

# Tjälning av nedströmsfilter i dammar med grov stenfyllning?

*Några observationer och modelleringsresultat*

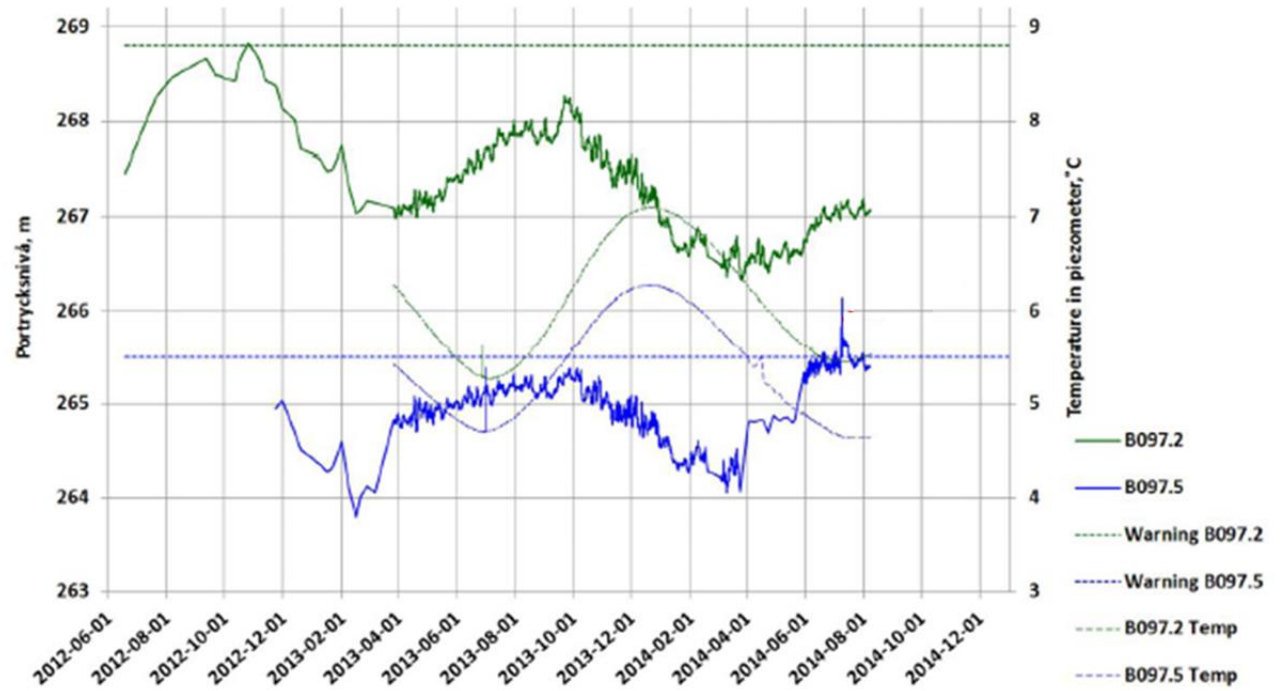
Carl-Oscar Nilsson, Uniper  
Johan Sundin, HydroResearch

SwedCOLD temadag  
2024-04-16

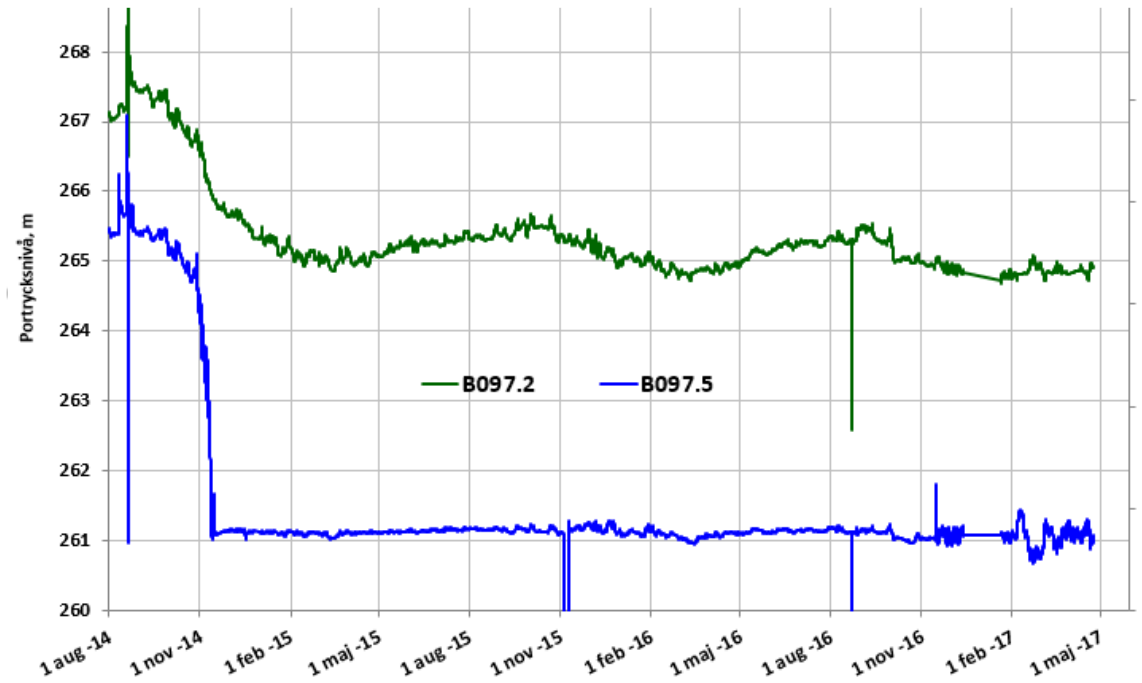
- Ca 300 m fyllningsdamm
- 23 m hög
- Dammtå av grov sten, ca 300–700 mm



