



Trygg byggegrop i kvikkleire

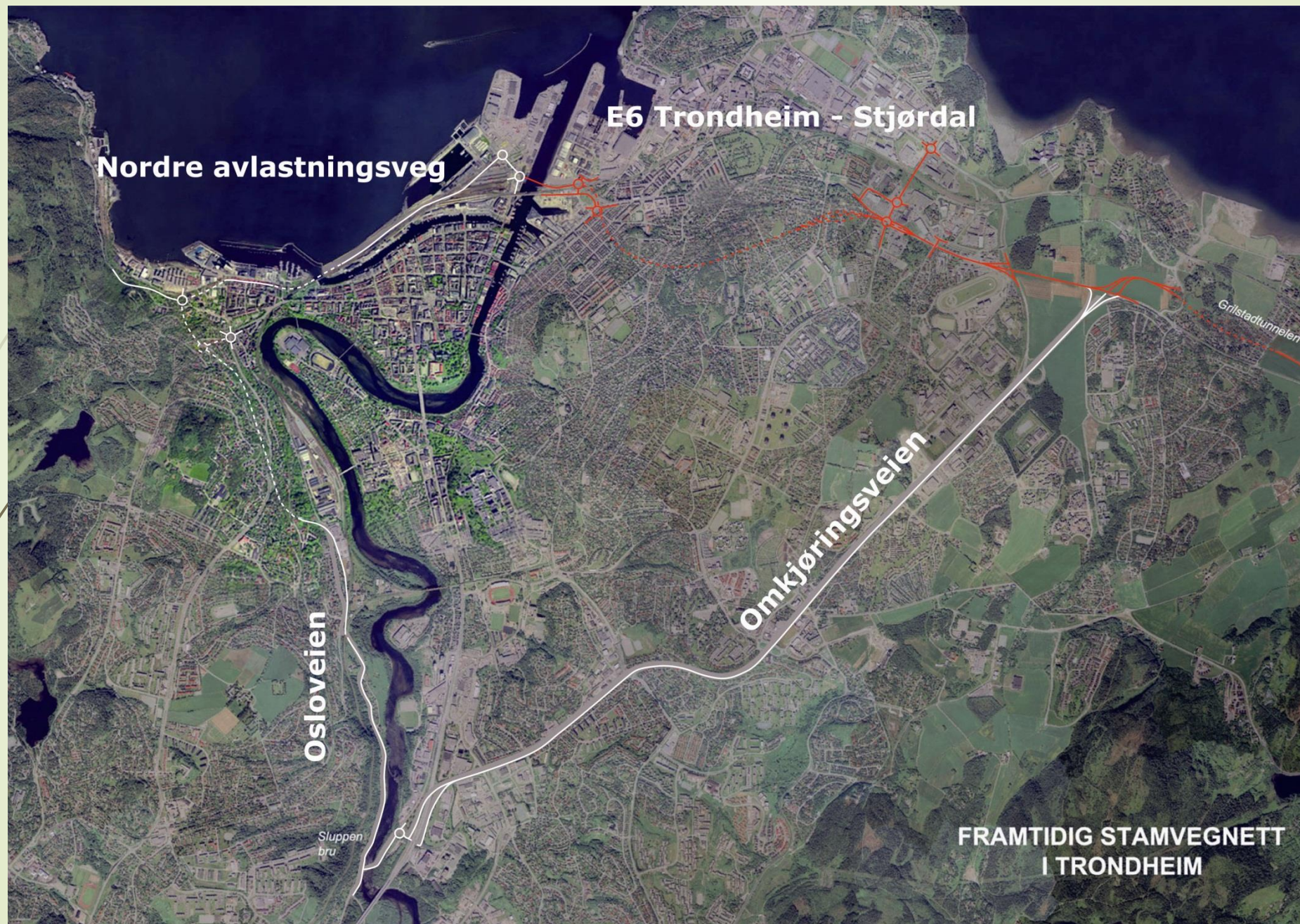
Erfaringer fra Møllenberg i Trondheim

Siv.ing. Anders Beitnes (Beitnes Consulting)



