

Norconsult 

► Masteroppgave om løsmassetunnel

- NGF «Når telen går» - Are Berstad



Om oppgaven – «Numerical Analysis of a Soil Tunnel with Jet Grouting»

- ▶ Norconsult
- ▶ Se på avspenning under etablering og effekten av midlertidig sikring
- ▶ UDK02 som case studie
 - ▶ Jetpelring, kohesjonsløs morene, grunnvann
- ▶ 2D og 3D analyse
- ▶ Hvorfor oppgave om løsmassetunnel?
 - ▶ Begrenset erfaring i Norge
 - ▶ Økt urbanisering medfører økt kompetansebehov

Innhold

- ▶ Kort om case-studiet
- ▶ Intro løsmassetunnel og jetpeler
- ▶ Løsmassetunnel UDK02
- ▶ Erfaringer UDK02
- ▶ Prosjektering av løsmassetunneler
- ▶ Metode
- ▶ Resultat
- ▶ Foreslått videre arbeid
- ▶ Mine erfaringer
- ▶ Bærekraft

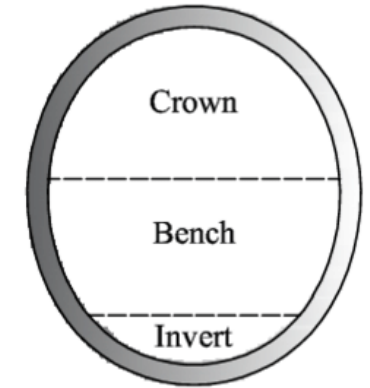
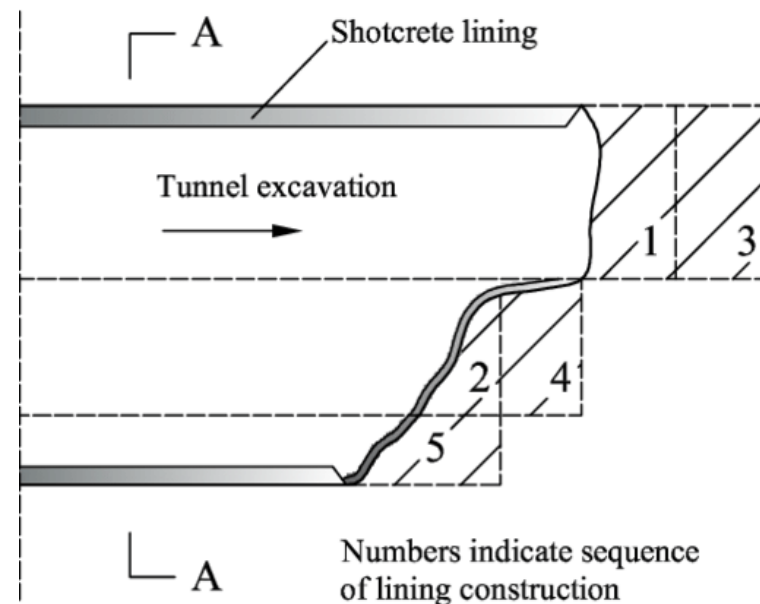
Kort om case-studiet

- ▶ Utbygging Drammen-Kobbervikdalen
- ▶ Entreprise UDK02
- ▶ Dobbeltsporig jernbane
- ▶ 540 meter betongkulvert og 290 meter løsmassetunnel
- ▶ BaneNOR er byggherre
- ▶ Veidekke totalentreprenør



