten inne i berget. För de ändrar som under ett år sprutats med 3 % NaCl, var frätgroparna upp till 465  $\mu\text{m}$  i Äspötunneln.

Bergbultar i rostfritt stål hade inga synliga korrosionsangrepp, varken efter ett års sprutning med 3 % NaCl eller efter två års korrosionsprovning i någon av tunnarna, figur 2.

Varmförzinkade bergbultar har vitrost på ytor exponerade i tunnarna och på ytorna i borrhålen. För bultar med cirka 45 µm ursprunglig zinksjiktjocklek var zinksjiktet lokalt helt bortfräat i kontakt med anläggningscement efter två års korrosionsprovning. Korrosionshastigheter för både ingjutna ytor och fritt exponerade för vatten längst in i berget var cirka 20 µm zink per år. Den höga korrosionshastigheten för zink var oväntad, figur 3.

Epoxibelagda varmförzinkade bergbultar. Samtliga epoxibelagda och varmförzinkade bergbultar är helt oskadade efter två års korrosionsprovning, figur 4.

## Slutsatser

Kolstål som är cementingjuten placerad i borrhål visar efter två år mycket lite korrosion, trots höga kloridhalter i det omgivande bergets grundvatten. Korrosion uppstår på stålytor utan korrosionsskydd som är exponerade utanför berget inne i tunnelns atmosfär. Genom att man efter två år kan påvisa att alkaliniteten och pH återgått till grundvattnets nivå, kommer troligtvis korrosionshastigheten vara större för kolstål i framtiden jämfört med de första två åren. Därför är det fortfarande tveksamt om man för mycket långa specificerade livslängder kan använda bergbultar av kolstål utan extra korrosionsskydd om grundvattnet innehåller höga kloridhalter.

Korrosionsskydd genom varmförzinkning har troligtvis en relativt kortvarig skyddsverkan genom att zinkmetallen förbrukas, både som oskyddad och under anläggningscement under de fuktiga förhållanden som funnits i de förborrade hålen i berget. Varmförzinkade bergbultar med epoxibeläggning ska noggrant specificeras och kontrolleras vid leverans för att säkerställa lång livslängd på korrosionsskyddet. För detta rekommenderas starkt att man utgår från europastandarderna EN 15773 (2009) och EN 13438.

Erfarenheten efter två års provning ger att om inte höga klorider i grundvattnet kan uteslutas, ska man främst överväga bergbultar i rostfritt material och varmförzinkade bergbultar med epoxibeläggning för en mycket lång teknisk livslängd. Detta på grund att man påvisat att cementens alkaliserande verkan hade minskat inom två år och att varmförzinkning överraskande förbrukades snabbt.

EN 1.4162

EN 1.4311

EN 1.4362



Figur 2. Rostfria bergbultar exponerade två år i Äspötunnelns bergvägg.



Figur 3. Varmförzinkad bergbult där zinksjiktet är fläckvis bortkorroderat lokalt efter två år i Äspötunnelns bergvägg.



Figur 4. Exempel på en epoxibelagd varmförzinkad bergbult med en avsiktligt gjord beläggningsskada ned till stålyta som exponerats två år i Muskötunnelns bergvägg.

## Ytterligare information

### Kontaktpersoner:

**Bror Sederholm**, Swerea KIMAB, tel 08-5127844,  
e-post: [bror.sederholm@swerea.se](mailto:bror.sederholm@swerea.se).

### Litteratur:

- Korrosionsprovning av olika typer av bergbultar (BeFo rapport nr 127) av Bror Sederholm & Patrik Reuterswärd, 48 sidor, kan laddas ned gratis från BeFos hemsida, [www.befoonline.org/web/Hem.aspx](http://www.befoonline.org/web/Hem.aspx)