- Årsvariationer (2012–2014)
- Högsta tryck kring oktober

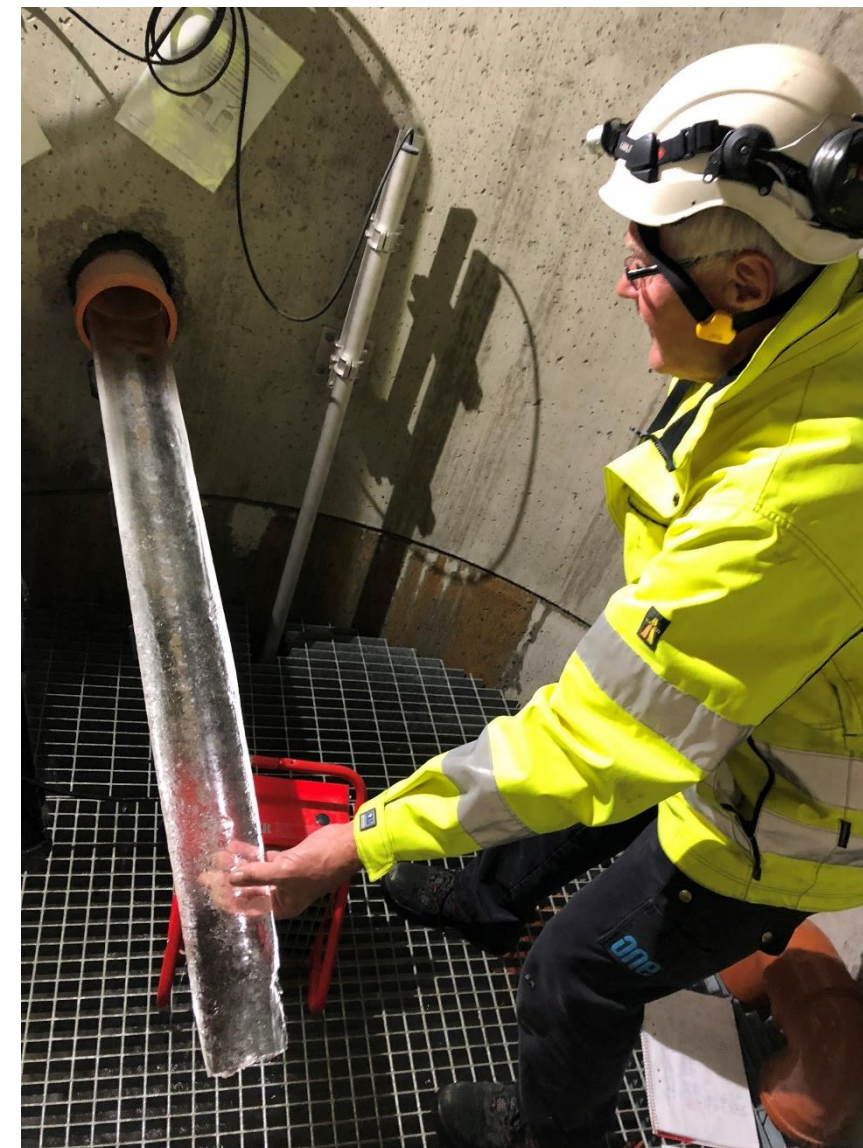


- Installation av dräner 2014–2016
- Fenomenet till stor del borta



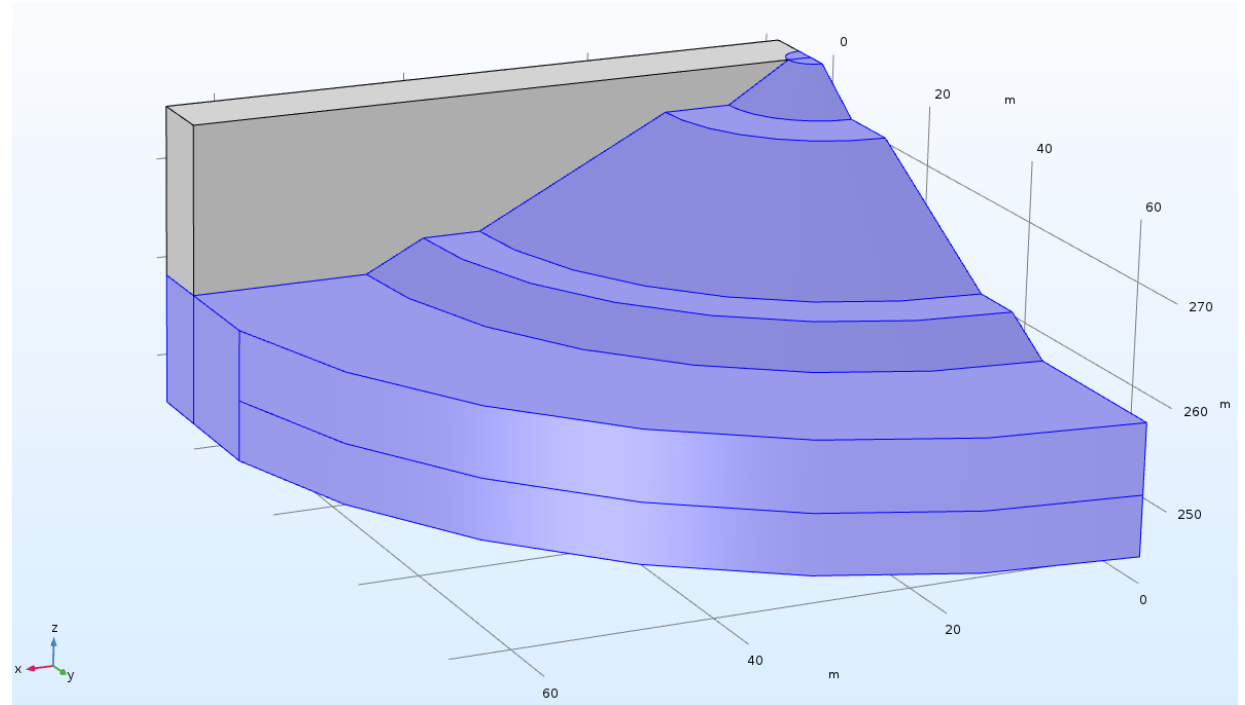


- Fiberoptisk kabel i gammal dränageledning
- Negativa temperaturer i februari–april
- Skyddat läge

