ITASCA
Consultants AB

Bergmekaniska analyser för Bolidens djupförvar vid smältverket Rönnskär

Mikael Svartsjaern, Itasca Consultants AB
Jonny Sjöberg, Itasca Consultants AB
Daniel Sandström, Boliden Mineral AB
Ida Tjerngren, Boliden Mineral AB
David Wladis, Hydrosense
Christian Andersson Höök, Sweco

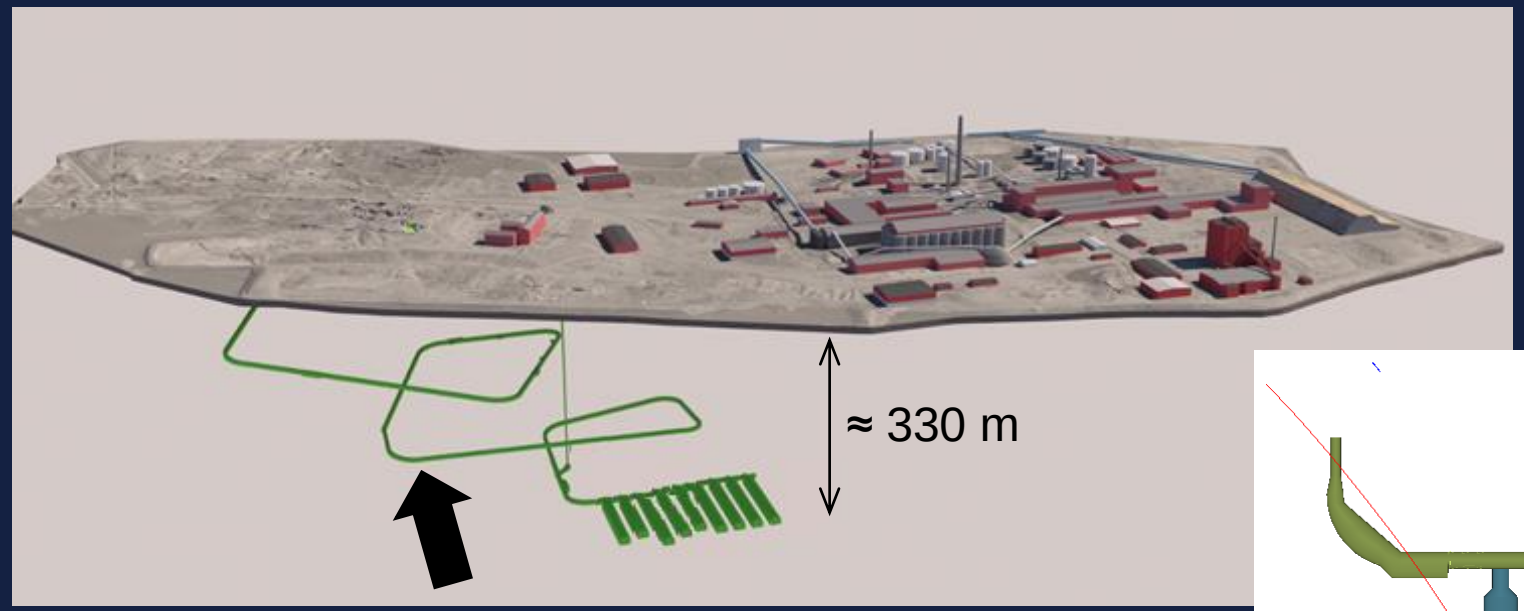
Varför ett djupförvar?

- Stora volymer restmaterial från smältverket
- Ytdeponering av kvicksilverhaltigt processavfall inte tillåtet framgent

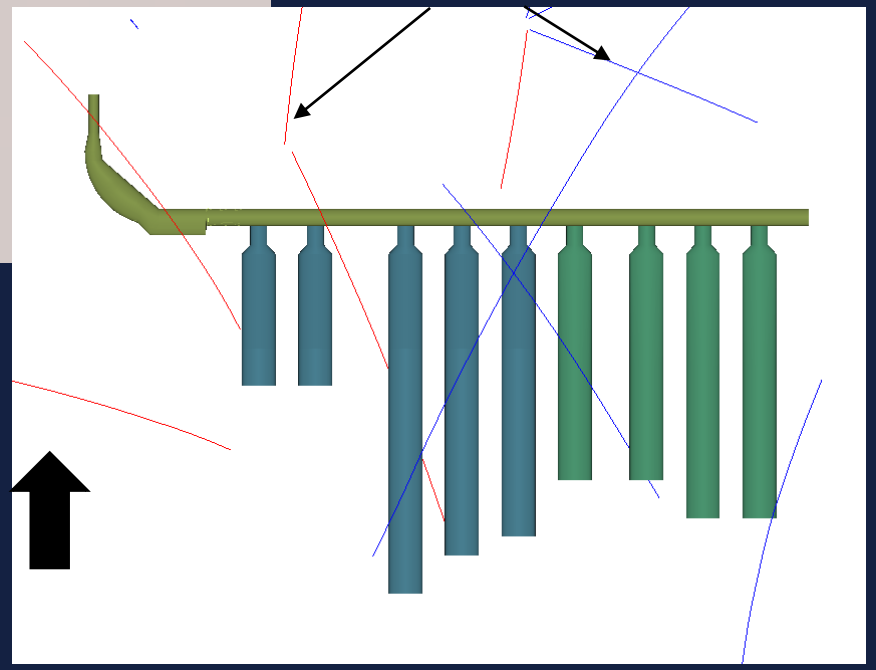
➢ Permanent underjordsförvar isolerar avfallet från biosfären under mycket långa tidsrymder

➢ Underhållsfritt efter förslutning samt lägre utsläpp än ytförvar eller ytnära bergförvar

Djupförvar vid Rönnskär



Lokalt
Norr

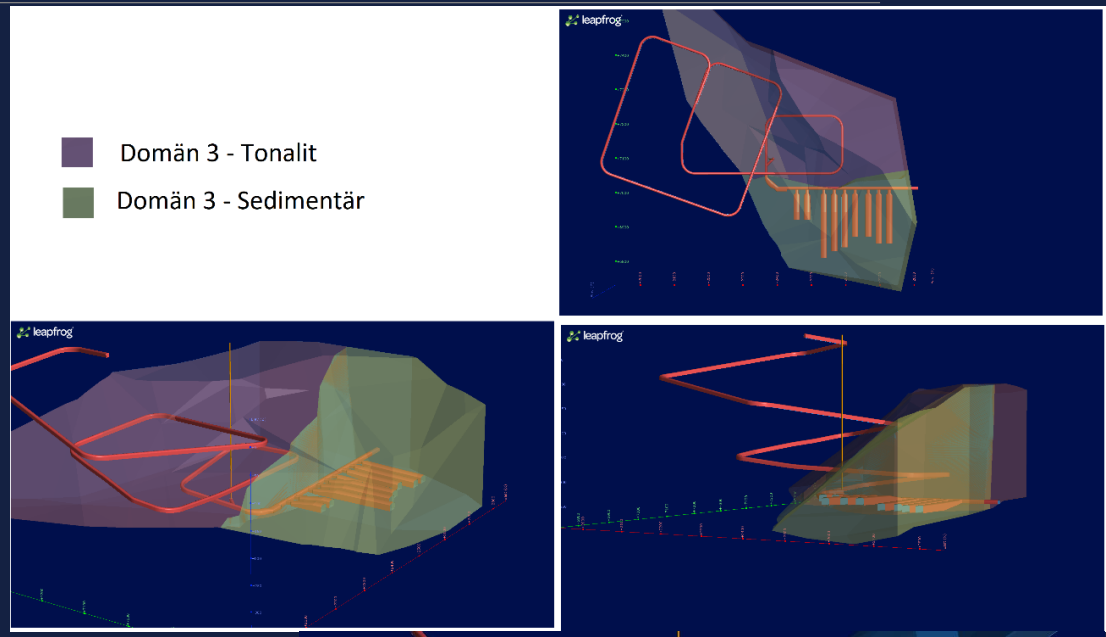


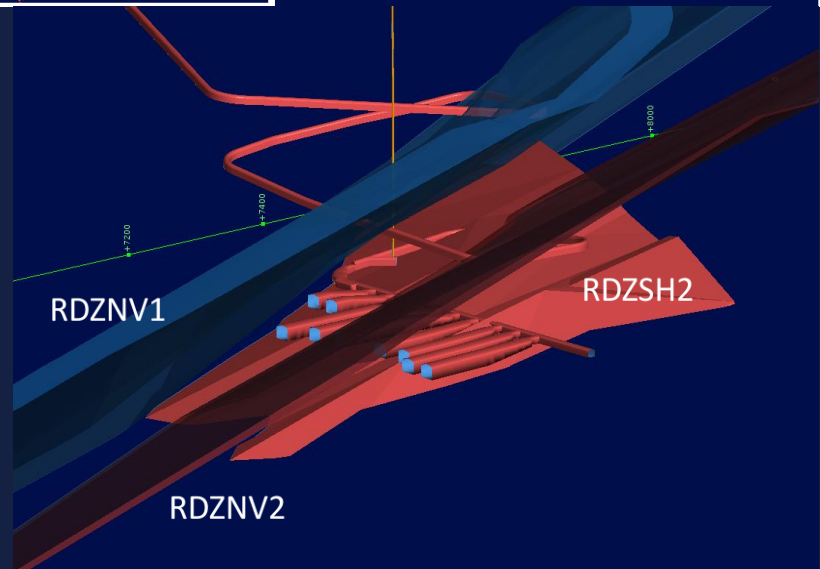
Lokalt
Norr

Preliminär (första) utformning

Geomekaniska förhållanden

- Gnejs av sedimentärt ursprung (förvaret) + tonalit (rampen)
- Generellt sett bra bergkvalitet; *GSI* ≈ 80, *RQD* > 90, E ≈ 80 GPa, σ_c= 225 MPa
- Ett fåtal storskaliga strukturer, delvis vattenförande sprickor men liten bergmekanisk påverkan
- Tre huvudsprickgrupper
- σ_H = 21 MPa, σ_h = 11 MPa, σ_v = 8 MPa

