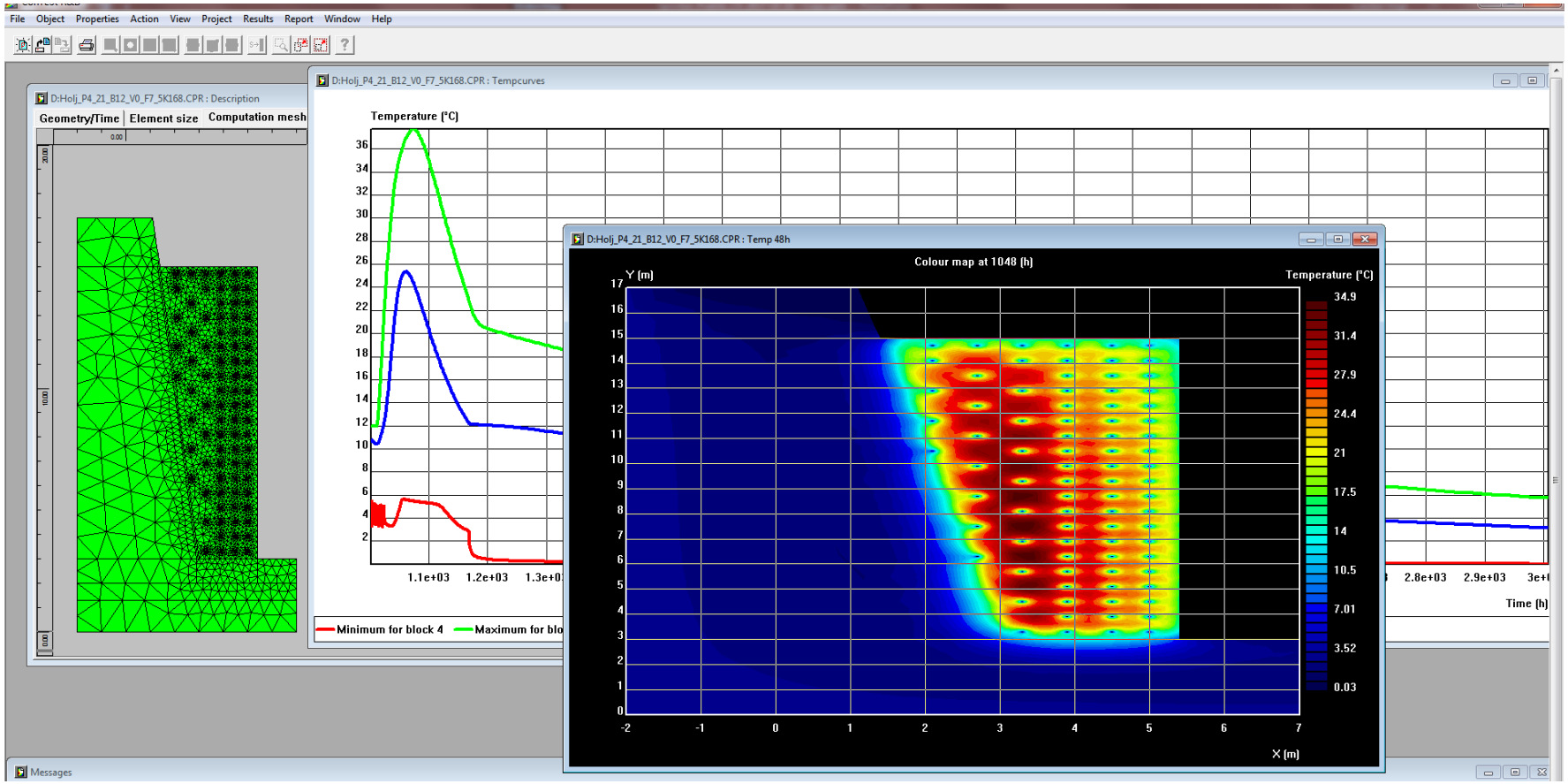
Lastoberoende sprickor i anläggningar

Sprickbegränsning i praktiken – aktuella exempel

Carsten Vogt

Betong & Stålteknik

Temperatursprickriskbegränsning böjar med beräkningar



BETONG & STÅLTEKNIK

BOSTEK.SE

Metod 1, 2 eller 3?

Åtgärder för begränsning av temperatursprickor

Beräkningsmetod 1

Begränsning av ytsprickor

För en konstruktion med största tjocklek större än 0,8 m men högst 1,2 m ska följande krav uppfyllas:

- Gjuttemperaturen (T_{gjut}) ska vara lägst 10 °C och högst 25 °C
- Lufttemperaturen (T_{luft}) ska vara högst 20 °C.

Begränsning av genomgående sprickor

- Tjockleken får vara högst 0,8 m och gjutetappens längd får vara högst 20 m
- För en konstruktionshöjd upp till 7,0 m inklusive bottenplatta gäller att T_{luft} ska vara minst 15 °C samt T_{gjut} lägre än eller lika med 12°C
- Om höjden är större än 7,0 m ska T_{luft} vara minst 10 °C samt T_{gjut} lägre än eller lika med 15 °C
- Formrivning får utföras tidigast efter fyra dygn. Formen ska vara oisolerad.

Sprickbegränsning, metod 2-3

Metod 1 klarar: Mer än 50 % av ytsprickfallen, Något enstaka fall av genomgående sprickor

Metod 2 klarar: ca 70 % av ytsprickfallen, ca 5 á 10 % av genomgående sprickor

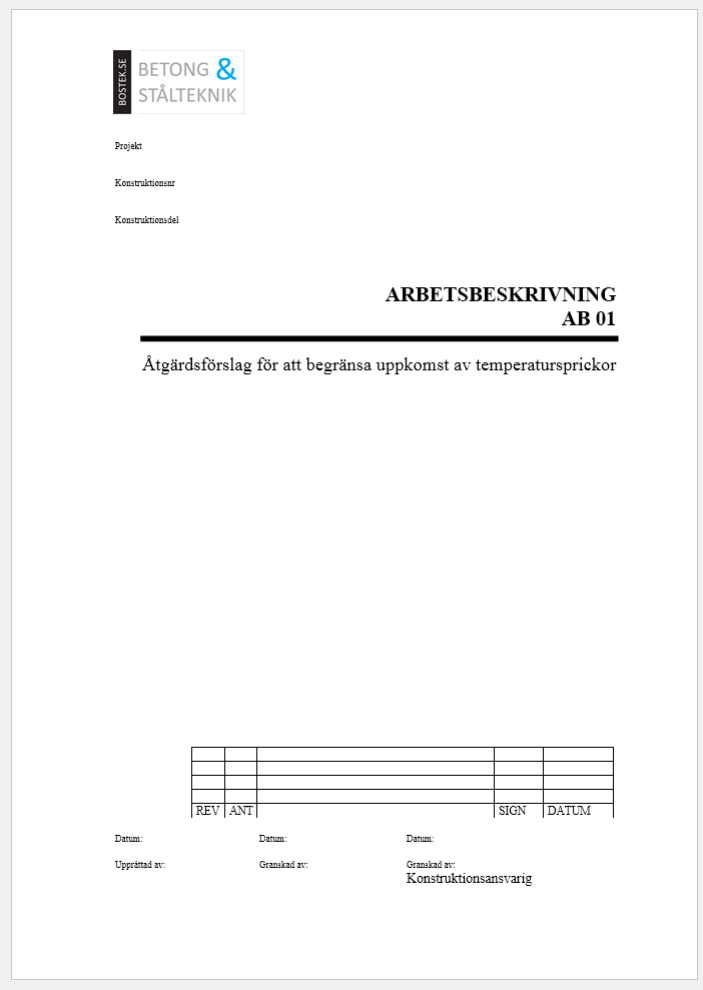
Metod 3 klarar: Resten

Beräkningarna blir föreskrift för bygget

Åtgärderna:

- Måste vara lätt att förstå
- Tänk på arbetstider
- Måste kunna planeras
- Kommunicera med de som utför jobbet

