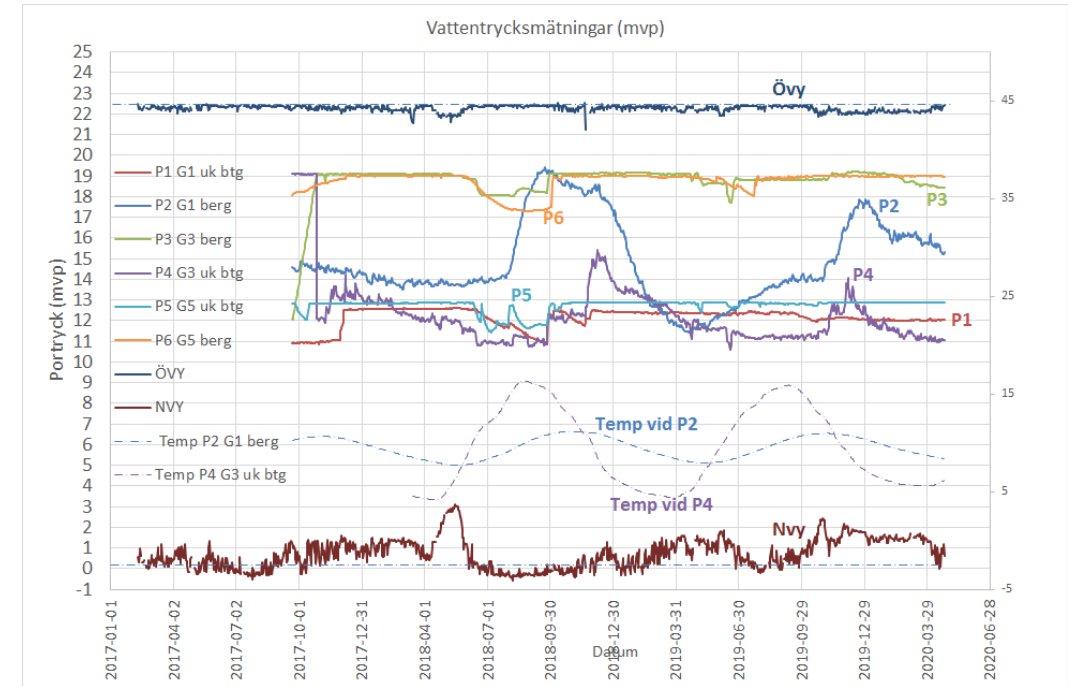
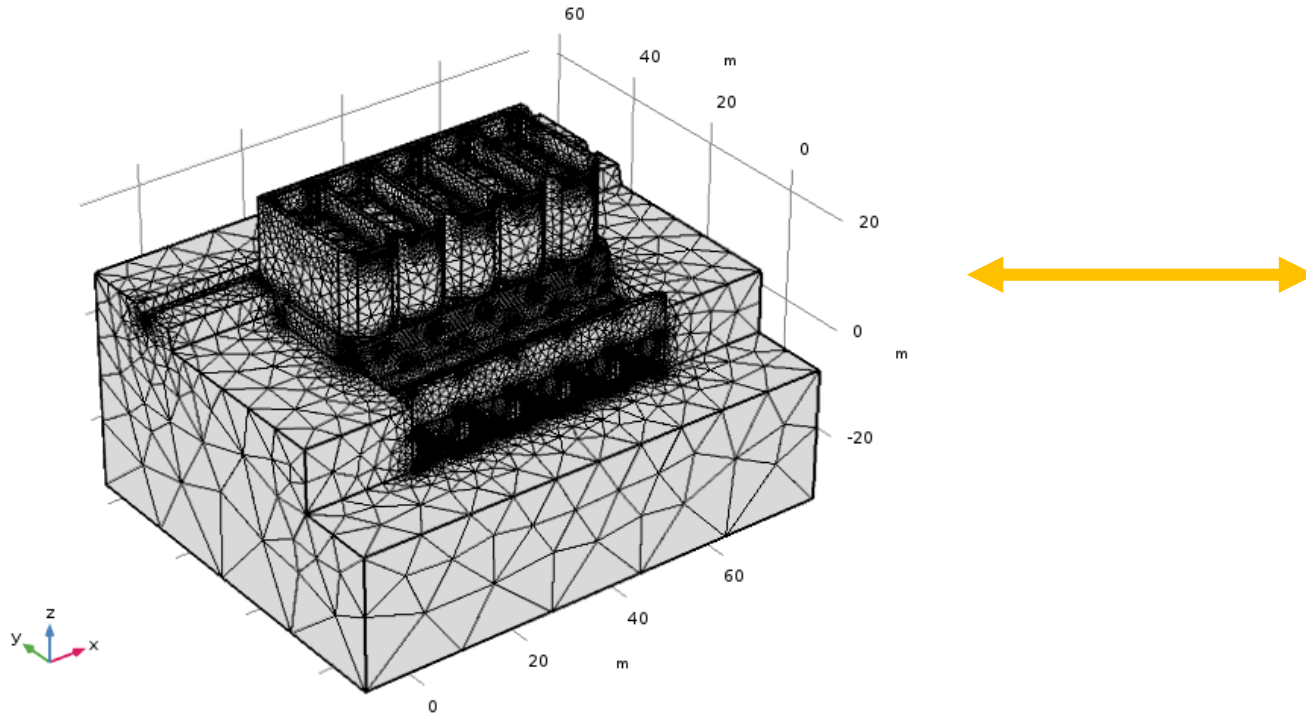