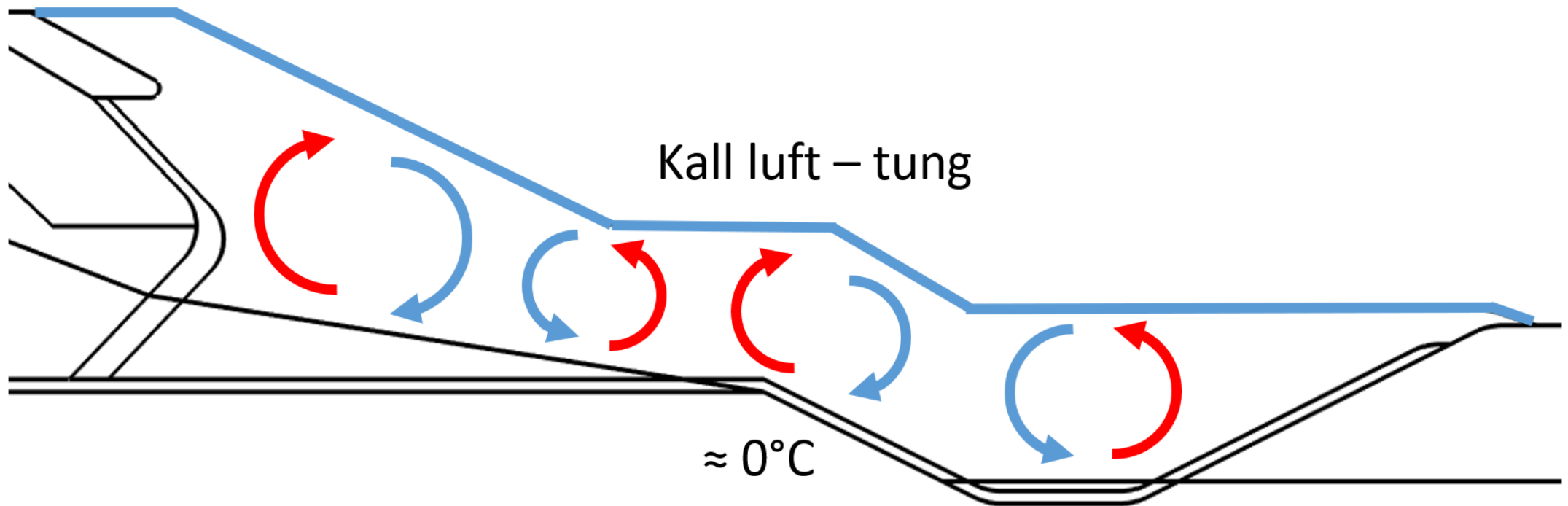


*Foto: Frida Martinsson (2018-08-21)*

- Inte enbart värmeledning (simulering)
- Inte luftströmning genom ledning (mätning)
- Inte strömmande vatten (under 0°C)



- Luftströmning i dammtå?
- Kall luft sjunker, varm luft stiger





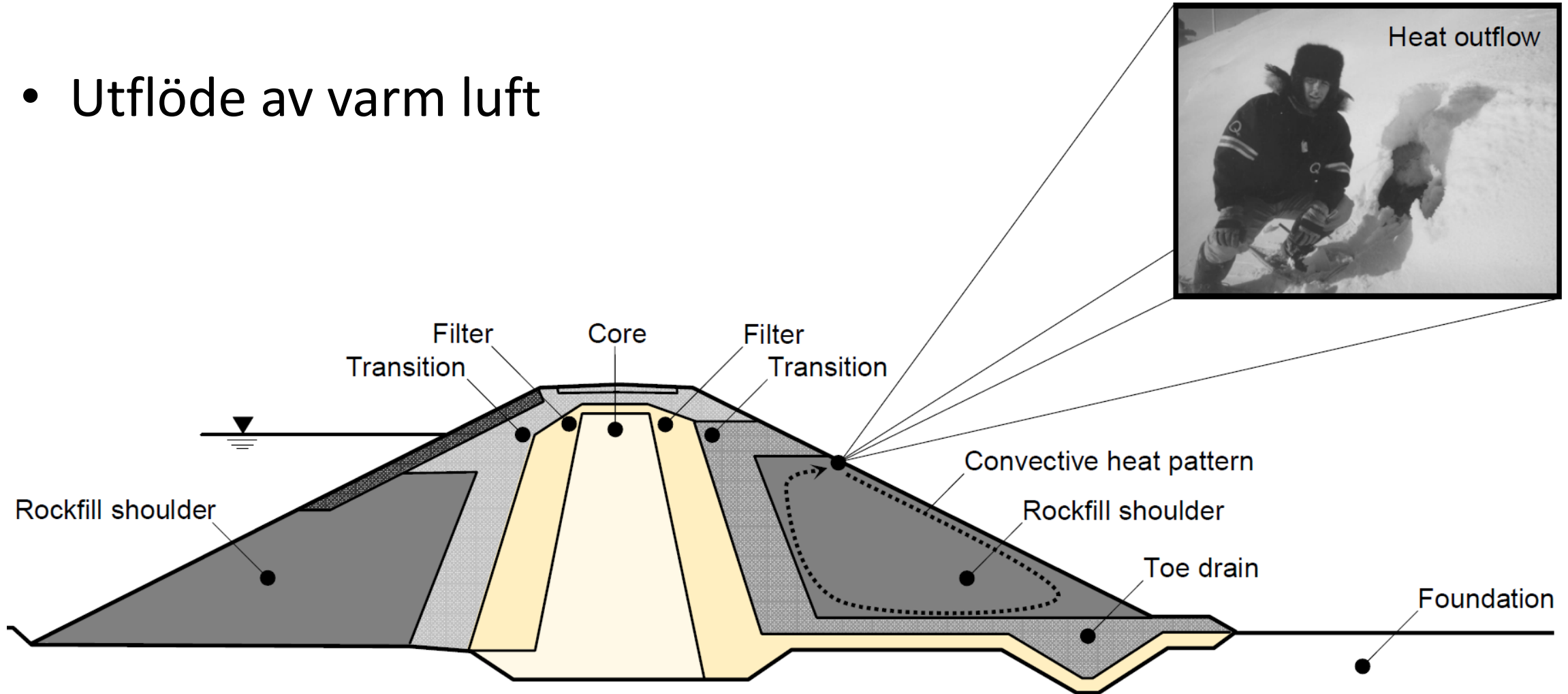
- Islins långt in i dammen



Foto: Pontus Sjödahl (2004)