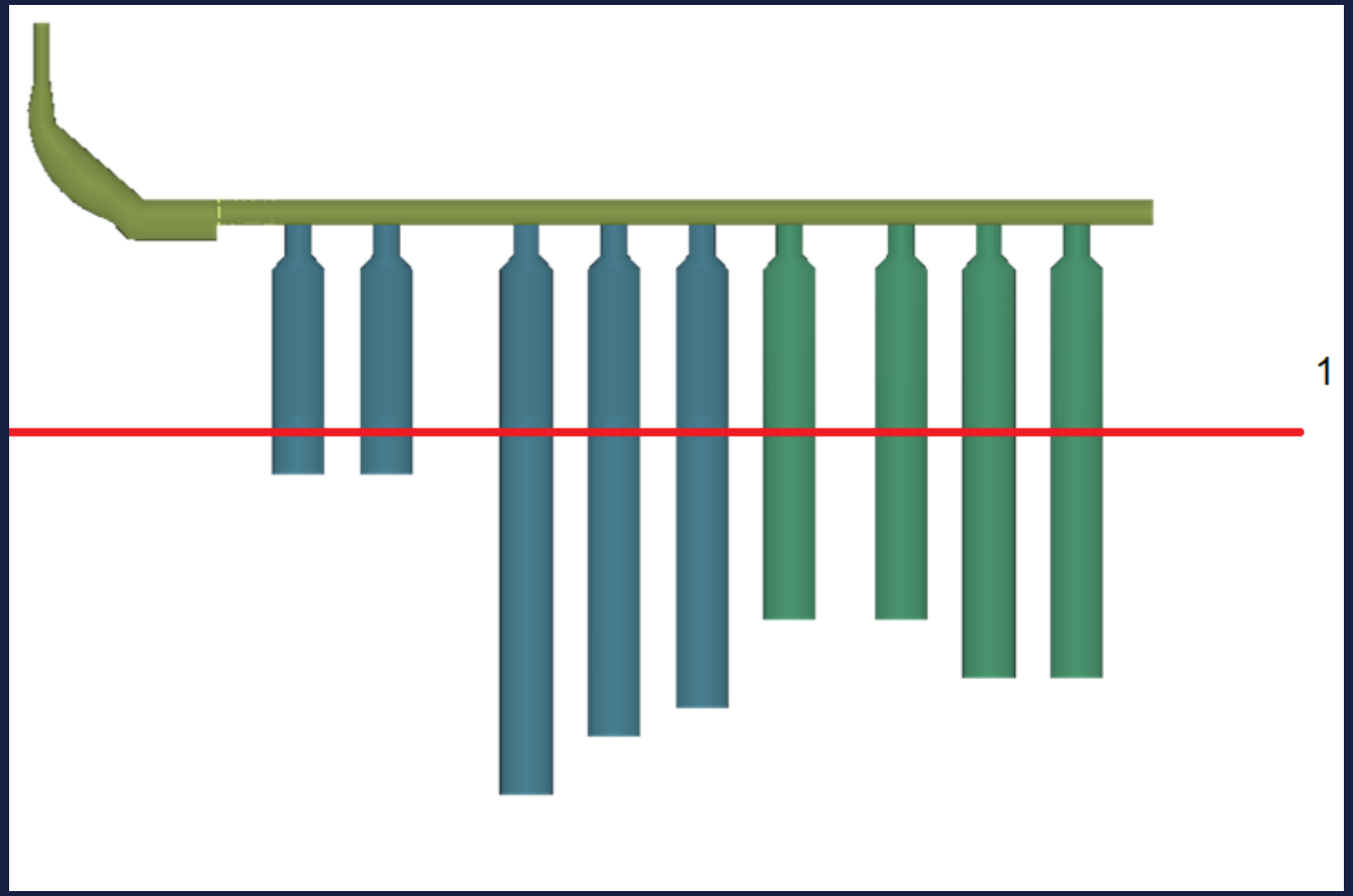




Bakgrund och ställda krav

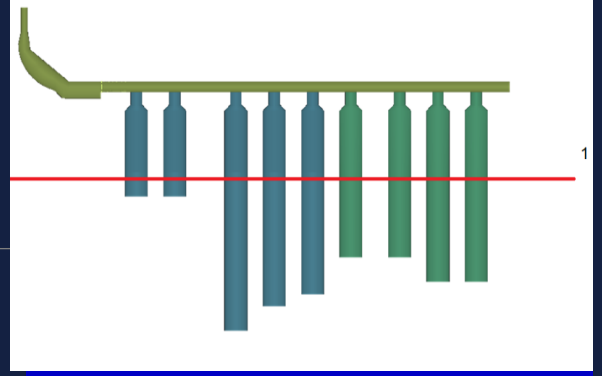
- Bergmekaniska analyser är nödvändiga för att uppfylla geomekaniska och hydrogeologiska krav
- Arbetet omfattade:
  - Bergmekaniska stabilitetsanalyser av förvarsrummen
  - Studie av deformationer, spänningsförändringar och blockutfall som kan ge upphov till potentiella flödesvägar i närhet till förvarsrum
  - Framtagande av ett bergmekaniskt mätprogram för byggskedet, i syfte att kunna följa upp och verifiera resultaten från analyserna
- Analyser anpassade efter kravnivå; långtidsperspektiv = 3000 år

