

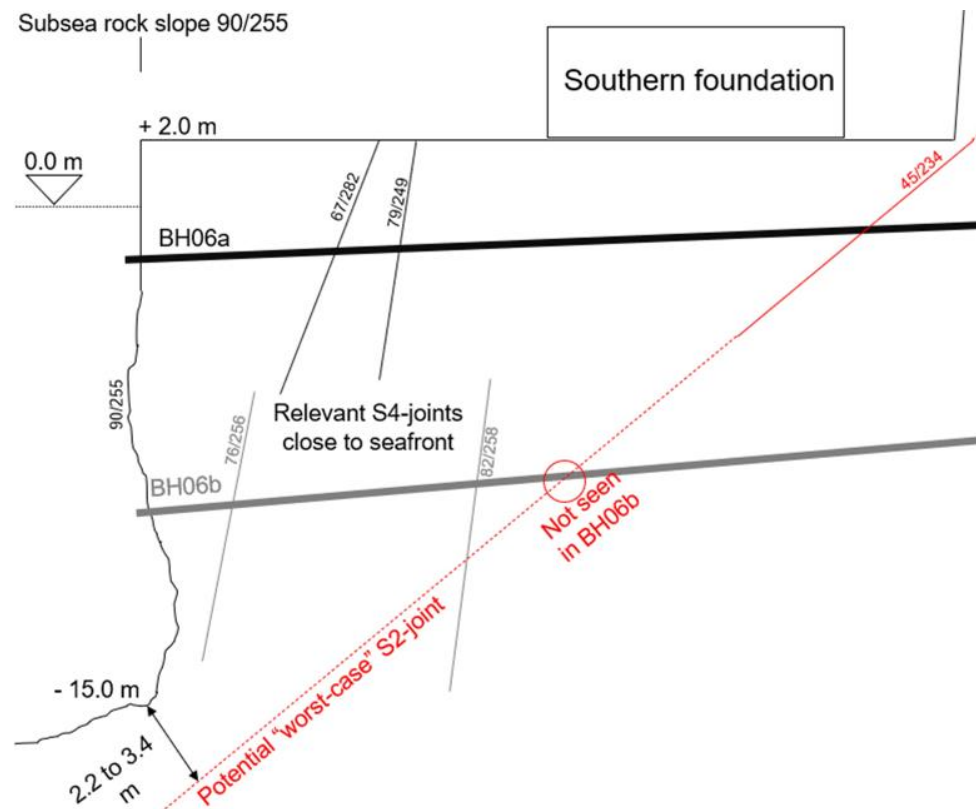


# Borhullstomografi

Praktisk eksempel på anvendelse av seismikk for vurdering av strukturelt betinget stabilitet

# Introduksjon til problemstilling

- ▶ **Prosjekt:** Rv. 555 Sotrasambandet – Nye Sotra bru
- ▶ **Case:** Stabilitet av tårnfundament, Drotningsvik
- ▶ **Bakgrunn og hensikt:**
  - ▶ Identifisering av mulig bruddplan under detaljprosjektering (ref. modellutsnitt og lengdeprofil).
  - ▶ Krav til supplerende grunnundersøkelser i byggefasen for å adressere restrisiko.



# Steg i byggefasen

- ▶ 1) Aug.-sept. 2023 (kote + 33-28)
- ▶ 2) Okt. 2023 (kote +22)
- ▶ 3) Des. 2023 (kote +12)
- ▶ 4A) Feb.-mar. 2024 (kote +2)
- ▶ 4B) Mar. 2024 (kote +2)
- ▶ 4C) Mar.-apr. 2024 (kote +2)