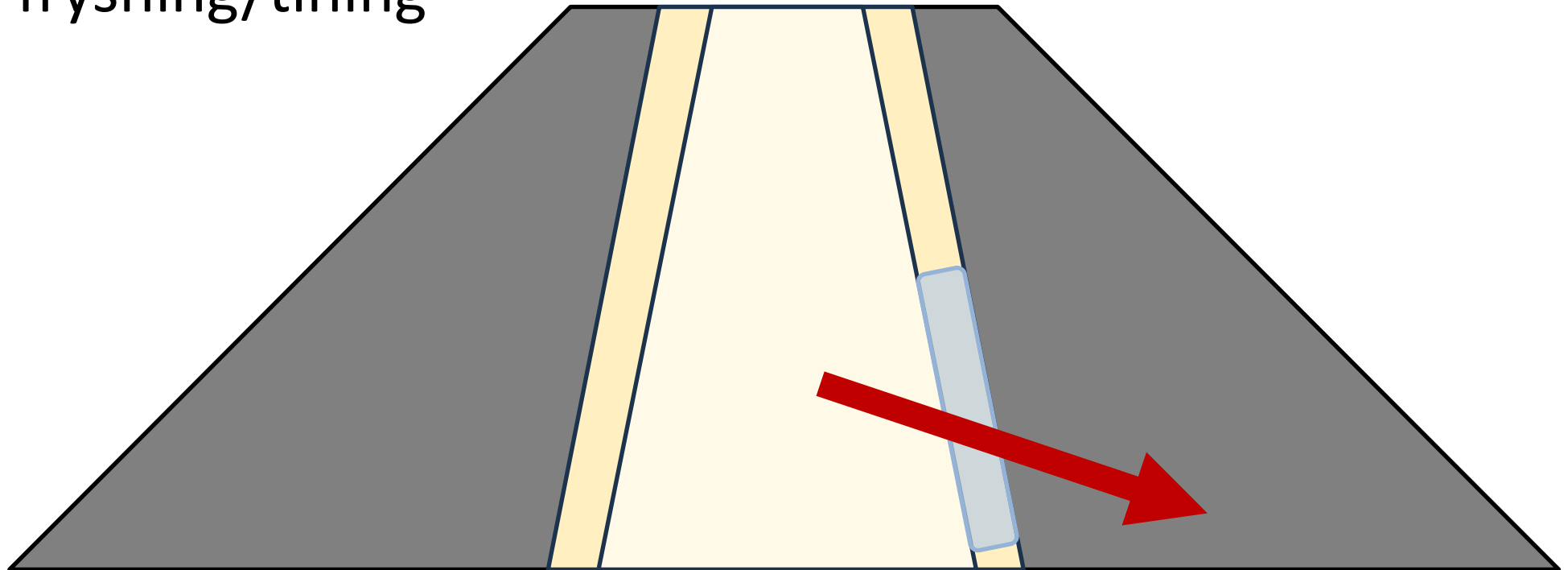


- Utflöde av varm luft

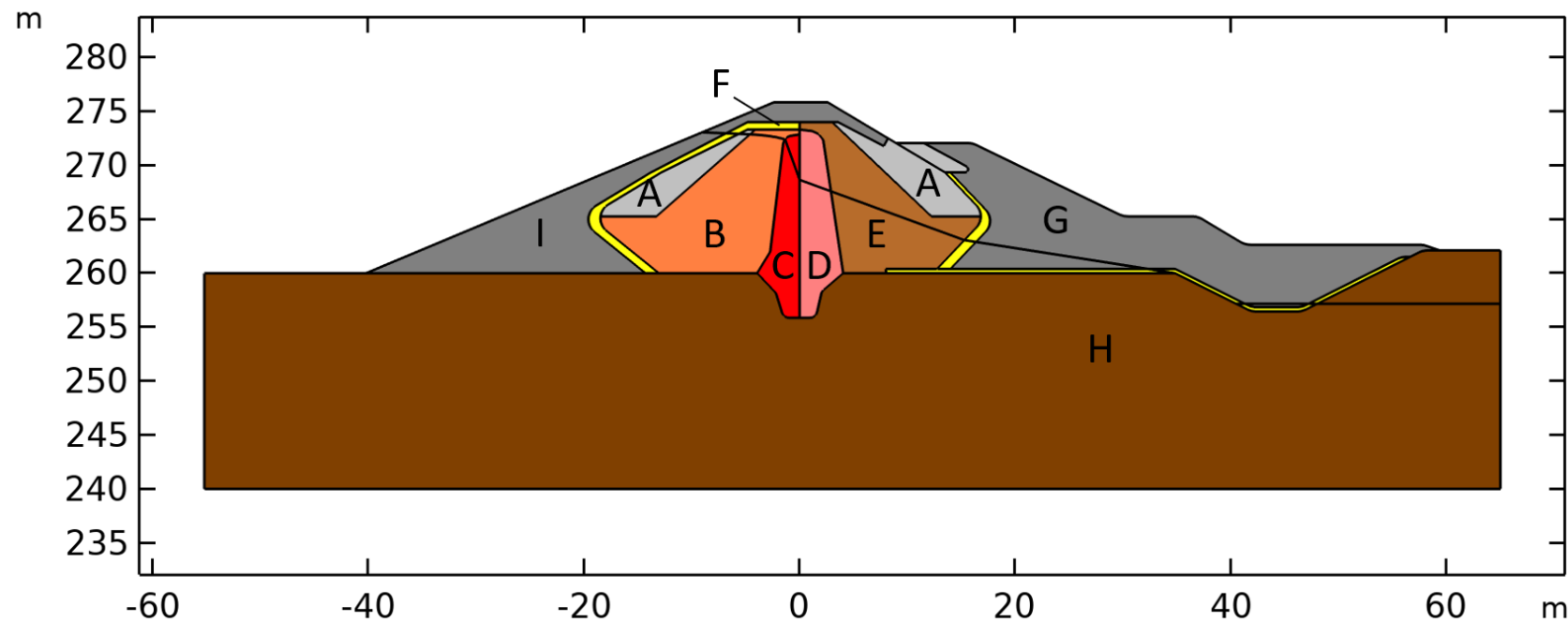


Lebeau & Konrad (2007) *60th Can. Geotech. Soc. Conf. & 8th Joint CGS/IAH-CNC Groundwater Conf.*