→ Chansen ökar att AB'n följs hela vägen



BOSTEK.SE BETONG & STÅLTEKNIK

Projekt

Konstruktionsnr

Konstruktionsdel

ARBETSBESKRIVNING
AB 01

Åtgärdsförslag för att begränsa uppkomst av temperatursprickor

REV	ANT		SIGN	DATUM

Datum: Datum: Datum:

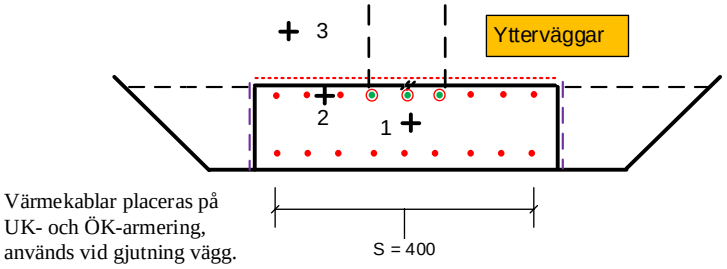
Upprättad av: Granskad av: Granskad av:
Konstruktionsansvarig

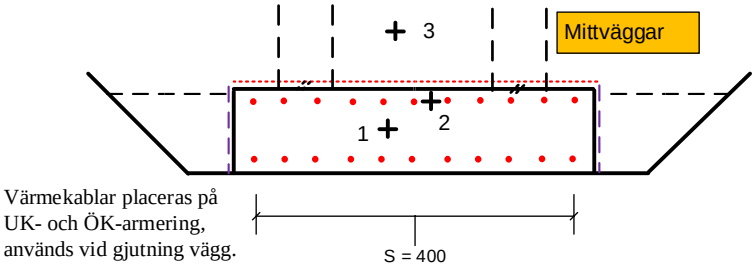
Formrivningstid som åtgärd

- Förlängd formrivningstid istället för aktiva åtgärder kan vara enkelt och billigt
- 50 gjutetapper x 6 dygn extra = 300 dygn
- Bäst för enkla konstruktioner och extrema temperaturer

Värmekablar – enkelt och billigt?

- Tunnel, 400 m lång + 600 m stödmur
  - Värmekablar som primär åtgärd
  - Förvärmningstid i medel 5 dygn
  - Över 85 000 m värmekabel
  - 408 000 kWh

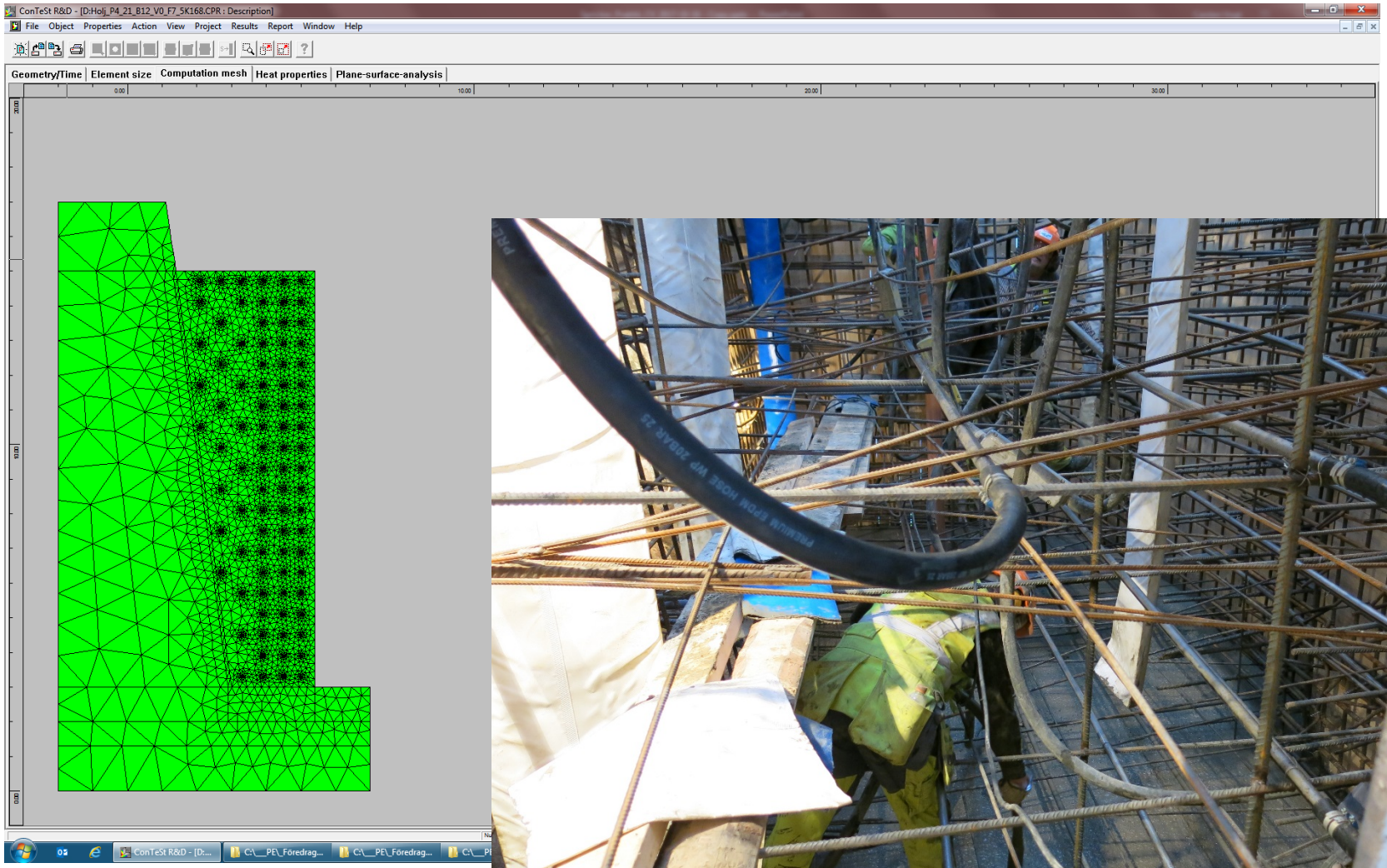




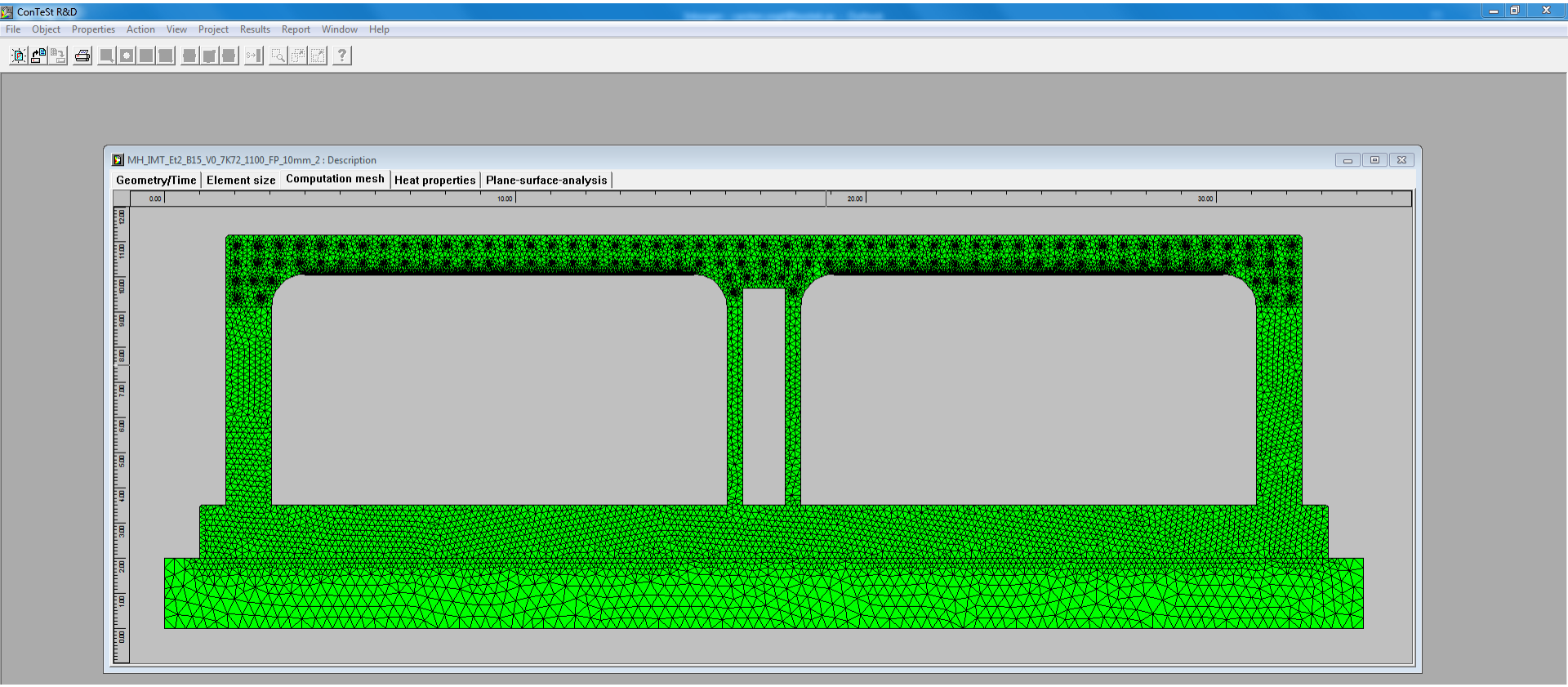
Alla kablar hela efter gjutning?

