

# Undersökning och utveckling av materialegenskaper hos sprutbetong för bergtunnlar

Ett projekt som studerar nysprutad och hårdnande sprutbetongs egenskaper och hur de skiljer sig från motsvarande hos konventionell, gjuten betong.

## Bakgrund

Sprutbetongs mikrostruktur och materialegenskaper skiljer sig från konventionell, gjuten betongs så kraftigt att kunskaper om dennas materialegenskaper och deras utveckling med tiden inte är applicerbara på sprutbetong. Tidigare har praktiskt användbara materialdata för nysprutad och hårdnande sprutbetongs egenskaper såsom tryckhållfasthet, vidhäftningshållfasthet, böjdraghållfasthet, elasticitetsmodul, fri och förhindrad krympning och deras utveckling som funktion av ålder i princip saknats.

## Syfte

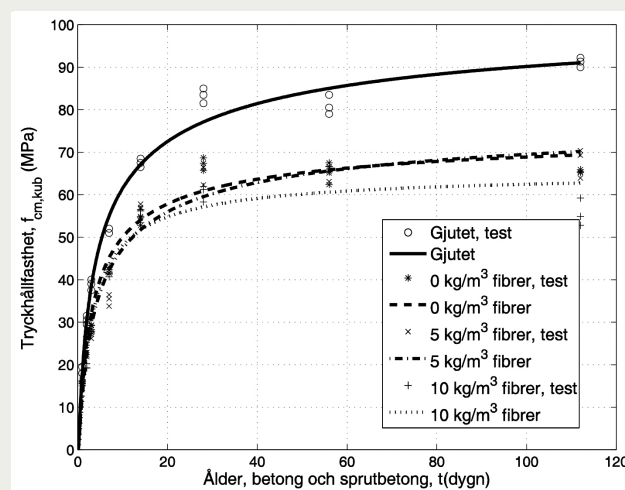
Projektet syftar till att ge förståelse för sprutbetongs funktion i samverkan med hårt berg, och särskilt hur hållfasthetsutvecklingen under tidig ålder påverkar de slutliga materialegenskaperna. Projektet har omfattat kartläggning av viktiga, mekaniska egenskaper för sprutbetong och undersökningar av dess struktur, med målet att förstå de mekanismer som styr utvecklingen av de mekaniska egenskaperna inklusive bindningen till berg. Målet har också varit att klarlägga väsentliga skillnader mellan sprutbetong och konventionell betong, något som är av stor vikt vid analys och konstruktionsarbete.

## Genomförande

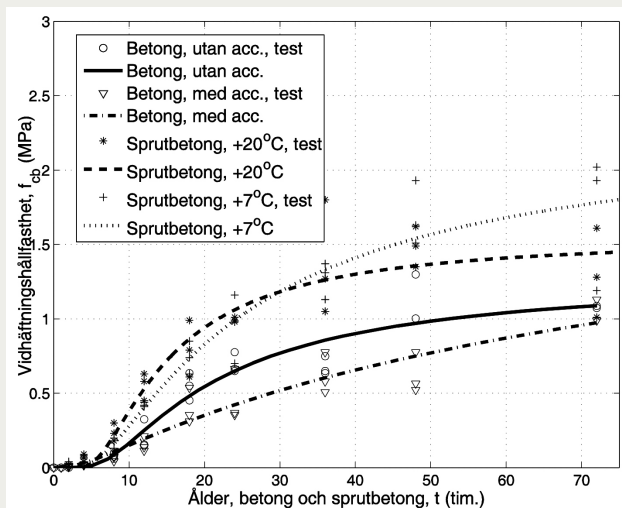
Med stöd från SBUF, BeFo, Formas och Trafikverket har arbetet utförts som en del av ett doktorandprojekt inom Betongbyggnad vid KTH Bygghälsa. Projektet redovisas i en doktorsavhandling, vetenskapliga artiklar samt flertalet konferensbidrag. Fokus har särskilt varit riktat mot vidhäftningshållfasthet och förhindrad krympning för vilka två nya provningsmetoder utvecklats och utvärderats, vilket delvis har genomförts vid laboratorerna hos Vattenfall i Älvkarleby och CBI i Stockholm.