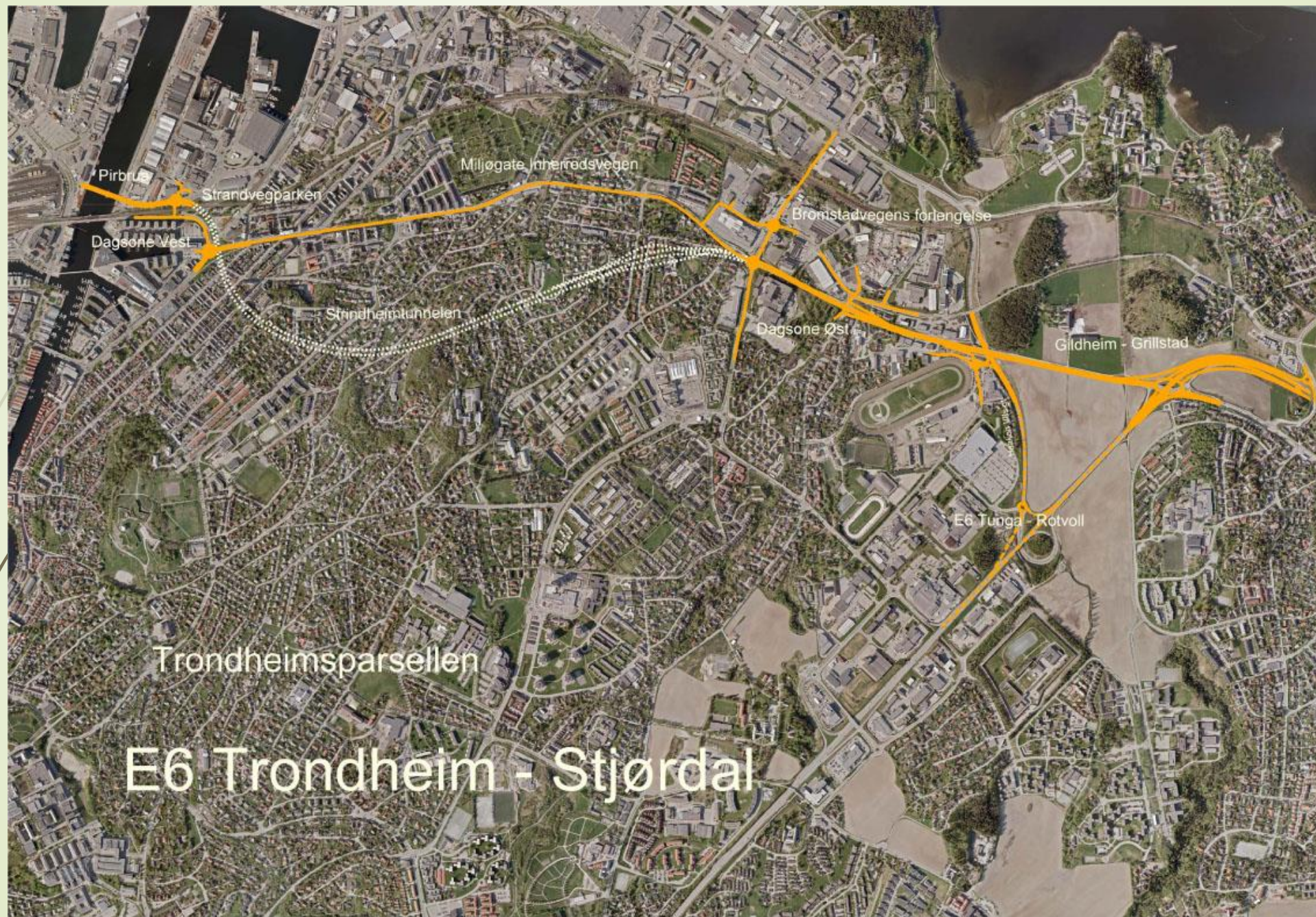
Dette innleggets temaer

- Prosjektoversikt
- Byens holdninger til prosjektet – hvorfor så vanskelig løsning?
- Generelle problemstillinger – mange hensyn
- Historikken bak valget om konkurransepreget dialog,
- Konkurransegrunnlaget (spesielle krav),
- Dialogprosessen
- Hus og naboer
- Samhandlingsprosessen



