

ENERGIFORSKPROJEKT. BETONGDAGEN 2022

Praktiska erfarenheter av injektering i skadade betongkonstruktioner

- Martin Hansson, AFRY
- Martin Rosenqvist, AFRY

Bakgrund

I Elforsk-rapport 11:60 med titeln "Vägledning för cementinjektering av betongkonstruktioner" ges råd om vilka frågeställningar som bör belysas i samband med planering, utförande och kontroll av injekteringsarbeten.

Det saknades erfarenheter från utförda arbeten. Dessa erfarenheter skulle kunna utgöra grund för val av tekniker och olika parametrar.

Projektet har samlat erfarenheter från en mängd utförda projekt.

Tack till de som har hjälpt till med att göra underlag tillgängligt!

Exempel på bedömning av betongkvalitet

Utredningen visade på: Kärnkarteringen visar på en "medelgod betong" (klass 3) till "usel betong" (klass 6) med inslag av kärnförlust. Det finns en tendens till att betongen är något sämre på större djup. Berget är generellt uppsprucket.

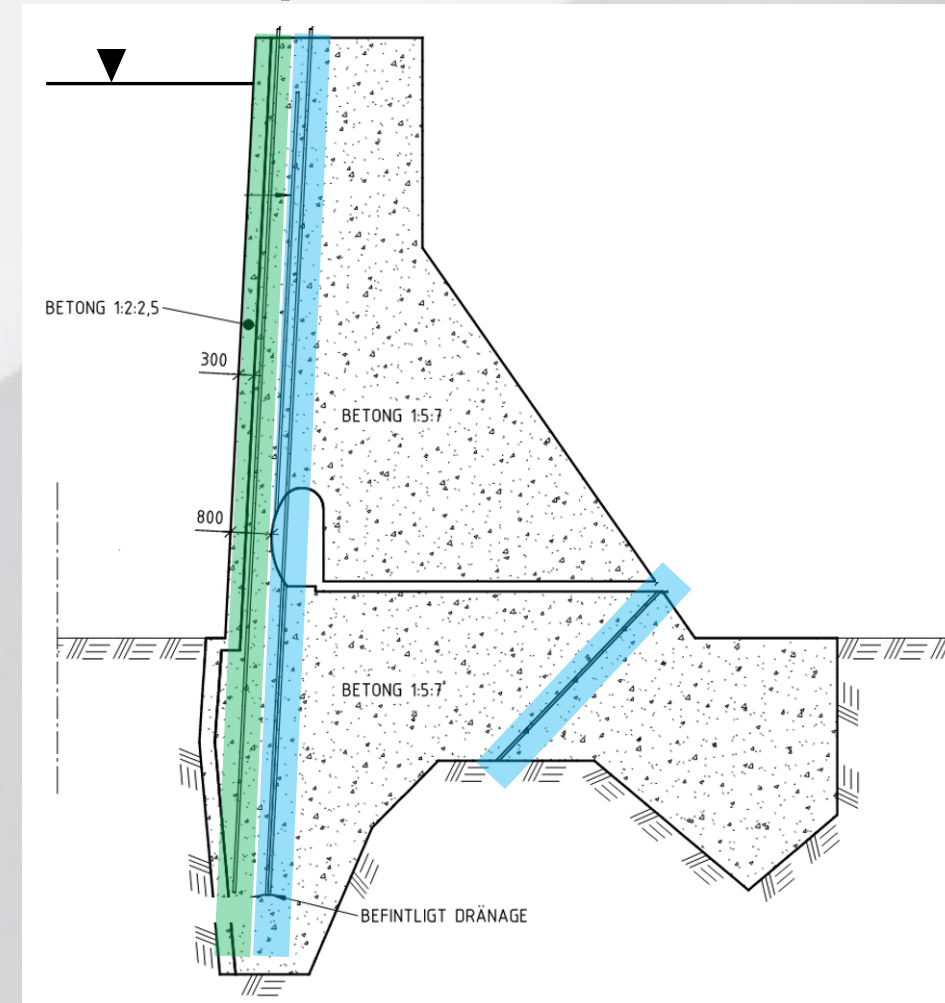
Bedömning av konsult: Kärnkarteringen och vattenförlustmätningen på DAMM visar på en långt utvecklad skada med stor utbredning (A4). Sammantaget blev bedömningen BK4.

DAMMen är nu injekterad för vattentäthet!

