

# Injekteringsskärmar

Erfarenheter från Vattenfalls utförda arbeten

SwedCOLD – Dammar och Grundläggning

Martin Rosenqvist

2017-10-10

# Agenda

- Varför injektering?
- Förundersökning
- Typer av injektering
- Fyllningsdammar
- Betongdammar
- Arbetsgång
- Injekteringsmetoder
- Cementbruk
- Beständighet

# Varför injektera berget under dammar?

- Tätning av undergrunden:
  - Minska upptryck → stabilitet.
  - Minska läckage.
  - Minska risken för kontakterosion.
  - Minska risken för sättningar.
- Förstärkning:
  - Förbättra bergets bärighet.
  - Minska risken för sättningar.

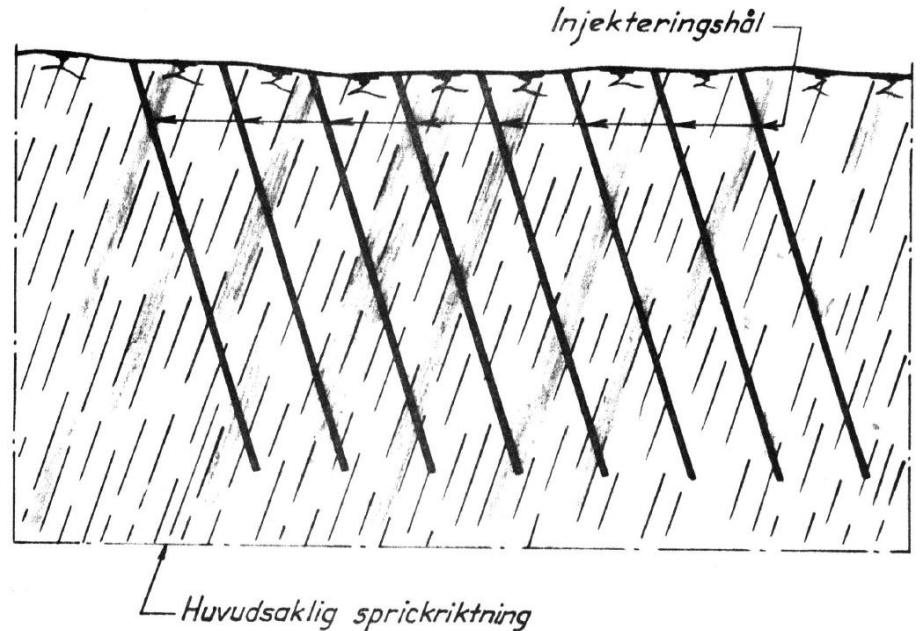


# Förundersökning av berggrunden

- Ju större dammbyggnad ju noggrannare förundersökningar behövs.
  - Kan anpassa injekteringsarbetet efter verkliga förhållanden.
- Kartering av bergytor.
  - Dokumentation av sprickor och svaghetszoner.
- Undersökningsborrning.
  - Kärnborrhål: c/c 30-50 m, hammarborrhål efter behov.
  - Till minst det djup som kommer att injekteras.
- Vattenförlustmätningar för att bestämma bergets vattengenomsläpplighet.
  - Berget anses vara tätt om den hydrauliska konduktiviteten är  $< 10^{-7}$  m/s.