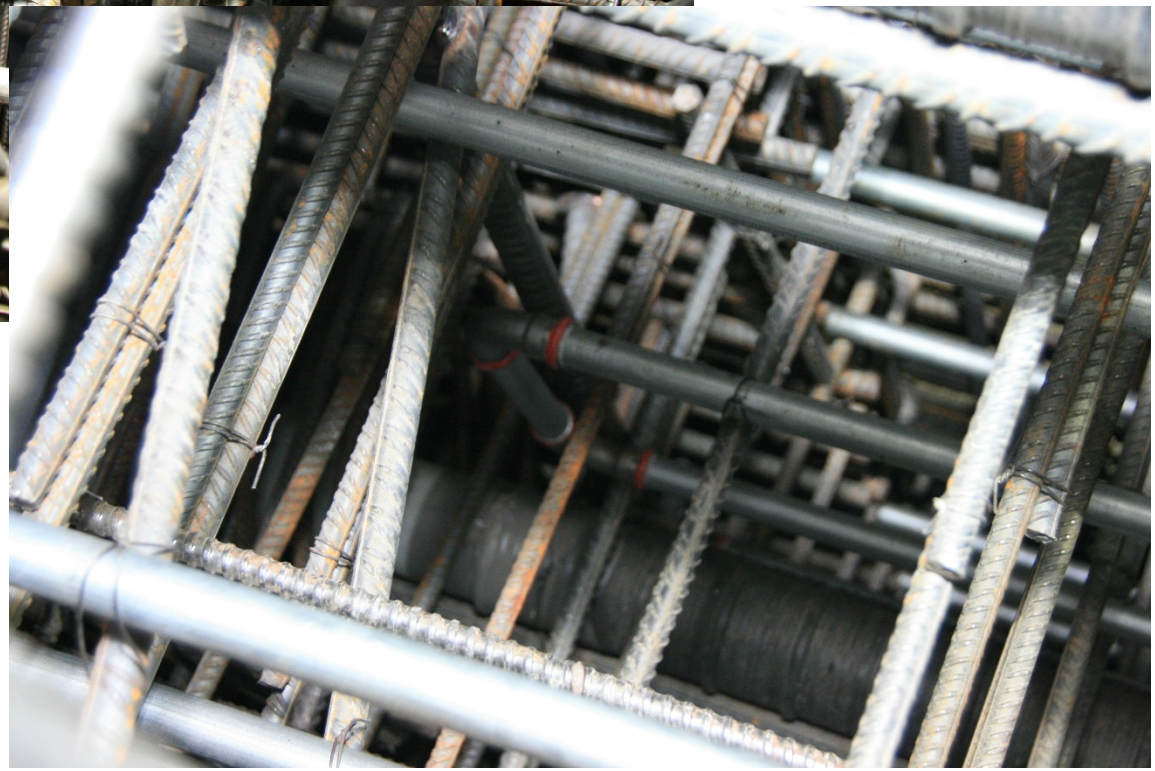
Isolering: Lätt att applicera och aldrig i vägen