Steg 1



Steg 2

Steg 4A



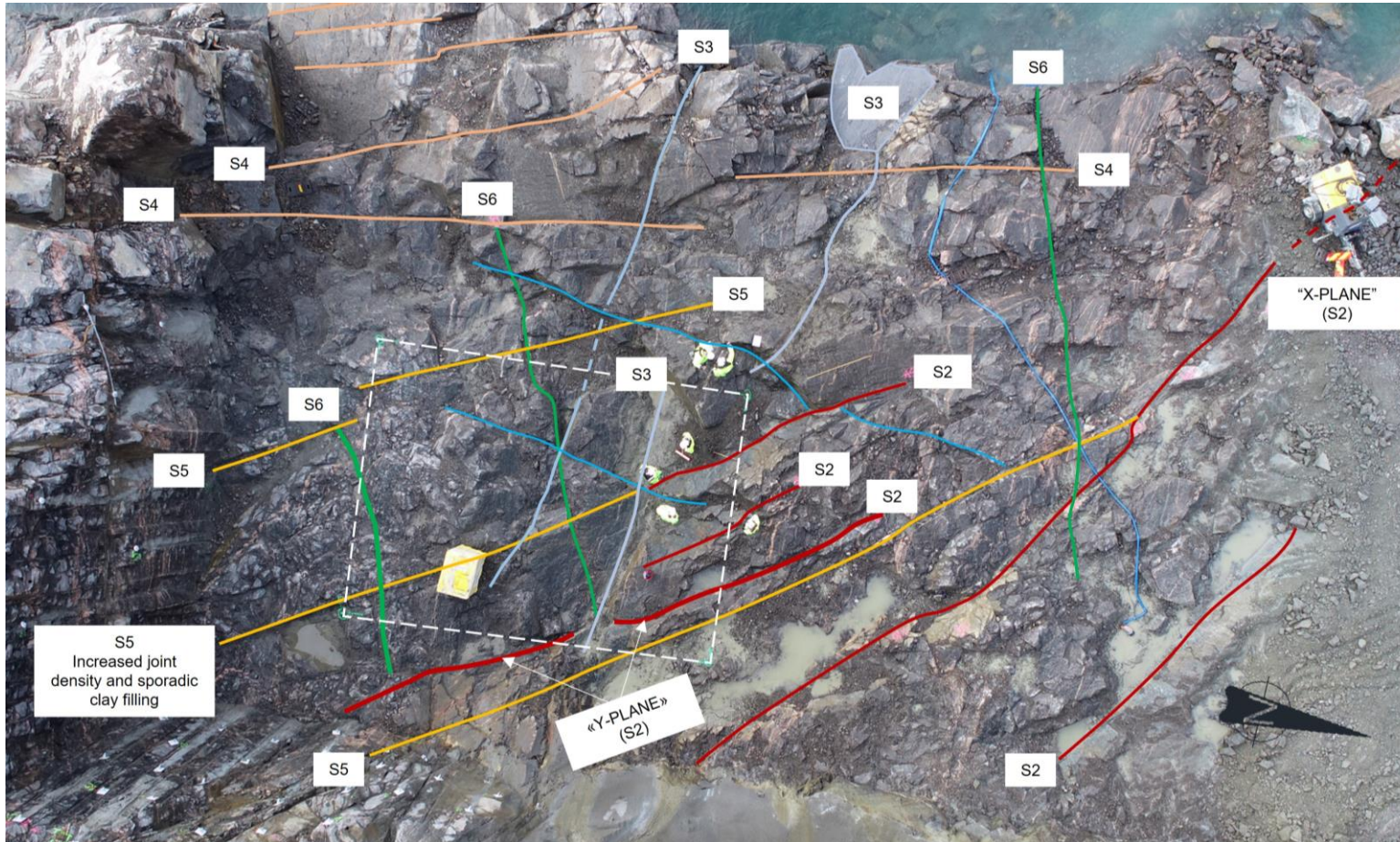
Steg 3

Steg 4B



Steg 4C++

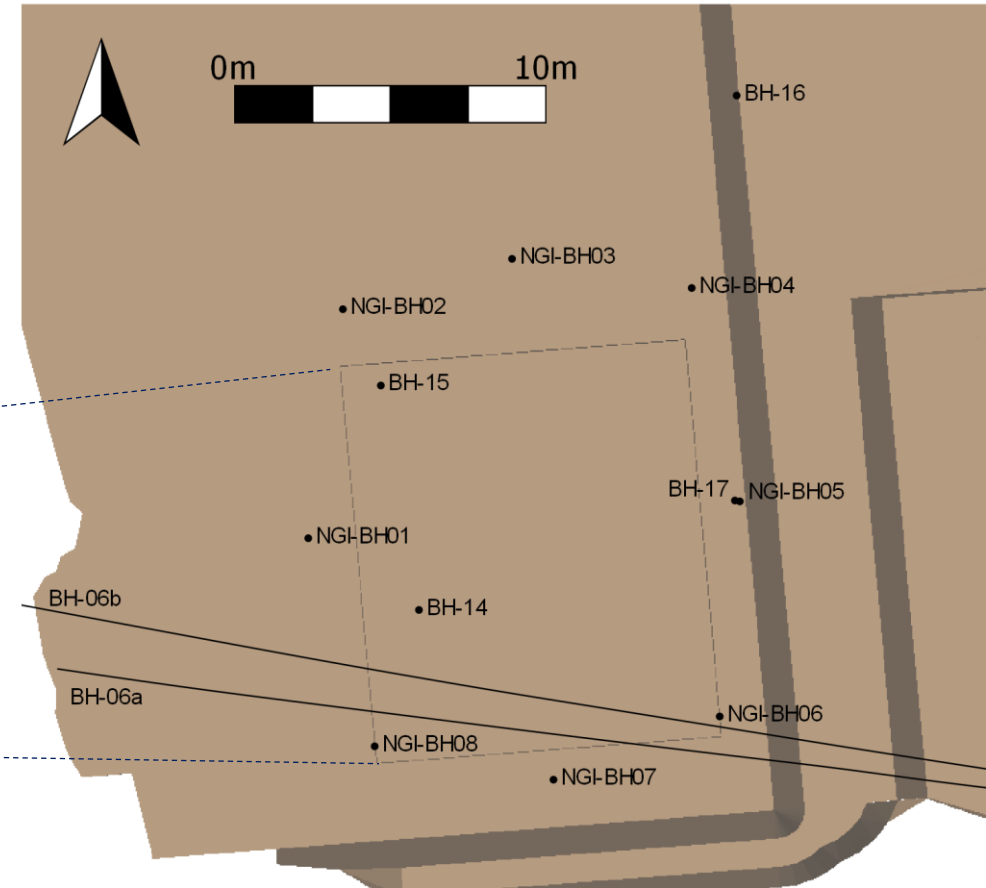
# Ingeniørgeologiske forhold i fundamentområdet



- ▶ Frisk øyegneis med svært høy styrke (UCS = 145-375 MPa)
- ▶ Moderat til svakt oppsprukket (RQD = 60-100)
- ▶ Kompleks oppsprekking ( $J_n = 12-15$ )
- ▶ Hovedsakelig ru og svakt omvandlede sprekkeflater, men sporadisk leirfylling langs sprekker tilhørende S2, S4 og S5.
- ▶ Høy bæreevne
- ▶ Kinematisk utglidningsmekanisme: Kileutglidning forårsaket av S2 og S6, med S5 som mulig baksprekk (som observert i tilstøtende bergskjæringer).