Mätdatautvärdering och modeller – en kraftstation

Jämförelse modell och mätningar

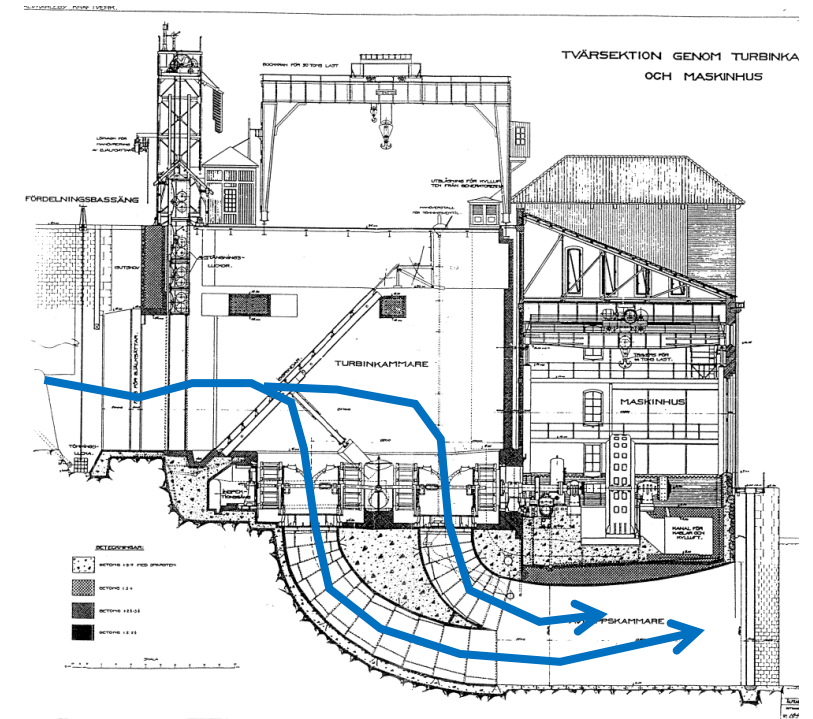


Tomas Ekström

AFRY, Malmö, Sweden

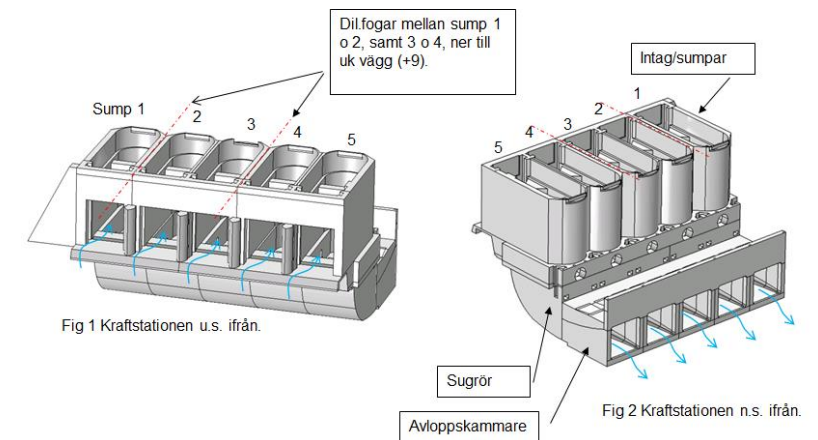
Bakgrund

- Kraftstation byggd tidigt 1910-tal
- Betongen är urlakad i relativt stor omfattning och grad
- Totalstabiliteten är något tveksam
- Sprickor finns i oarmerade utloppsväggar



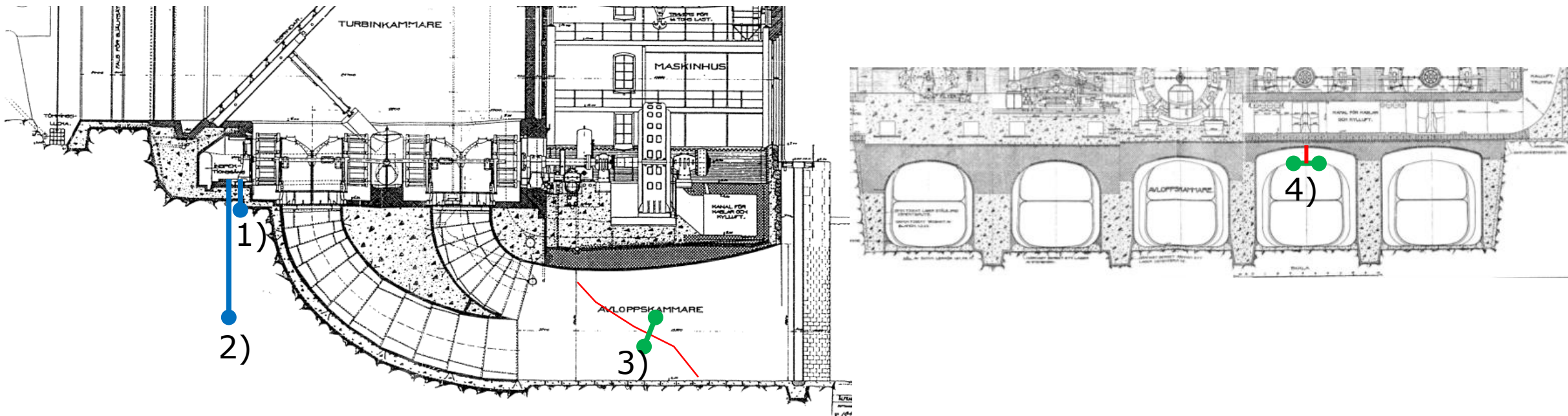
Syfte

- Utvärdera mätdata avseende trender
- Utvärdera mätdata jämfört med beräkningsmodeller
- Kunna uppskatta stabilitet och bärförmåga med modellerna

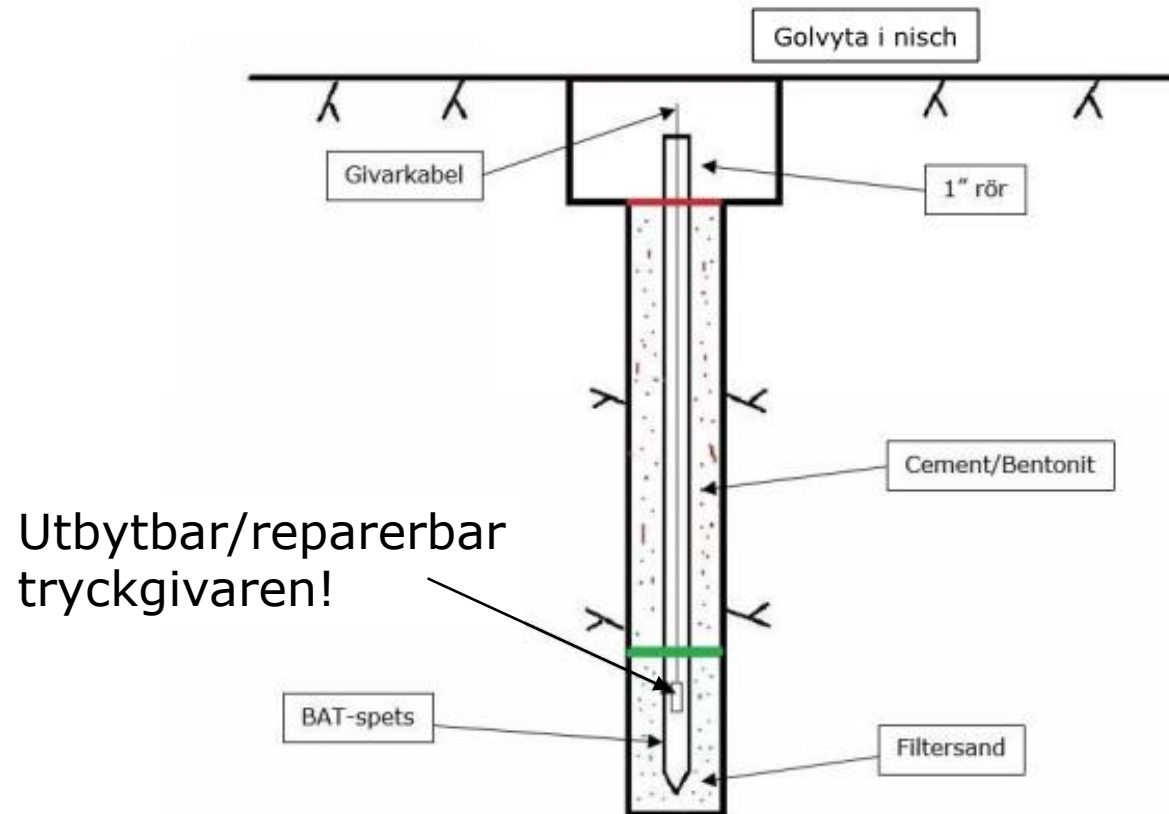


Mätsystemet sedan 2017

- Portrycksgivare under intaget mellan betong och berg 1), samt ytterligare 9 m ner i berget 2).
- Även temperaturen mäts vid portrycksgivarna.
- Sprickgivare över sprickor i utloppsväggarna 3) och fog/spricka i taken 4).
- Även temperaturen mäts i vatten och i betong vid sprickgivarna.