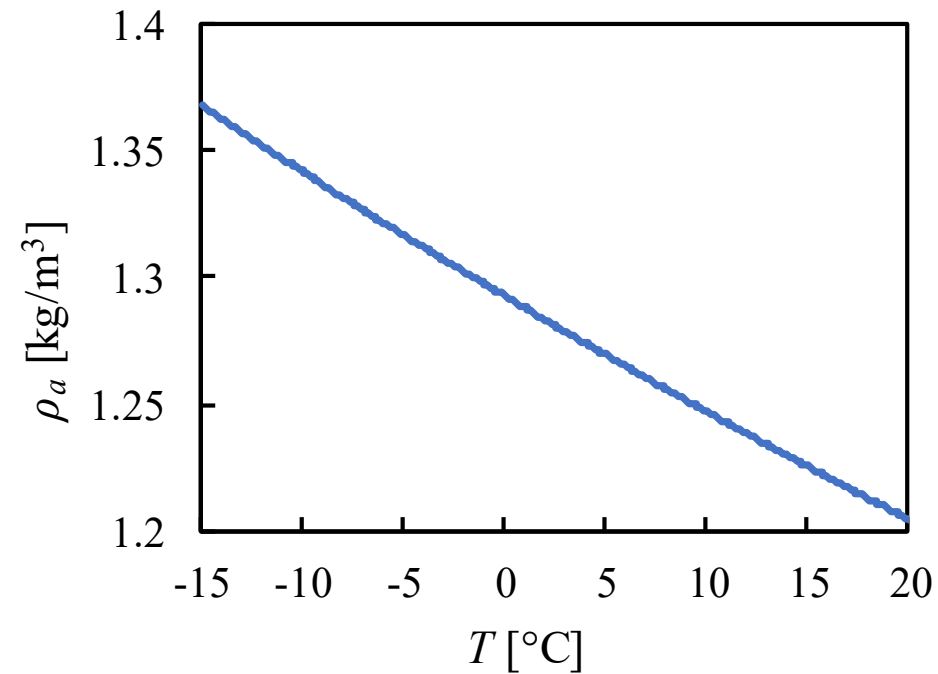
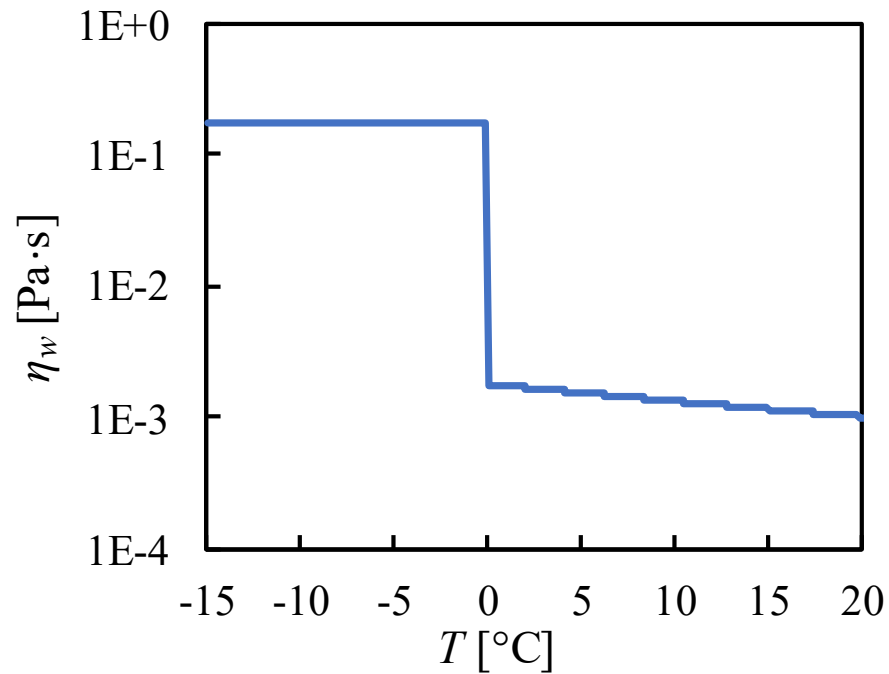
- Försämrad dränering av filter
- Högre tryckgradient
- Upprepad frysning/tining



- 2D FEM-modell
- Vattenmättad och torr del
- Värmeöverföringsekvation



- Vatten/is – omvandlingsvärme
- Is – vätska med hög viskositet
- Luft – ideala gaslagen



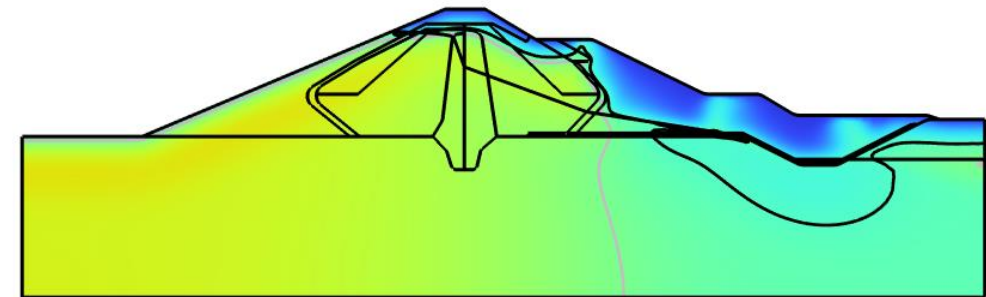
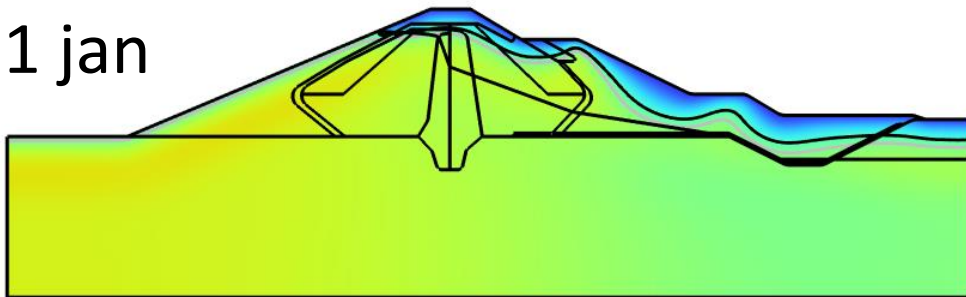


- Varierad permeabilitet i nedströmstån

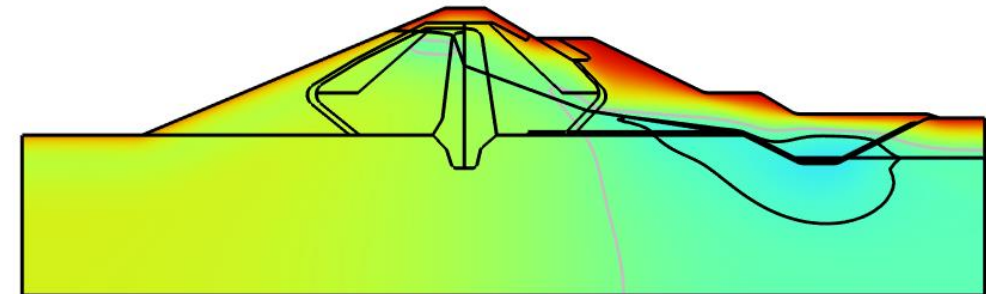
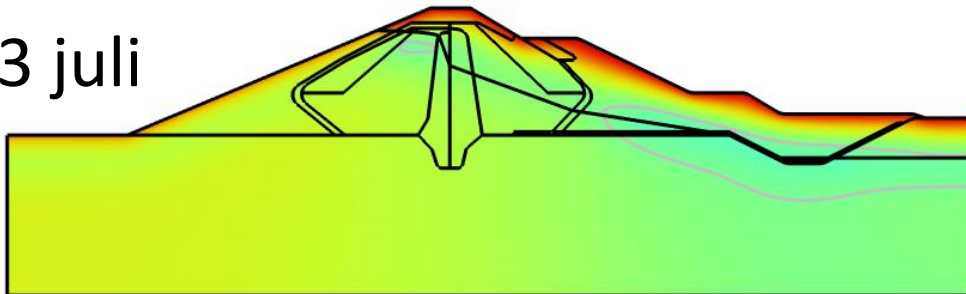
$$K_{DST} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$K_{DST} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$$