Kylning av en dammpelare

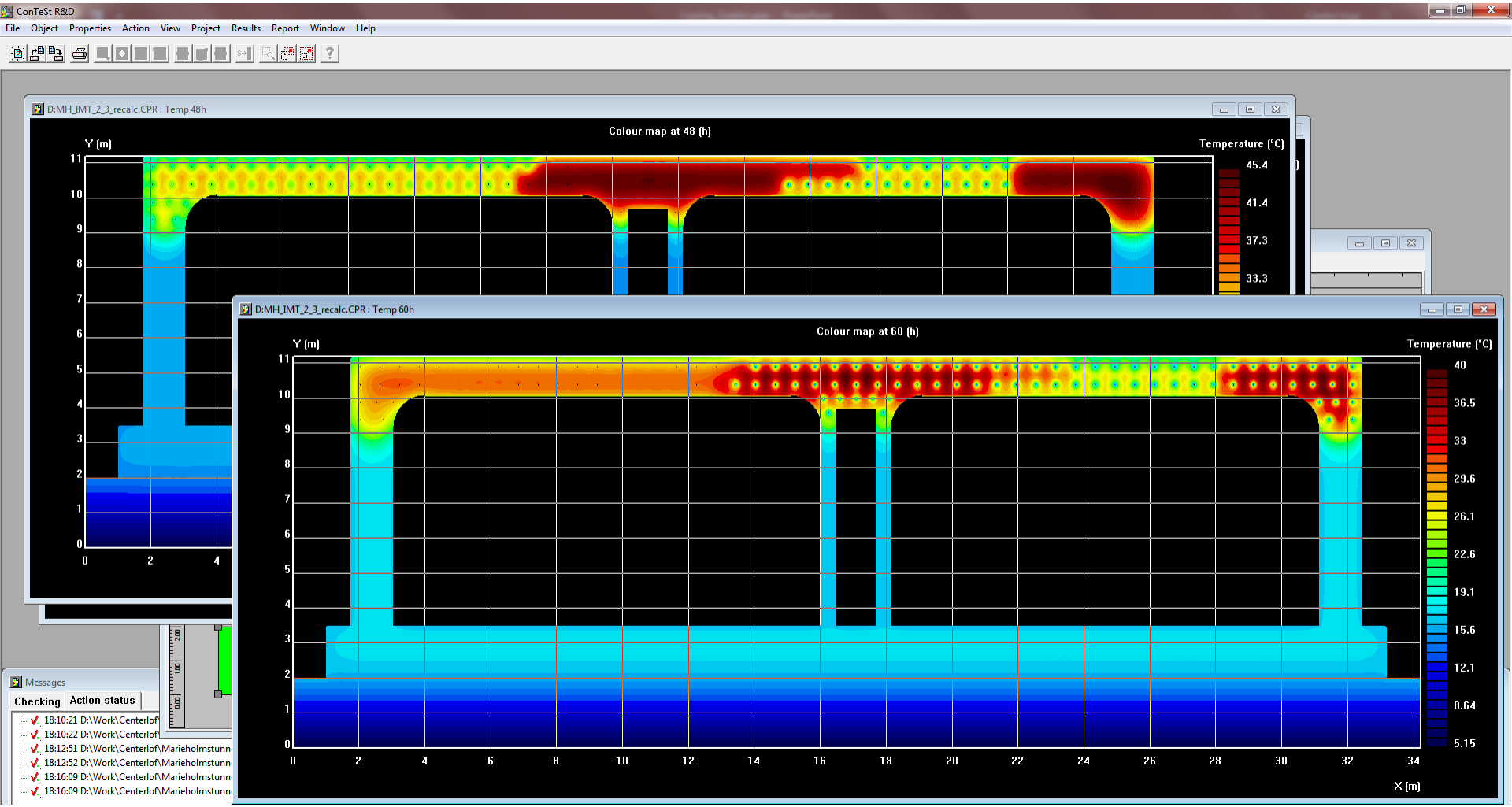


Kylning av tunneltak

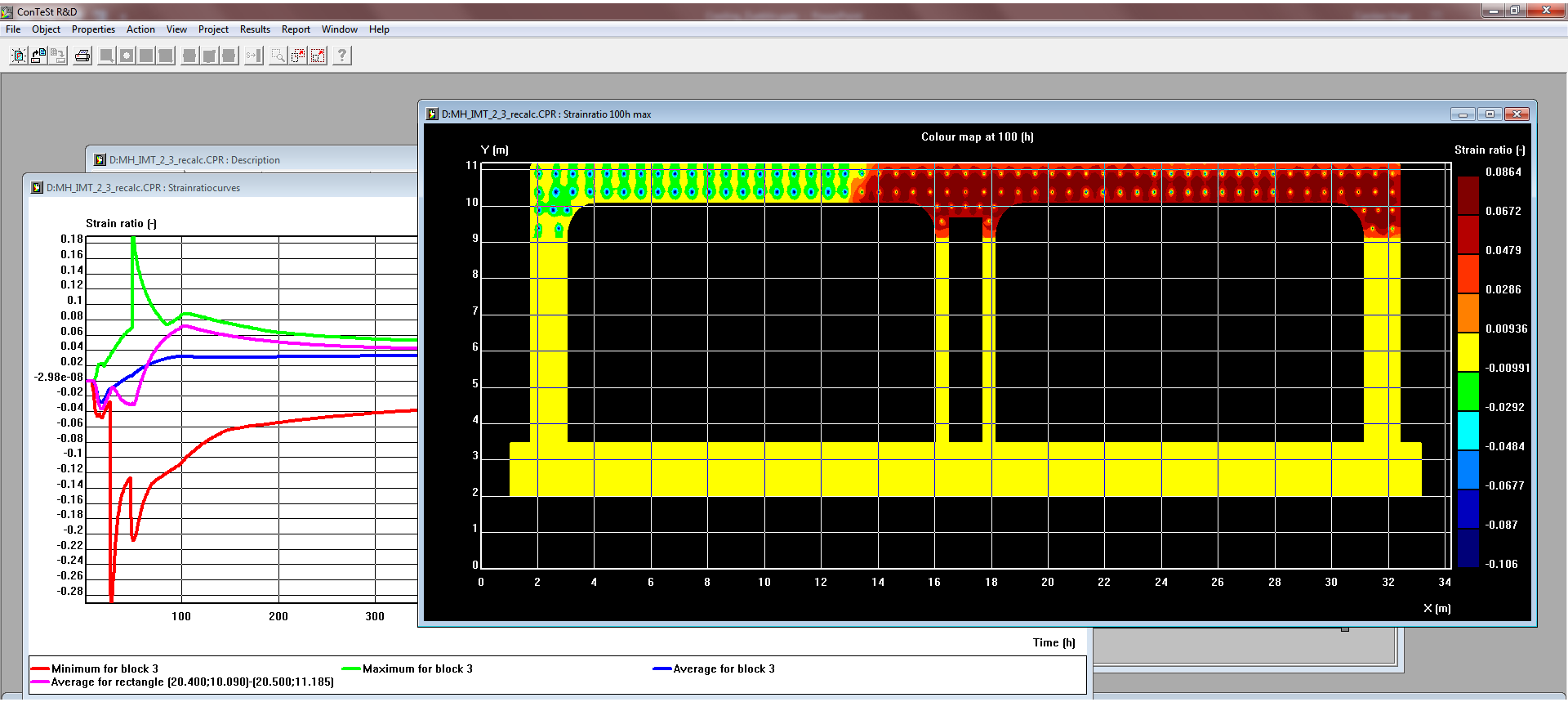




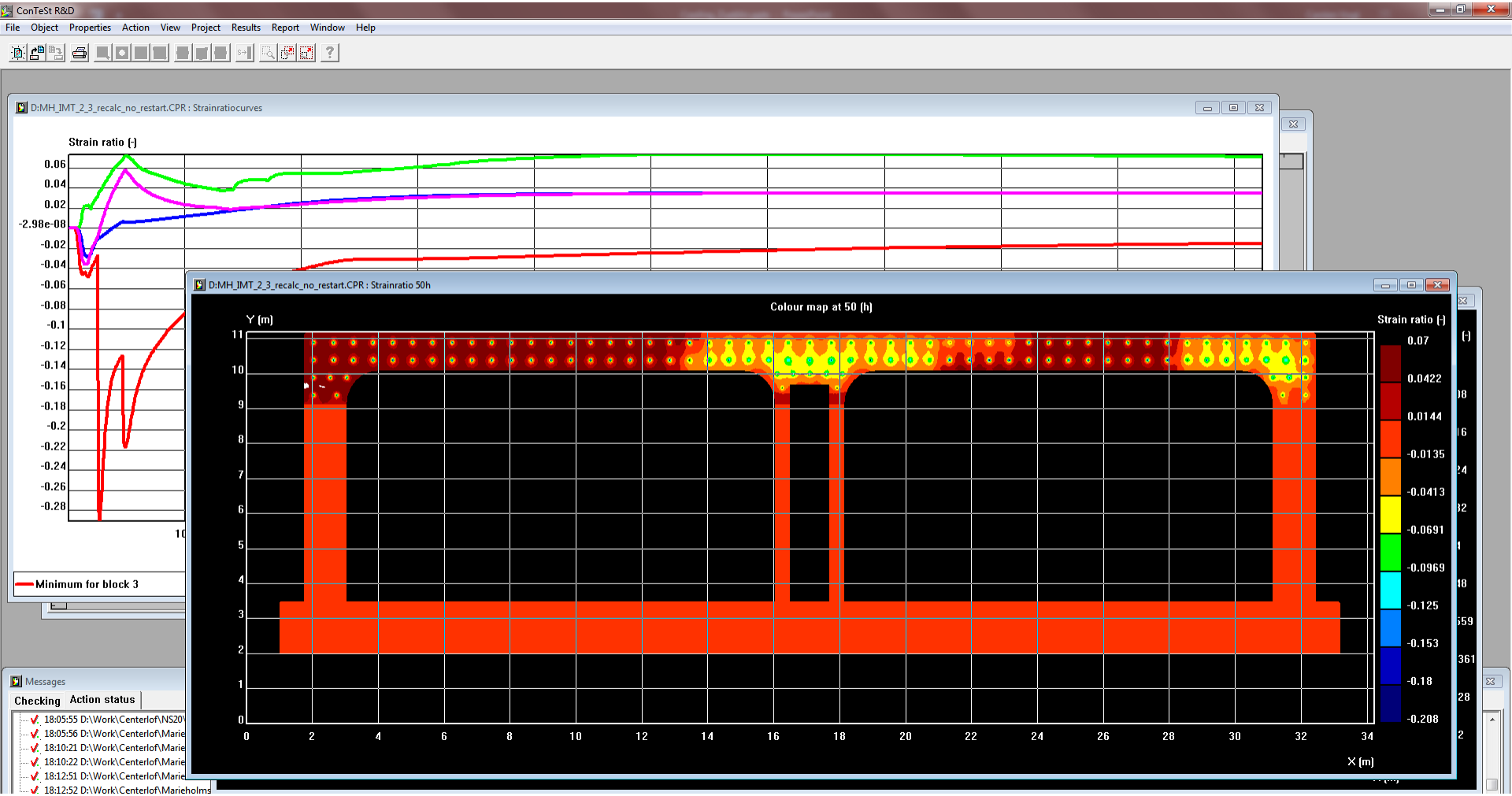
Återstart av kylsystem efter 24tim avbrott



