

Eksempler på bruk av data fra kjerne logging for ingeniørgeologiske beregninger og vurderinger

Martin Flåten
Ingeniørgeolog, Sweco

Vårsleppet 2021
11.03.2021

Innhold

- Anvendelsesområder for kjerneboring ved ingeniørgeologiske problemstillinger
- Eksempler på bruk av kjerneboring i samferdselsprosjekter
 - E6 Kvithammar – Åsen
 - Bybanen
 - Skarvberg tunnelen
- Generelle betraktninger

Anvendelsesområder/problemstillinger

Prosjektfase/detaljeringsgrad

	Prosjekt/kjerneboring									
Hensikt/problemstilling	Skarvberg-tunnelen	E6 KÅ BH-A	E6 KÅ BH-D	E6 KÅ BH-E	E6 KÅ BH-F	E6 KÅ BH-G	E6 KÅ BH-H	E6 KÅ Sonic	Bybanen Haukeland	Bybanen Kristianborg
Gjennomførbarhet					x	x	x	x	x	
Alternativsvurdering		x			x	x		x		
Kartlegge svakhetssoner	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Kartlegge bergartsgrenser				x						
Laboratorietesting		x	x	x		x			x	x
Spenningsmålinger									x	
Inngangsparametere til modellering	x								x	x
Estimat av bergmassekvalitet/mengdeanslag (representativ bergmasse)		x	x							
Prosjektering av innlekkasjekrav og injeksjonsomfang (permeabilitet)		x	x	x					x	x
Prosjektering av drivemetoder med liten/ingen bergoverdekning								x		
Detaljprosjektering av stabilitetssikring	x								x	x

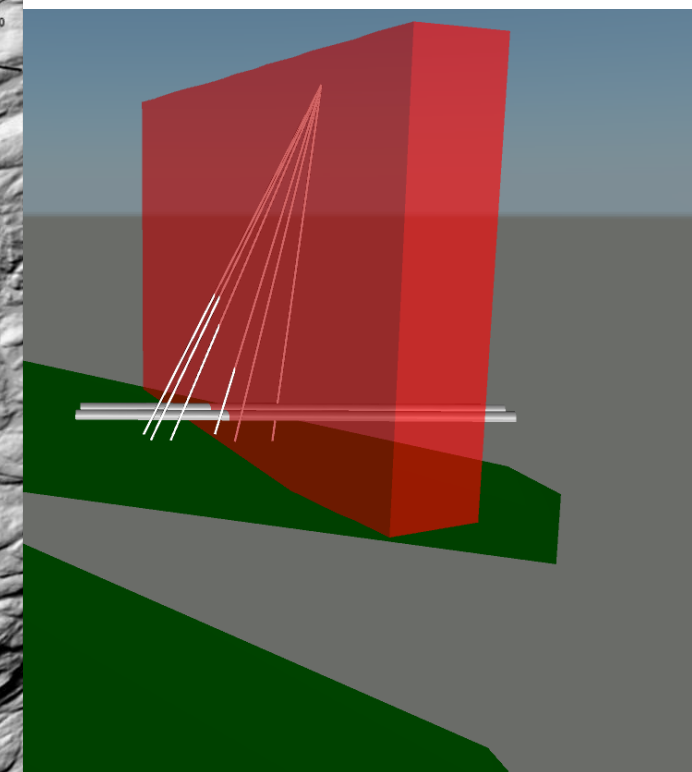
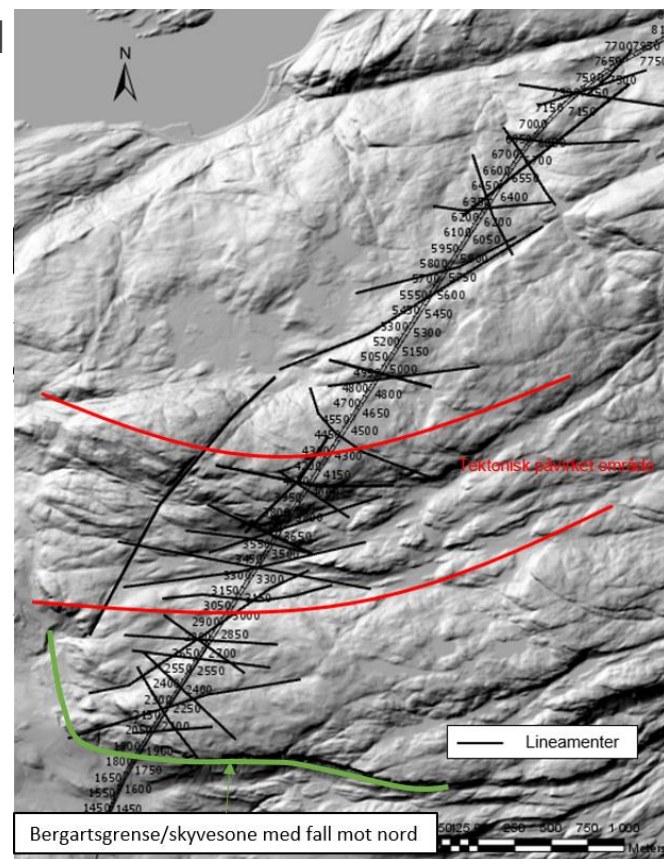
E6 Kvithammar - Åsen

- 19 km ny E6 mellom Kvithammar og Åsen i Stjørdal og Levanger kommune
- 5 dobbeltløp tunneler
- 8 stk kjerneboringer + 4 stk kjerneboringer med Sonic rigg
- Eksempler fra BH-E og Sonic