Injektering av 100 år gamla klumpdammar

Injektera för vattentätet

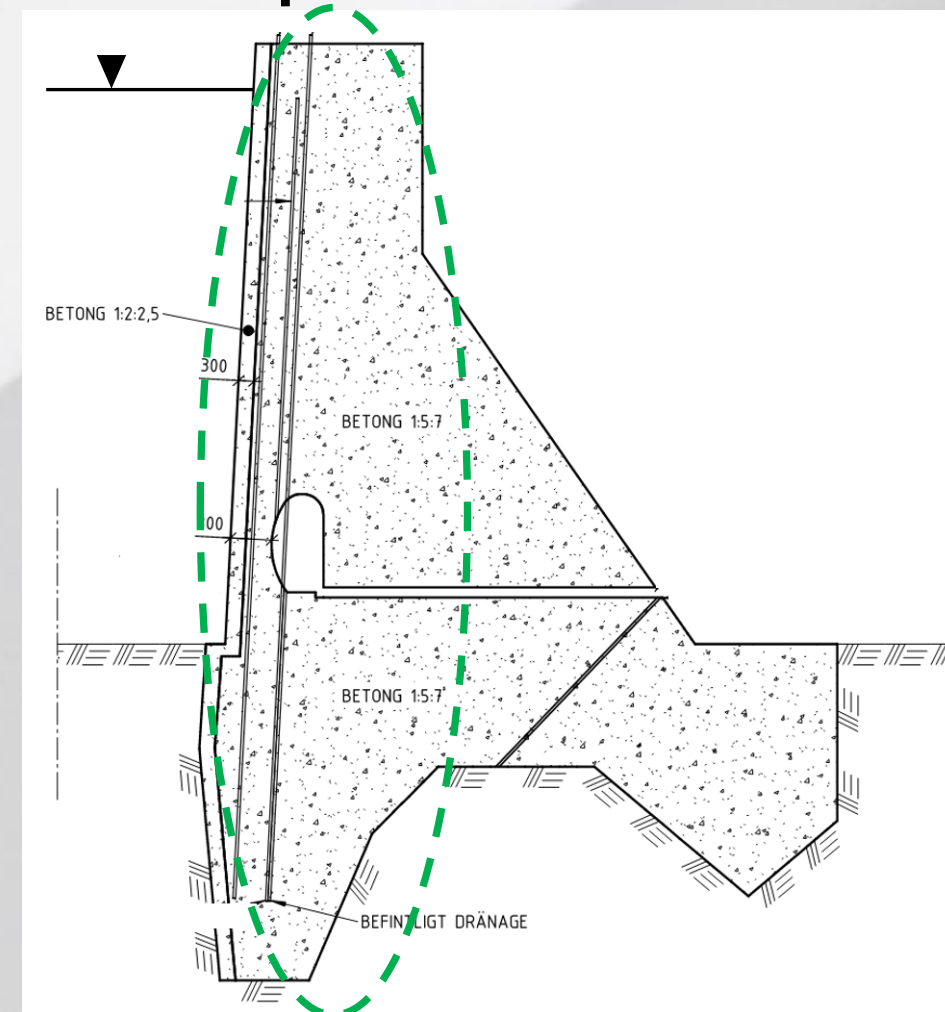
- Synligt läckage – enklast med synlig betongyta nedströms.
- **Täta uppströmsdelen av konstruktionen.**
Vill gärna ha mottryck (sumpar behålls fyllda). Se upp att bruk inte läcker ut i vattendraget!
- **Dränage måste borras om!** Igensatta från injektering samt urlakningsprodukter.
- Injektering återkommande tex var 20e år



Injektering av 100 år gamla klumpdammar

Injektera för stabilitet

- Ska vara en monolit! Urlakningen kan skapa stora hålrum i horisontalled vid dålig gjutning.
- Densiteten minskar med urlakning. Eriksson (1991) uppskattade hålrummet till 10%! Kan troligen ha betydelse för gränsfall.
- Vid berggrundläggning injektera ny injekterings-skärm u.s.