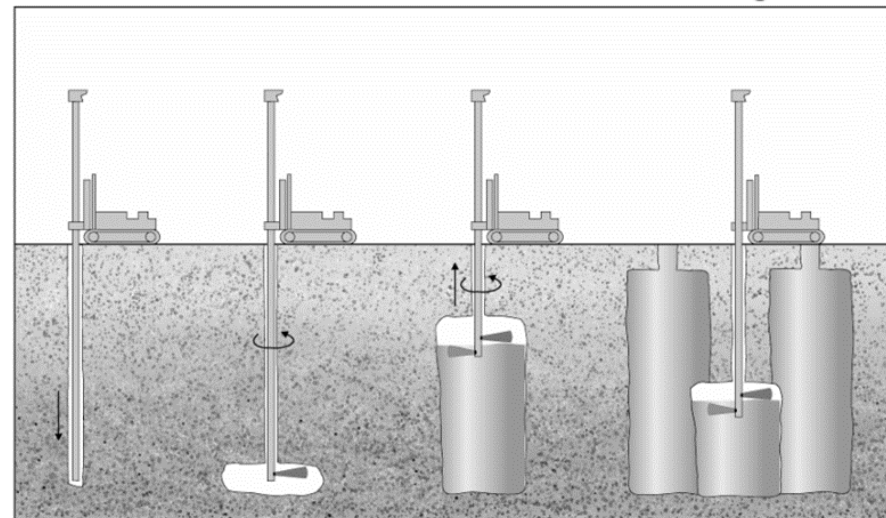
Intro løsmassetunneler og jetpeler

- ▶ Massene “må” forsterkes før utgraving
 - ▶ Injeksjon, jetpeler, rørparaply, frysing...
- ▶ Ulike drivemetoder
 - ▶ NATM, TBM, C&C...
- ▶ Jetpeler
 - ▶ Egenskaper avhengig av prosjektspesifikke forhold



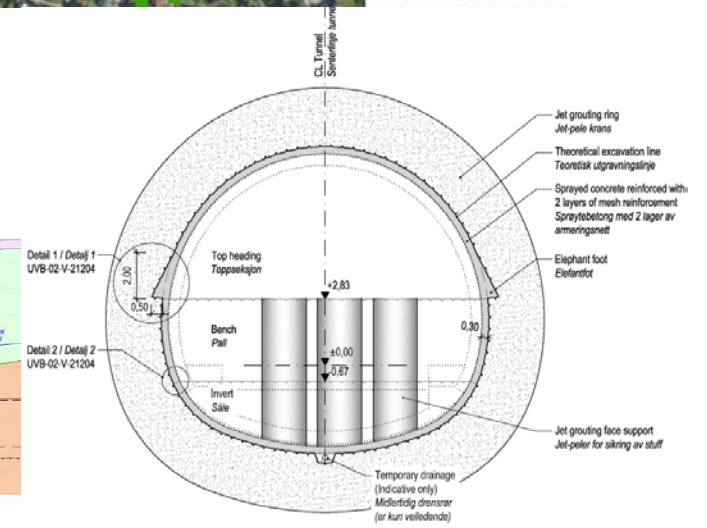
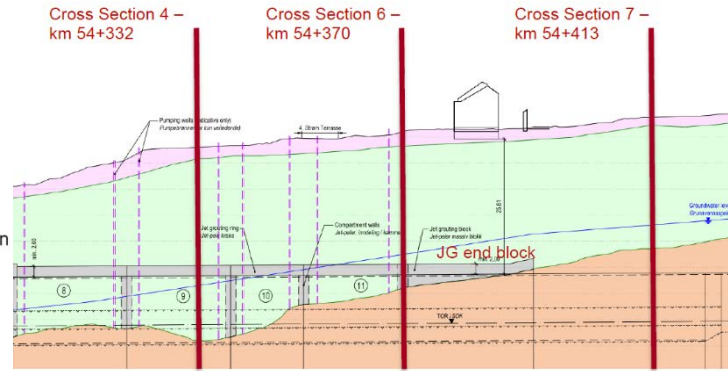
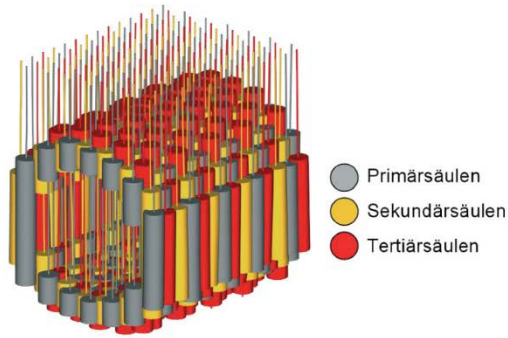
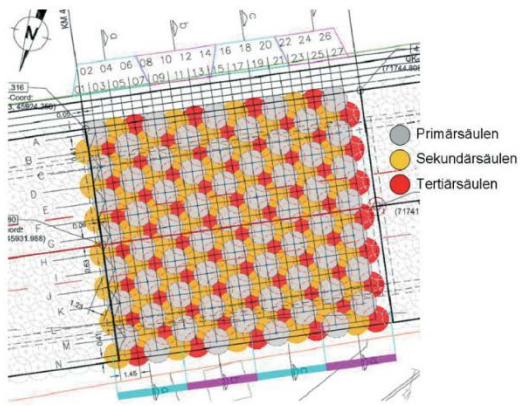
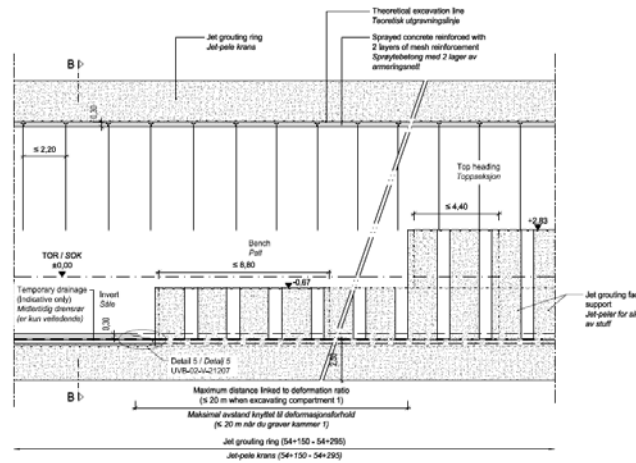
Numbers indicate sequence of lining construction