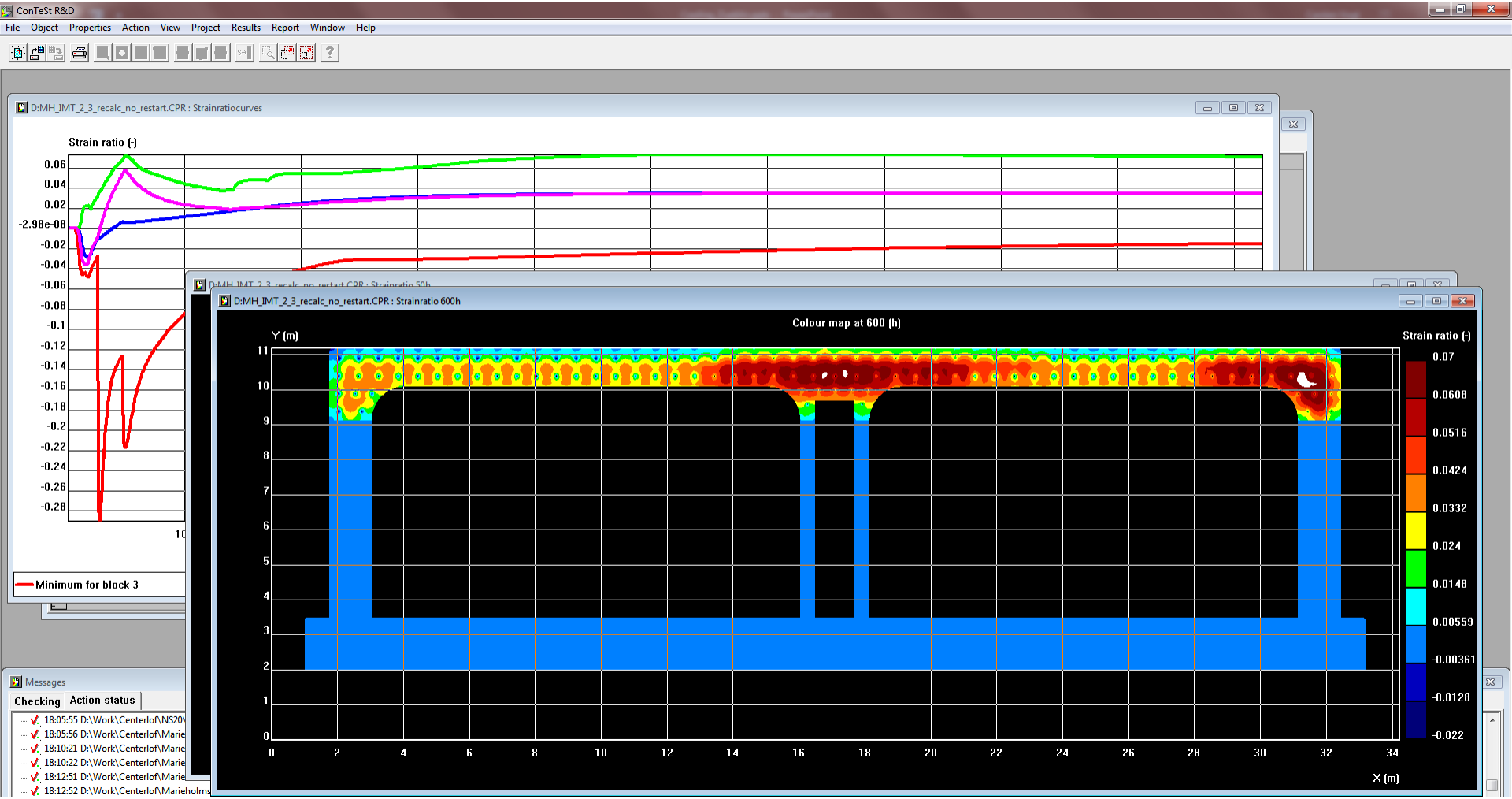
Tillhörande sprickrisk



Utan återstart (tidigt)

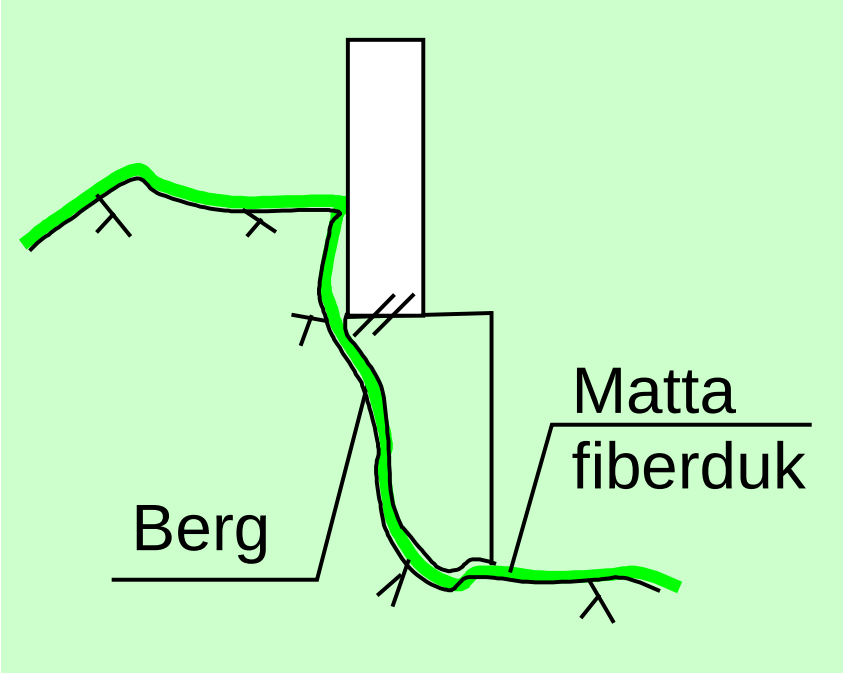


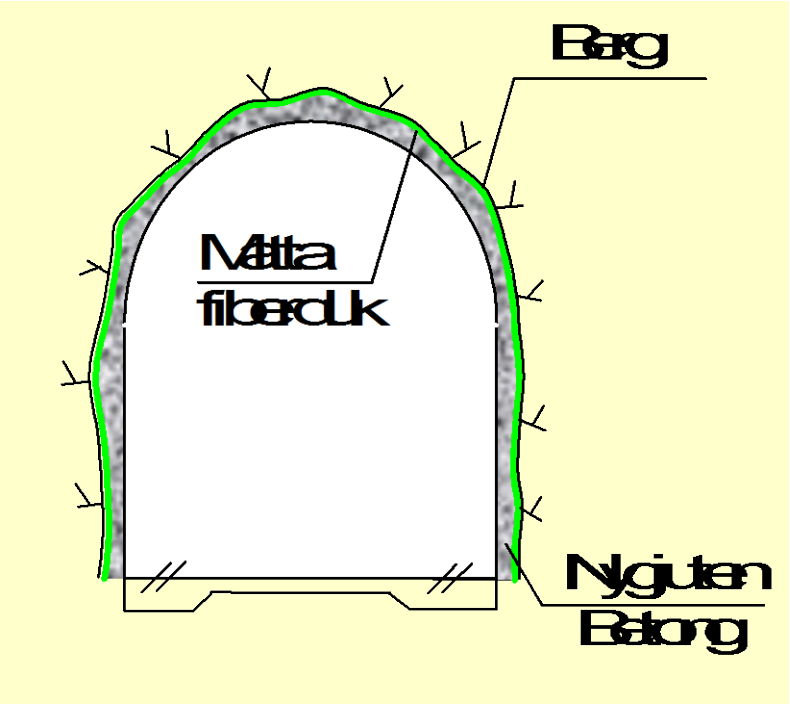
Utan återstart (sent)



