

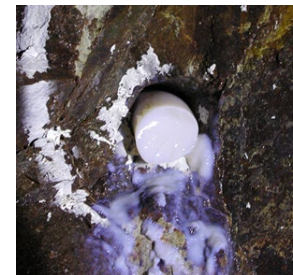
# Borrhål - Hydraulisk gradient och Erosion.

Johan Funehag, 2018

Medverkande: Chalmers tekniska högskola, Luleå Tekniska Universitet, Tyréns AB.  
Projekt finansierad av: Formas, Sven Tyréns Stiftelse, BeFo, SBUF

# Problemställning

1. En del borrhål läcker trots att borrhålen är injekterade.
2. Bruket spolats/trycks ut ur borrhål efter väntetid
3. "Pluggning" av borrhål är inte alltid en lösning
4. Verkar vara oberoende av typ av injekteringsmedel
5. Läckande hål kan står för en stor andel av inläckaget till tunneln



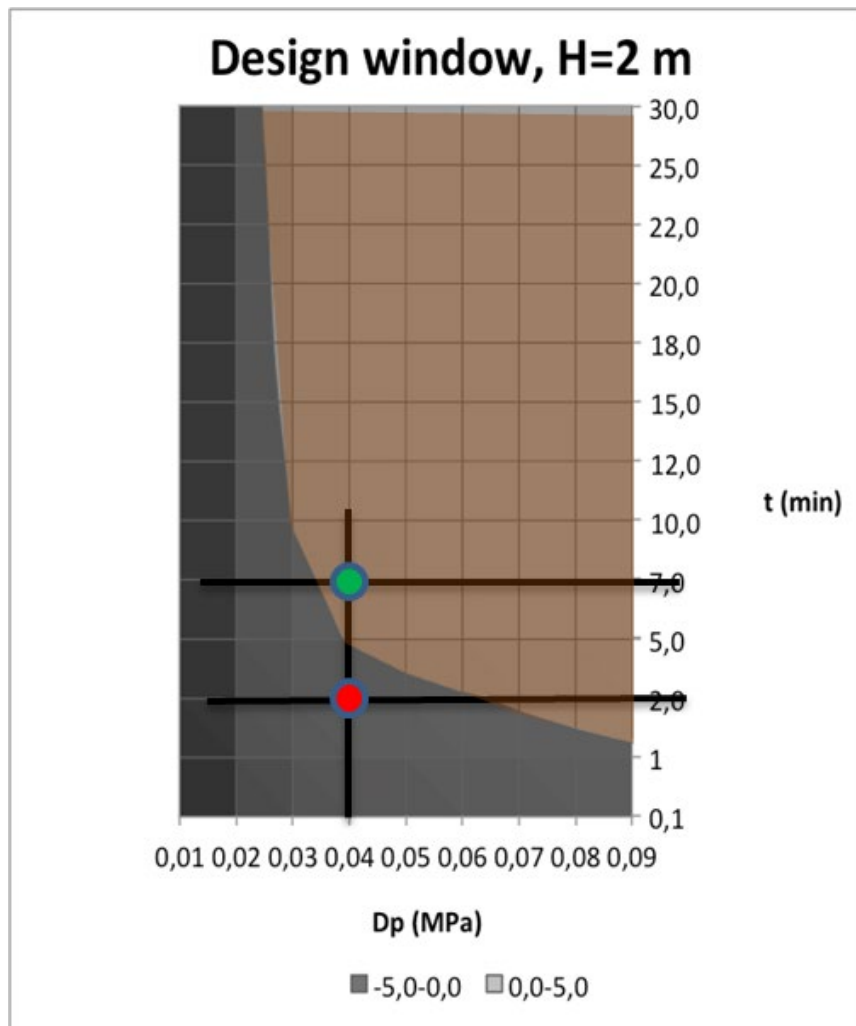
# Hypotes

*Ett borrhål kan inte blir tätt såvida inte sprickorna som korsar borrhålet blir tätade.*



Kanal som för vatten i borrhålspluggen.