A-A Section



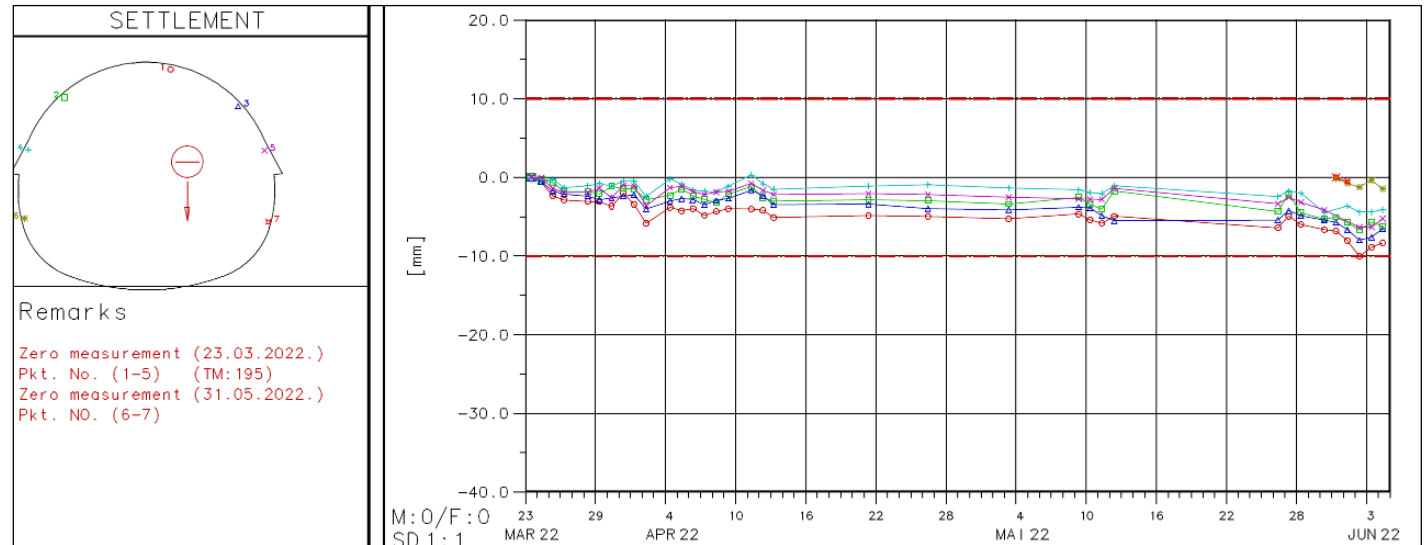
Løsmassetunnel UDK02

- ▶ Viktige forutsetninger:
 - ▶ Konnerudgata kan ikke stenges
 - ▶ Økende overdekning av morene
 - ▶ Grunnvannsnivå skal ikke endres
 - ▶ «Fully-tanked» løsning
- ▶ Løsning: 2-2.5m «midlertidig» jetpelring
- ▶ Sequential excavation method for utgraving
- ▶ Full utstøping for permanent situasjon