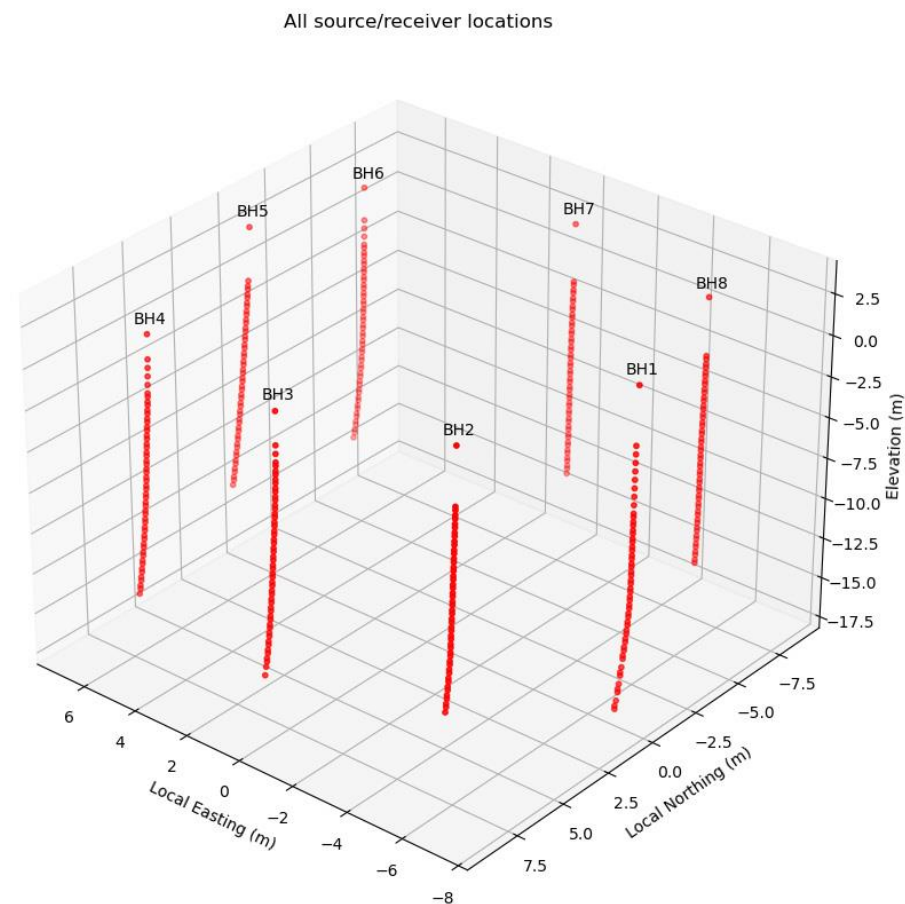
# Steg 4B) Mar. 2024

- ▶ Totalentreprenørens og ekstern rådgivers gjennomføring av supplerende grunnundersøkelser i tillegg til Norconsults kjerneboringer.
- ▶ Boring av 8 stk hammerhull til dyp 16-20 m under fundamentflaten.
- ▶ Undersøkelser med OTV og ATV.
- ▶ Utførelse av seismisk borhullstomografi mellom hull.



# Borhullstomografi – enkel metodebeskrivelse

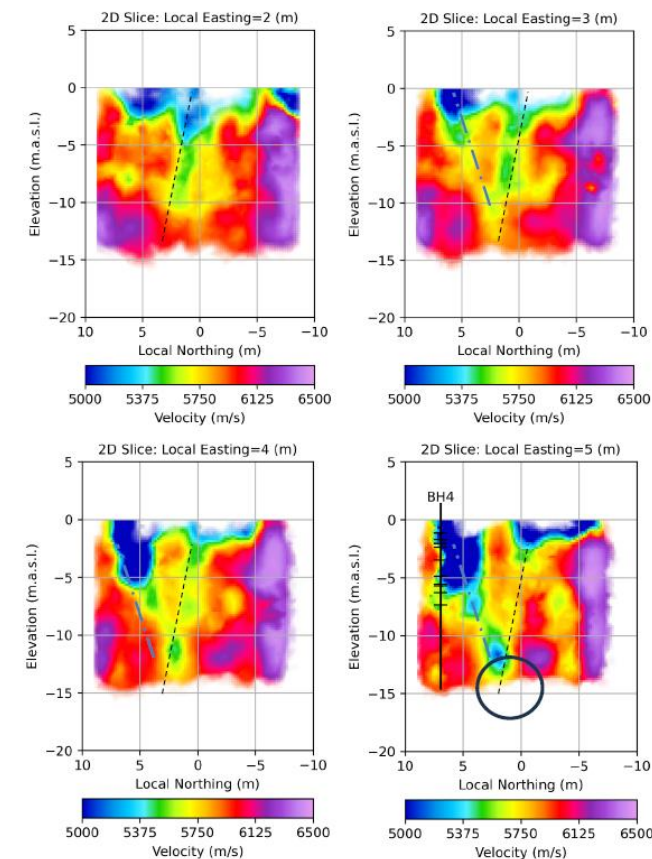
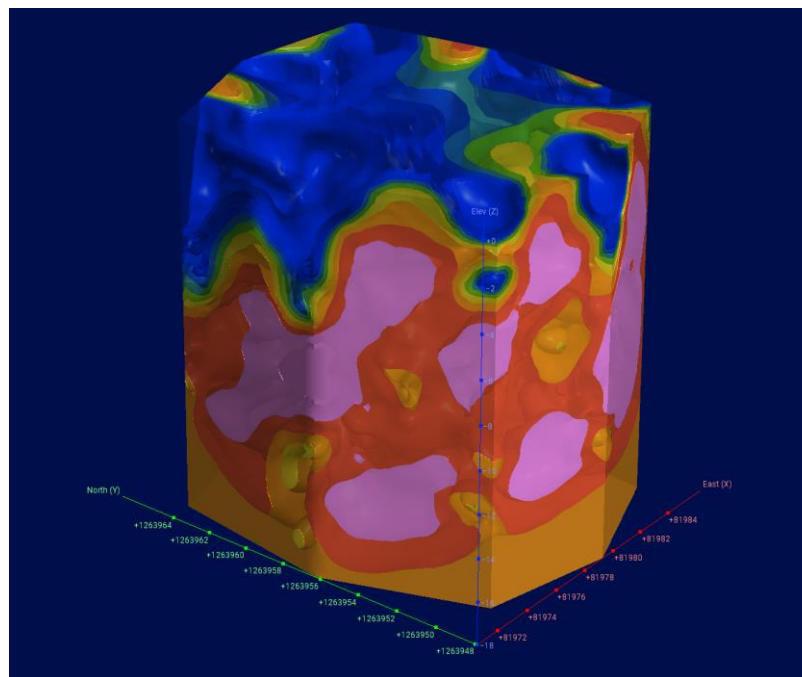
- ▶ Avviksmålinger av alle borhull ble utført.
- ▶ Hydrofonkabel med 24 stk hydrofoner ble plassert i borhull c/c 0,5 m.
- ▶ Seismisk kilde («sparker») plassert i borhull og initiert inkrementelt fra hullbunnen og oppover hver 0,5 m.
- ▶ 8 hull → 28 kombinasjoner
- ▶ Hullene må være vannfylte! Vannet forplanter kompresjonsbølgene (P-bølger) fra kilden og ut i bergmassen.
- ▶ Innhenting av data ble stanset ved for mye anleggsstøy.