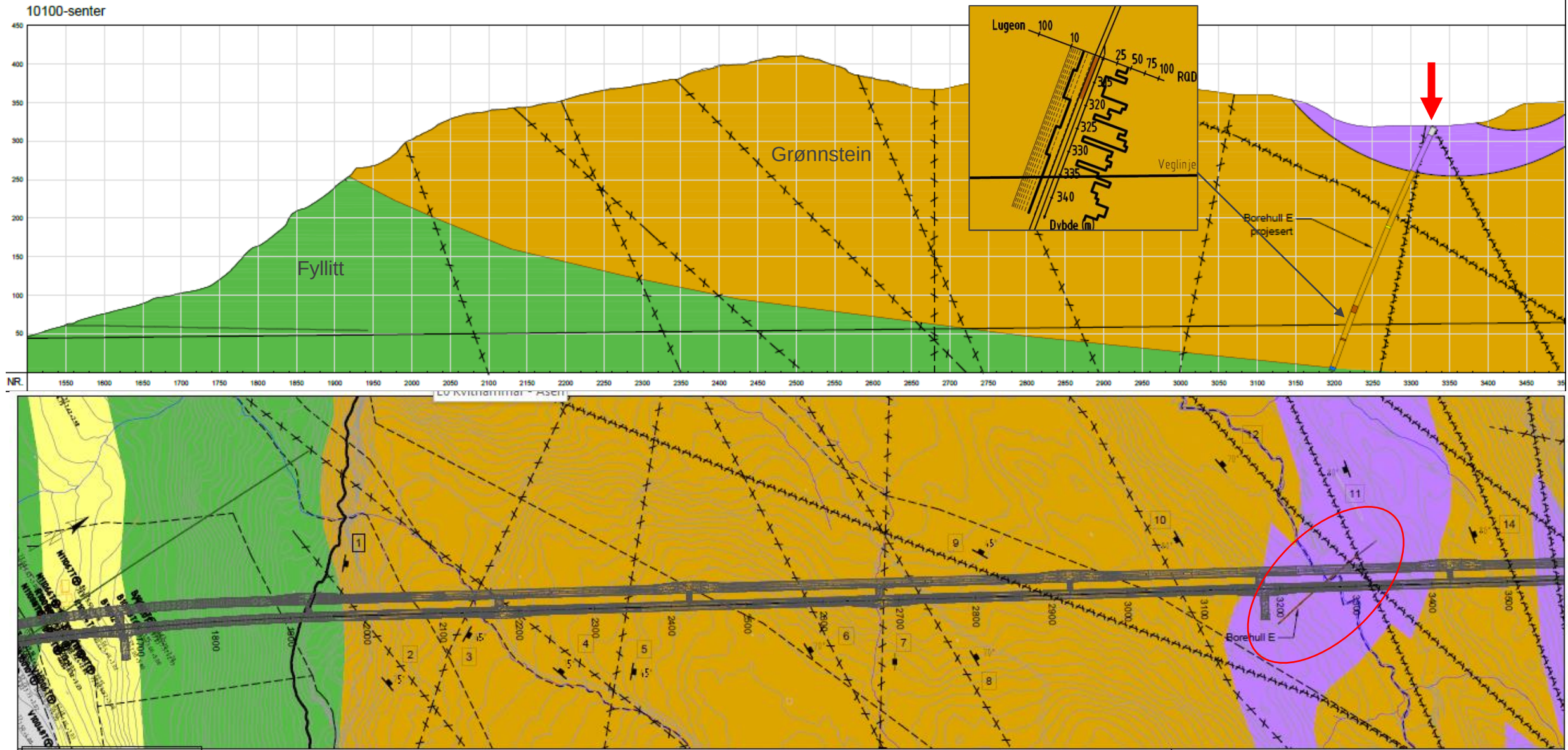


BH-E: Kartlegging bergartsgrenser og svakhetssoner

- Lengde 360 m, Vinkel 60 grader med horisontal
- Tidlig fase. Gjennomførbarhet.
- Kritisk punkt dersom svakhetssonene i Seterkleiva krysset skyvesonen i tunnelnivå
- Viktig å kartlegge fordeling mellom fyllitt og grønnstein i tunnelnivå mtp driveforhold, stabilitet og anvendelse av stein.
- Tolket geologi på forhånd
 - Svakhetssoner
 - Skyvesone
 - Synklinal
- Enkle 3D modeller for visualisering og planlegging
- Vanntapsmålinger: moderat permeabilitet
- Laboratorietesting: borbart, egnethet til vegformål og svelleegenskaper



BH-E: Kartlegging bergartsgrenser og svakhetssoner



BH-E: Gevinster og begrensninger

Gevinster:

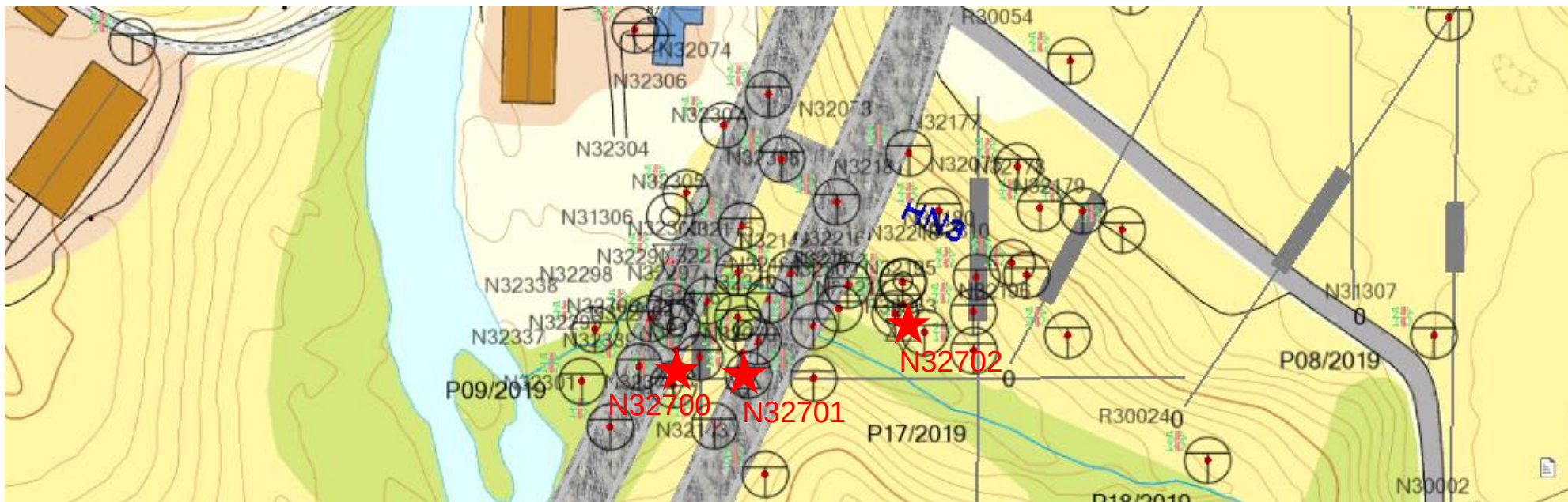
- Kartlegging av bergartsgrense. Viktig for prosjektering, beskrivelse og mengder samt anvendelse av steinmateriale.
- Bekreftet at skyvesone ikke krysser svakhetssoner ved Seterkleiva i tunnelnivå. Viktig for gjennomførbarhet.
- Informasjon om bergmasse og karakter av svakhetssoner
- Prøver til testing i laboratorium: Borbarhet, egnethet til vegformål, svelleegenskaper.

Begrensninger/utfordringer:

- Vanskelig å vite når boring bør avsluttes mtp kartlegging av bergartsgrense.

Sonic

- Sonic: Boring ved bruk av vibrasjoner i gitt frekvens. Rigger har utstyr som muliggjør prøvetaking i løsmasser og berg.
- Områder over tunnel med liten bergoverdekning og store variasjoner i bergoverflate (stort relief).
- Avbøyning, skrens og knekte borstenger ved totalsondering førte til usikkerhet i bergnivå.
- Nødvendig å bestemme nøyaktig nivå for bergoverflate.
- Nødvendig å kartlegge både bergmasse og løsmasser for evt. stabilisering.



Sonic GD5.5"

- Vertikale hull
- Foringsrør til berg. OD=142 mm , ID=107 mm.
- Innvendig permanent casing. PVC Ø90.
- Kjernediameter berg 42 mm.
- Analyser i lab av løsmasser: kornfordelingskurve, vanninnhold og konus.
- Innmåling av hele borehullet med gyro.



N32700 18,16 – 23,16 m

Sonic – Gevinster og begrensninger

Gevinster:

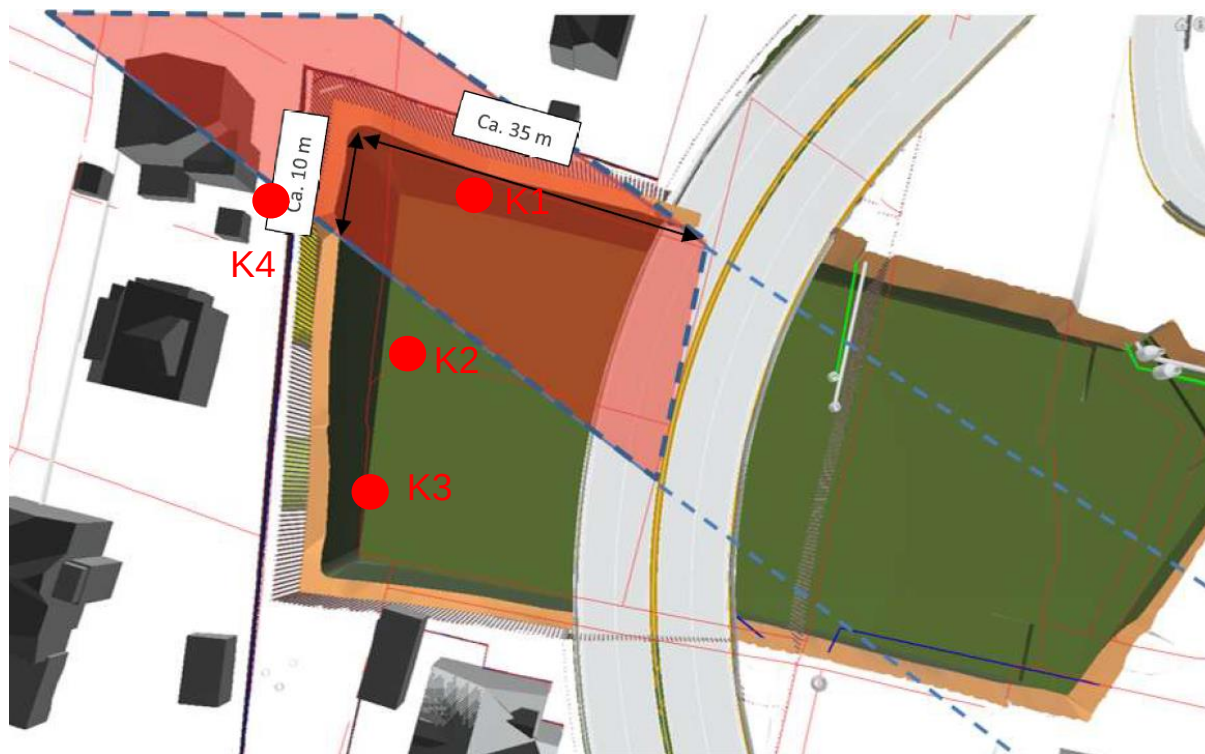
- Kjernefangst i berg og løsmasser. Viktig informasjon for prosjektering av drivemetode med svært liten bergoverdekning.
- Presis innmåling av bergoverflate i kritiske områder for tunnelen.
- God mobilitet gir mulighet til flere boringer i samme område.
- Lavere kostnader enn tradisjonell kjerneboring.