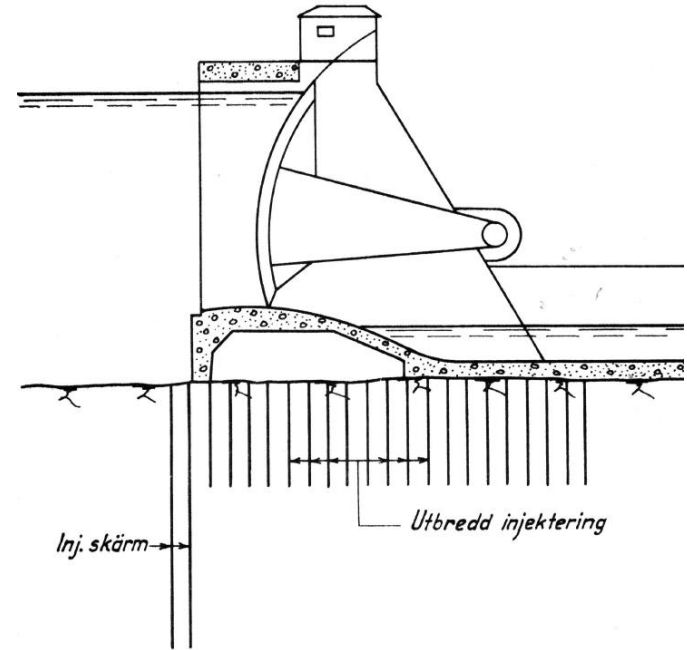
# Arbetsgång vid injekteringsarbeten

- Förundersökning.
- Rensning och rengöring.
- Förtätning av bergytor.
- Hålriktning och borrning.
- Bergbedömning vid borrning.
- Vattentryckning – öppna och spola ur.
- Vattenförlustmätning.
- Injektering (hålavstånd, tryck, bruk).
- Vattenförlustmätning i kontrollhål.



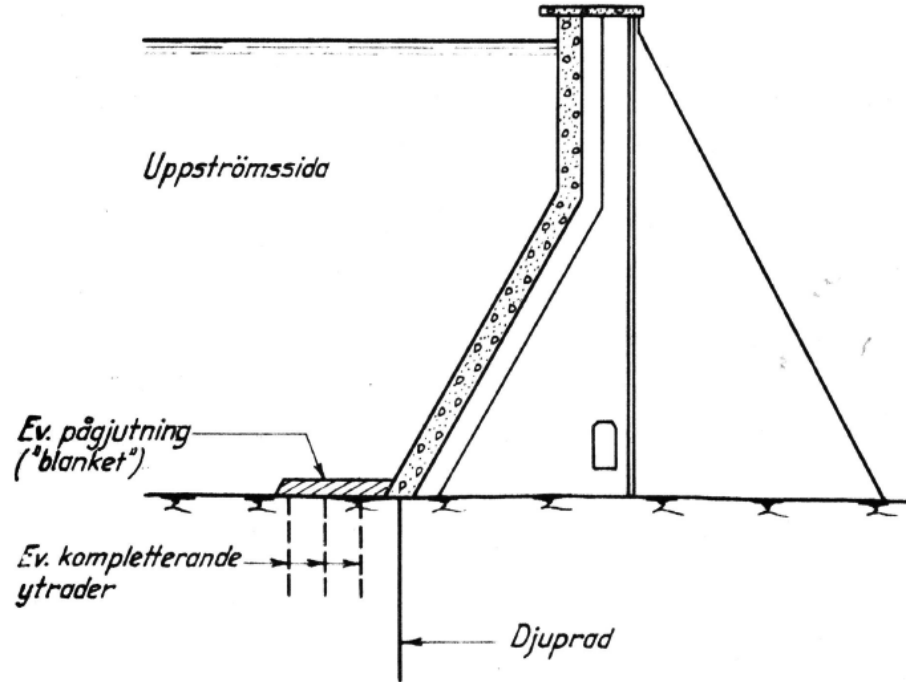
# Vanliga typer av injektering vid dammar

- Skärminjektering:
  - Ofta en hålråd till fullt djup. Ibland två.
  - Utförs för att reducera läckage, erosion & upptryck. Samverkar med dräneringen.
- Utbredd injektering:
  - Utförs för att ytberget i regel är sprickigare och otätare än djupare beläget berg.
  - Lägre injekteringstryck ger sämre effekt.
  - Vattentrycket som störst vid bergytan, varför täthetskravet är som störst.