# Resultat



Modifierad efter Axelsson, 2009

## Tester i en sprickmodell

Sprickvidd=190  $\mu\text{m}$

Hydraulisk gradient= 1 m/m

Injekteringsövertryck= 6 bar

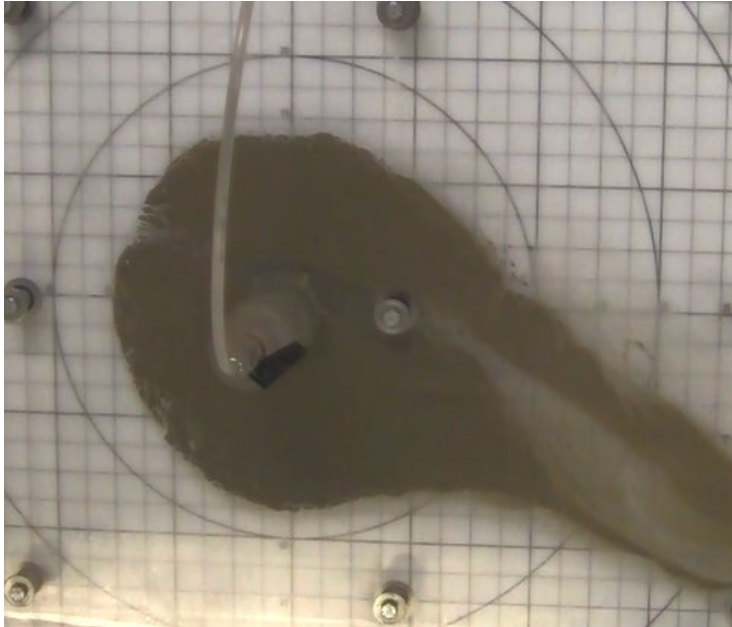
Skjuvgräns =5 Pa, viskositet=35 mPas

## Möjlig observation

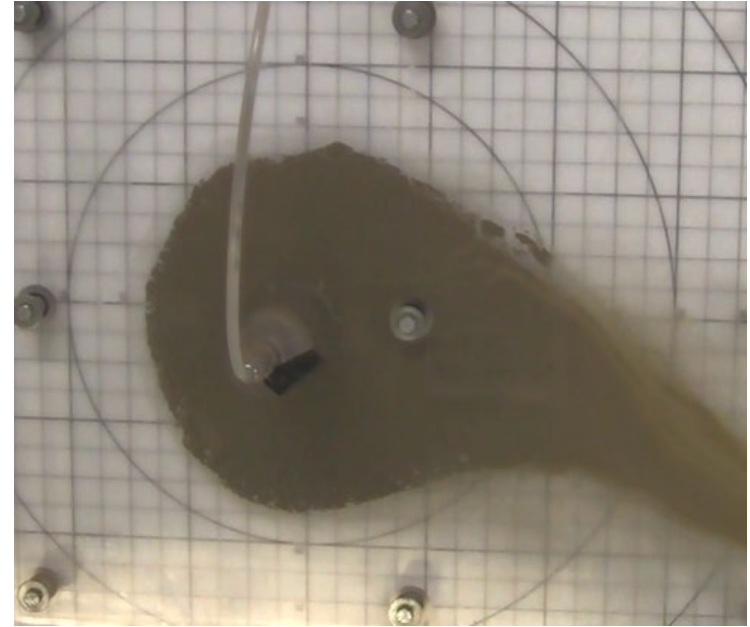
Vid en beräknad inträngningslängd på  $l=0,35$  m (2 min injekteringstid). *Vi bör se erosion dvs flödeskanal genom bruksplymen.*

Vid en beräknad inträngningslängd på  $l=0,5$  m (7 min injekteringstid). *Vi bör se en stabil injekteringsplym .*

# Resultat, viktigaste från filmerna



**Injekteringsplymen efter 2 minuters injektering. Ljusa kanaler genom hela bruket kan skönjas.**



**Injekteringsplymen efter 7 minuters injektering. Inga kanaler kan observeras**

# Diskussion

Vad har vi sett från filmen:

- ✓ Bruksplymen blir påverkad av motstående strömmande vatten
- ✓ Kortare inträngning uppströms och längre samt utspädning nedströms
- ✓ Vi kan se en kanalbildning genom hela bruksplymen när inträngningslängden är för kort

*Alltså i ett strömmande vatten (hydraulisk gradient) måste inträngningslängden bli tillräckligt lång för att motstå läckage*

➤ Hur och varför?