Minska tvånget

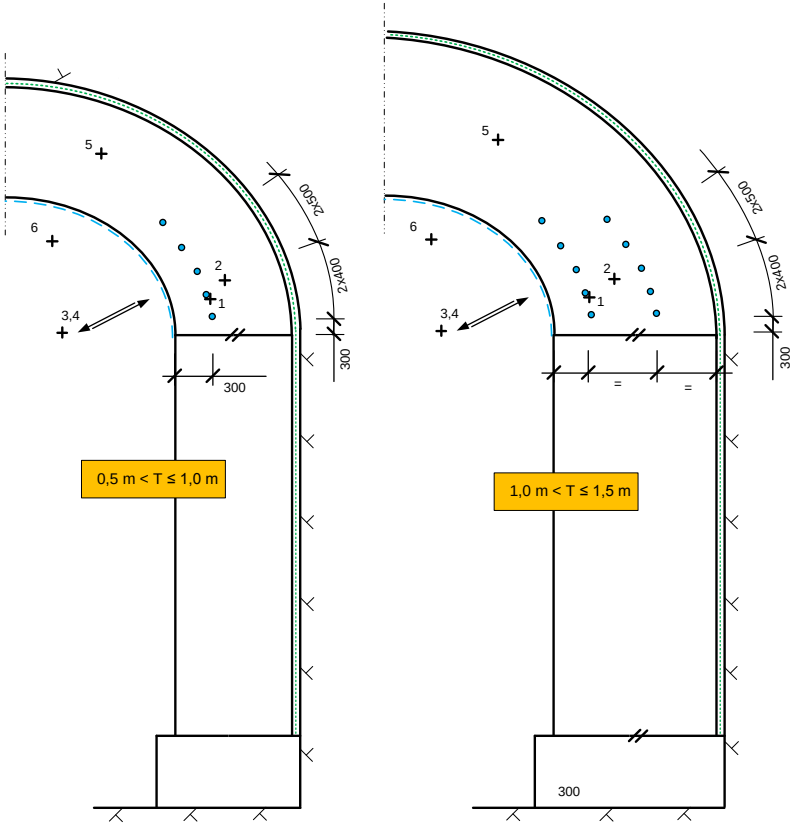
- Tvånget mellan berg och betong kan reduceras kraftig med rätt teknik





- Användning av fiberduk / matta reducerar tvånget

Kylrörsplacering med och utan geotextil



Temperaturgivares placering:

+ 1 på kylrör.
+ 2 mitt mellan kylrör.
+ 3,4 temperatur i ingående och utgående vatten mäts i slingan med givare +1 på.
+ 5 mitt i okyld område.
+ 6 i omgivande luft.

Givare placeras i centrum gjutetappen.

Beteckningar

= 18-22 mm oisolerad träform.

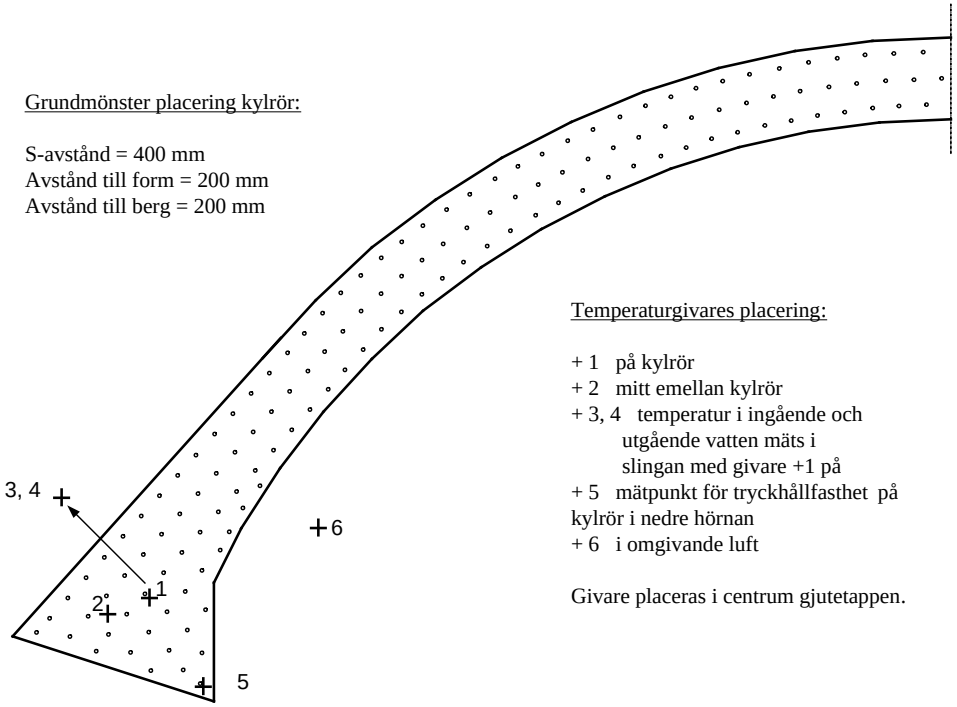
= kylrör.

= geotextil N5.

Höjd, bredd och bergnivå varierar. Skissen redovisar princip för placering av kylrör. Kylrörsplacering anpassas på plats enligt visat mönster till verklig geometri.

Grundmönster placering kylrör:

S-avstånd = 400 mm
Avstånd till form = 200 mm
Avstånd till berg = 200 mm



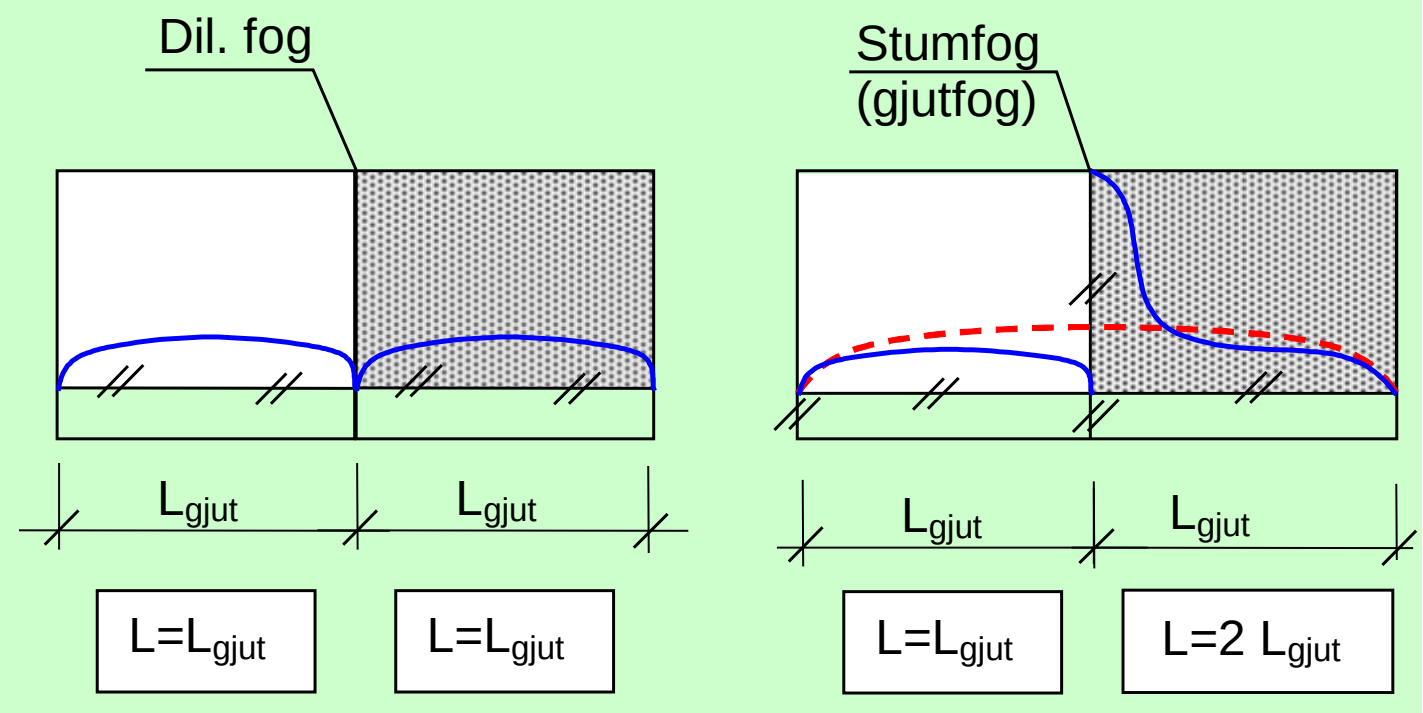
Temperaturgivares placering:

+ 1 på kylrör
+ 2 mitt emellan kylrör
+ 3, 4 temperatur i ingående och utgående vatten mäts i slingan med givare +1 på
+ 5 mätpunkt för tryckhållfasthet på kylrör i nedre hörnan
+ 6 i omgivande luft

Givare placeras i centrum gjutetappen.