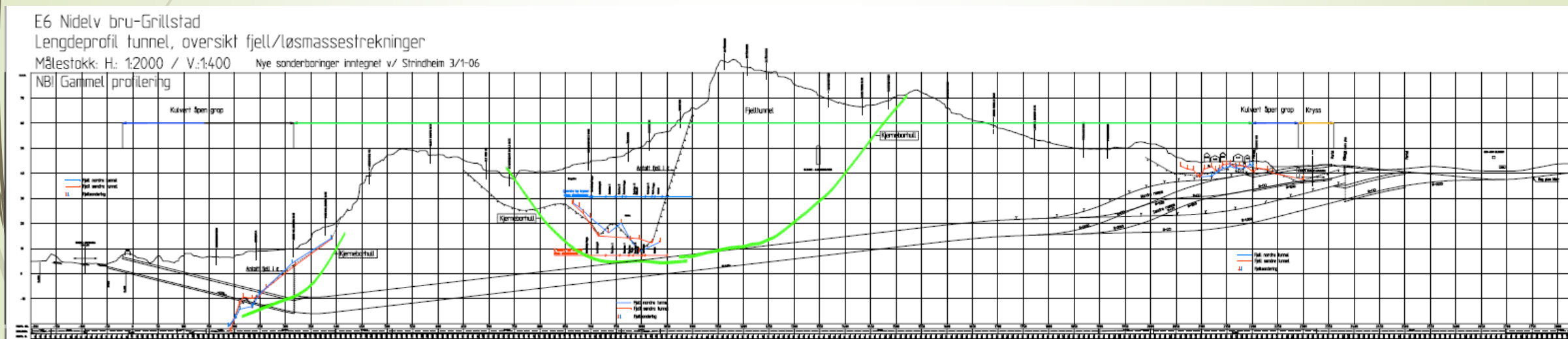
Planfaser – byens holdninger

- 1992: Helt annen trase vedtatt (E6 som åpen veg langs jernbanen Leangen - Lilleby)
- 1993: Stopp i planene. Omkamp. Sterke lokale pressgrupper og ny politisk situasjon ville ha «vegen under bakken». Lange nye utredninger igangsatt
- 2003: Bergtunnel Strindheim – Møllenberg. Lukket tunnel i fryst grunn under vernet bebyggelse på Møllenberg.
- 2006: Frysing vurdert for usikker pga tinefasen. Revidert til og regulert for åpen byggegrop
- 2008: Innledet «konkurransepreget dialog»



Litt om Strindheim og bergtunnelene

Lengdeprofil



Dagsone vest – mange hensyn

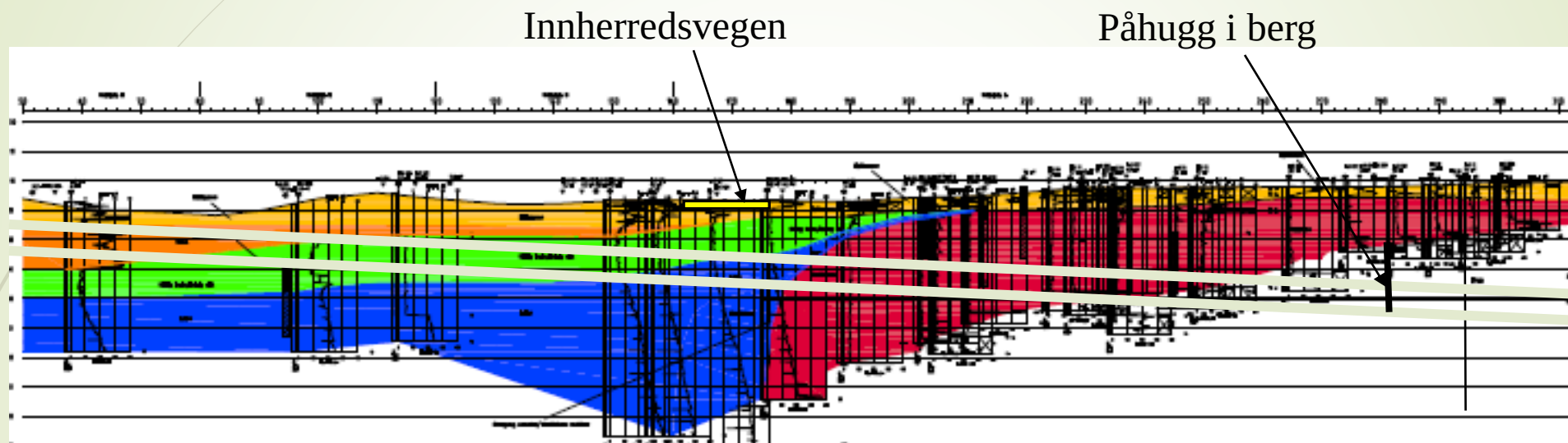
Reguleringsplanen definerer rammene

- Trang byggeplass ved lekepark
- Bytrafikk og naboer
- Vernet trehusbebyggelse
- Dyp kvikkleiresone
- Jernbane i drift
- Massetransport flytende leire
- Sjødeponi
- Flytting av hus
- VA og kabler i fleng
- Gamle ting i grunnen





Så litt geoteknikk ...