Begrensninger/utfordringer:

- Sårbart ved dårlig bergmassekvalitet. Liten kjernediameter.
- Lettere utstyr enn tradisjonell kjerneborerigg.

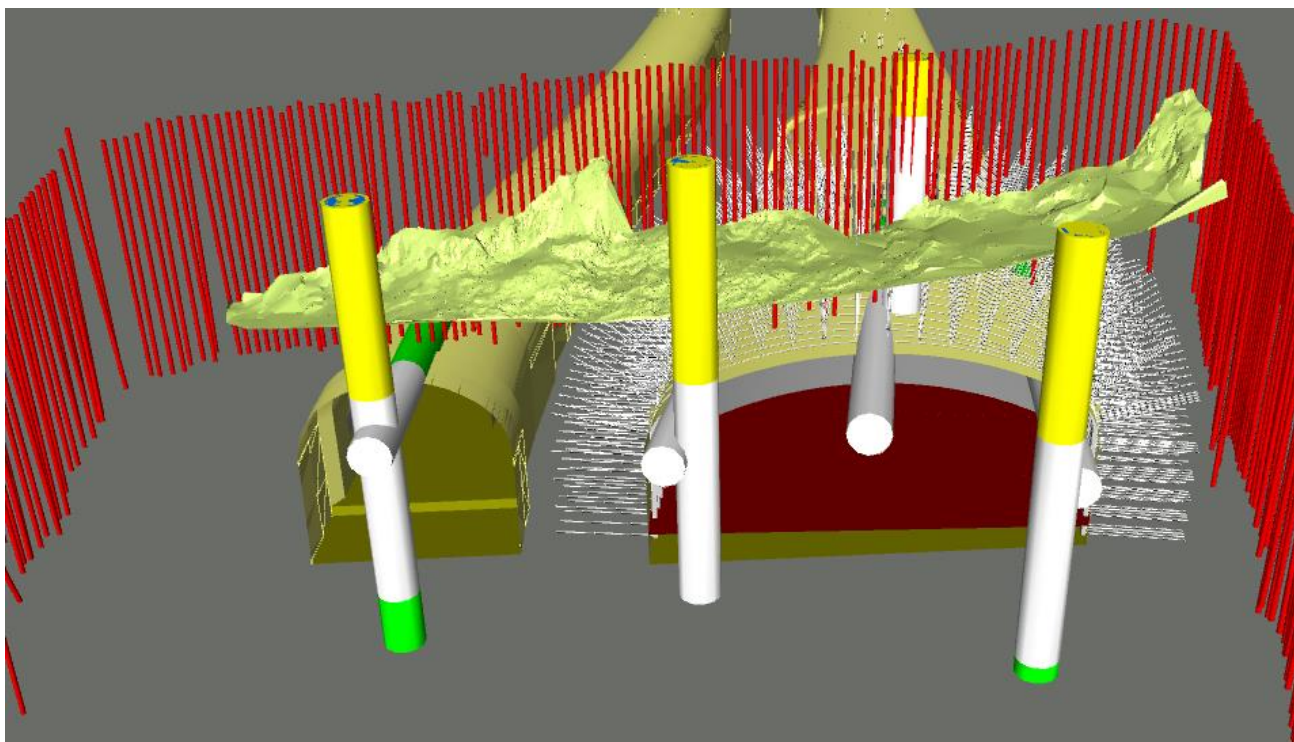
Bybanen i Bergen - Kristianborg

- Påhugg Løvestakktunnelen (banetunnel + gang/sykkeltunnel)
- 4 stk. vertikale kjerneborehull i prosjekteringsfase for å klassifisere bergmassens egenskaper, kartlegge dybde til berg samt undersøke karakteren på en lavhastighetssone identifisert fra refraksjonsseismikk