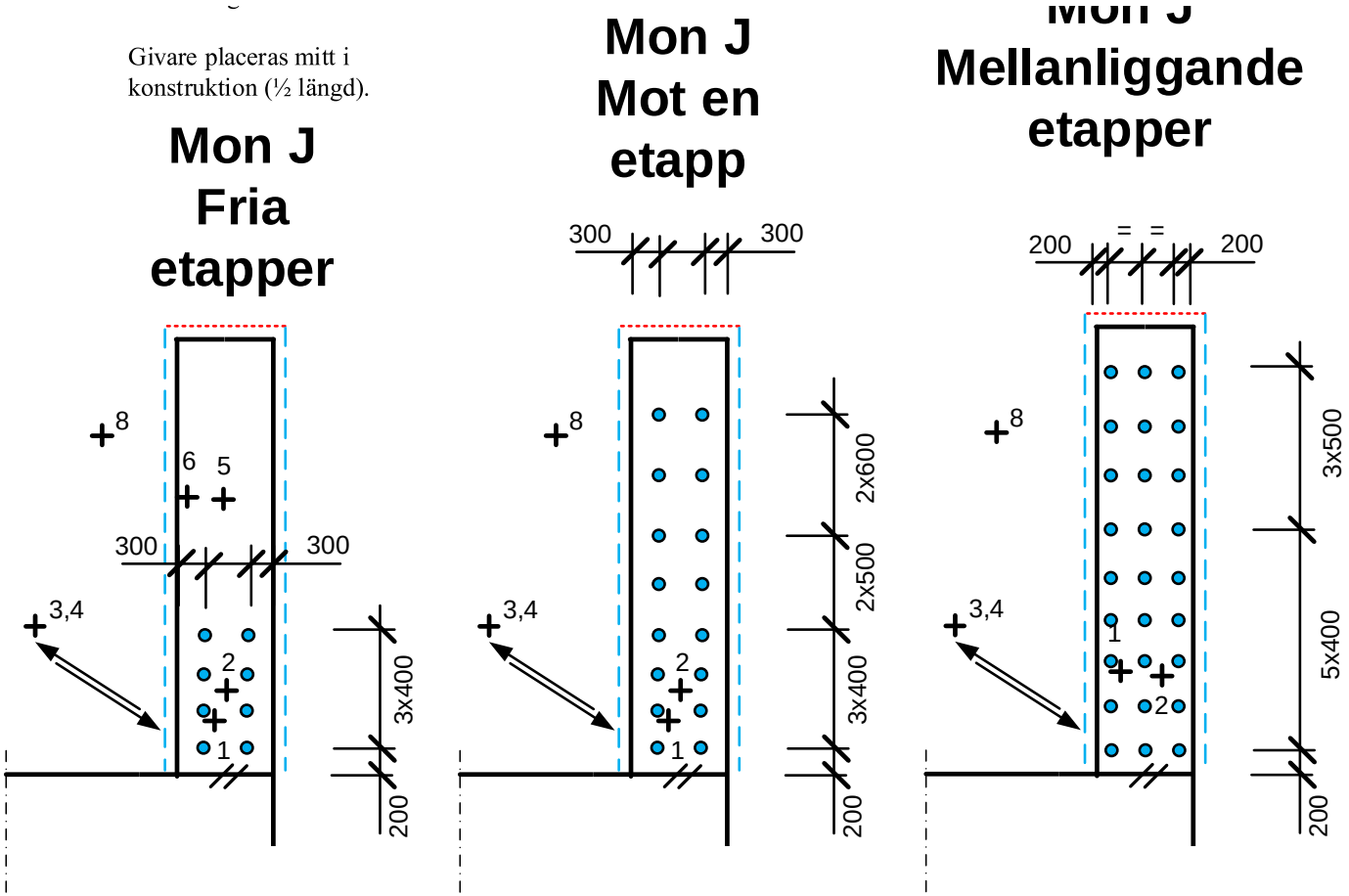
Inverkan av fogar

- Konstruktörens val med avseende på typ av fog påverkar tvångsspänningar.



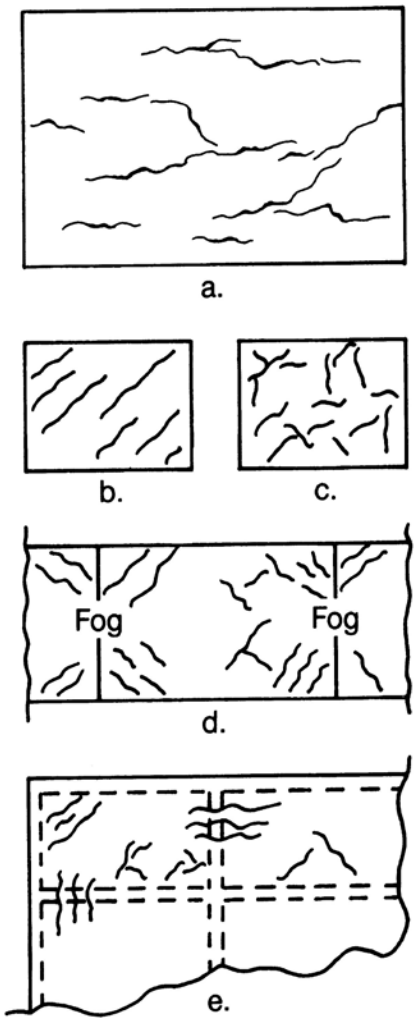
- Användning av dilatationsfog minskar den teoretiska gjutlängden och därmed risken för temperatursprickor.

Resulterande kylrörsplacering



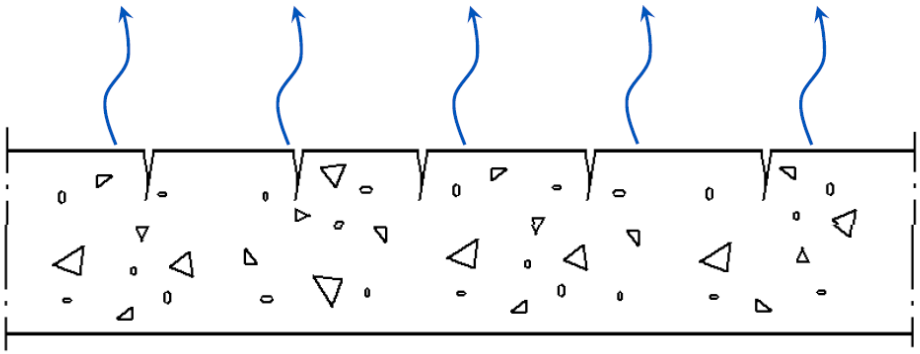
Tidig sprickbildning kopplad till fuktrörelse

Gäller framför allt låga vct



Vattenbalans (ca vct 0,50)