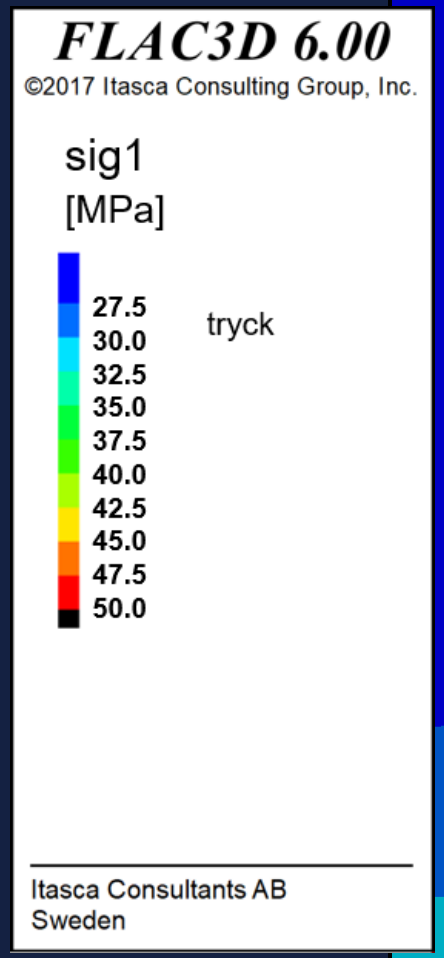
Spänningsanalys – preliminär utformning

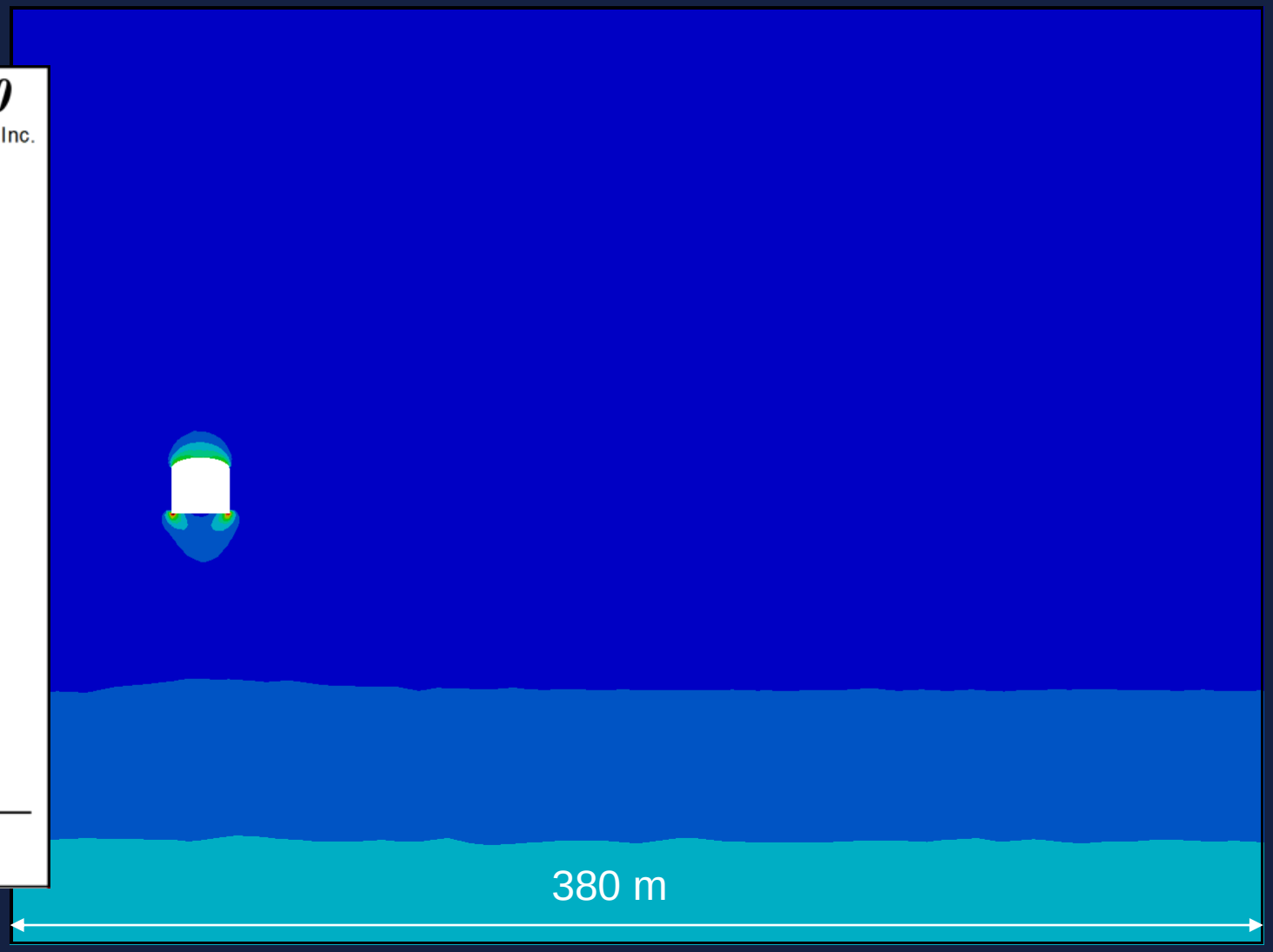


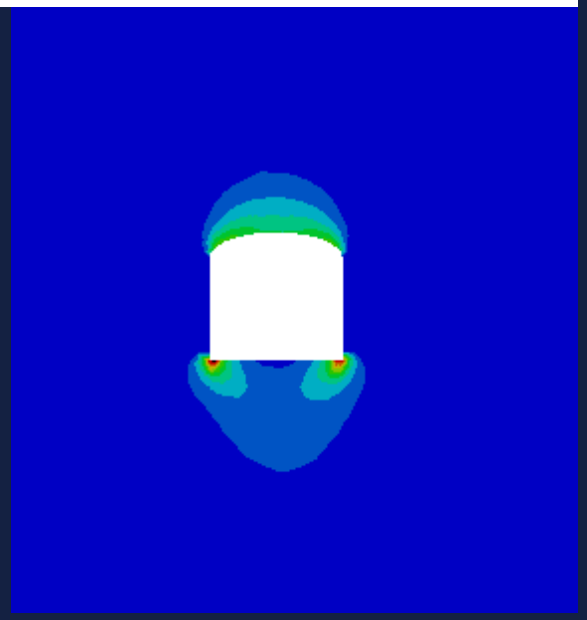
Betraktningsriktning

Rum 1 utbyggt, största spänning
Snitt 1

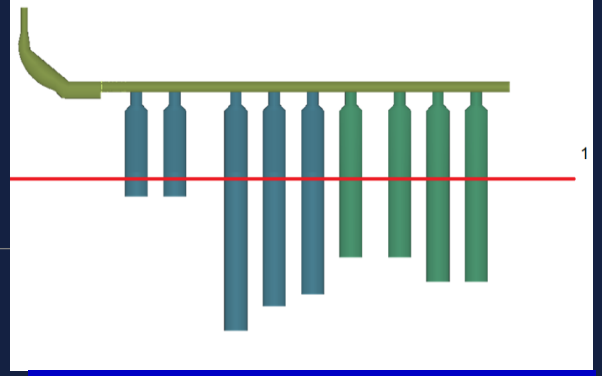


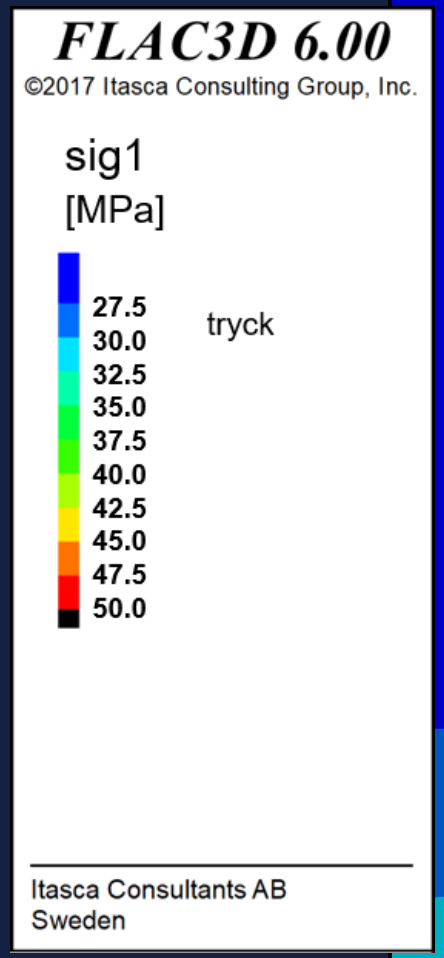