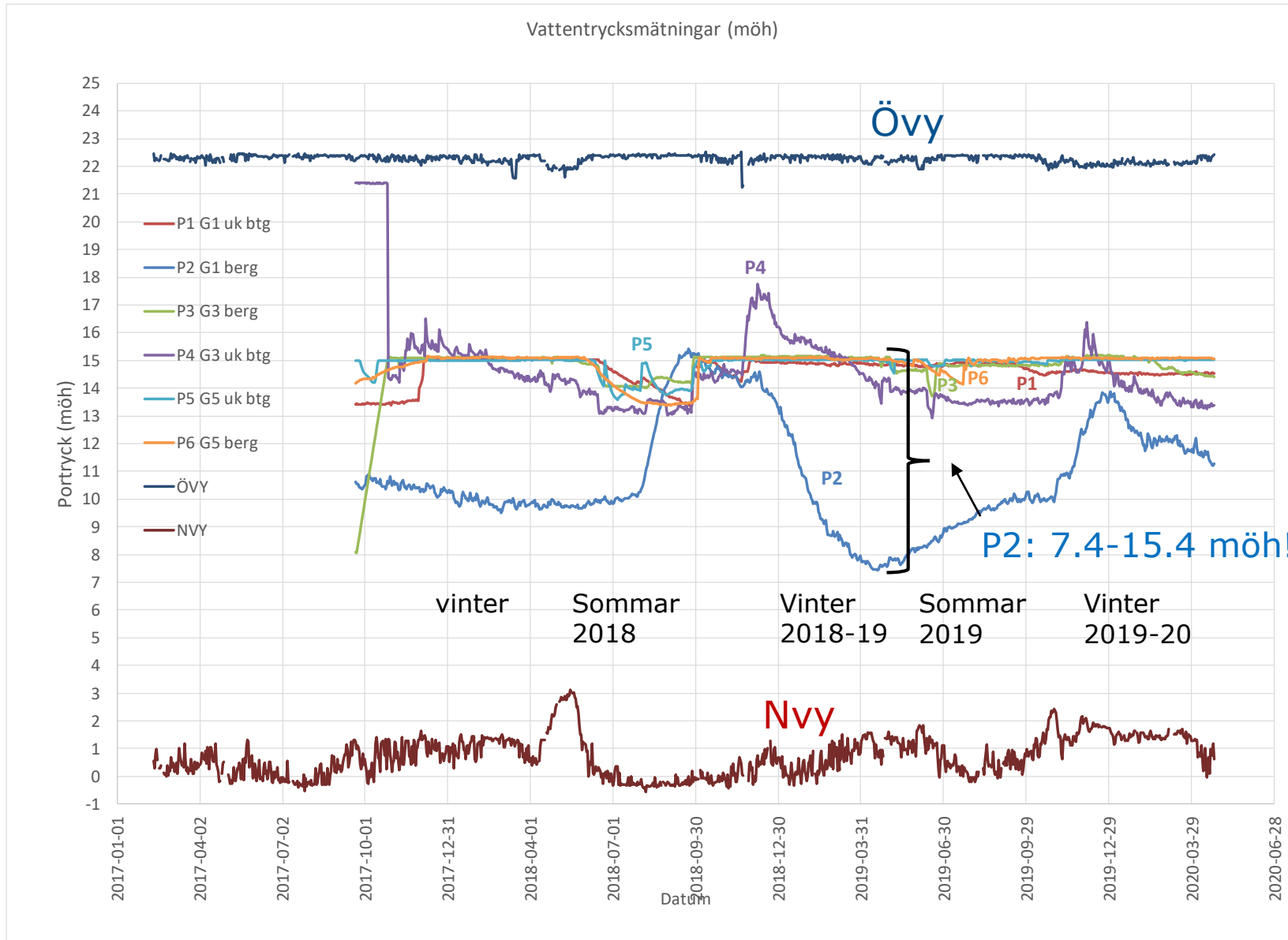


Portrycksgivare

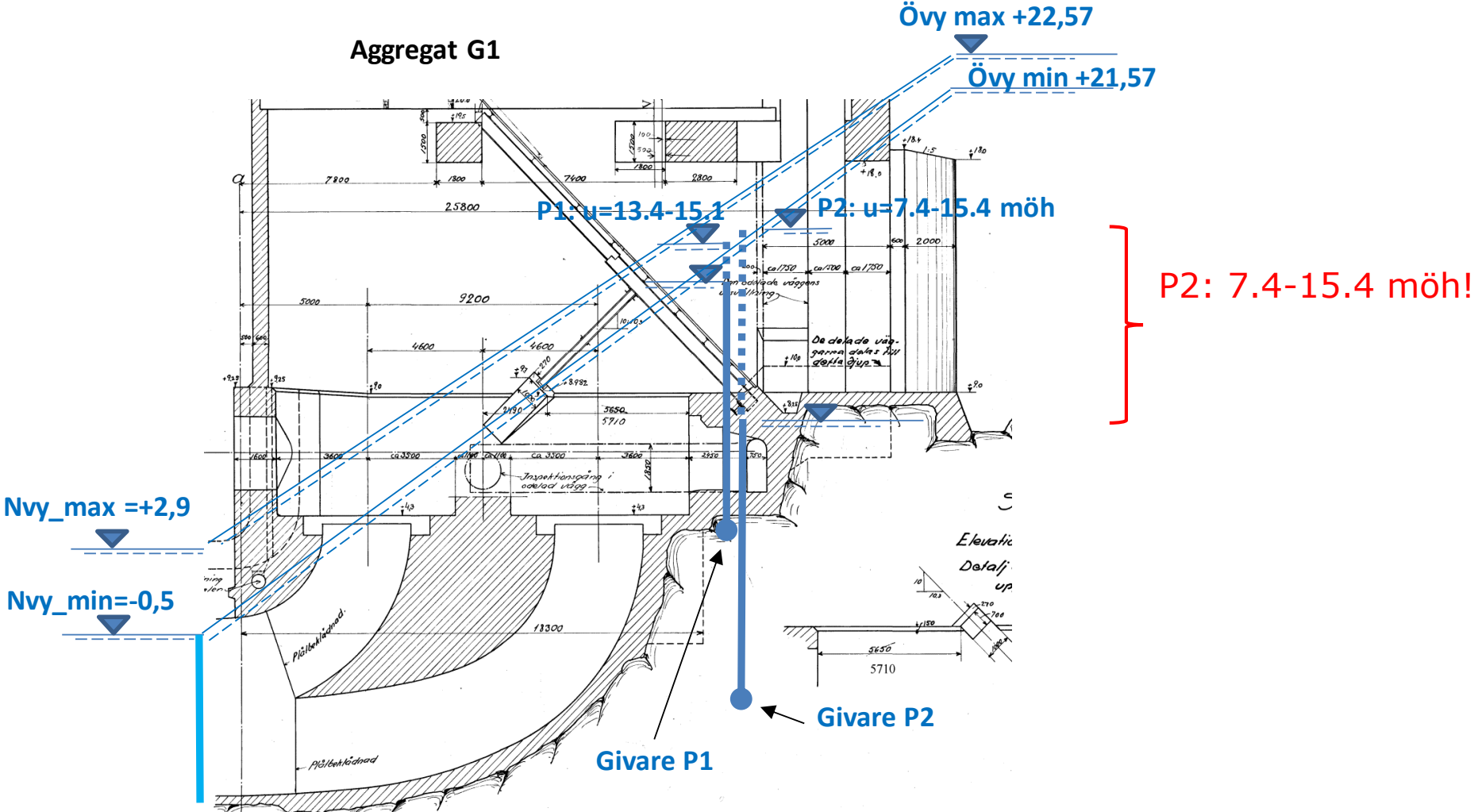


Princip för installation av portrycksgivare i borrhålen (Östberg, 2016).