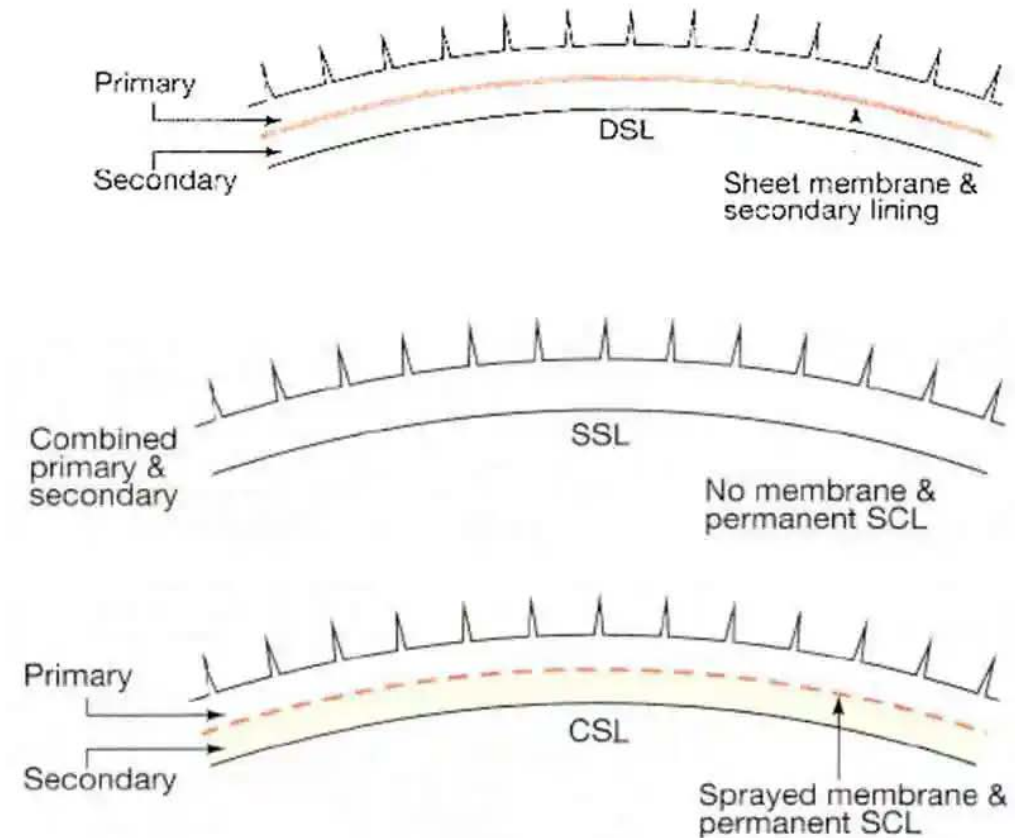
Erfaringer UDK02

- ▶ Tilnærmet vanntett under driving
- ▶ Driving gikk bra
- ▶ Nesten ingen deformasjon
- ▶ Gj.snitt jetpel hadde rel. høy trykkfasthet