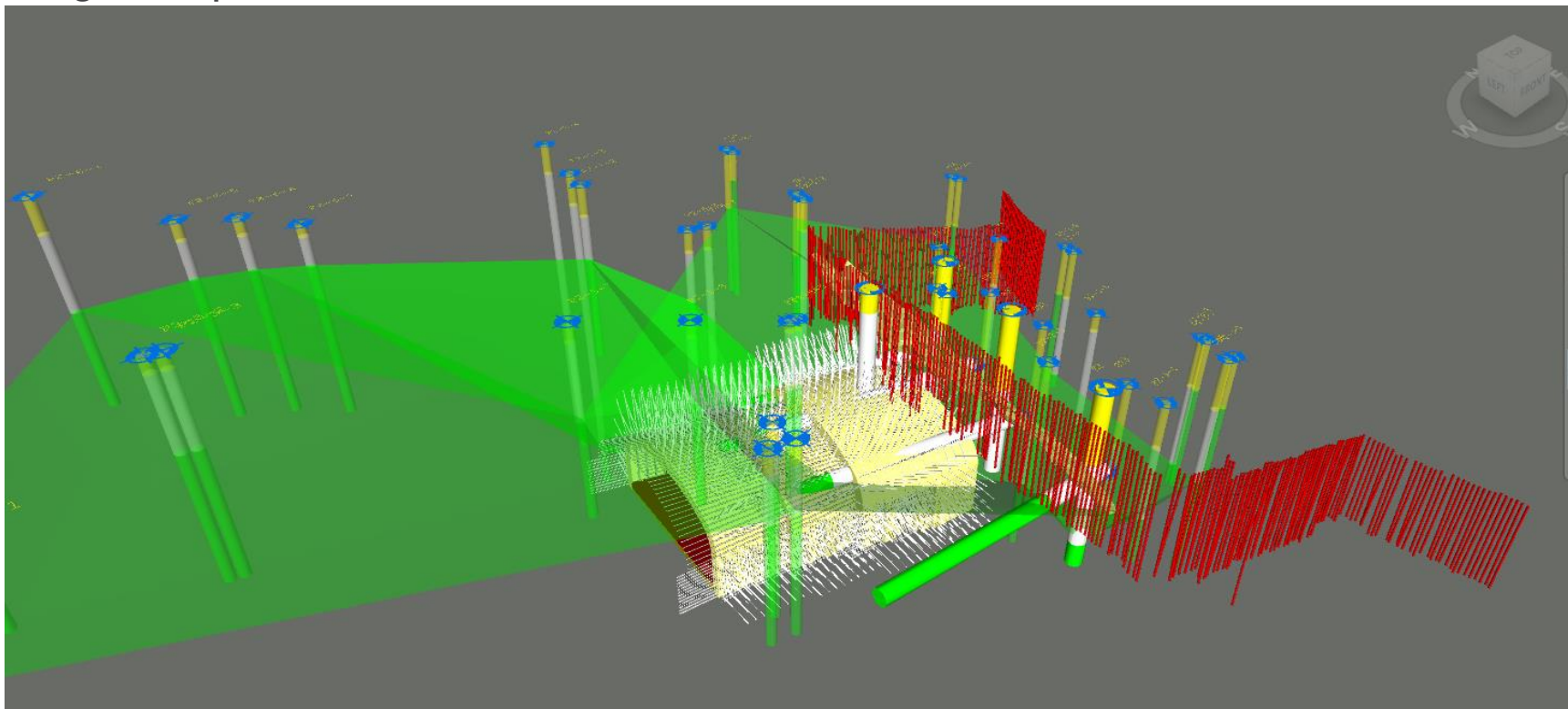
Bybanen i Bergen - Kristianborg

- 4 stk. horisontale kjerneborehull fra påhuggsflaten etter at forskjæringen var tatt ut (121 m kjerner). Formål å kartlegge bergmassens egenskaper samt utbredelse av svakhetssoner for å prosjektere stabilitetssikring.