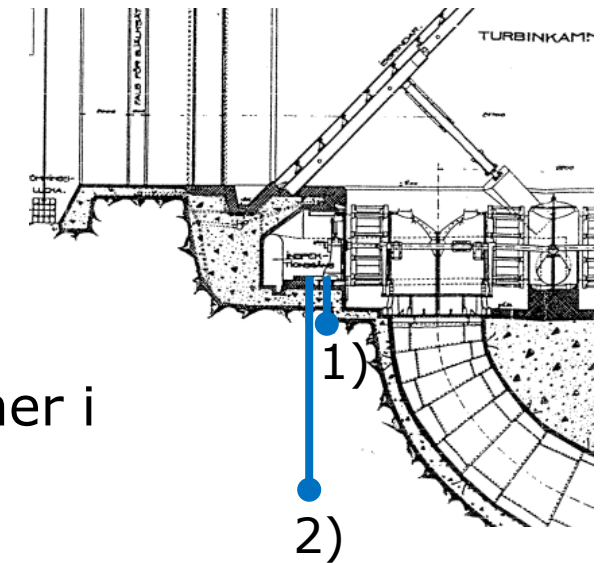
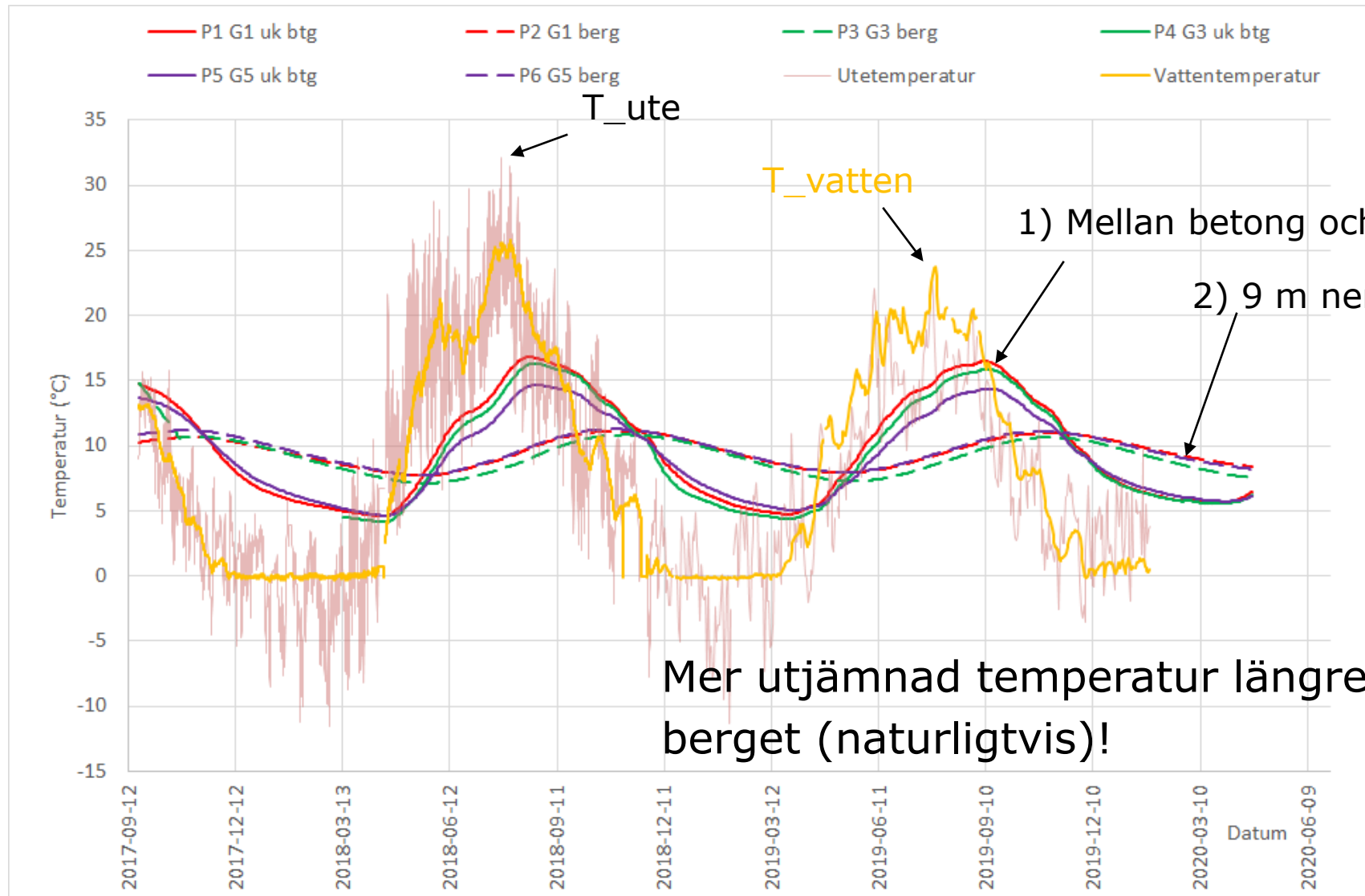
Uppmätt porvattentryck under intaget



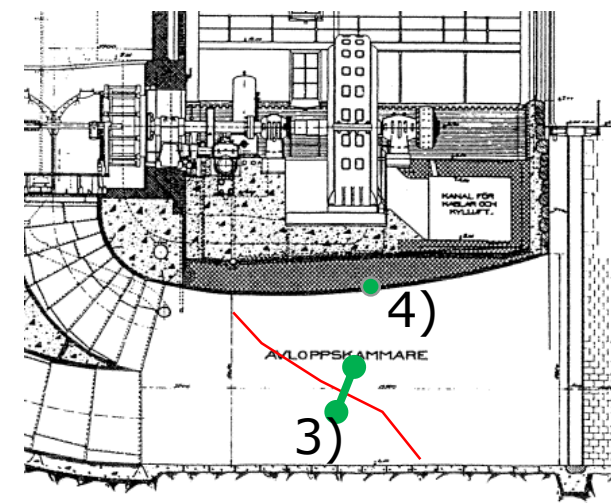
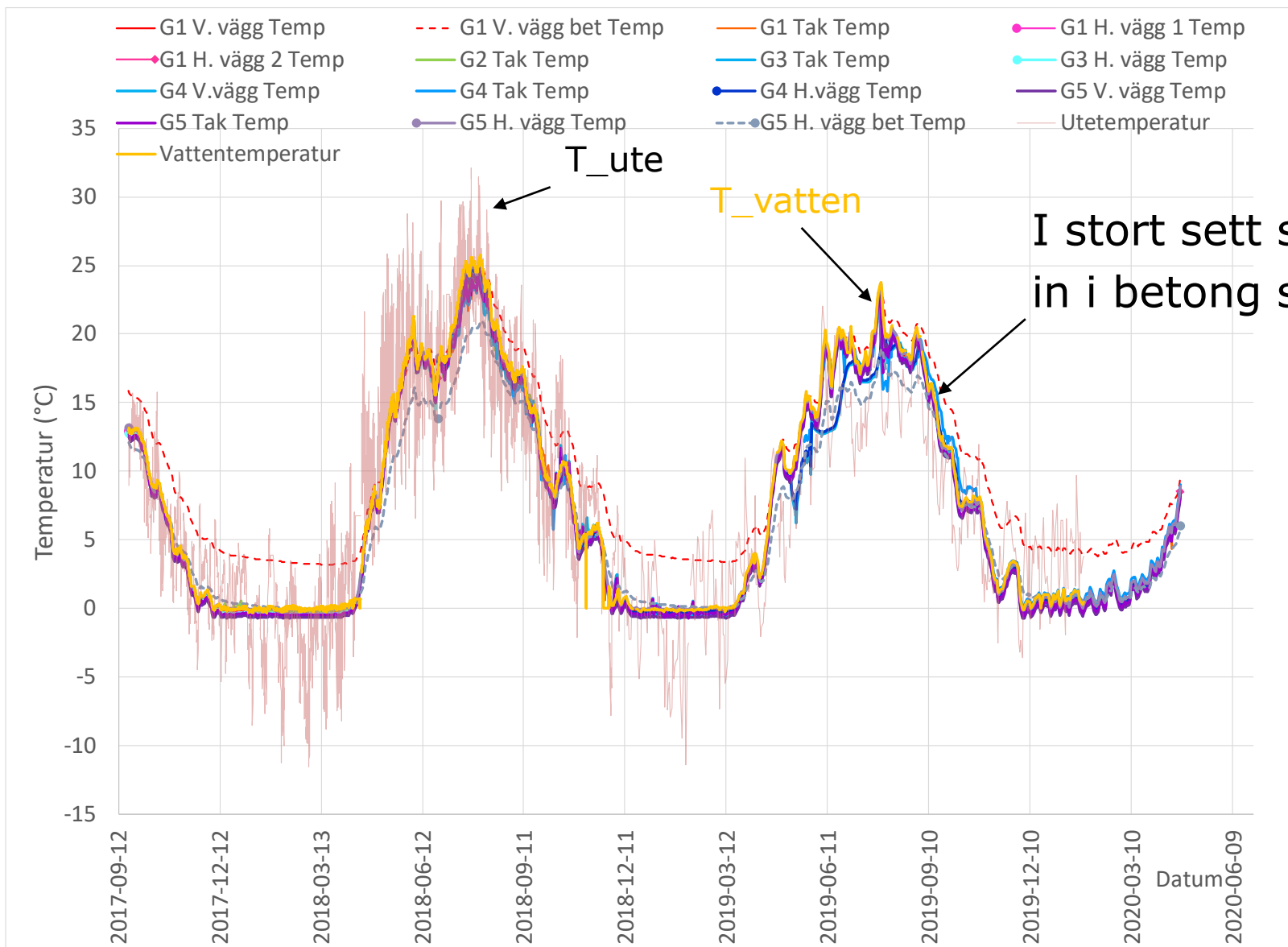
Uppmätt porvattentryck under intaget – Ex. vid G1