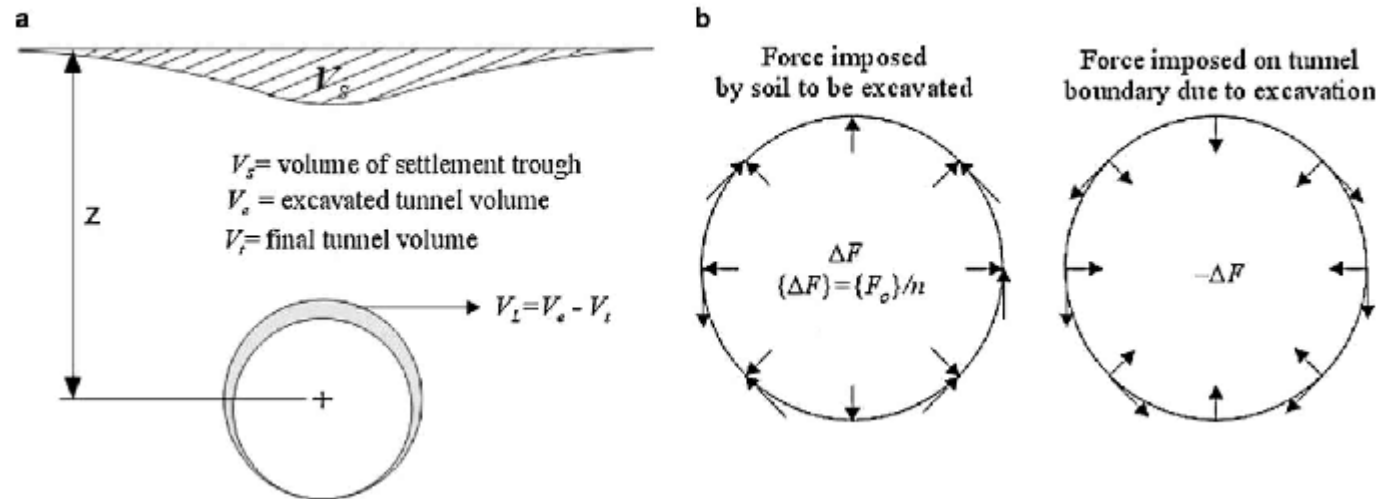
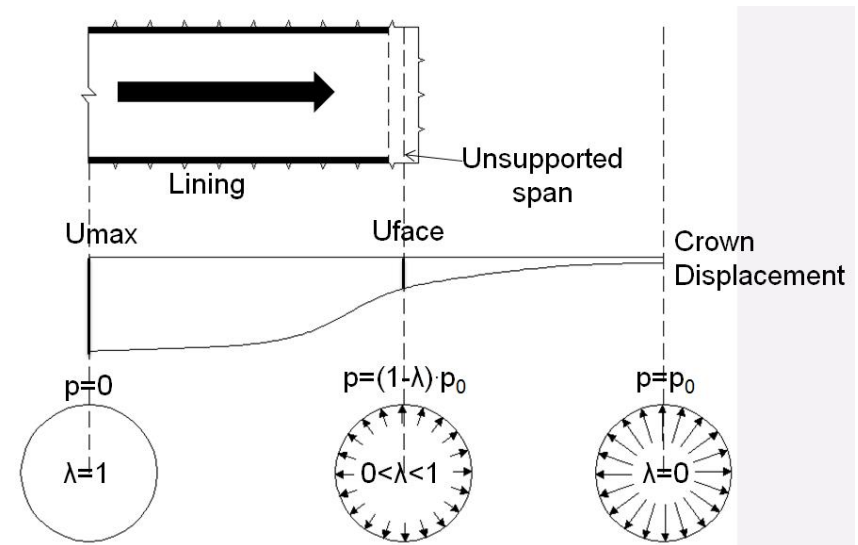
Prosjektering av løsmassetunneler

- ▶ Valg av sikringsmetode
- ▶ Valg av drivemetode
 - ▶ TBM
 - ▶ Konvensjonell
- ▶ Vanntetting
- ▶ Single shell lining
- ▶ Double shell lining
- ▶ Composite shell lining



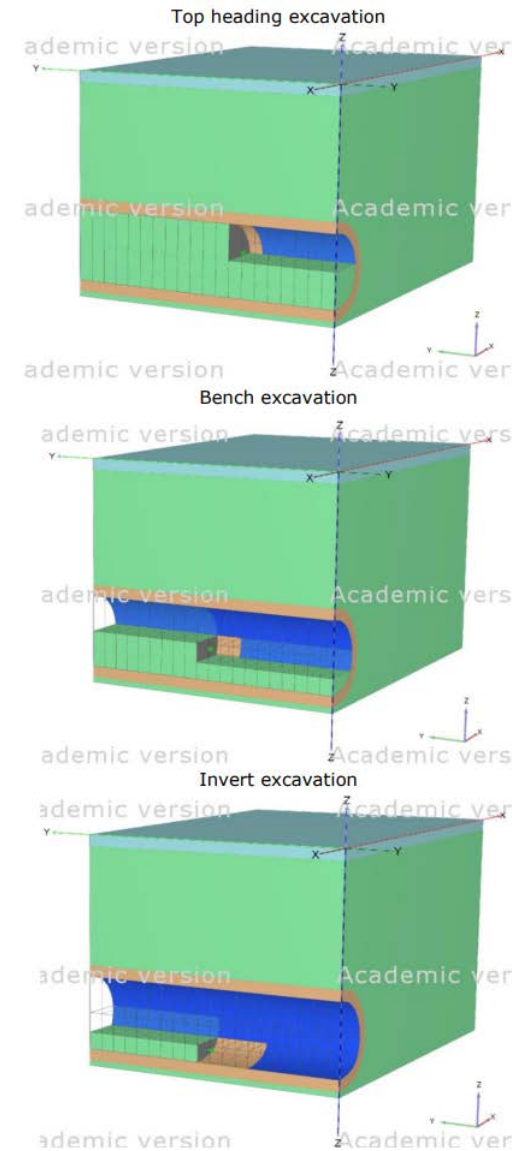
Prosjektering av løsmassetunneler

- ▶ Mange ulike dimensjoneringsmetoder
- ▶ Ingen standard (enda)
- ▶ Beregningsmetoder
 - ▶ FE program
 - ▶ Beam-spring – relativ stivhet
 - ▶ Kombinert løsning
 - ▶ Empiriske metoder
- ▶ Konvergensmetoder
 - ▶ Ett-steg
 - ▶ CCM (konvergensmetode)
 - ▶ Volumtap