Illustrasjon: NGI

# Borhullstomografi – tolkning av resultater

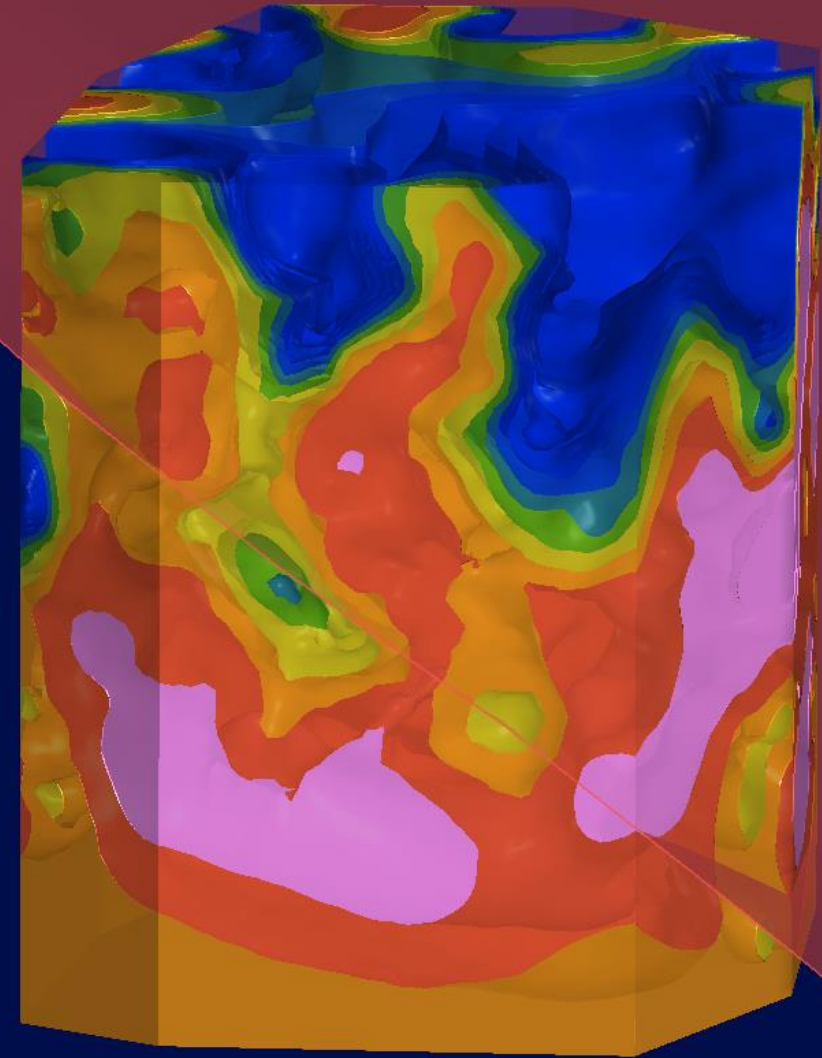
- ▶ NGI som leverandør utførte egen geologiske tolkning av resultatene, også sammen med resultatene fra televiwer.
- ▶ NGIs tolkning som presentert i datarapporten ble vurdert i detalj av prosjekterende med hensyn på egen kunnskap om strukturgeologien i området på bakgrunn av utført feltkartlegging.
- ▶ Prosjekterende utført deretter en egen tolkning av konturmodellen basert sin egen geologiske modell bygget opp basert på kjerneboringer, feltkartlegging og televiwer-resultater.