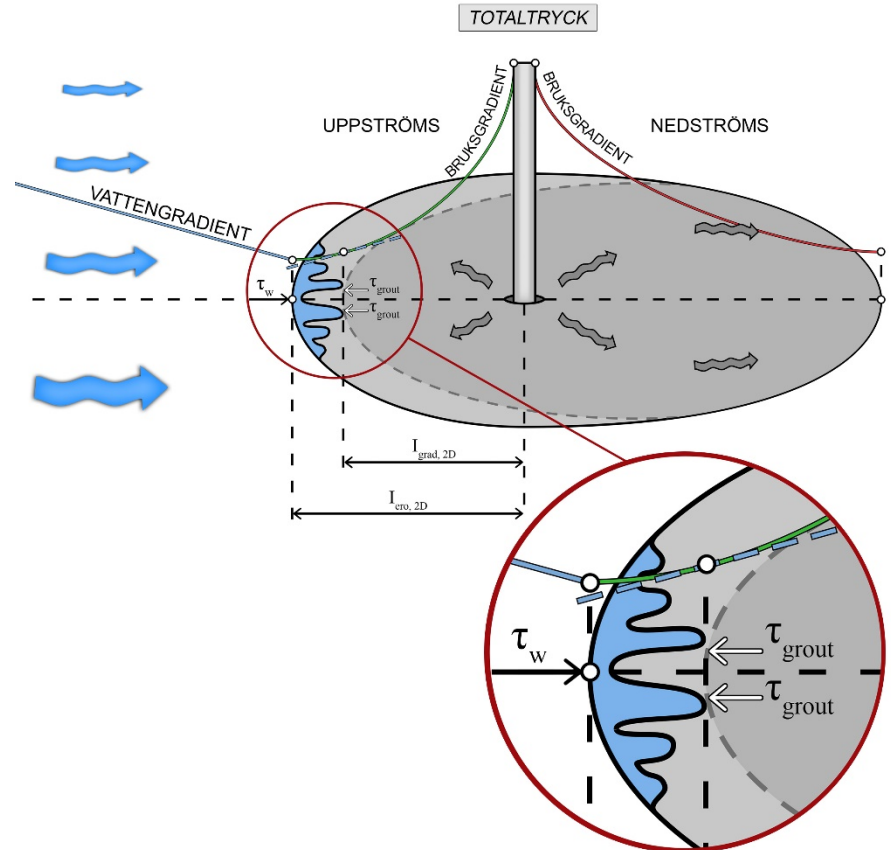
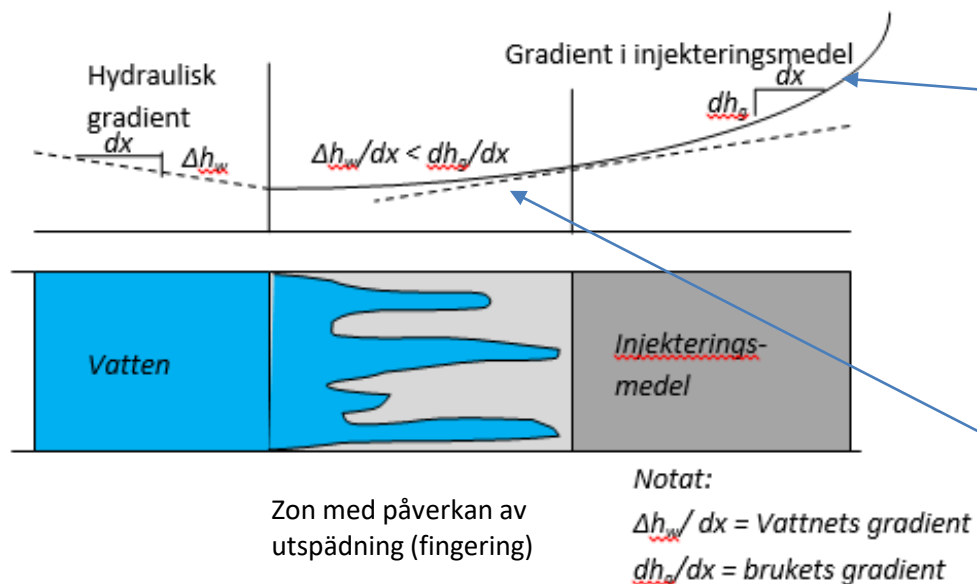


Illustration: Johan Blidberg, Tyréns

# Diskussion



- Injekteringsmedlets gradient över inträngningslängden; går från injekteringsövertrycket till det motstående vattnets tryck.
- För vatten är tryckgradienten linjär men för en trögflytande vätska (injekteringsmedel) är den gradvis avtagande.
- Den del av bruksfronten som har en lägre tryckgradient än det motstående vattnets gradient blir utspädd (fingering). Detta ger lägre skjuvhållfasthet (kohesion) och piping (kanalbildning) kan initieras.

# Summering

- Axelsson:s (2009) villkor gäller vid avslut av injektering
- Måste ta hänsyn till erosion när vi har höga hydrauliska gradienter där det måste åstadkommas en tillräcklig inträngningslängd,  $l_{\text{erforderlig}}$

Följande antas gälla vid höga gradienter:

$$l_{\text{Axelsson}} > l_{\text{erforderlig}} > l_{2\text{-D}}$$

- Vi har omtolkat det gamla uttrycket “att så länge viskositeten på det undanträngda vattnet är mycket mindre än det undanträngande bruket har vi en stabil front”
- Det är dock fortfarande svårt att bestämma den hydrauliska gradienten men det är görligt