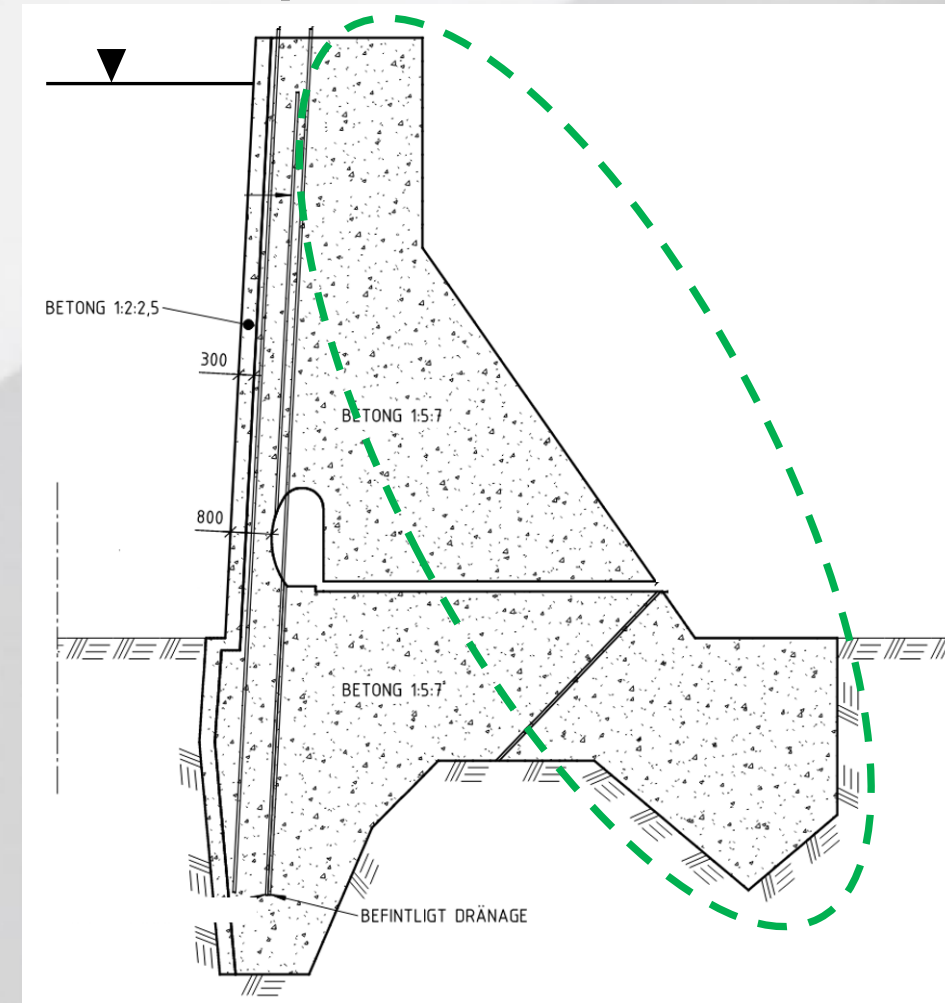
Injektering av 100 år gamla klumpdammar

Injektera för hållfasthet - tryck

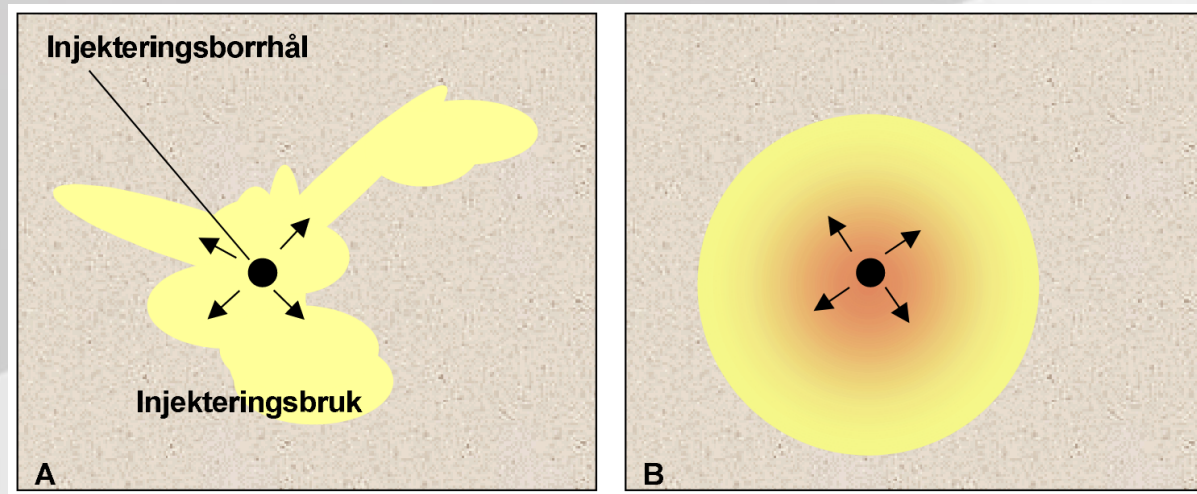
- Troligen inte aktuellt för grova klumpdammar.
- Tänka till. Högst utnyttjandegrad vid tryck längst nedströms. Känner ej till att det är undersökt.
- Undvik att vatten blir stående inne i konstruktionen

Injektera för hållfasthet – drag (i tunna konstruktioner)

- Vidhäftning mellan armering och betong
- Risk för korrosion. Reducerad pH pga urlakning.