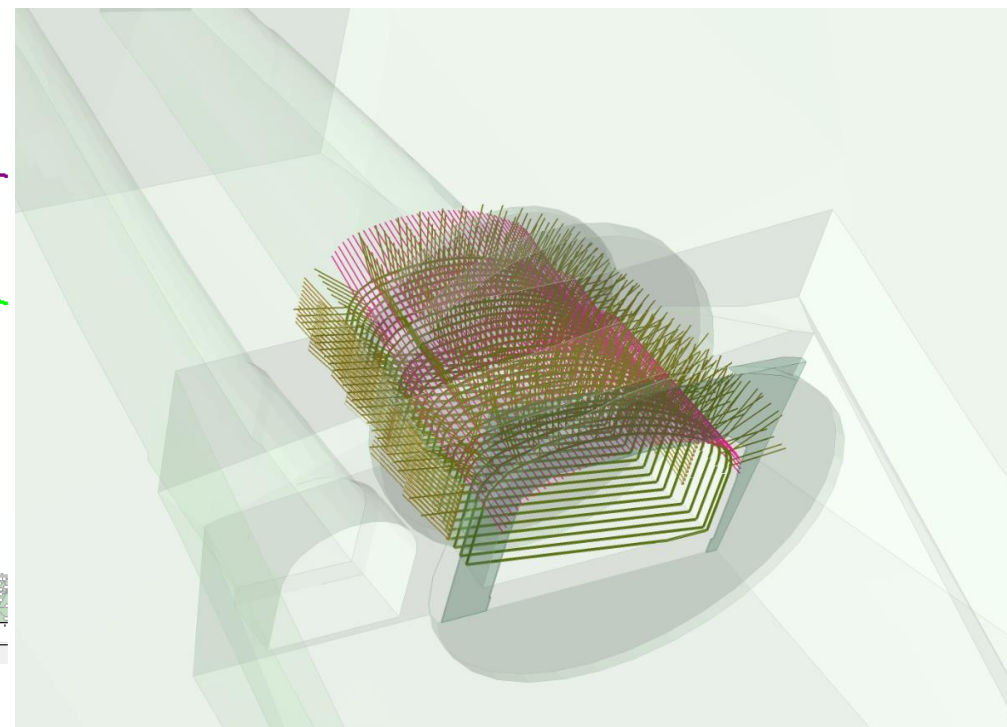
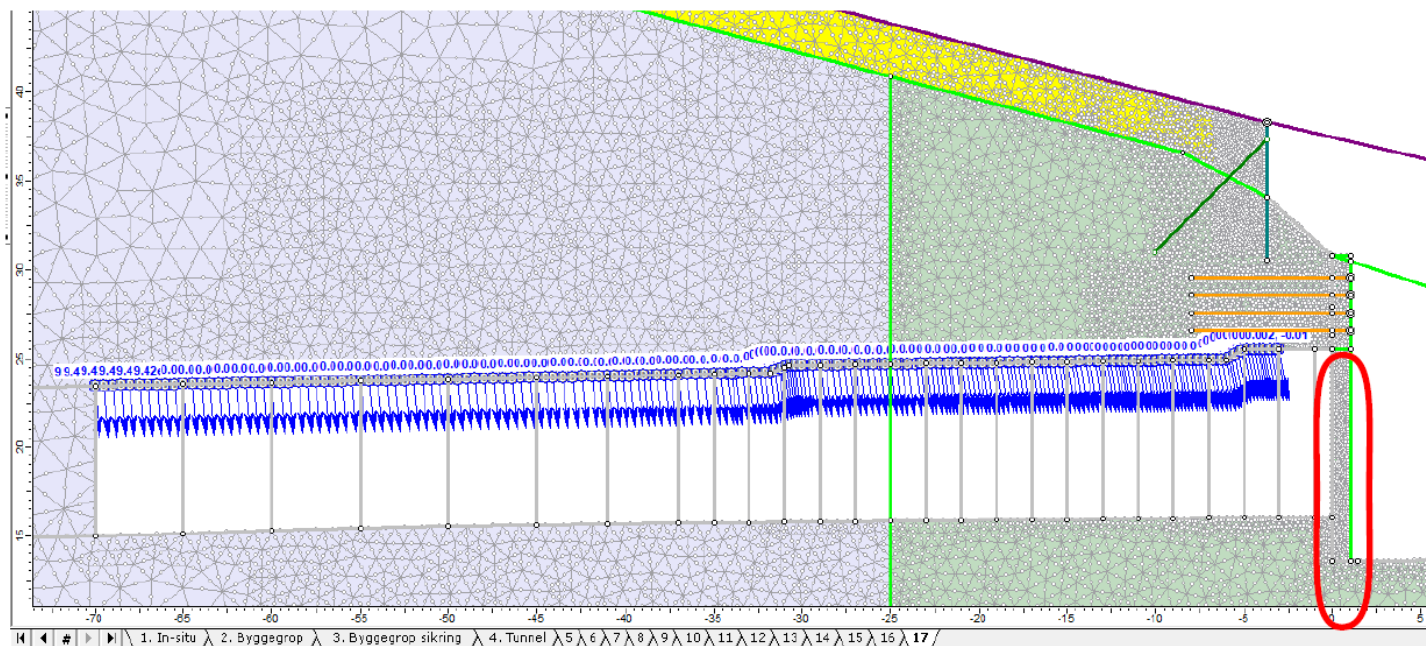
Bybanen i Bergen - Kristianborg

- Geologisk modell basert på kjerneboringer
- Laboratorieundersøkelser fra flere lengder i alle fire horisontale kjerneborehull. Testet mekaniske egenskaper.



Bybanen i Bergen - Kristianborg

- Geologisk modell sammen med resultater fra laboratorieundersøkelser benyttet som grunnlag for numerisk analyse, RS2 og RS3
- Modell i RS2 for å dimensjonere betongbjelke med stagforankring.
- Numerisk analyse benyttet til å verifisere plan for detaljsikring: rørskjerm, radielle bolter og gitterdragere. Detaljert prosjektering av sikring med stikningsdata for å unngå konflikt med spunt, rørskjerm og bolter.



Kristianborg – gevinster og begrensninger

Gevinster:

- Informasjon om bergmassekvalitet i tidlig fase å øke nøyaktighet i prosjektering og beskrivelse.
- God informasjon om bergmassen og bidrag til å forstå geologien i kritisk område av tunnelen. Viktig for detaljprosjektering av stabilitetssikring.
- Bidrag til inngangsparametere til numerisk modellering.

Begrensninger/utfordringer:

- Kjernetap ved veldig dårlig berg.
- Behov for stort omfang for å få oversikt over kompleks geologi.
- Fremdrift. Budsjett. Adkomst.