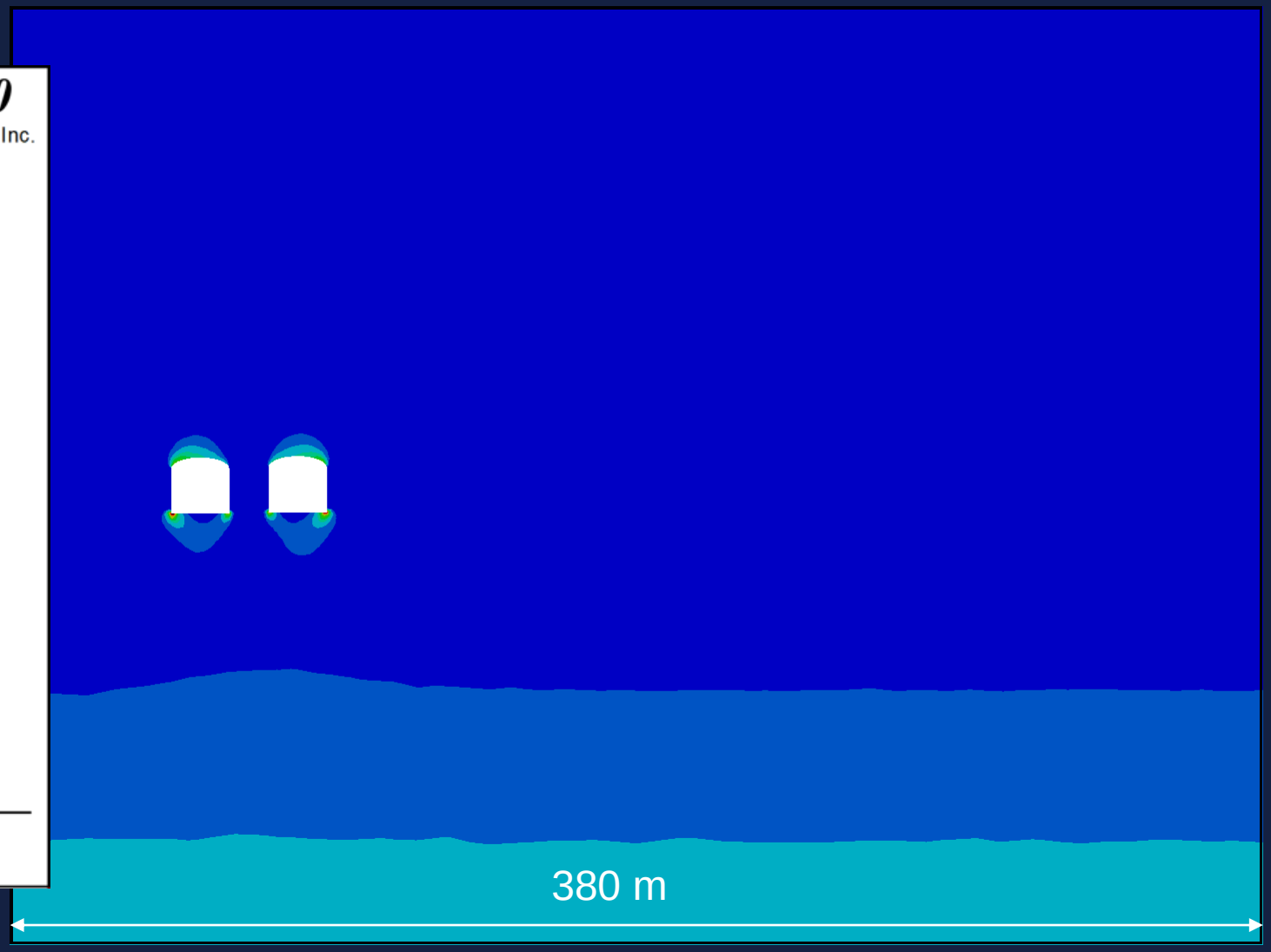


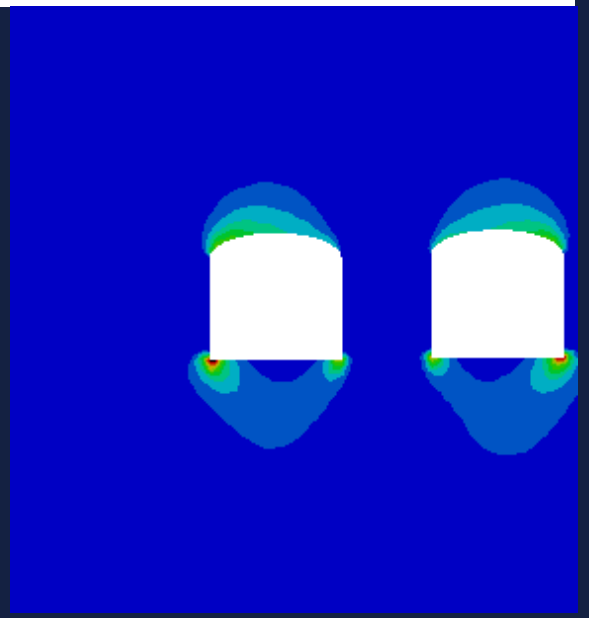


Rum 2 utbyggt, största spänning
Snitt 1

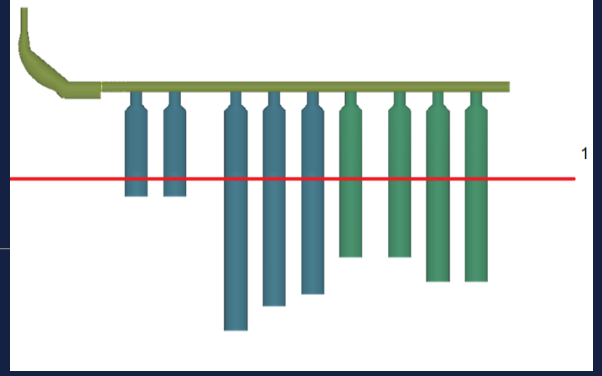


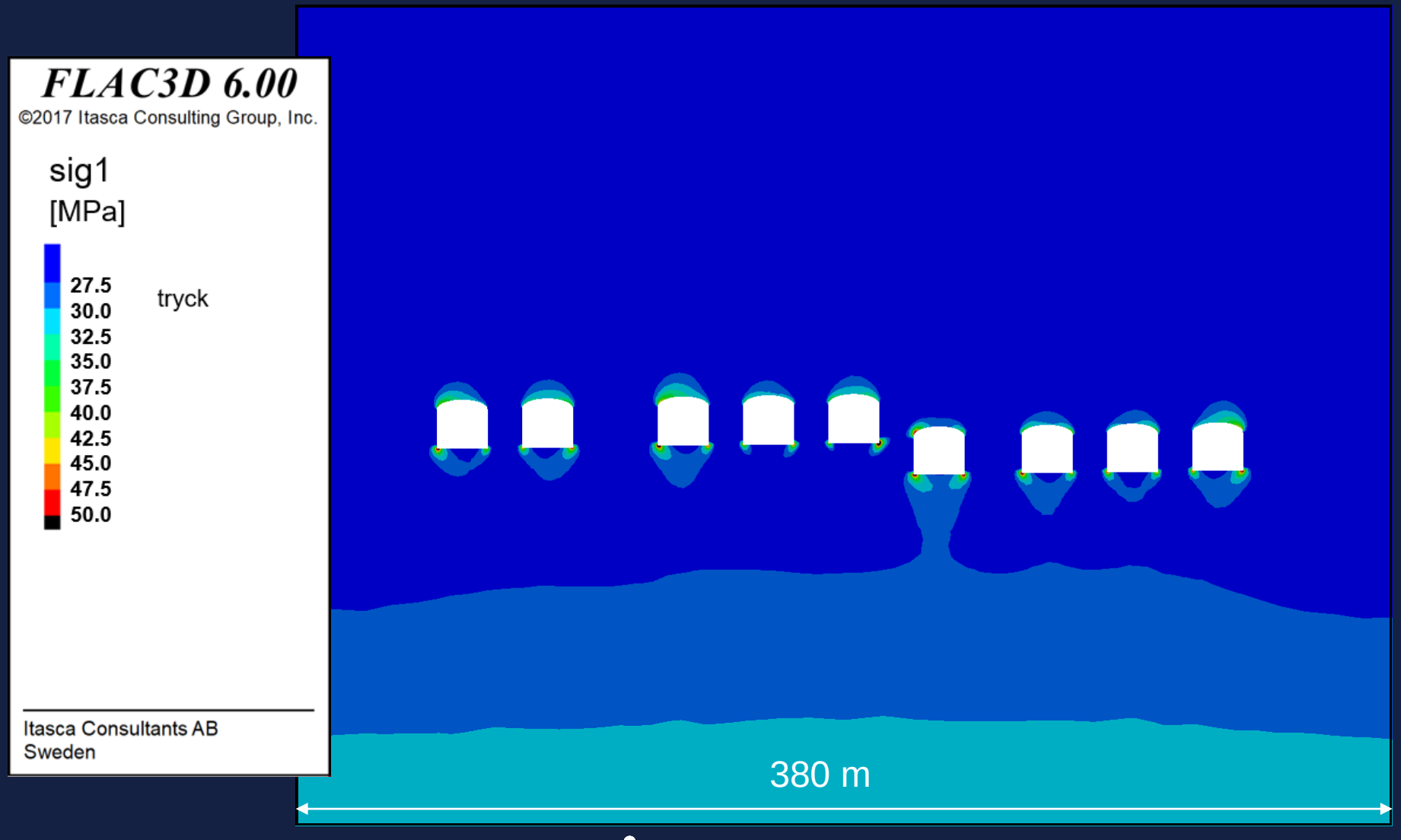






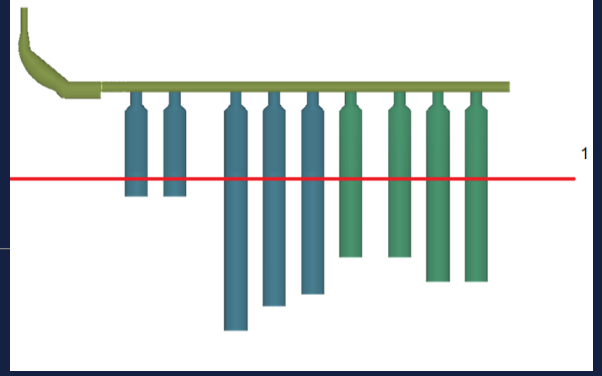
Förvaret fullt utbyggt, största spänning
Snitt 1