Uppmätt temperatur under intaget

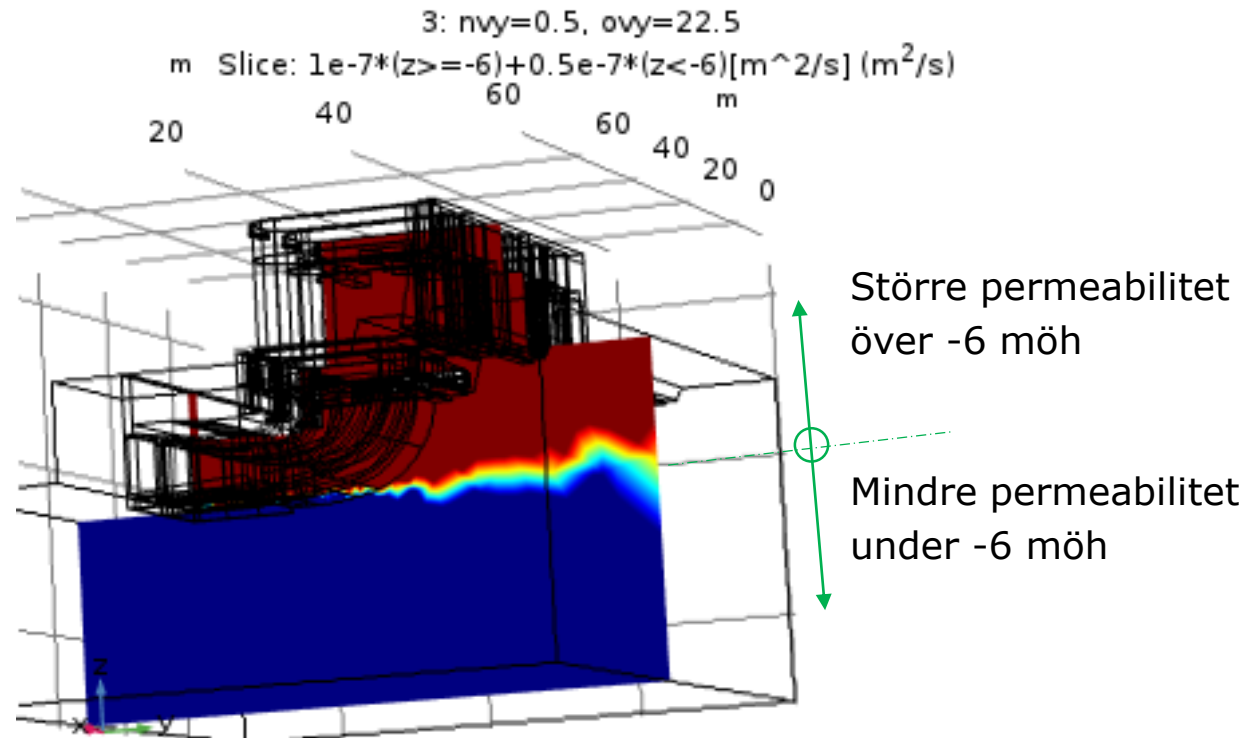
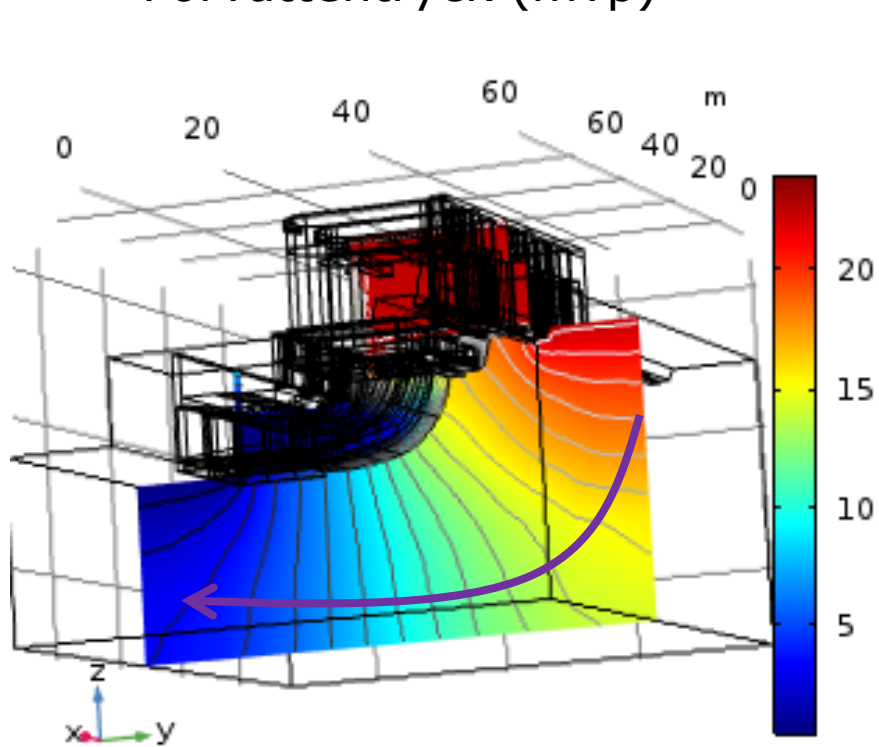