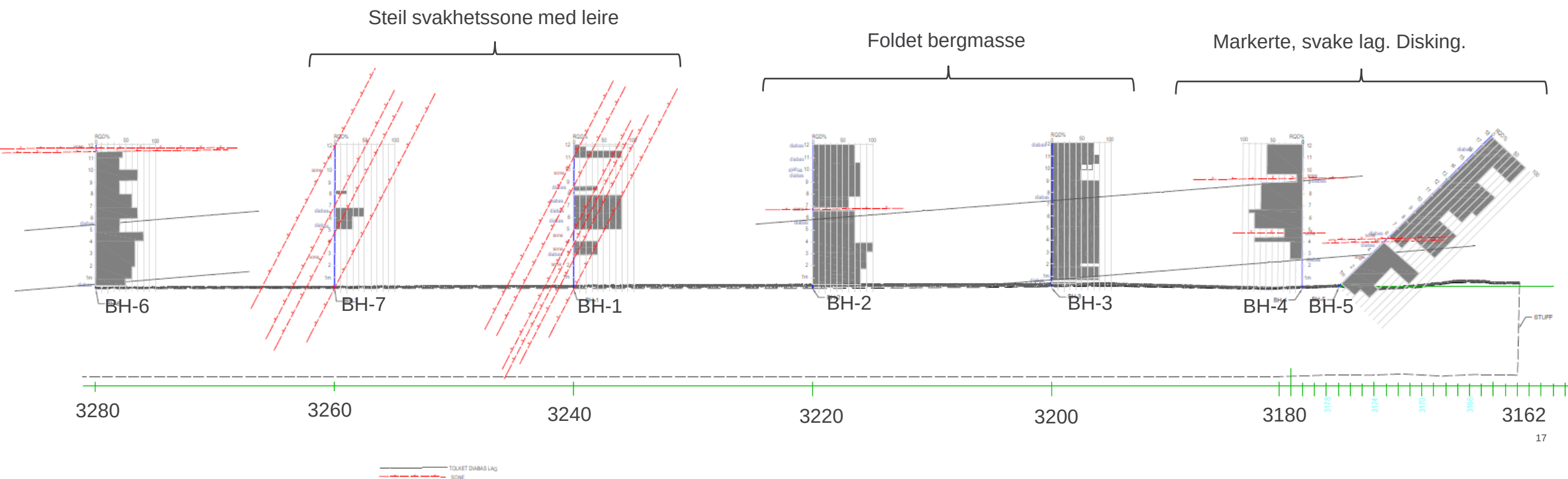
Skarvberg tunnelen i Finnmark

- Stabilitetsproblemer i tunnel under driving.
Brudd i installert bergsikring inn mot stoff.
- Metasandstein med horisontal lagdeling.
Stiv bergart med markerte sprekkeplan etter lagdeling.
- Lite informasjon om bergmassen over tunnelen
på grunn av at tunnelen følger lagdelingen.
MWD-data gav ikke tilstrekkelig informasjon.



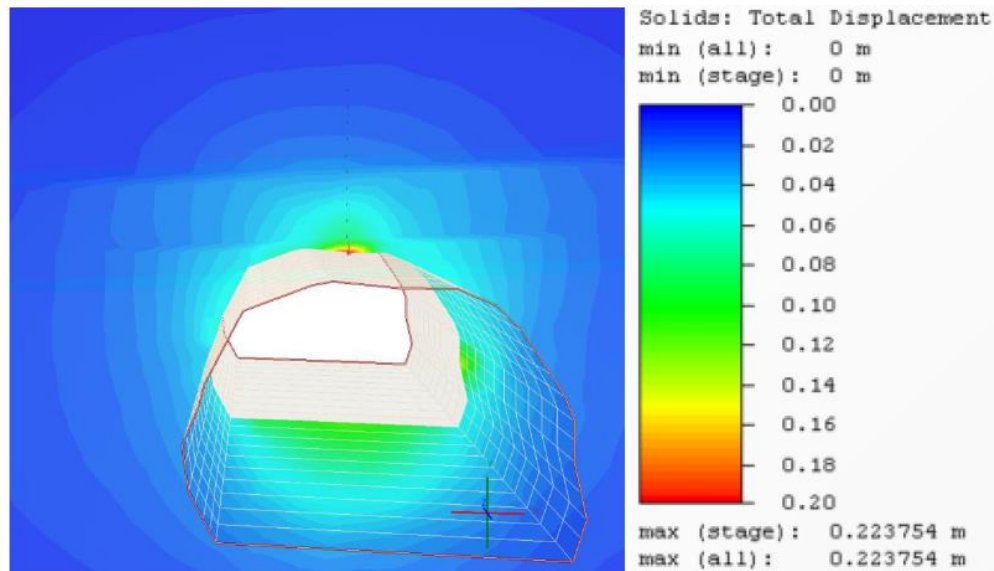
Skarvbergtunnelen i Finnmark

- 6 stk. vertikale og 1 stk. skrått kjerneborehull i heng. Lengde 12-18 m.
- Hensikt å undersøke bergmassen over tunnelheng for å undersøke bruddmekanismer og prosjektere videre sikring.
- Hovedsakelig samme oppsprekking over tunnelheng som observert på stoff.