Avdunstning ⇒ plastiska krympsprickor

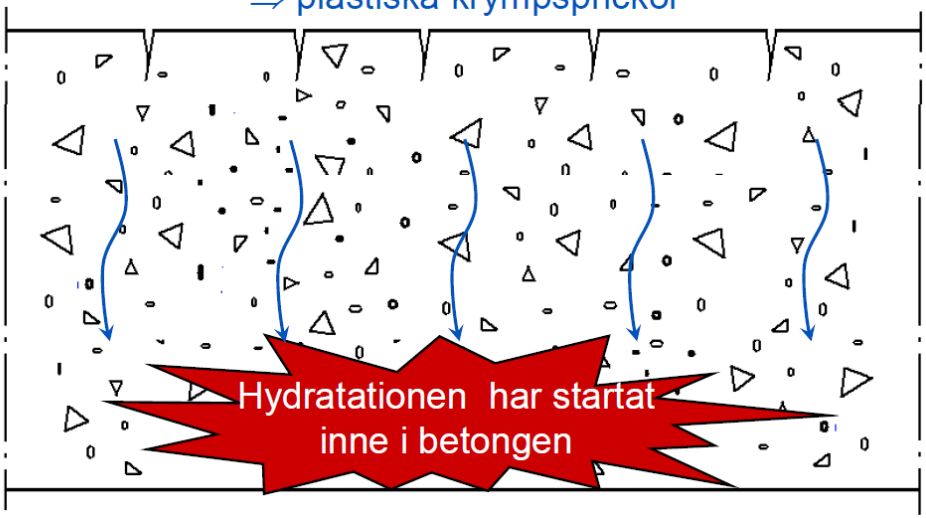


Vattenunderskott (vct 0,40)

Reaktionen har startat inne i betongen men inte i ytan

⇒ hydratationen suger vatten från toppningen

⇒ plastiska krympsprickor



Plastisk och autogen (bas) krympning

- Arbetsbeskrivningarna borde innehålla föreskrifter om tidig vattendimning/vattenhärdning
- Plastiska krympsprickor minskas och samtidigt reduceras baskrympningen
- Effekten av fukthärdning är störst från timme 0 och avtar sedan med tiden.
- Vattenförlust från timme 0 fram till att betongen styvnat till (4-10 timmar efter gjutning) är huvudmekanismen gällande tidig plastisk uppsprickning
- Dygn 1-2 representerar i många fall ca 50% effekt av en god fukthärdning (<u>OBS! ekvivalent tid)</u>

Skillnad?

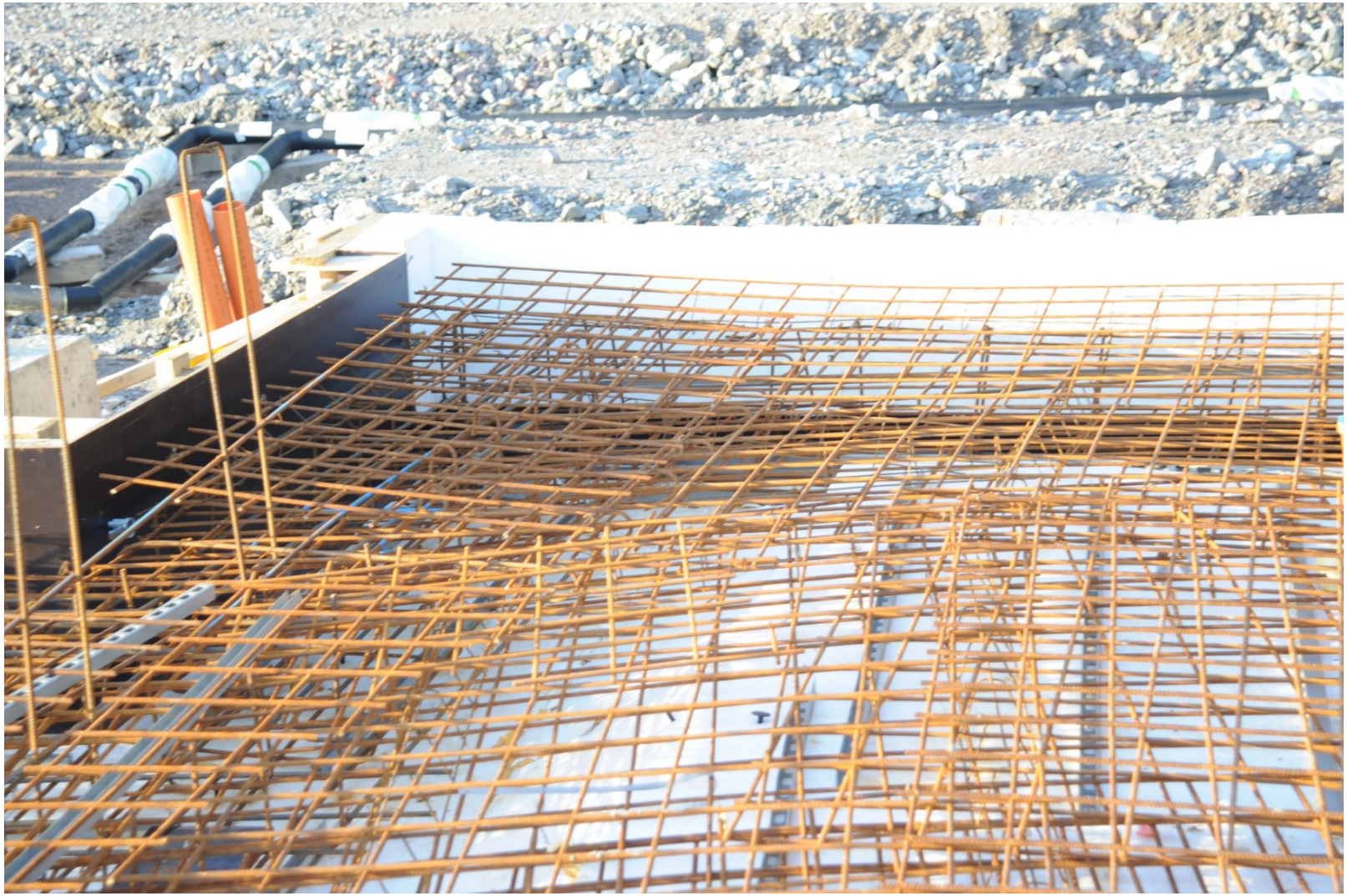
Forskningsämne?
Armering och lastoberoende sprickor

- Vi (måste) behandla konstruktioner med helt olika halter av armering likadant
- Vägg 1,2 m, C30/37 vct 0,50
  - ø16 s 200 (0,17%), tempsprickrisk 0,60 → sprickor efter ett år
  - ø16 s 100 (0,34%), tempsprickrisk 0,60 → inga sprickor
- Eftergjutna kantbalkar spricker enl. beräkning men inte i praktiken med >1% armering (med mindre armering är det tvärtom)
- T.ex. minimiarmering (med sprickbreddsbegränsning!!!) enl. EK 2 (för husbyggnad) ger relativt bra resultat utan åtgärder

Olika säkerhetsfaktorer beroende på armeringshalt?

	Complete material data	C < 430 kg/m³	C > 430 kg/m³ C < 460 kg/m³
XC 2	1,05	1,18	1,33
XC 4	1,11	1,25	1,42
XD1	1,18	1,33	1,54
XD3	1,25	1,42	1,67
Water pressure	1,42	1,67	2,00

Teori/beräkningar vs. verklighet

- Vi måste föreskriva praktisk tillämpbara åtgärder
- Avvägning mellan olika åtgärder, vissa kan ersätta varandra, ta kontakt med utföraren
- Sprickåtgärder dimensioneras vanligtvis sent, det är bra och dåligt samtidigt
- Vissa åtgärder är känsligare för störningar än andra
- Glöm inte fuktrelaterade sprickor
- Materialparametrar för nya cementtyper?
- Begränsa eller förhindra sprickbildning?
- Önskemål: kan vi beakta armering på ett relevant sätt?

Gjutning imorgon!!??