Uppmätt temperatur i utloppsdel



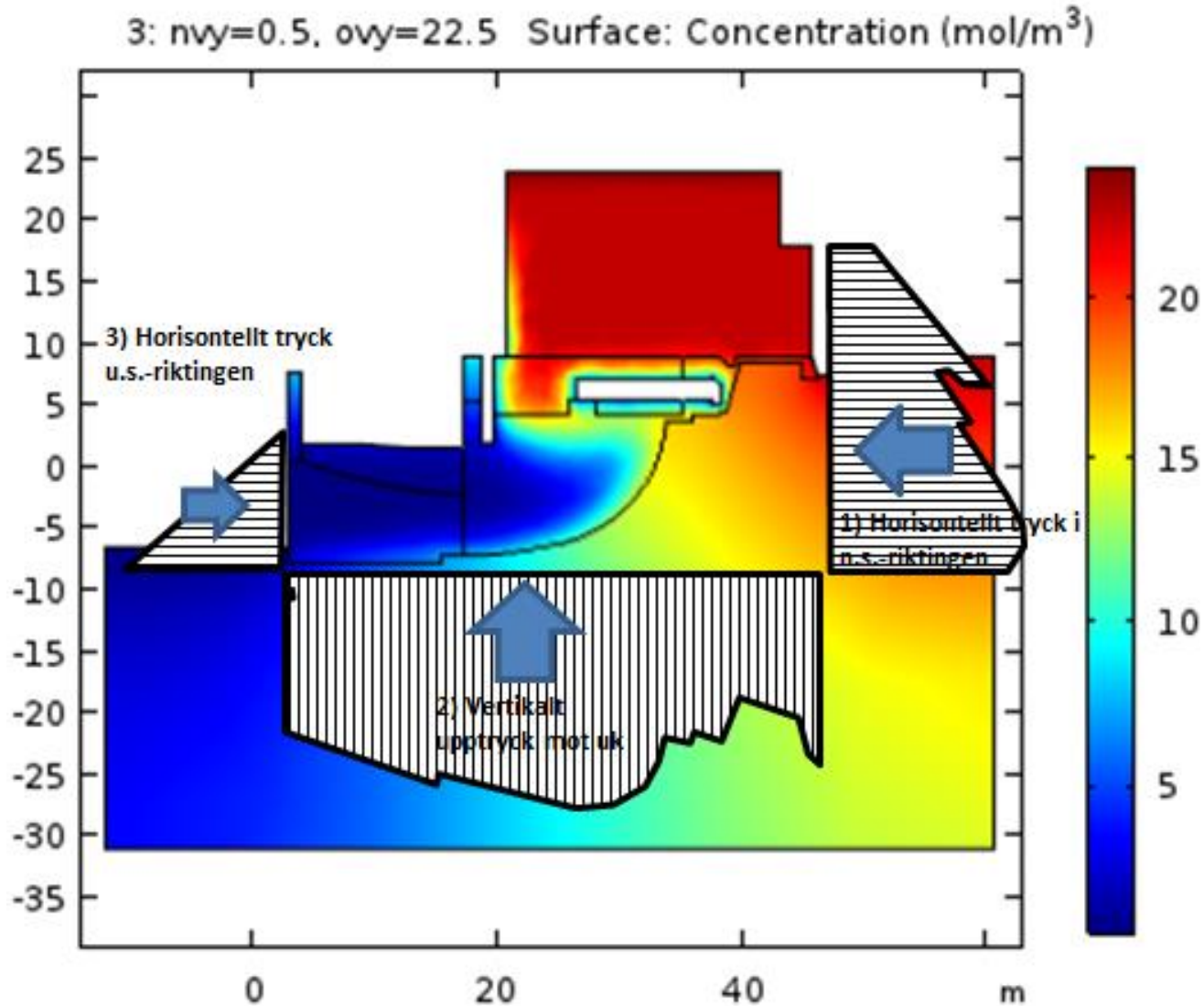
Beräknat porvattentryck

Porvattentryck (mvp)



- Relativt bra överensstämmelse mellan modell och uppmätta portryck.
- Bäst om större permeabilitet (mer sprickor) i den övre bergdelen antogs!

Beräknat porvattentryck

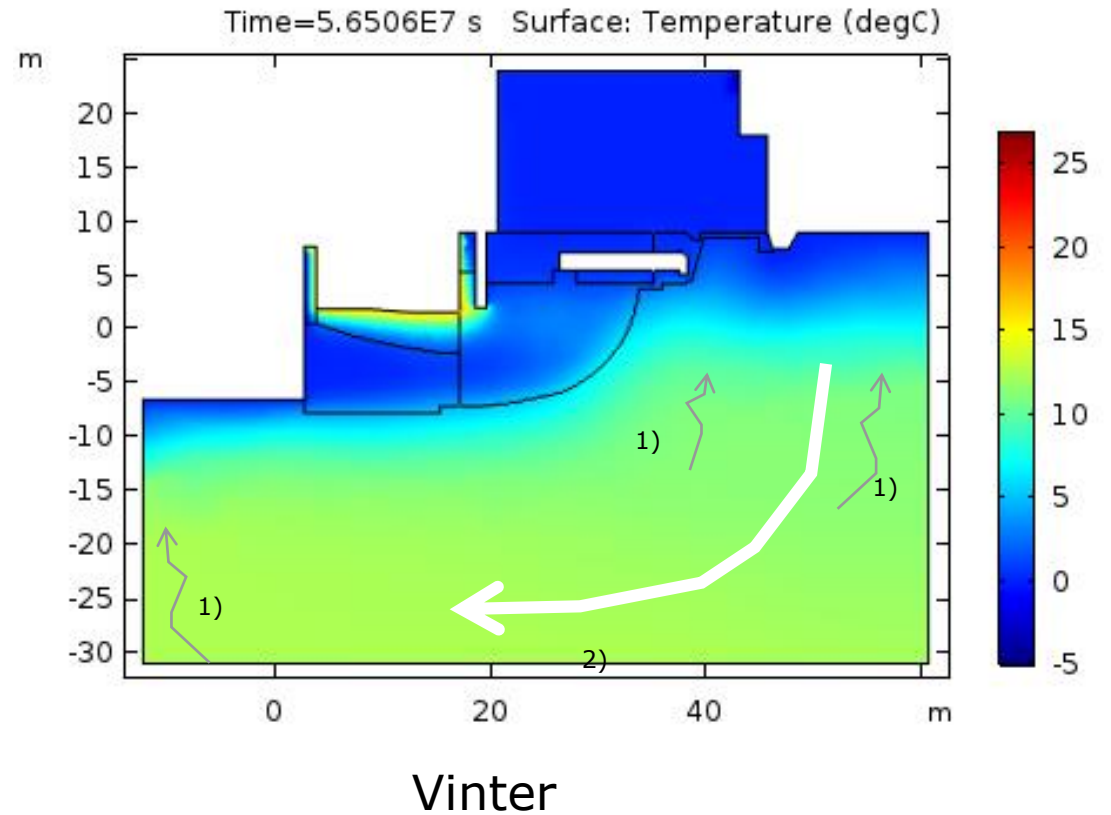
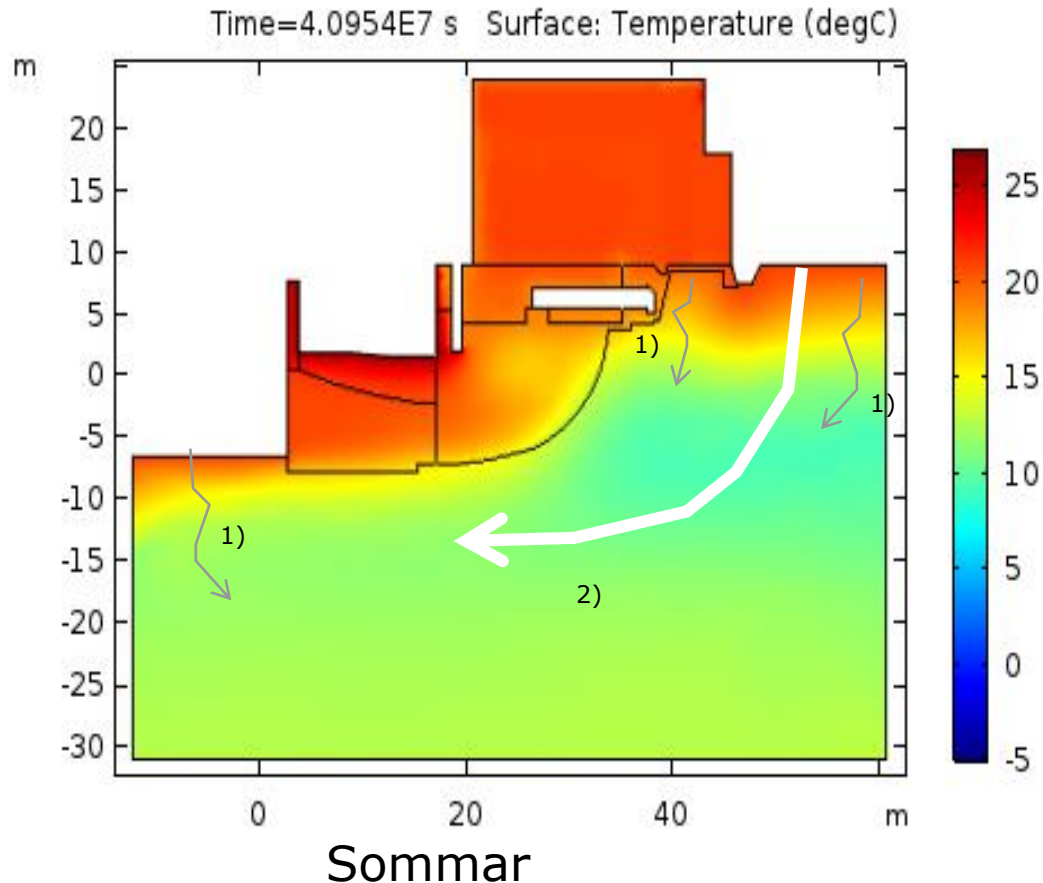