Illustrasjon: NGI

# Vurdering av strukturelt betinget totalstabilitet

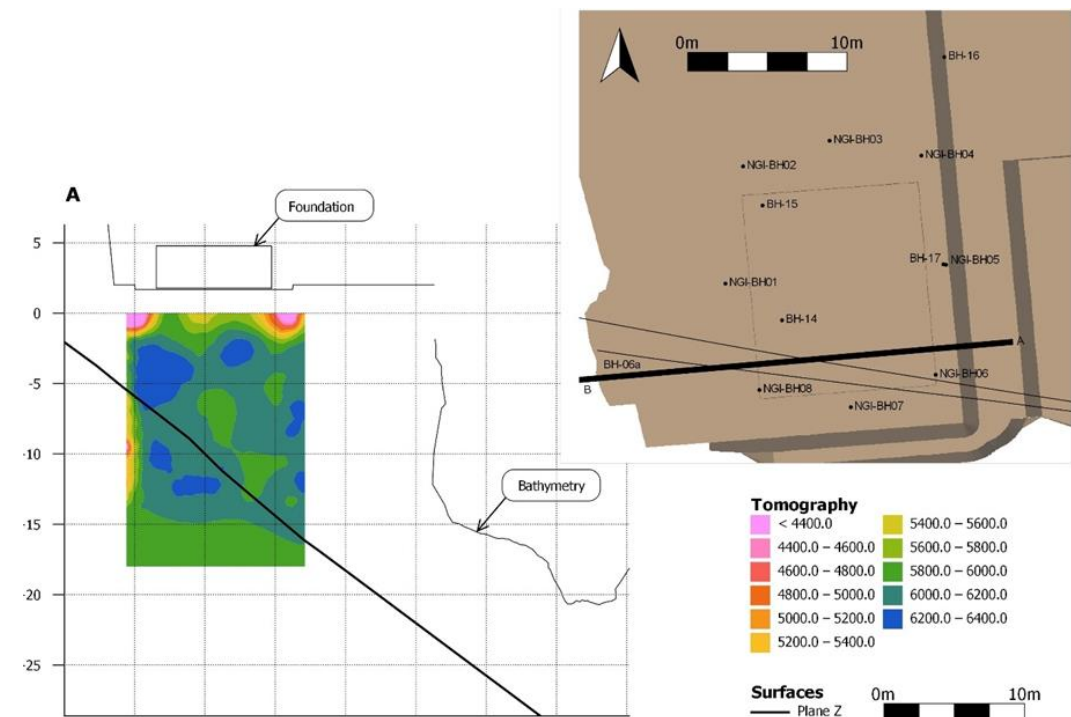
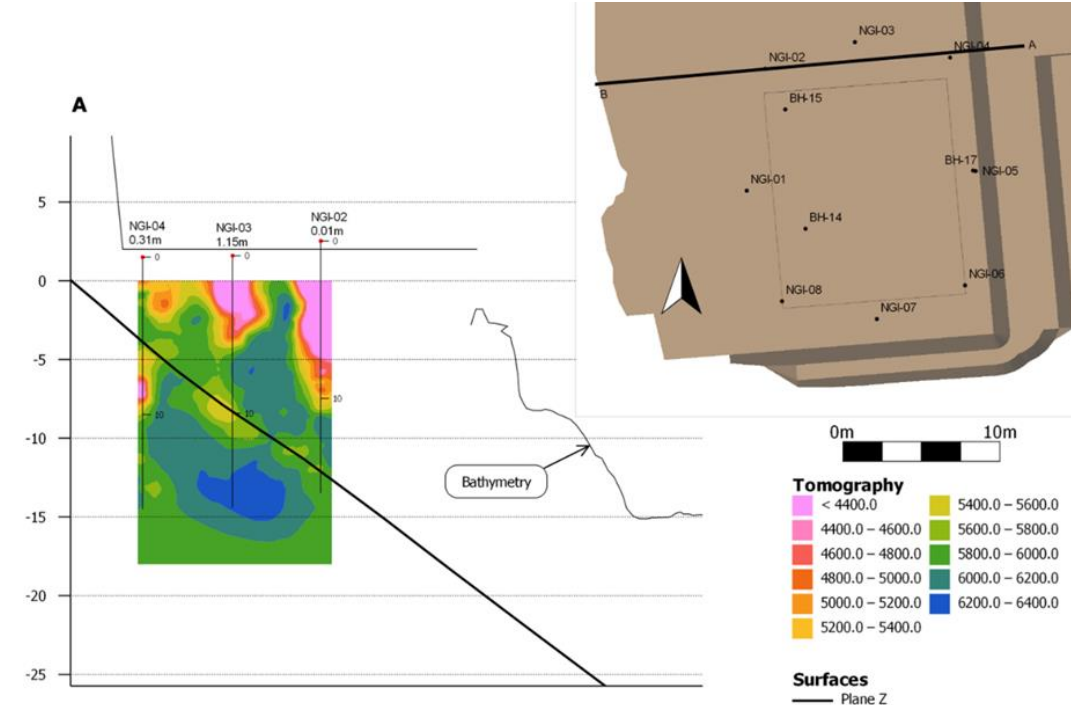
- ▶ Seismiske hastigheter i størrelsesorden 4500-6500 m/s. Høyere hastigheter i søndre del av fundamentet stemmer godt med observasjoner i felt.
- ▶ Områder med hastigheter ned mot 4500 m/s er tolket som diskontinuiteter. Generelt er utholdenheten av tolkede diskontinuiteter større mot dypet (vertikalt) enn langs strøkretning (horisontalt).
- ▶ Strukturene som er tolket av NGI er subvertikale strukturer med en gunstig strøkretning mht. fundamentstabilitet. De har også begrenset utholdenhet i horisontalretning (4-5 m), og er ikke synlig i vestre halvdel av fundamentet. Strukturene ble vurdert å ikke ha negativt påvirkning på fundamentstabiliteten.
- ▶ Det mest dominante området med relativt lave hastigheter stemmer godt overens med en ugunstig orientert sleppe kartlagt i skjæring. Sleppen er kartlagt med opp til 20 cm mektighet i skjæring, og opp til 50 cm mektighet i tevieweer. Den er observert i halvparten av utførte hammer- og kjerne hull.
- ▶ Den varierende mektigheten fremkommer både i tevieweer, men også av tomografien, da den stedvis ikke kan følges i konturplottene. I