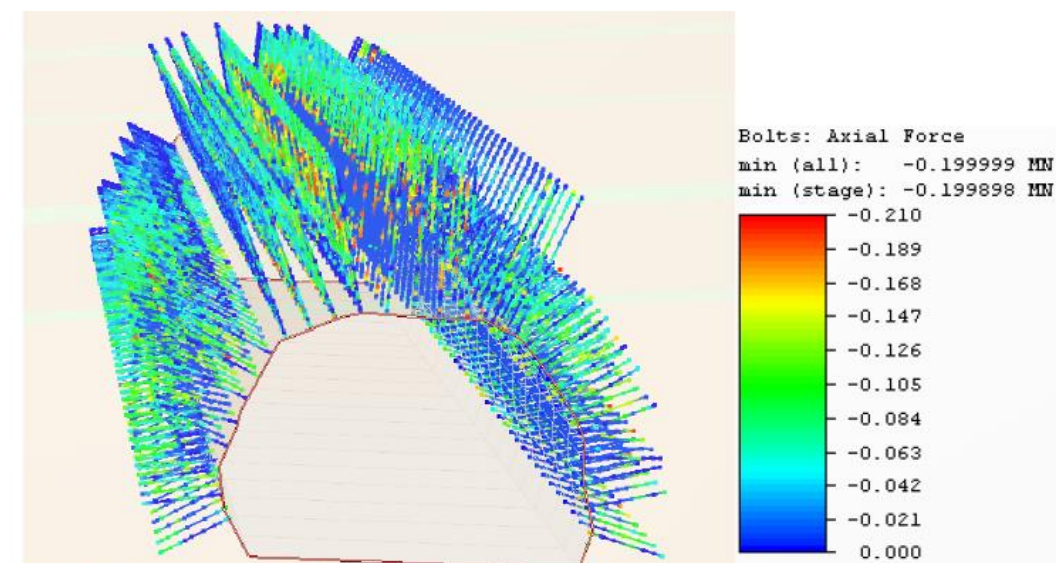


Skarvbergtunnelen

- Data fra kjernelogging benyttet som bidrag til inngangsparametere i numerisk modellering RS3
- To modeller: én modell kalibrert for å gjenskape bruddmekanismene og én modell for å kontrollere prosjektert sikring.
- Resultater fra modelleringen viser et plastisk område med deformasjoner og brudd nærmeste ca. 4 m fra tunnelheng. Dette samsvarer med utbredelse av diskning første 4 m av BH-4.



Figur 10. Total deformasjoner i berget.



Figur 4. Beregnede aksielle krefter i bolter. Modell 3.

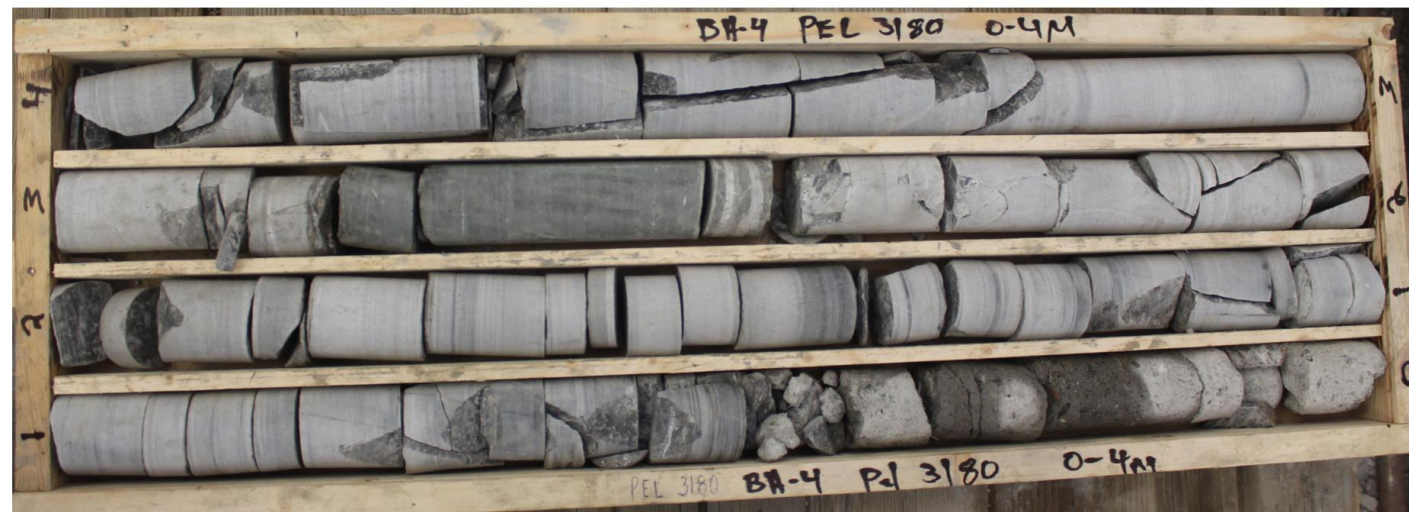
Skarvbergtunnelen – Gevinster og begrensninger

Gevinster:

- Oversikt over bergmassekvalitet og potensielle bruddmekanismer over tunnel på tross av flat lagdeling. Nødvendig å forstå bruddmekanismene for å prosjektere stabilitetssikring.
- Informasjon for å øke nøyaktighet til inngangsparametere i numerisk modellering.

Begrensninger/utfordringer:

- Skalaeffekter



Generelle betraktninger

- Kjerneboring har svært mange forskjellige anvendelsesområder avhengig av problemstilling.
- Viktig med nøyaktig innmåling for å ha kontroll på plassering og retning.
- Plassering, orientering, vinkel og lengde må optimaliseres for best mulig utbytte.
3D modeller kan være nyttig i planleggingen.
- Planlegge for å innhente og nyttiggjøre all informasjon fra loggene. Også med tanke på eventuelt senere prosjektfaser.
- Prøver av alle deler av kjerneborehullet er nyttig for laboratorietesting og beskrivelse, også godt berg.
- Godt verktøy for å bekrefte gjennomførbarhet og vurdere alternativer i tidlig fase.
- Tilstrekkelig informasjon i kritiske områder reduserer usikkerheten i prosjektet med tanke på fremdrift og kostnad.