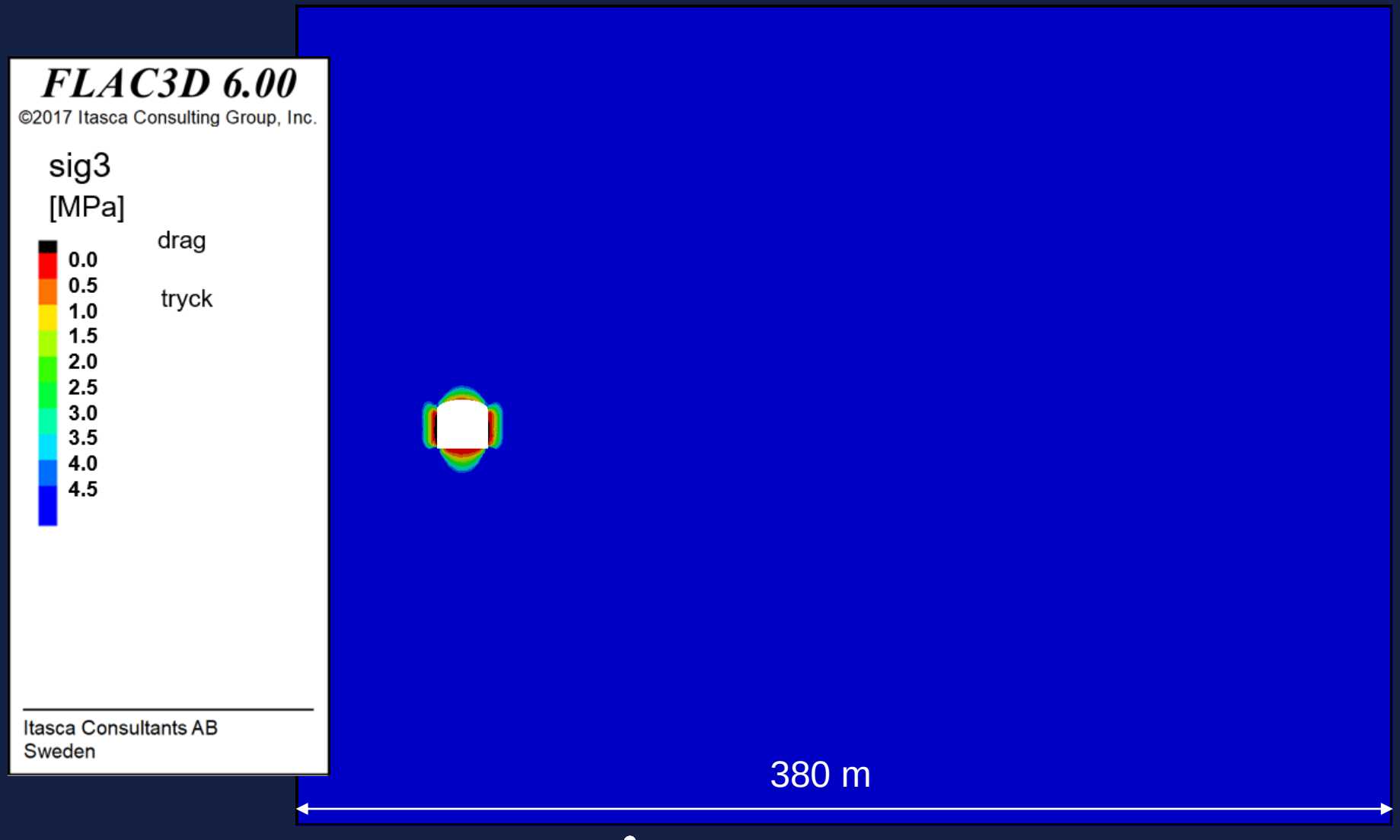




ITASCA
Consultants AB

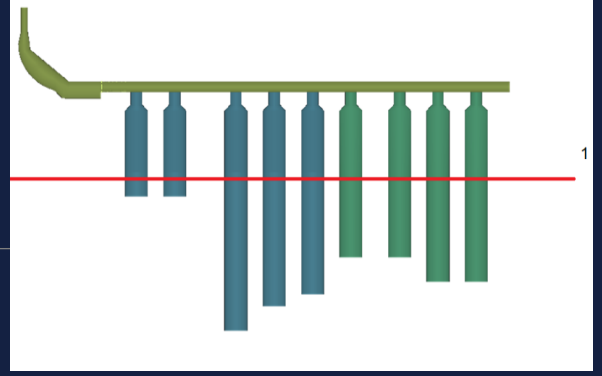
Rum 1 utbyggt, minsta spänning
Snitt 1

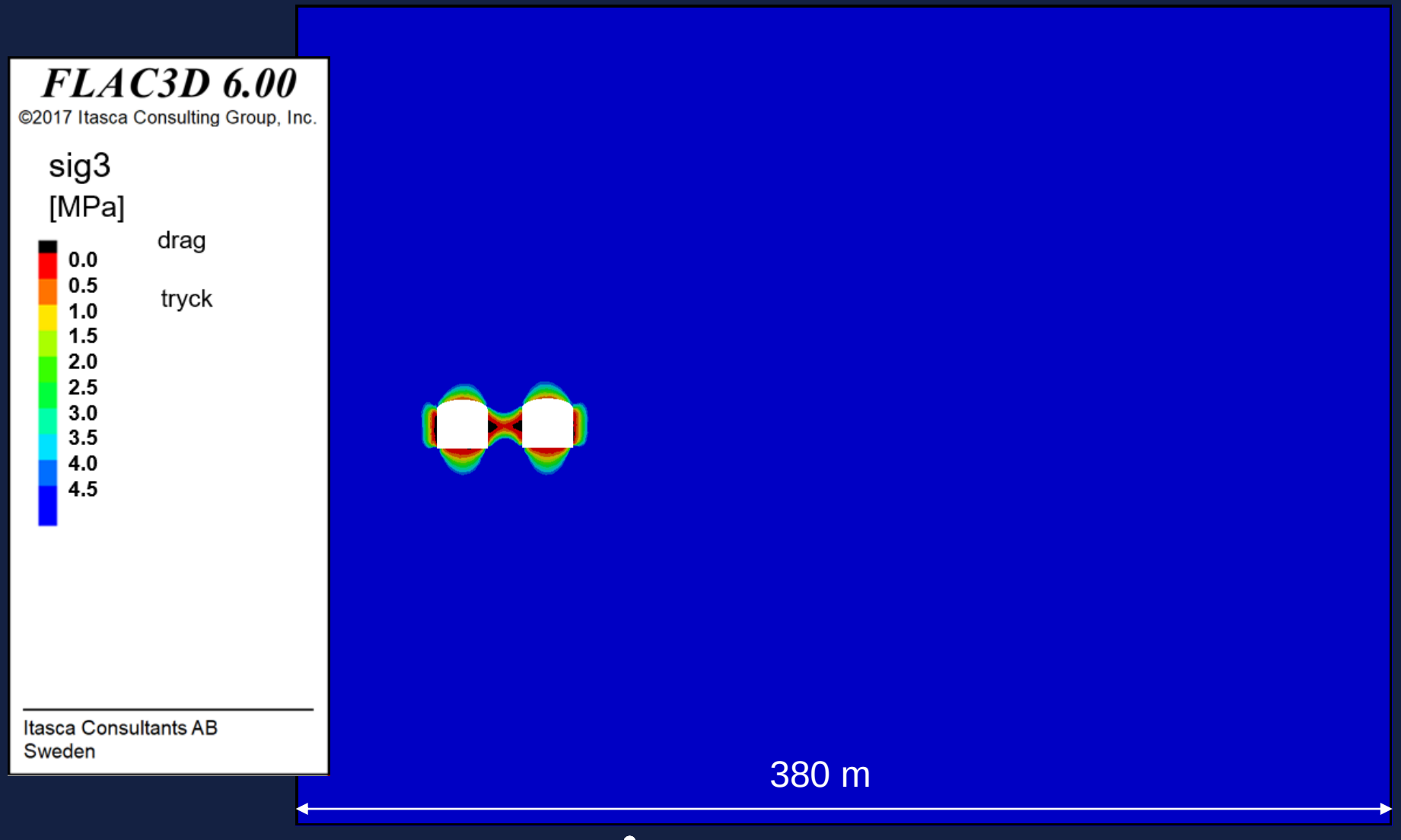




ITASCA
Consultants AB

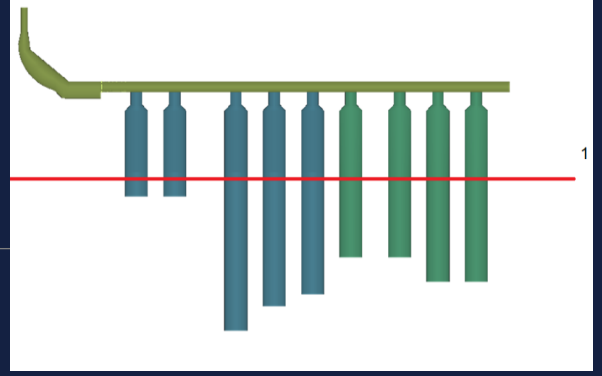
Rum 2 utbyggt, minsta spänning
Snitt 1

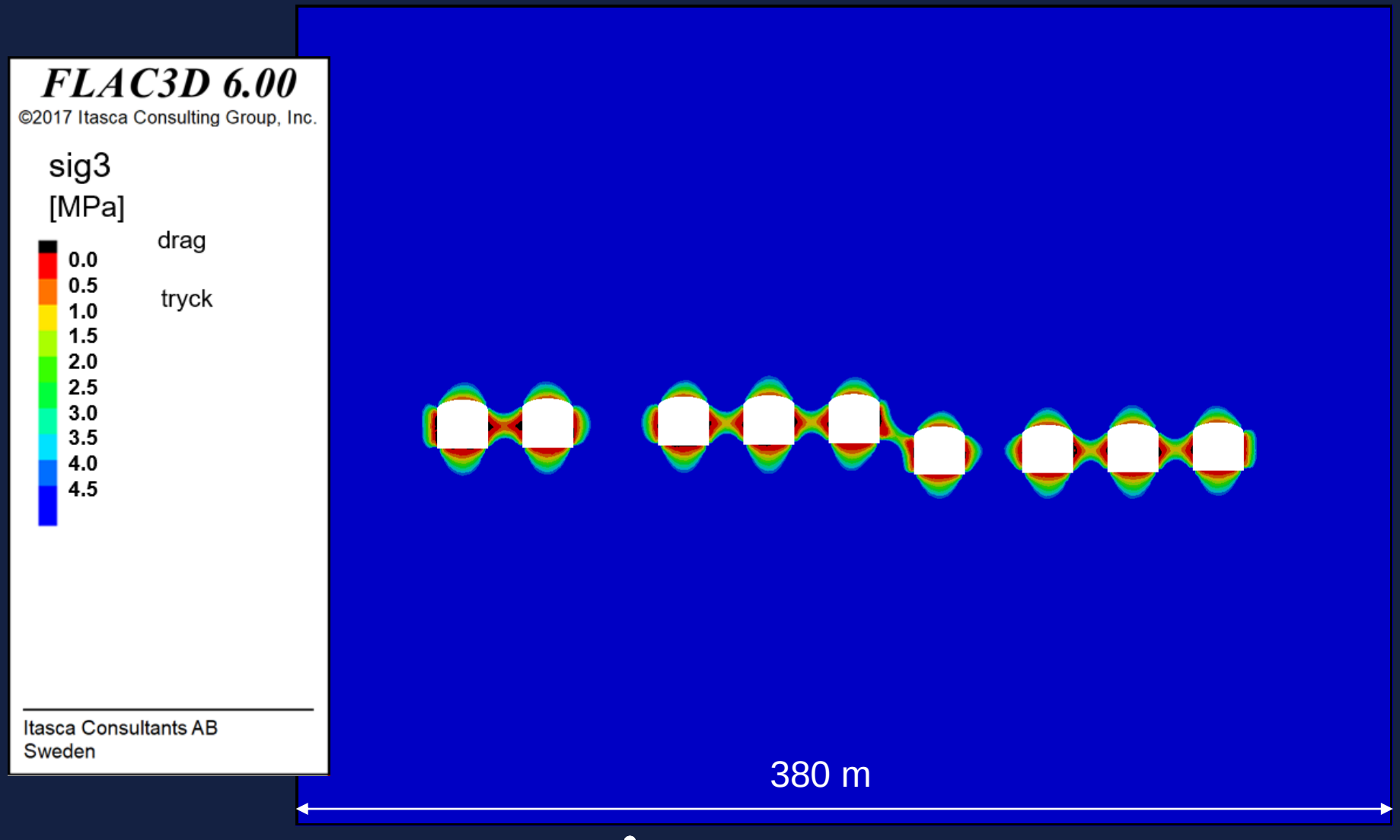




ITASCA
Consultants AB

Förvaret fullt utbyggt, minsta spänning