# Vurdering av strukturelt betinget totalstabilitet

- ▶ Den ugunstige sleppen som kan korreleres mellom borhull og kartlegging av tilstøtende bergskjæringen ligger tilstrekkelig dypt til å ikke ha negativ påvirkning på fundamentstabiliteten.
- ▶ Sleppen er heller ikke registrert i dype borhull under søndre del av fundamentflaten.
- ▶ Sprekkeplanet som var skissert i detaljprosjekteringsfasen basert på utførte orienterte kjerneboringer er ikke mulig å korrelere mellom borhull utført i byggefasen.
- ▶ Til tross for at tomografien støtter konklusjonen vedr. ovennevnte sprekkeplan, er dette ilagt liten vekt, da mektigheten er ventet å være for liten til at den fanges opp av undersøkelsesmetoden.



# Refleksjoner og bemerkninger

- ▶ Borhullstomografi er ikke ment eller egnet for identifisering av strukturer med liten mektighet.
- ▶ Borhullstomografi sammen med televierundersøkelser har gitt brukbare resultater for diskontinuiteter med mektighet lik flere titalls centimeter. Merk imidlertid at metoden ikke skiller mellom en enkeltsprekk med tykk sprekkefylling (f.eks. leire) og en sone med økt oppsprekingsgrad.
- ▶ For riktige problemstillinger kan integrering av tomografiundersøkelser sammen med borhullsundersøkelser i en Leapfrog-modell være nyttig som en del av en helhetsvurdering.
- ▶ For riktige problemstillinger kan metoden gi kvalitativ informasjon om diskontinuitetens utstrekning mellom borhull, som en supplerings til borhullsundersøkelsene.



Every day we improve everyday life