Utbredning av injektering i en urlakad konstruktion



Bernstone och Thorsell, 2001

Erfarenheter

Borrteknik

- Hammarborrning har varit vanligt (lägre kostnad?).
- Vid mycket dålig betong – risk att sätta kronan kan det vare en bra metod tillsammans med nivåinjektering, Rosenqvist, 2011.
- Återkommande fråga om hammarborrning sätter igen borrhål med borrkax och därmed förhindra att injekteringen tränger ut. Bernstone & Thorsell (2001) kunde för ett exempel inte se någon skillnad.
- Entreprenörer föreslår idag kärnborrning med motivering att injekteringen blir bättre.
- Kärnborrning ger mindre borrkax och borrvatten att hantera innan vattnet släpps ut (sedimenterar i en container och breddar sedan över på mark där vattnet infiltrerar ned).

Erfarenheter

Borrhålsavstånd

Beror på syftet / typ av konstruktion

- Injektering för täthet i en permeabel klumpdamm "kan räcka" med centrumavstånd 2 m. Återkommande boostershot!
- Slankare konstruktioner (sumpar) kan armeringsplaceringen sätta begränsning för återkommande injekteringar. Speciellt gäller det konstruktioner som har slätarmering med ändförankring. Exempel 1: Vertikala hål från krön. Glest (3-4 hål per vägg). Kan vara svårt att komma åt överallt. Exempel 2: Svagt lutande horisontella hål inifrån vattenvägen. Främst hammarborring. Började med s 2 m. Slutligt 0,5 m. Georadarmätningar för att markera ut armeringsjärn. Hög vattenmättnad i väggen gav sämre resultat.
- Hålavstånd vid injektering från nedströmsyta i skadad frontplatta på lamelldamm. 0,5-0,8 m ("rutnät"). Kontakt mellan hålen vid injektering av flera av hålen.

Erfarenheter

Vattenförlustmätning

Vattenförlustmätning gör man genom att trycksätta ett borrhål med vatten under en bestämd tid under ett bestämt tryck. Man mäter vattenflödet. Vattenförlusten anges i liter/minut, 1 meter borrhål, MPa. Detta kallas även för lugeontal.

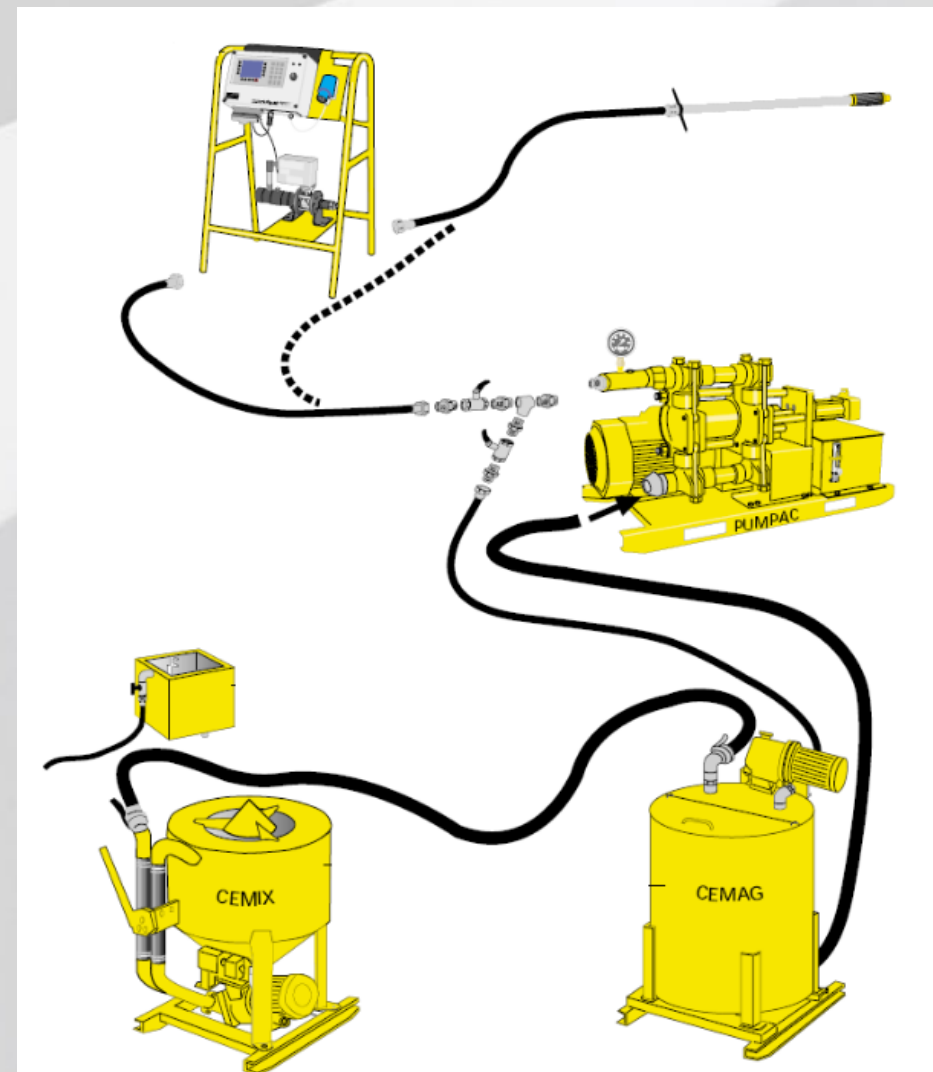
- För injektering av klumpdammar och sumpar (vertikala hål) har vattenförlustmätningarna blivit svårtolkade. Vattnet försvunnit i spricka eller till dränering.