1 jan



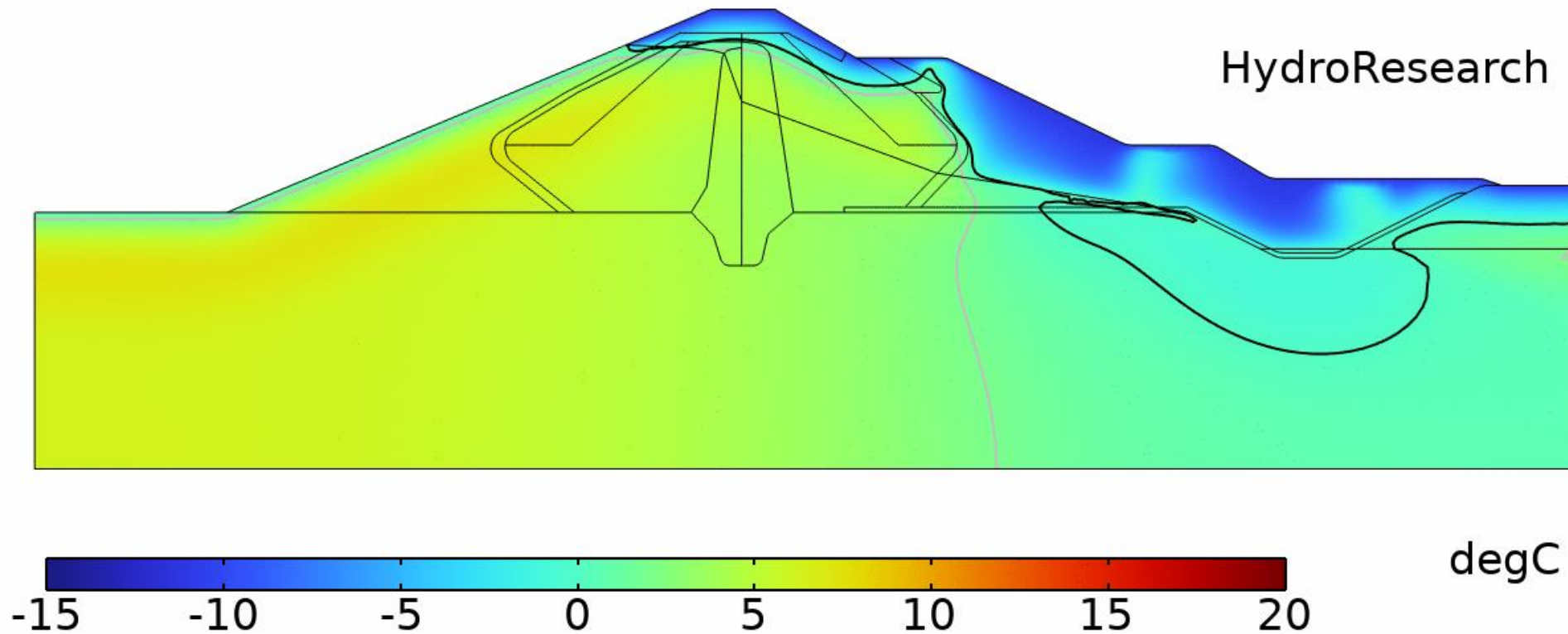
3 juli



degC

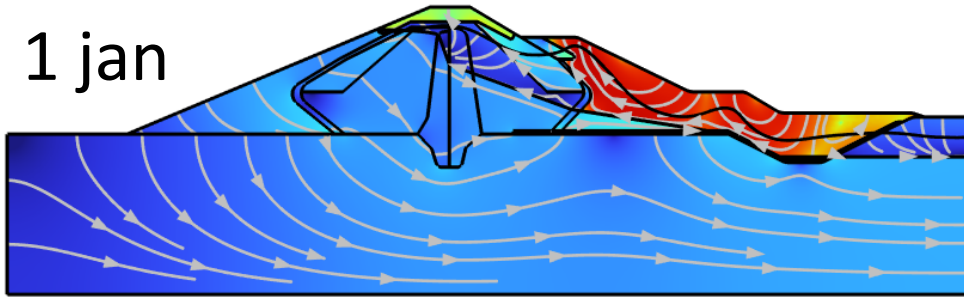
$$K_{DST} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$$

$\kappa_{DST} = 5E-7 \text{ m}^2$ ,  $t = 28835 \text{ d}$  (0 d from 1 Jan 00:00 year 79)