Snitt 1

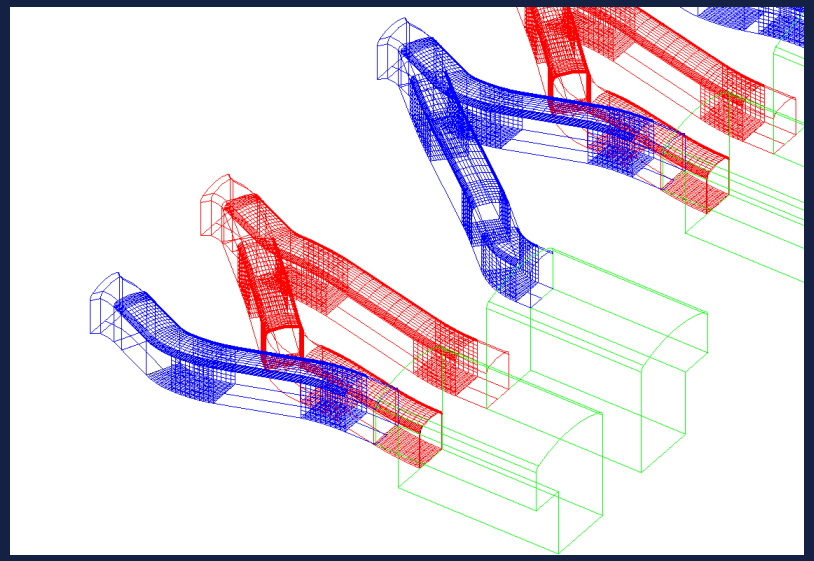


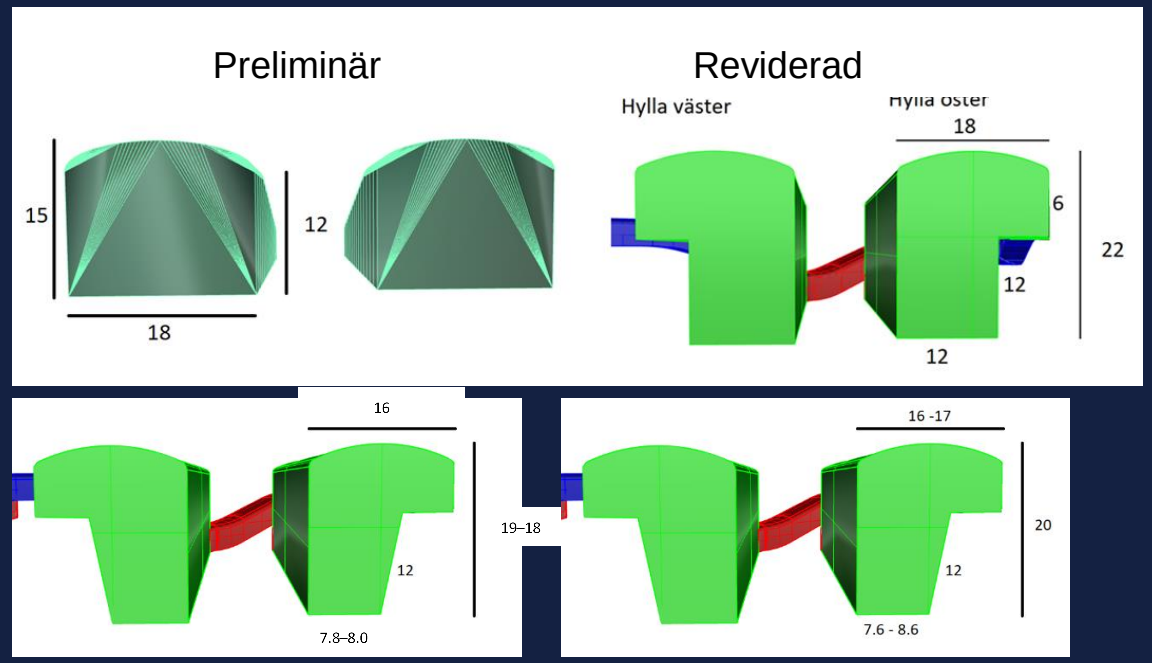


ITASCA
Consultants AB

Optimering av utformning

- Förändrad utformning under projektering, främst för att underlätta deponering i bergrummen

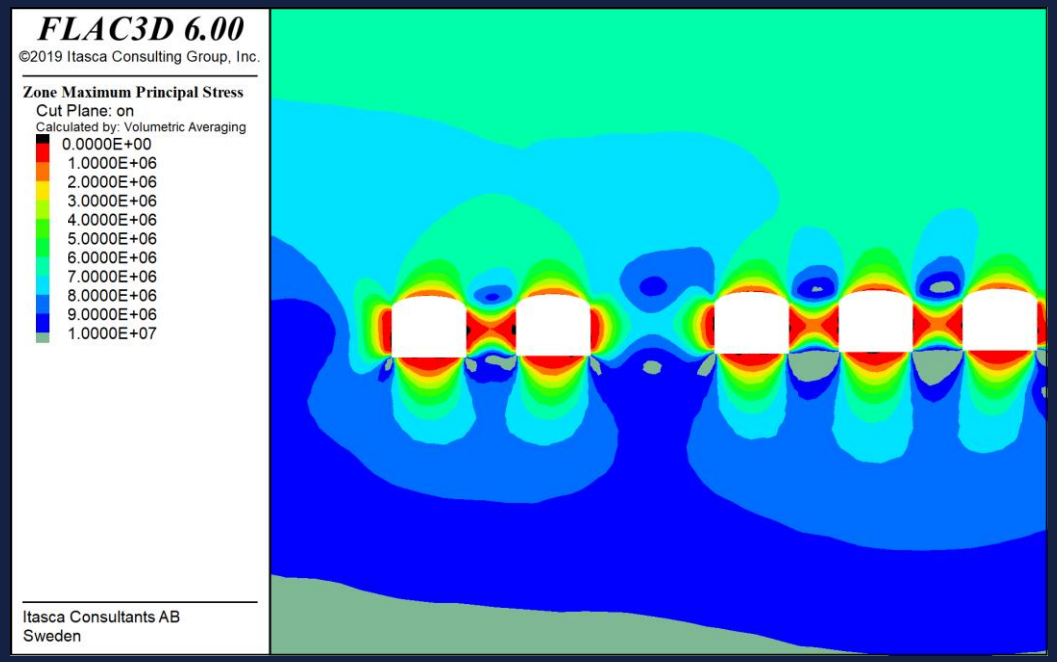




- Olika alternativ analyserades och jämfördes sinsemellan samt mot preliminär utformning