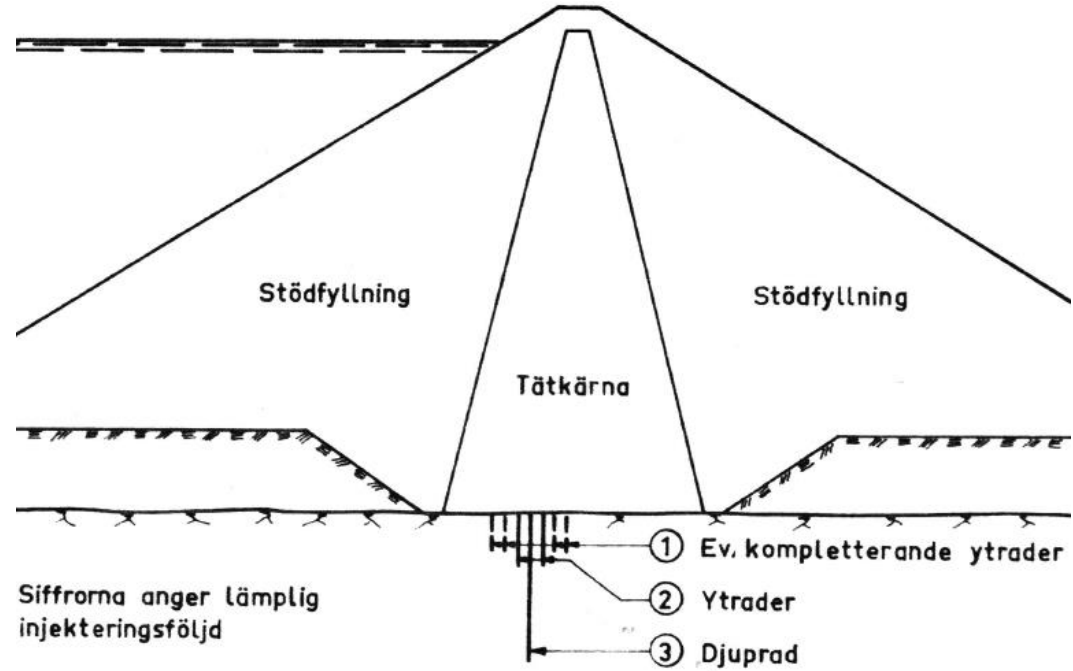
# Betongdammar

- Injekteringskärmen brukar vanligtvis placeras nära uppströmssidan.
- Djuprad ned till  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{2}$  höjd.
- Kombineras med dränering direkt nedströms skärmen för att åstadkomma minsta möjliga upptryck under dammen.
- Ibland injekterades berget efter att betongkonstruktionerna gjutits. Dessa förseglade ytrader



# Jord- och stenfyllningsdammar

- Injekterings-skärmen placeras normalt sett under tätkärnans centrala parti.
- Ibland anordnas särskild dränering nedströms om skärmen.
- Vid grundläggning på befintligt marklager kräver övergången mellan berg och marklager särskild uppmärksamhet.





# Injekteringsmetoder

- Injektering till fullt djup.
  - Berget inte alltför otätt och liknande sprickvidder.
  - I övrigt ger metoden otillfredsställande resultat.
- Injektering i våningar nerifrån och upp.
  - Vid tätning/förstärkning av sprickigt berg.
  - Praktiskt svårt att utföra.
- Injektering i våningar uppifrån och ned.
  - Borrning och injektering sker växelvis.
  - De sämsta bergspartierna injekteras flera gånger.