Horisontella och vertikala vattentryck från portrycksmodellen.

Beräknade porvattentryck sattes "automatiskt" in i den mekaniska modellen och stabiliteten beräknades.

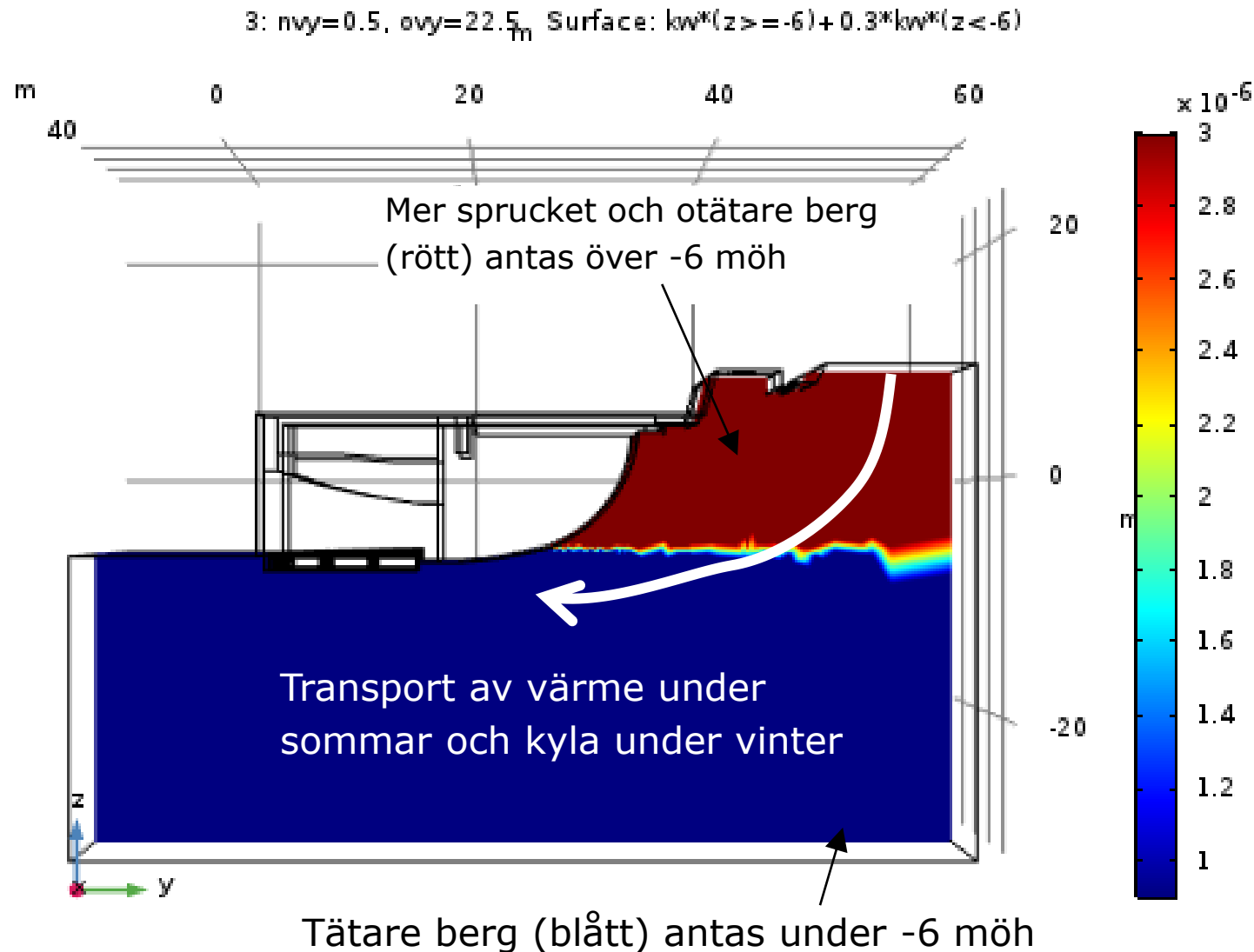
Om giltig portrycksmodell så kan även andra hypotetiska lastfall, eller ombyggd konstruktion, kontrolleras!