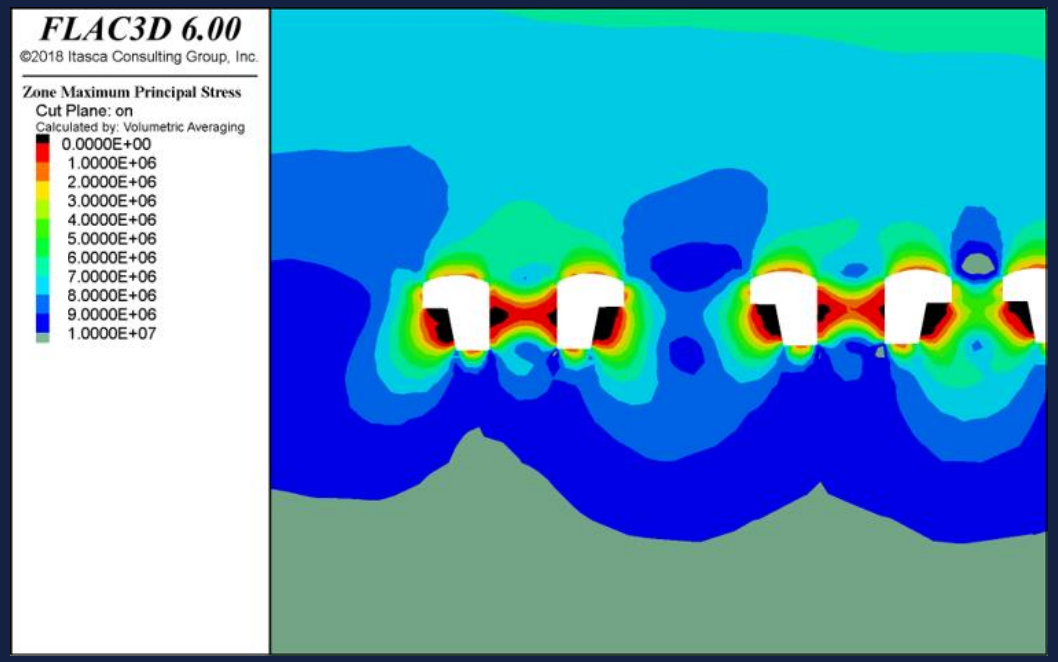
Inverkan av geometriförändringar under projektering – minsta spänning

Preliminär utformning



Höjd 15 m, Bredd 18 m

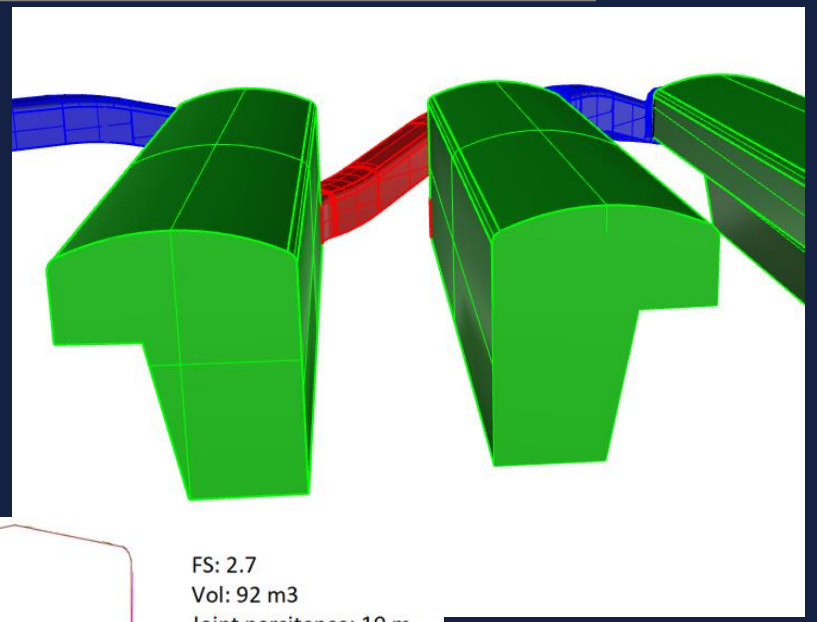
Reviderad utformning (med hylla)

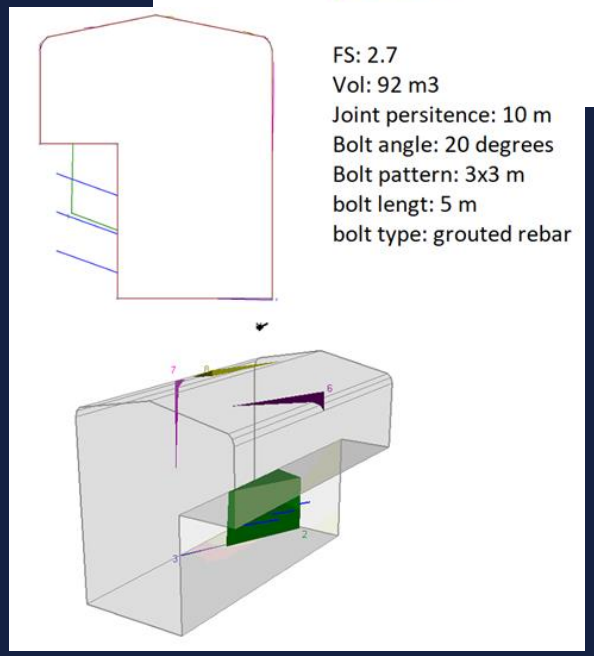


Höjd 18 m, Bredd 16 m (8.0 m botten)

Optimering av utformning

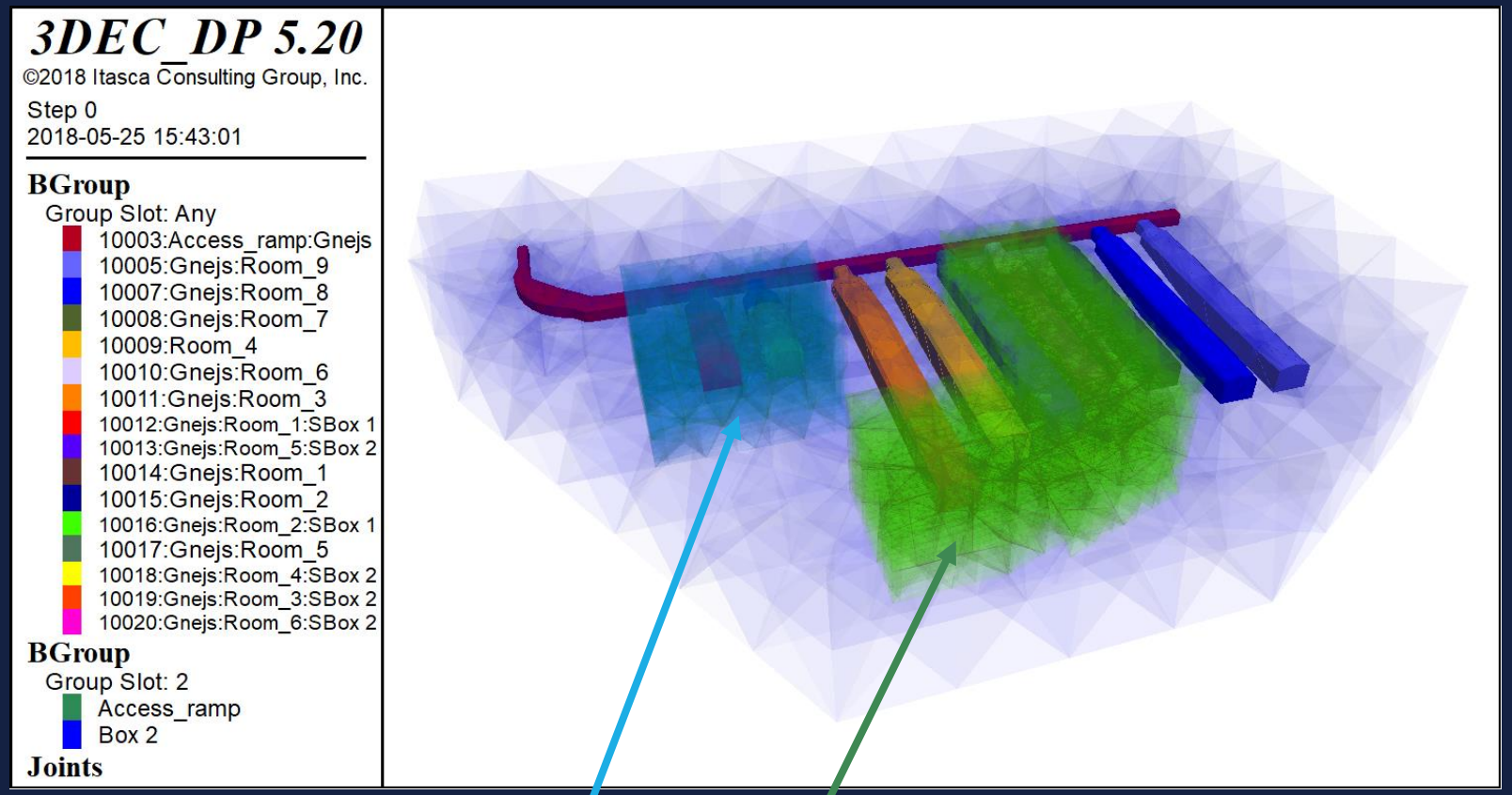
- Utformning med hylla med dimensionerna höjd 18 m, bredd 16 m, bedöms i stort motsvara preliminär utformning vad gäller global stabilitet
- Lokal stabilitet av hylla hanteras via aktiv design (sprickkartering + för-förstärkning efter behov)