Metode

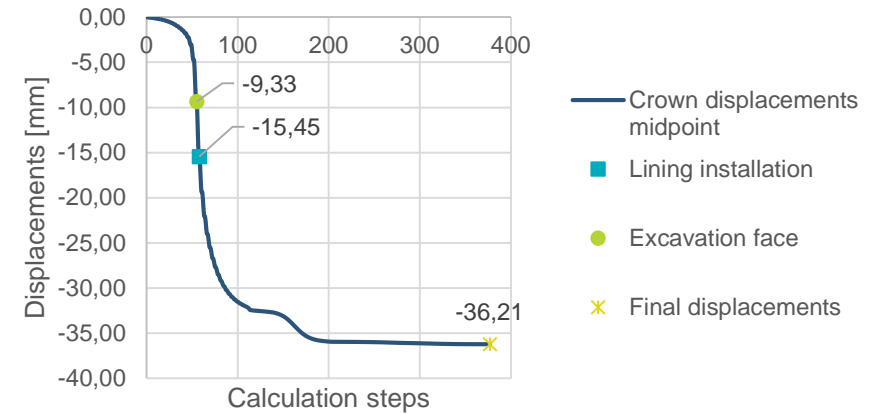
- ▶ Litteraturstudie
- ▶ Benytte tilgjengelig informasjon fra case-studien.
- ▶ Beregninger i Plaxis 2- og 3D.
 - ▶ «Ett-steg»
 - ▶ Kalibrert konvergensmetode – CCM
- ▶ Interface mellom lininger
 - ▶ PVC-membran mot potensiell sprøytemembran
- ▶ Ulike materialmodeller
 - ▶ Degradering for å se på spenningsoverføring
 - ▶ Redusert permanent strukturelt bidrag?



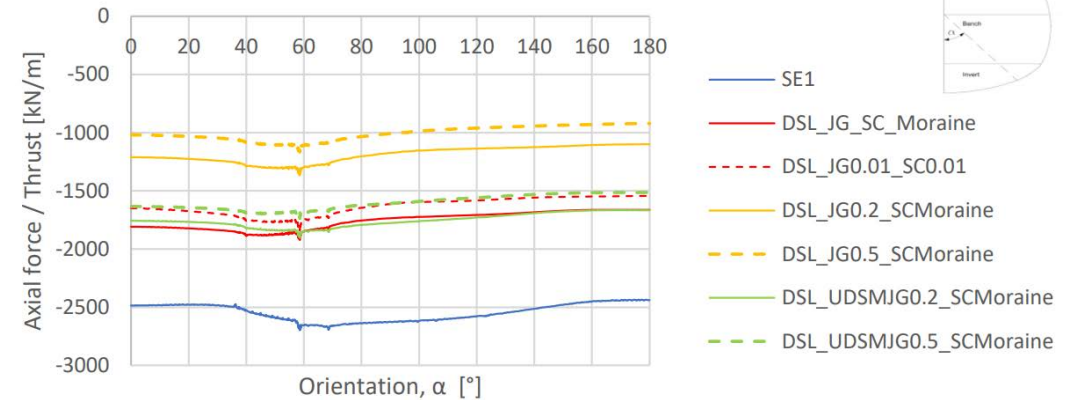
Resultat

- ▶ Større deformasjoner i beregninger enn de målte deformasjonene
- ▶ 3D-modell og kalibrert 2D-modell viser lignende resultater
 - ▶ Effektivt med innledende 3D-beregning
- ▶ Komposittvirkning endrer fordeling av aksialkrefter
 - ▶ Gav stedvis økte moment- og aksialkrefter i indre lining
- ▶ Ett-steg metode gir større krefter enn konvergensmetode
 - ▶ Bevis at avspenning og etablering av trykkbue i morene
- ▶ Bruk av delvis degraderte jetpel-konstruksjon gir reduserte krefter i permanent lining
- ▶ Økt stivhet i jetpelring → større krefter