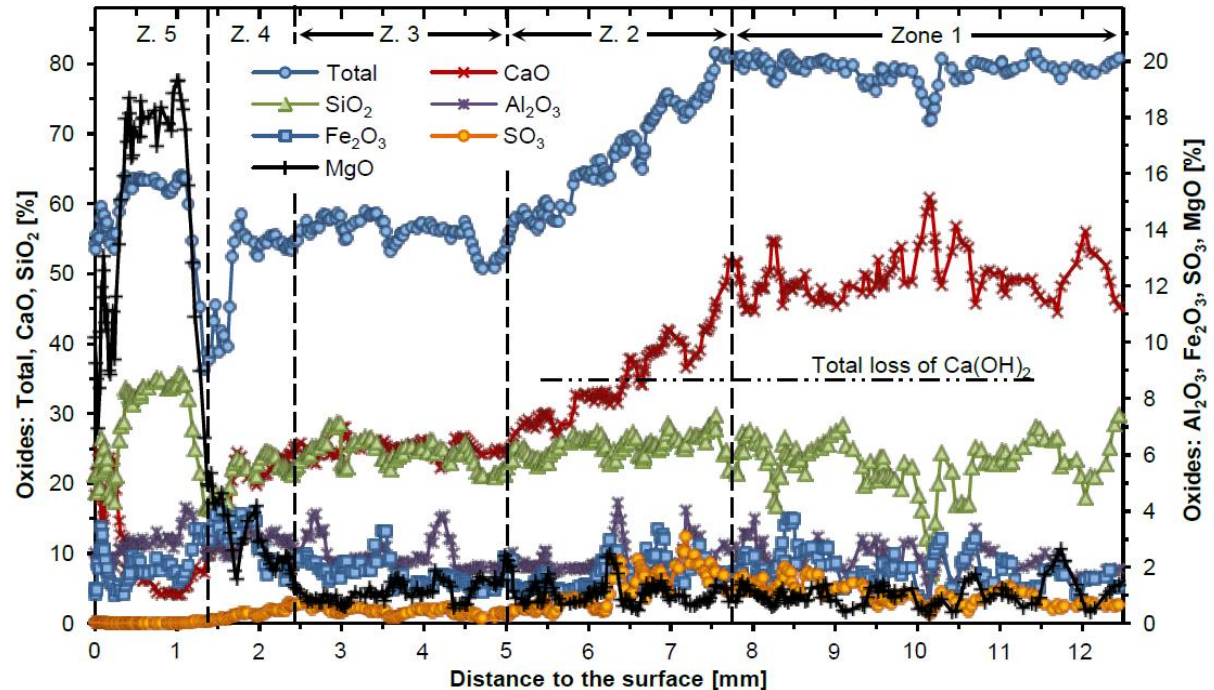


# Injekteringsbruk

- Minsta sprickvidd som kan injekteras är 3x cementets största kornstorlek.
  - Gammal tumregel angav sprickvidden 0,3 mm.
- Bäst resultat gav finmalet snabbcement och slaggcement (Vulkacement).
- Standardcement användes i undantagsfall.
- Injekteringsbrukets vattencementtal (vct) varierades kraftigt:
  - 5-10 för tunna blandningar och 0,3-0,5 för tjocka blandningar.
- Tillsatsmedel användes för att modifiera injekteringsbrukets egenskaper.
- Bentonit användes för att reducera separationsbenägenheten.
- Injekteringsbruk känsligt för urlakning och nedbrytning!

# Urlakning av injekteringsbruk

- Cement består av:
  - Ca, Si, Fe, Al, Mg, S, Na, K.
- Injekteringsbruk är cement + vatten.
- Genomströmmande vatten lakar ut cementets kalk.
- Porositeten ökar och således läckaget och nedbrytningen.



# Injekteringskärmens beständighet

- Mjukt vatten och sulfatföreningar kan bryta ned injekteringsbruket.
- Vilken är den tekniska livslängden för en injekteringskärm?
- Flera exempel i Sverige där tätkärnan i fyllningsdammarna skadats till följd av misstänkt och konstaterad nedbrytning av injekteringskärmen.
- Tidigare genomförda studier har antytt att injekteringskärmar behöver återinjekteras med visst intervall. Hur avgöra detta intervall?

# Tillkännagivande 1

- Nominerad till "Årets betongforskare" av tidskriften Betong.
- Avhandlingen "Frost-induced deterioration of concrete in hydraulic structures".
- Röstning på [www.betong.se](http://www.betong.se)

Nominerad: Martin Rosenqvist





## Tillkännagivande 2

- Sedan igår (9 oktober) arbetar jag vid ÅF vattenkraft Stockholm.
- Min nya mejladress är [martin.rosenqvist@afconsult.com](mailto:martin.rosenqvist@afconsult.com)
- Telefonnummer: 070 376 52 71    (Tillfälligt 070 343 73 27)