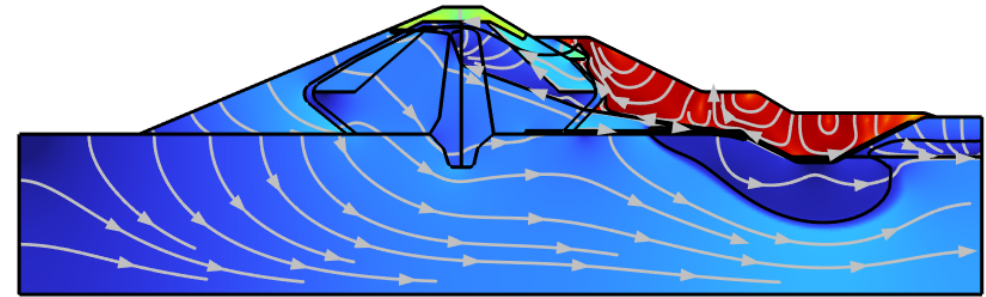


$$K_{DST} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$$

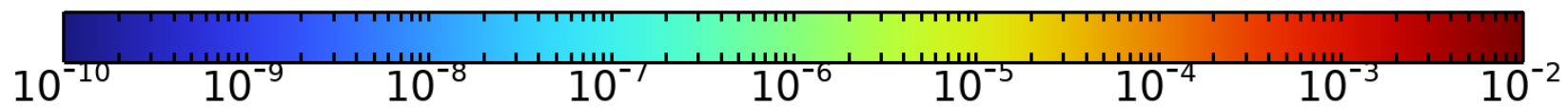
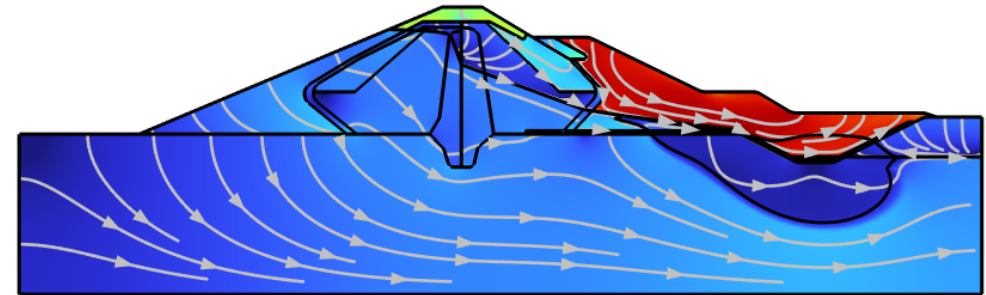
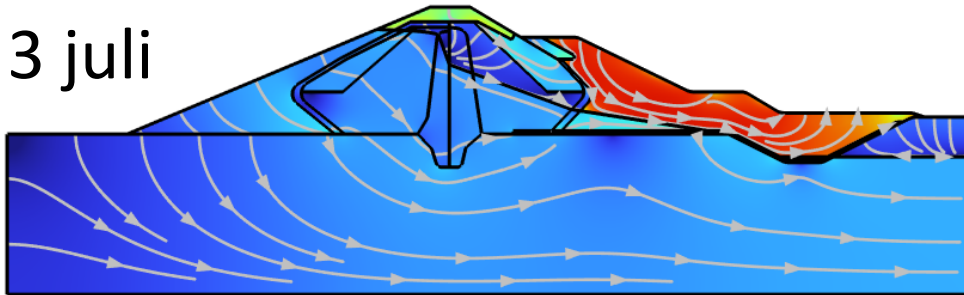
1 jan



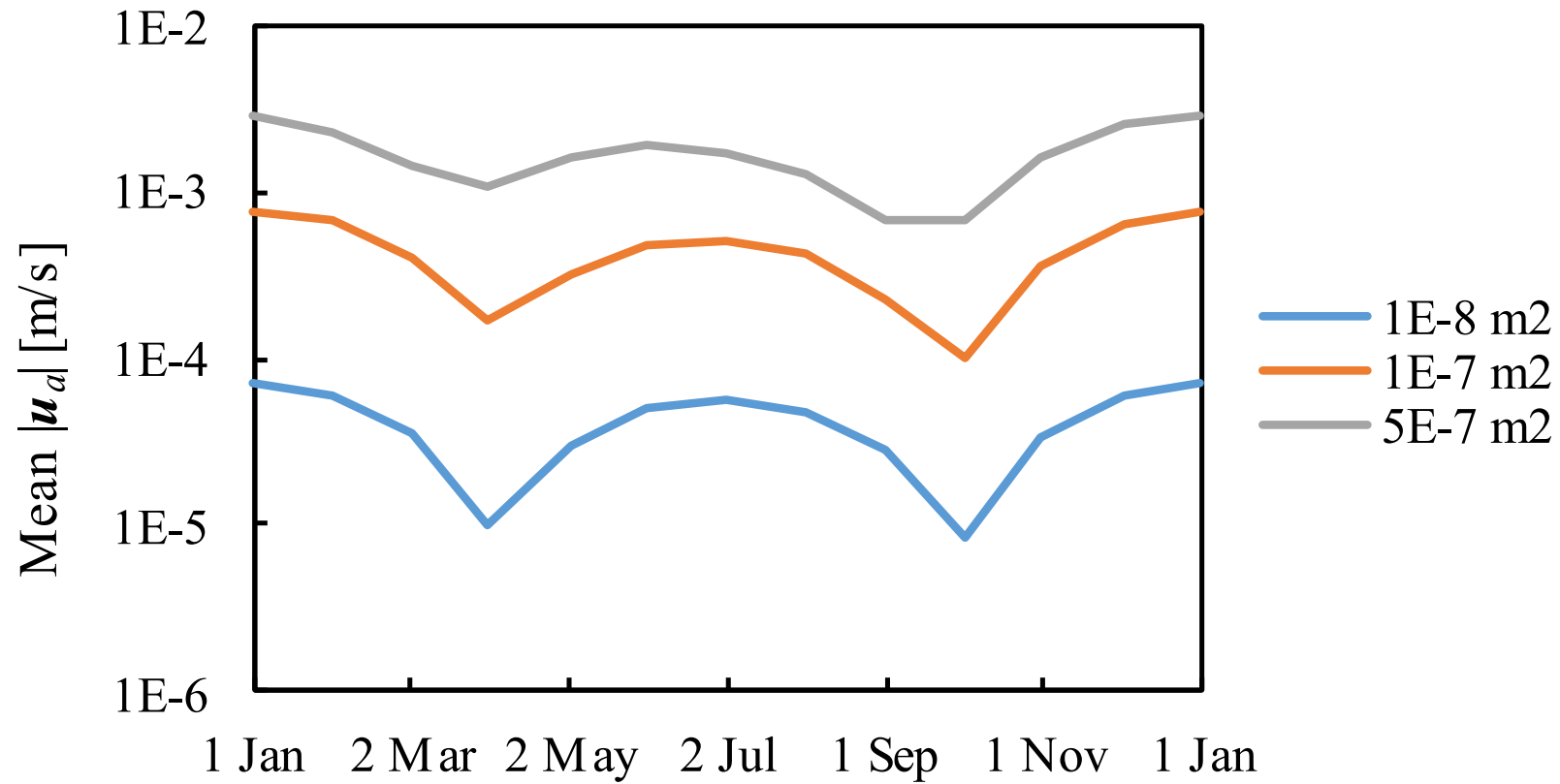
$$K_{DST} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$$