Deformasjoner i heng



Thrust diagram secondary lining



Foreslått videre arbeid

- ▶ Verifisering av jetpelers permanente strukturelle bidrag
 - ? Kan jetpelers kapasitet brukes til permanent tunneldesign?
- ▶ Evaluere ulike numeriske metoder
 - ? Hvilken metode gir optimalisert løsning?
- ▶ Tilbakeregning for å sammenligne med faktiske deformasjoner
 - ? Hvilke designparametre bør brukes for jetpeler
- ▶ Bruk av sprøytemembran mellom to sprøytebetonger
 - ? Kostnadsbesparelse på gjennomføring?
 - ? Kan dette da regnes med full heft for å bedre ta opp krefter?
- ▶ Korrosjon av midlertidig lining
 - ? Tvangskrefter som følge av ekspansjon?



JRC TECHNICAL REPORTS

Standardisation needs for the design of underground structures

Authors:

A. Athanasopoulou, A. Bezuijen, W. Bogusz, D. Bournas, M. Brandtner, A. Breunese, U. Burbaum, S. Dimova, R. Frank, H. Ganz, U. Grunicke, H. Jung, A. Lewandowska, G. Nuijten, A. Pecker, S. Psomas, K. Roessler, A. Sciotti, M.L. Sousa, H. Stille, D. Subrin

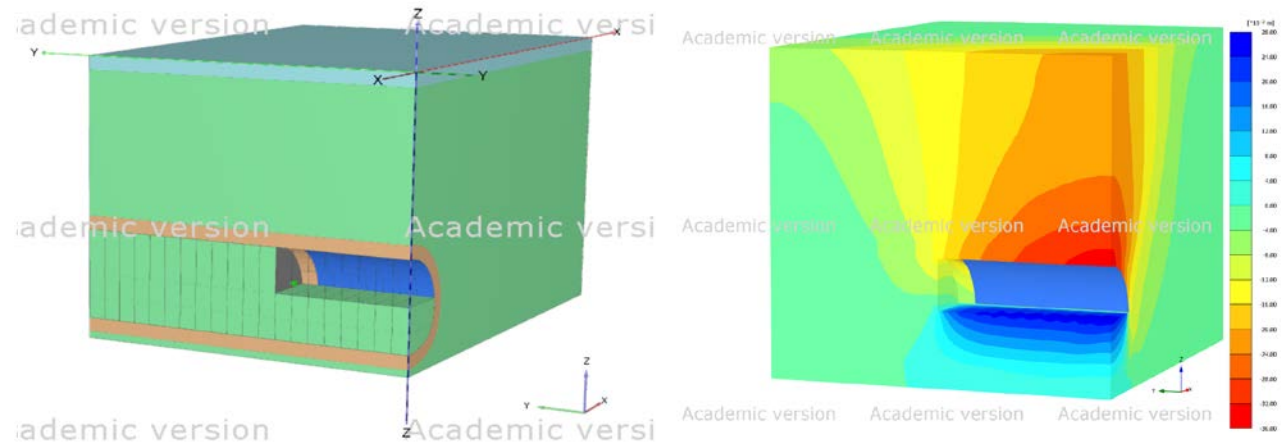
Editors:

A. Athanasopoulou, W. Bogusz, D. Bournas, S. Dimova, R. Frank, M.L. Sousa, A. Pinto

2019

Erfaringer fra masteroppgaven

- ▶ Forenklet 3D → deformasjon → 2D full beregning
 - ▶ Mer reelt enn «ett-steg» metoden
- ▶ Modellere nedbryting av betong for spenningsoverføring
 - ▶ Styrke vs. re-etablering av likevekt
 - ▶ Dette kan medføre stor reduksjon i kostnader og klimautslipp
- ▶ Plaxis bugs (mesh og interfaces)
 - ▶ Omfattende modellering krever programforståelse



Bærekraft

- ▶ Bruk av betong og stål er normalt svært høyt for en løsmassetunnel
- ▶ Optimalisert design av sikringssystemet for løsmassetunneler
- ▶ Verifisering av eksempelvis jetpel og sprøytebetong sitt permanente bidrag
- ▶ Fremtidig standard å støtte seg på



Takk for oppmerksomheten!