Beräknade temperaturer



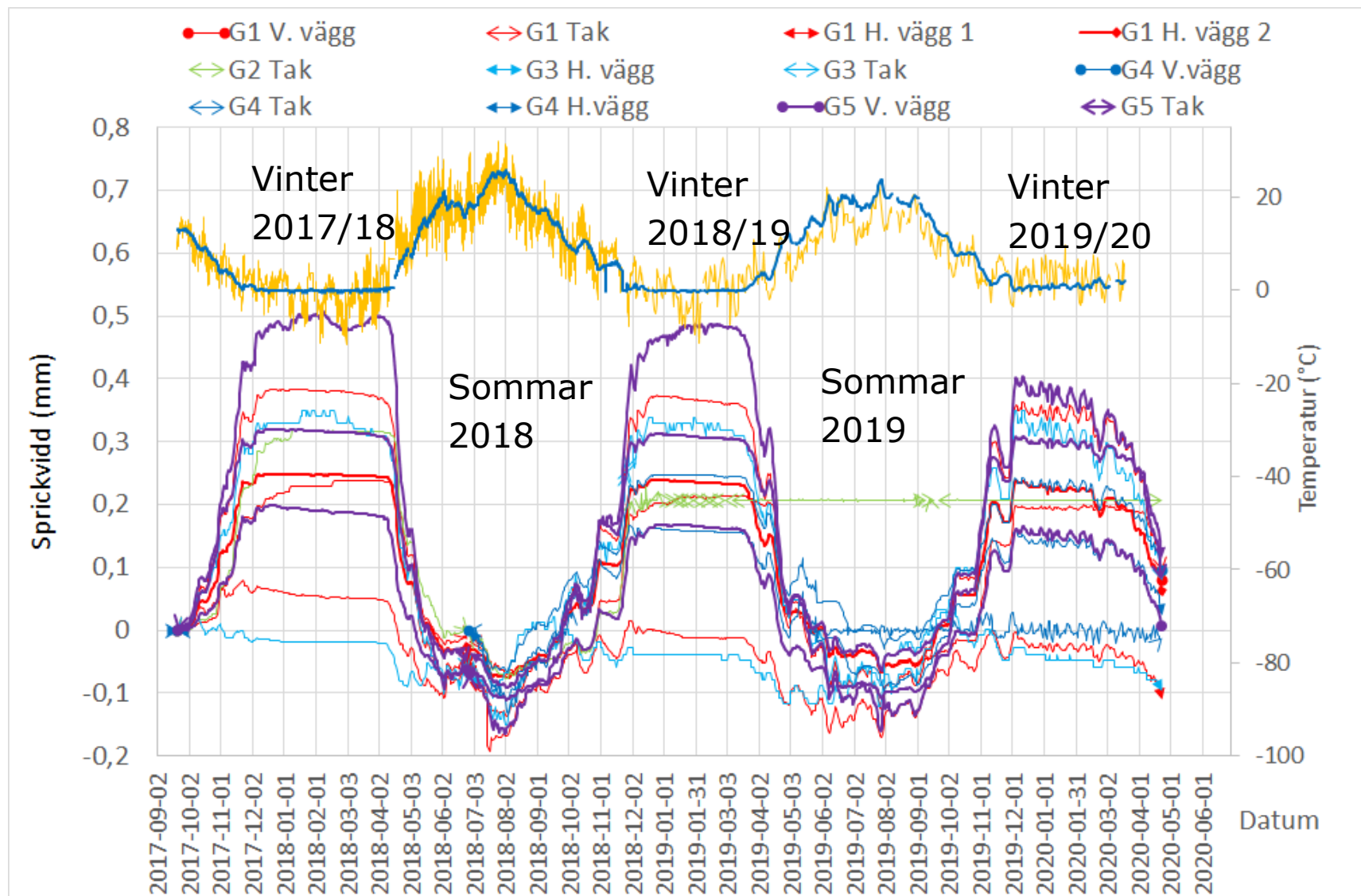
Inte bara konduktiv värmetransport 1) konduktivt $-\nabla \cdot (k \nabla T)$,
utan också 2) konvektiv $\rho C_p u \cdot \nabla T$.

Beräknade temperaturer



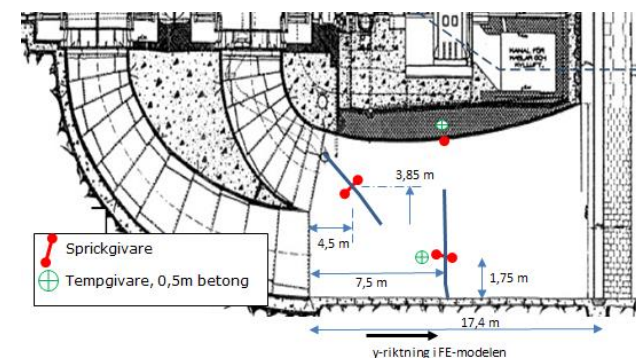
Bäst överensstämmelse vid högre permeabilitet (mer sprickor) i den övre bergdelen!

Uppmätt sprickviddsförändring i betong i utloppet



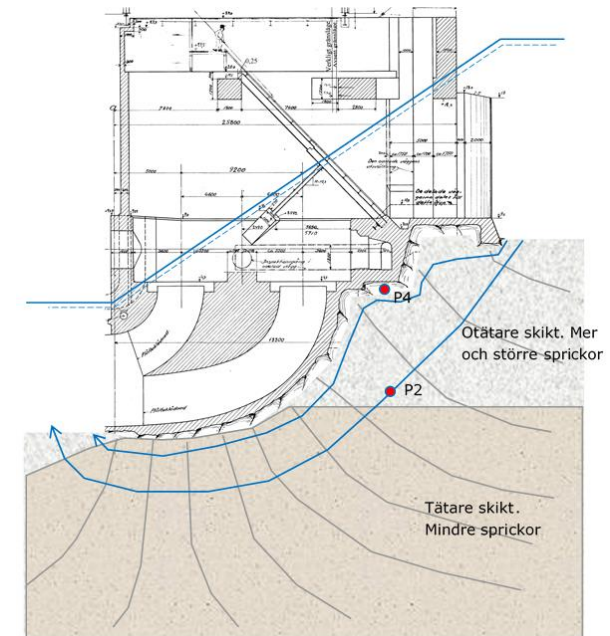
De uppmätta sprickviddsvariationerna är betydligt större än de beräknade.

Endast en linjärelastisk betongmodell med töjningar!



Diskussion

- Uppmätt porvattentryck under intaget är högre än tidigare antaget.
- Bäst överensstämmelse mellan beräknat och uppmätt porvattentryck, samt samtidigt bäst överensstämmelse mellan beräknat och uppmätt temperatur under inspektionsgången erhöles när den övre delen av berget, över -6 möh, antogs mer permeabelt än berg under denna nivå, samt att vattenflödet genom berget var så stort att vattnet nämnvärt tog med sig värme/kyla under sommar/vinter.
- Antagen permeabilitet $2 \cdot 10^{-6}$ m/s i övre delen och $1 \cdot 10^{-6}$ m/s i undre.
- Värmekapacitet $C_p = 850$ J/kg/°C
- Värmekonduktivitet hos berget $k_T = 2-4$ W/m/°C



Slutsatser

- Mätningar av porvattentryck gav viktig information avseende pådrivande vattentryck för beräkning av stabilitet och/eller bärförmåga hos enskilda delar.
- Mätningar av temperatur under intaget gav i detta fall information om ett relativt stort konvektivt värm/kylflöde i berget under stationen och därmed ytterligare information om att permeabiliteten hos berget var stor. Troligen mer sprucket berg i den övre delen.
- Den uppskattade stora permeabiliteten hos berget under stationen kan vara en delförklaring till den stora urlakningen av betong i underdelen av stationen.
- Mätningar av temperatur gav input till beräkning av temperaturspänningar och sprickviddsrörelser i utloppsdelen .
- Uppmätta sprickviddsvariation var större än i beräkningen. Endast en linjärelastisk isotrop modell användes som inte fångade upp den verkliga "vekheten" i sprickorna.
- Uppmätt porvattentryck, temperatur och sprickvidder visade inte på några ökande trender under mättiden okt 2017-april 2020.

Förslag på fortsättning

- Fortsätta mäta porvattentryck, temperaturer och sprickviddsvariationer och utvärdera mätvärdena planenligt.
- Ev. kan det övervägas att sätta varning och larm på mätsystemet. Som varnar vid snabbt ökande porvattentryck eller sprickviddsförändringar.
- En mer nyanserad mekanisk beräkningsmodell kan lämpligen ställas upp som bättre inkluderar det spruckna beteendet hos avloppskammaren.

Tack för mig!