3 juli



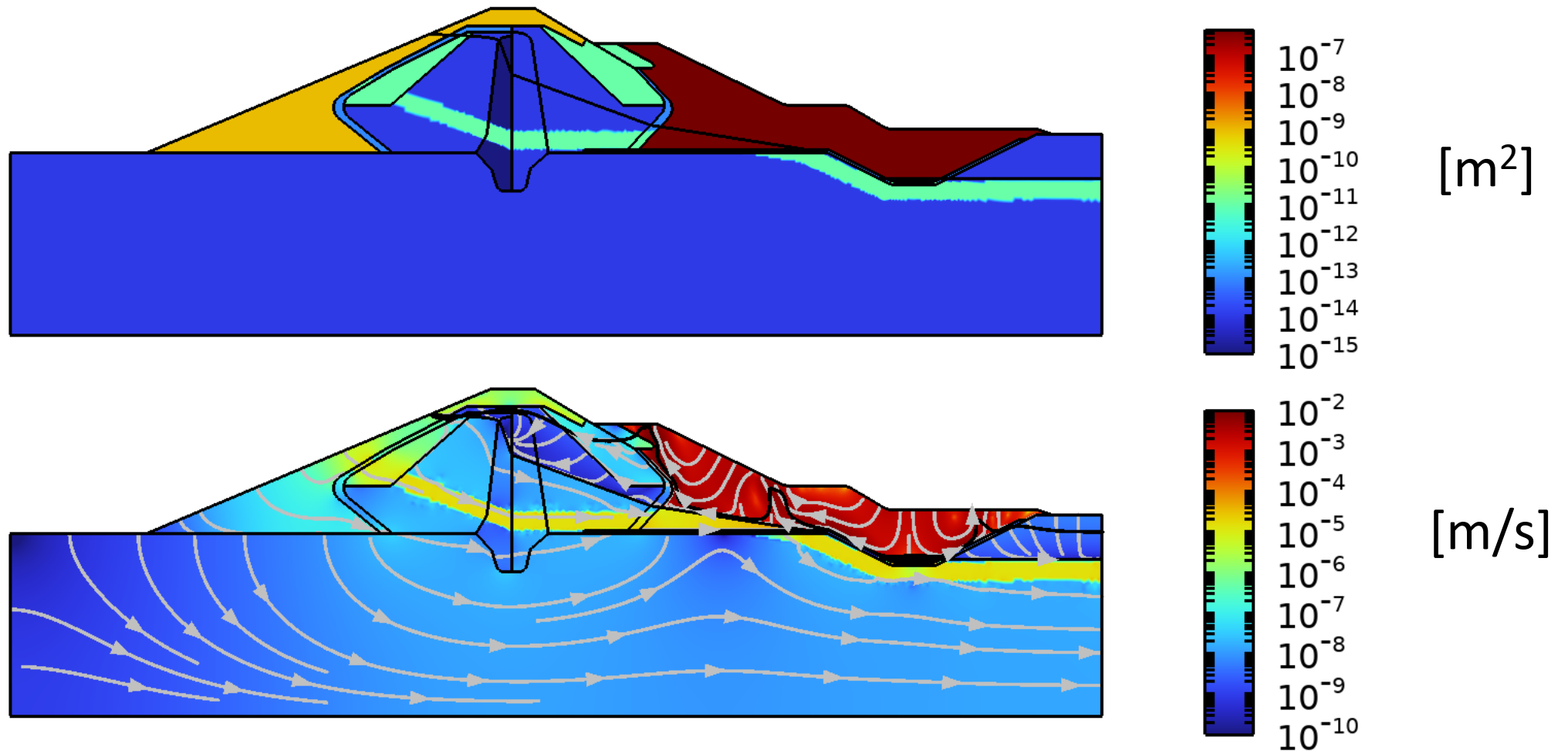
m/s

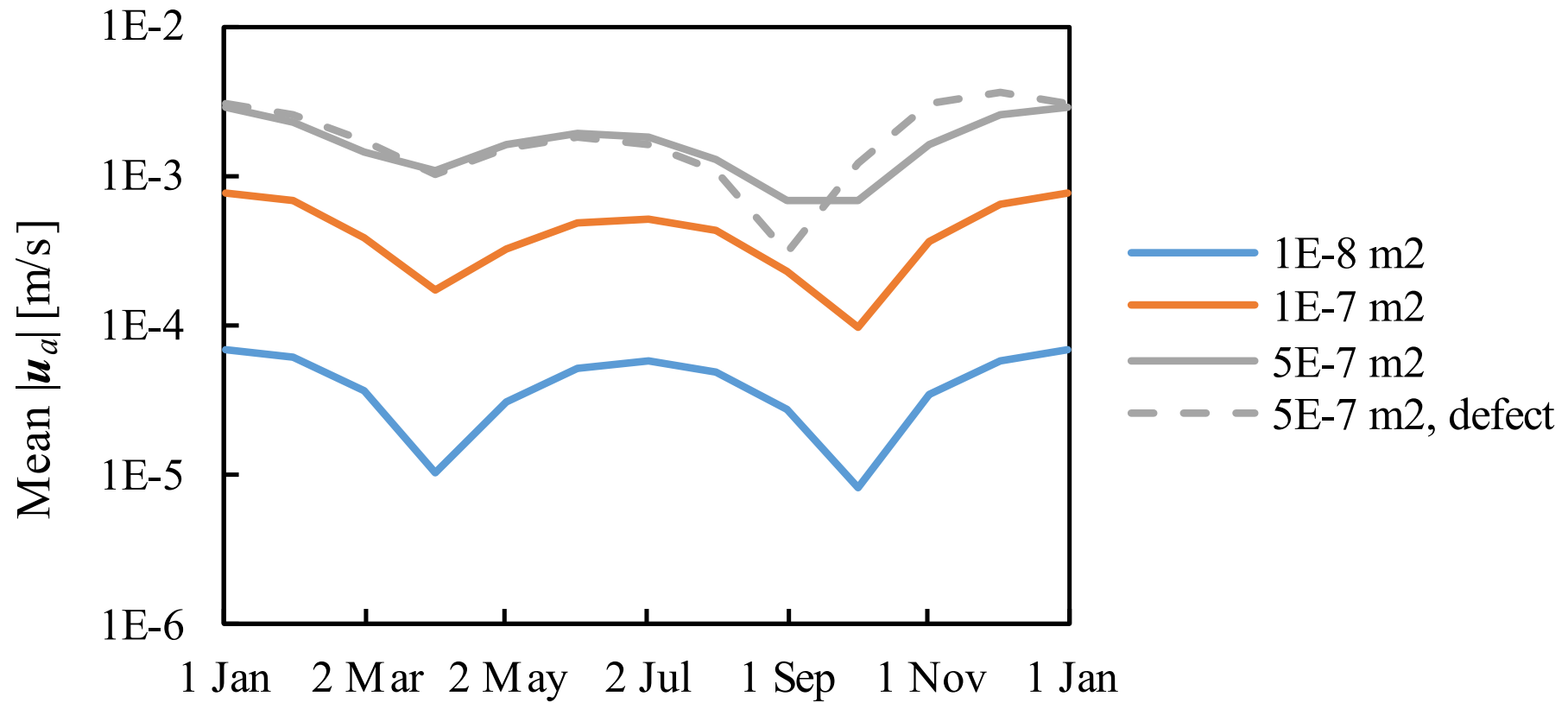




# Dam med permeabel kanal

- $K_{DST} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$ ,  $K_{channel} = 1 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$





- Naturlig konvektion i dammar med grov stenfyllning
- Tryckmätningar och islinser tyder på förekomst i svenska dammar
- Permafrost för  $\kappa_{DST} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$
- Högsta medelhastighet under vintern
- Ändring av permafrost kan indikera läckage

- Indikation på ökning av permafrost över tid – dammsäkerhetsproblem?
- Brantare släntlutning
- Luftutflöde som indikation på avvikande vattenströmning
- Uppmätta temperaturprofiler i fyllning
- Påverkan från viskositetsändring



Frågor och kommentarer?