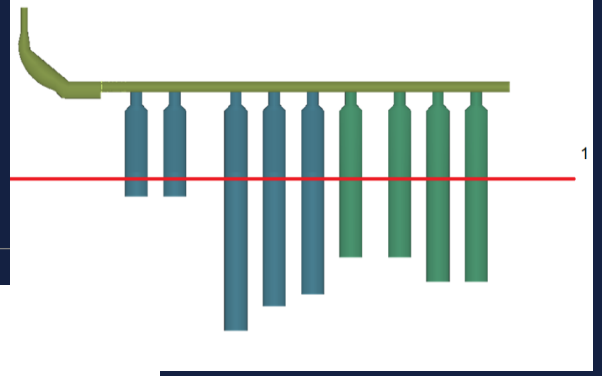
Lokal analys, 3D diskontinuum

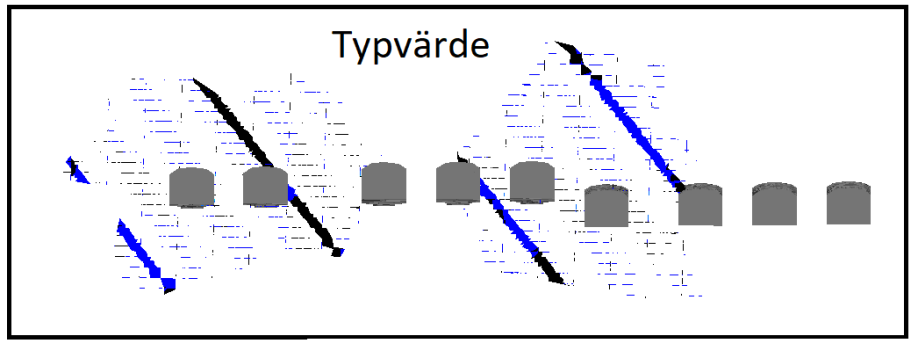
- Två områden med sprickor
- Genomgående sprickor ("persistent") i varje område
- Konstanta sprickriktningar i hela områdena
- Analys med typvärden, minvärden samt reducerad (långtids-) hållfasthet

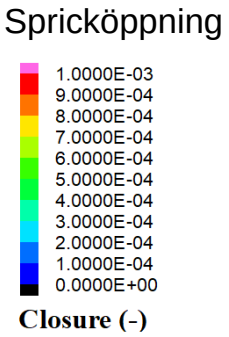


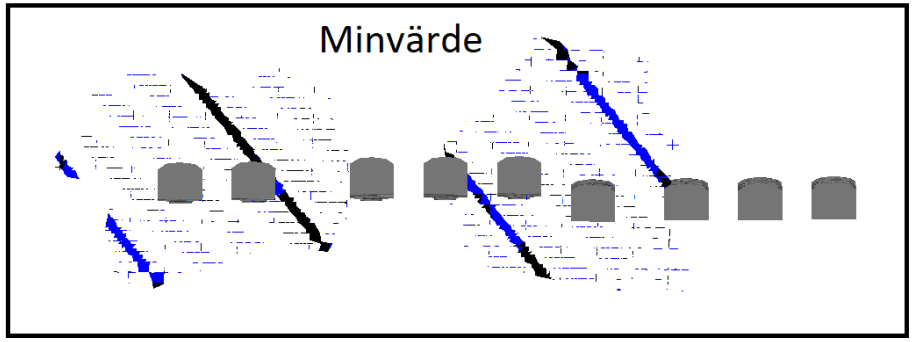
Områden med simulerade sprickor

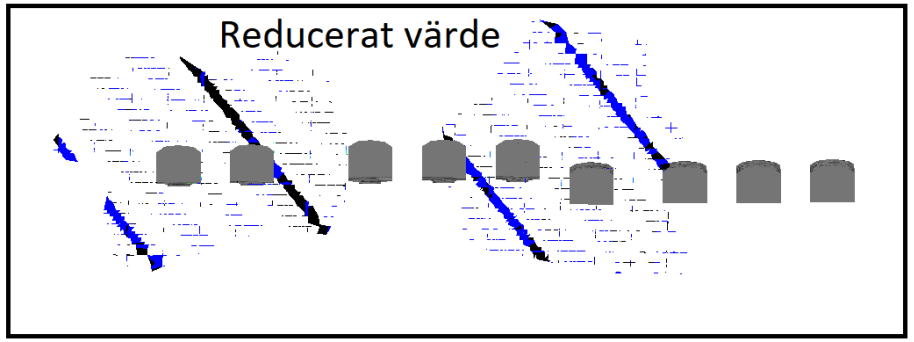
Jämförelse typvärde-minvärde-reducerat värde
Snitt 1– sprickköppning, fullt utbyggt förvar





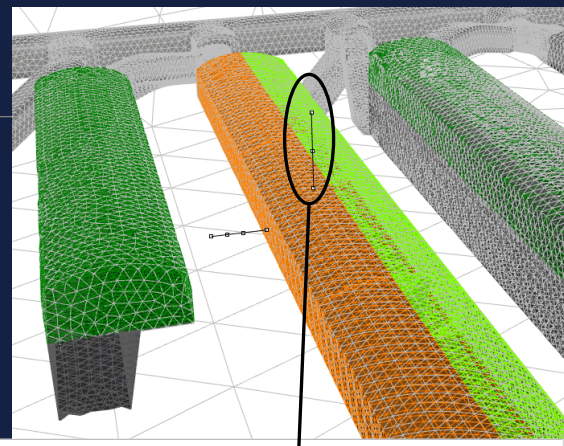


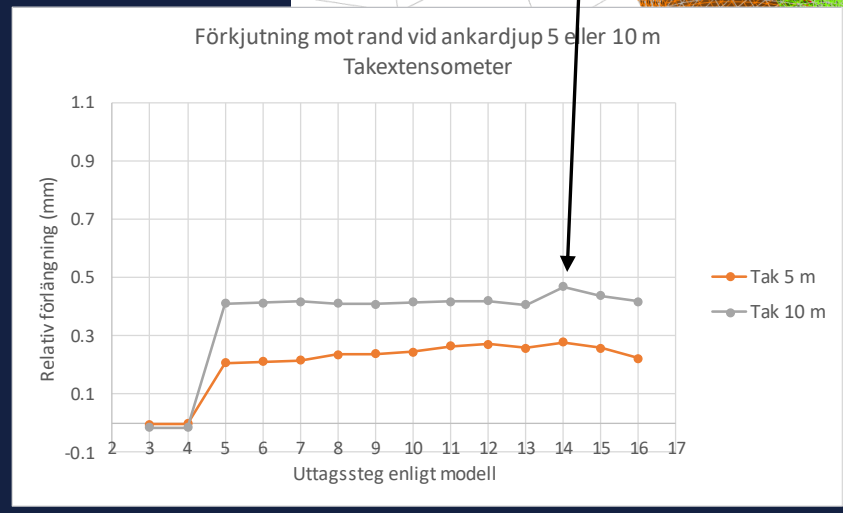




Mät- och kontrollprogram

- Kartering under byggskede:
  - Geologi
  - *GSI*-, *Q*- & *RQD*-bedömning (bergkvalitet)
  - Sprickkartering, orientering och läge för:
    - Kloritiska sprickplan med längd överstigande 2 m
    - Alla sprickplan som helt skär bergutrymmet
  - Aktiv design vad gäller förstärkning av berghylla
  - Borrhålsextensometrar i två rum med optisk inmätning av extensometerhuvud
  - Uppmätta värden bör jämföras med beräknade värden för att identifiera oväntade beteenden eller avvikelser i bergegenskaper





ITASCA Consultants AB

Slutord (I)

- Påverkan på markytan (deformationer) till följd av förvarsbygget bedöms vara mycket liten – mindre än 10% av allmänt accep-terade villkor för markpåverkan på infrastruktur
- Bergmekanisk påverkan på pelare (möjlig uppsprickning / spjälkning) bedöms vara liten
- Inget av närliggande borrhål ligger i potentiellt påverkansområde för uppsprickning / spjälkning
- Ingen påverkan på rampen förväntas från utbyggnaden av förvaret
- Bedömd liten potential för nya flödesvägar i närhet av förvarsrum till följd av öppning av befintliga sprickor

Slutord (II)

- Förvarets placering och utformning är generellt sett gynnsam ur ett bergmekaniskt perspektiv:
  - Risken för konduktiv hopkoppling av närliggande rum bedöms som låg
  - Förvarsutformningen är storskaligt stabil
  - Återfyllnadsgraden har obetydlig inverkan på förvarets stabilitet på sikt
  - Förstärkningsåtgärder krävs för att säkra lokal stabilitet under bygg- och driftskede samt ur ett arbetsmiljöperspektiv
  - Försiktigt berguttag bör göra för att undvika skador på bergpelare samt minimera påverkanszon runt tunnelkontur

Tack till Boliden Mineral AB för godkännande av publicering och presentation samt gott samarbete!

Tack till Henrik Eklund, Itasca, för analys av ny utformning