Erfarenheter

Injekteringstryck

Vanligt förekommande injekteringstryck (övertryck) enligt erfarenhet brukar ligga mellan 0,1 och 0,5 MPa (1-5 bar) (Rosenqvist, 2011)

- Svårt att mäta aktuellt tryck. Mäta så nära hålet som möjligt.
- För klumpdammen mättes 0,15 MPa (FFU max 0,3 MPa)
- För frontplatta i lamelldamm 0,3-0,4 MPa (samma entreprenör som för klumpdammen)
- Pelare i utskovsdamm 0,25 MPa (nedre delen av hålet) och 0,15 MPa för hela hålet direkt efter.
- Sump horisontella hål 0,2 MPa i övre delen 0,3 MPa i övre (0,5 säsong 2)



Cementåtgång

- Kanalmur 23 monoliter á 9 m längd, totalt ca 200 m lång. Dammhöjd 3-16 m. Totalt 33 ton cement (37 m³). Energiforsk (2007)
- Betongpelare i utskov, 1999. I fyra pelarna gick det åt 3,9; 5; 13 resp 11,2 m³ bruk vilket motsvara 0,7 % i fyllnadsgrad (injekterad volym/total betongvolym).
- Reglerdamm, 2020/2021. 30 ton (FFU). Skibordsdamm, 25 m. > 3 ton
- Sump horisontella hål, s 0,5 m. 7-17 kg/bormeter för de sämre delarna. Totalt i 4 sumpar (2-4 ton/sump i nedre sämre delarna)

Kontroll och kriterier för godkänt resultat

Kontrollhål mellan injekteringshål

- Vattenförlustmätning
- Kärnkartering. Ibland valts större tex diameter 70 mm men 40-50 mm vanligt (samma som injekteringshålen). "Betut-modellen" klass 1 till 6.
- Titta på nedströmssidan att synligt läckage upphör. Har upplevts som enklaste och mest övertygande att injekteringen varit lyckad.

Keminjektering

- Arbetsmiljö. Kan fatta eld!
- Har använts till att stoppa större läckage genom en damm
- Keminjektering innefrån inspektionsgång under intaget. Dyrt och läckage återkom snabbt.

Viktiga frågor

Hur länge kan man fortsätta injektera?

- För klumpdamm med stora dimensioner som injekteras för vattentätthet: troligen mycket länge
- För en tunn konstruktion med armering: försiktighet då varje ny injektering förstör armering!

Hur verkar en injekterad betongdamm konstruktionsmässigt?

Utredningsbehov

- Hur länge kan man injektera en gammal klumpdamm?
- Red ut om det är någon skillnad på hammar- eller kärnborrning ang. igensättning/cementåtgång
- Trycket ska inte överstiga 0,1-0,5 MPa. Mätning? Kan verkligt tryck enkelt beräknas?



Tack!