## Resultat

Inom projektet har mekaniska egenskaper hos sprutbetong som funktion av ålder, lufttemperatur, accelerator- och fibertillsats studerats med syfte att klarlägga väsentliga skillnader mellan sprutbetong och konventionell betong. Försöksresultat visar hur de mekaniska egenskaperna utvecklas, vilket här exemplifieras med figurerna nedan som visar tryckhållfasthet och vidhäftningshållfasthet. För vidhäftningshållfasthet hos ung sprutbetong har ny provningsmetodik lämplig för laboratoriemiljö utvecklats. Genom att använda granitplattor med förborrade cylindriska kärnor som underlag för sprutbetongen elimineras störningar från kärnboring och friktion vid utdragning och mätning. Mekanisk koppling till sprutbetongen behöver inte heller göras vilket därigenom möjliggör provning redan vid mycket låga sprutbetongåldrar. Även för mätning av delvis förhindrad krympning har ny provningsmetodik utvecklats. Det studerade fallet motsvarar bland annat förhållanden då mjuka dräner på bergytan har täckts med sprutbetong som ska ge ett mekaniskt skydd. Det mjuka underlaget ger en dålig spänningsfördelning då sprutbetongen krymper och därigenom kan enstaka vida sprickor uppstå istället för många tunna sprickor, vilket ofta är fallet med krympande betong sprutad direkt på hårt berg. Försökssupställningen består av en betongsprutad granitplatta som instrumenteras med trådtöjningsgivare vilket möjliggör utvärdering av uppkomna töjningar och spänningar samt tidsförlopp tills krympsprickor uppstår.



Tryckhållfasthet för sprutbetong och gjutna kontrollprov.



Vidhäftningshållfasthet som funktion av ålder, med och utan accelerator och för sprutbetong vid +7°C och +20°C.



Nyutvecklad metod för provning av vidhäftningshållfasthet hos nysprutad betong.

## Slutsatser

De redovisade resultaten har relevans för tunnelbyggande och gruvdrift i hårt berg. Syftet har varit att klarlägga väsentliga skillnader mellan sprutbetong och konventionell betong, något som är av stor vikt vid analys och konstruktionsarbete. Tidigare har materialdata för nysprutad och hårdnande sprutbetongs egenskaper i stort sett saknats. Den typ av data som presenteras gör det möjligt att optimera sprutbetongförstärkningar så att säkerhet, ekonomi och beständighet hos tunnlar och bergrum ökar. De i projektet framtagna nya provningsmetoderna kan direkt tillämpas för att jämföra alternativa konstruktionslösningar och sprutbetongtyper. Detta gäller särskilt provning av vidhäftning vid mycket tidig sprutbetongålder, vilket tidigare inte har varit möjligt att genomföra.

## Ytterligare information

### Kontaktpersoner:

**Anders Ansell**, KTH Byggetenskap, Betongbyggnad,  
tel: 08-7908041, e-post: anders.ansell@byv.kth.se.

**Lars Elof Bryne**, Vattenfall Research and Development AB,  
Älvkarlebylaboratoriet,  
tel: 026-83500, e-post: larselof.bryne@vattenfall.com.

### Litteratur:

- Bryne, L.E., Time dependent material properties of shotcrete for hard rock tunnelling. Doktorsavhandling, Betongbyggnad, KTH Byggetenskap, Stockholm, maj 2014.
- Bryne, L.E., Ansell, A., Holmgren, J., 'Investigation of restrained shrinkage cracking in partially fixed shotcrete linings', Tunneling and Underground Space Technology, 42, 136–142 (2014).
- Bryne, L.E., Ansell, A., Holmgren, J., 'Shrinkage testing of end restrained shotcrete on granite slabs', Magazine of Concrete Research, 66, 859–869 (2014).
- Bryne, L.E., Ansell, A., Holmgren, J., 'Laboratory testing of early age bond strength between concrete for shotcrete use and rock', Nordic Concrete Research, 47, 81–100 (2013).
- Bryne, L.E., Ansell, A., Holmgren, J., 'Laboratory testing of early age bond strength of shotcrete on hard rock', Tunneling and Underground Space Technology, 41, 113–119 (2014).

### Internet:

<http://www.kth.se/abe/inst/byv/avd/btg>