Kvikkleira (rød sone) har S_u (fasthet i urørt tilstand) omkring 50 kPa og $< 0,5$ kPa som omrørt.

-  Lag 1 - Fyllmasse
-  Lag 2 - Sand
-  Lag 3 - Siltig leire/ leirig silt
-  Lag 4 - Leire
-  Lag 5 - Kvikkleire og sensitiv leire
 $S_t > 15$ og $S_r < 2,0$ kPa



Hvorfor KPD?

- Prosjektet hadde klare utfordringer:
 - Hvordan tette mellom spuntvegg og berg?
 - Hvordan oppnå tilstrekkelig stivhet i alle gravefaser?
 - Hvordan grave og transportere kvikkleire?
 - Kunne arealbeslag/riving av hus begrenses?
- Nye anskaffelsesregler i Staten åpnet for å prøve en fase med prosjektutvikling før kontrakt
- Sterkt ønske om å benytte byggherrens kompetanse i samarbeidet om løsninger

Karakteristiske trinn i KPD (konkurransepreget dialog)

Kontraheringsform Dagsone vest, første i Norge

- Kunngjøring i TED-basen og Doffin
- Informasjon til bransjen
- Prekvalifisering – en forutsetning
- Invitasjon til dialog på basis av foreløpig konkurransegrunnlag (begrenset antall)
- Skisseprosjekt – metode, usikkerhet
- Dialog – basert på innlevert skisse, tillit, likebehandling og diskresjon
- Dialog i flere trinn for å oppnå forbedringer (i form av redusert risiko, basert på skreddersydd modell for hver tilbyder)
- Dialog avsluttes når byggherre definerer resultatet (konseptet) som tilfredsstillende for anbudsregning

Møllenberg – berørte hus i NCC's konsept

12













Byggegrupp Møllenberg

18



Konkurransesgrunnlaget og løsningene:

- **Stiv byggegrop.** Maks deformasjon 0,25 % av gravedybden:
 - Byggegropsvegger av rørspunt som er innboret i foten og støpt ut (helt eller delvis), dertil stivere c/c 5 m, som beskyttes mot solstråling og overvåkes mhp. krefter. «Blokk» av KC-peler der berget går dypere enn byggegropa.
- **Begrense grunnvannsdrenasje.** Tillatt hydrostatisk fordeling fra 1,5 m under gatenivå, 10 m ut til siden.
 - Rørspunt innboret i berg, injeksjons-gardin, vanninfiltrasjon, numerisk modell, prøvepumping. Beredskap for ettertetting.
- **Bløt grunn i byggegrop:**
 - KC-peler

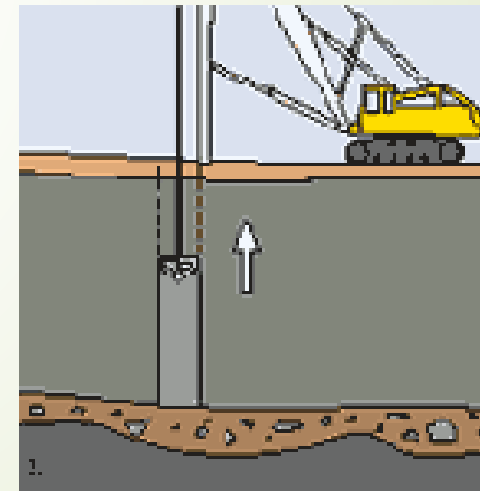
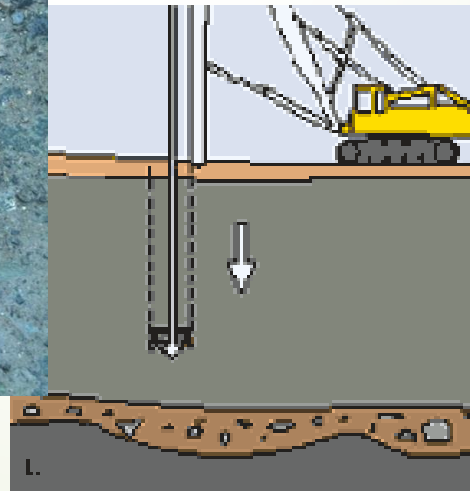
Litt om samhandlingsprosessen



- Nye og utfordrende løsninger besluttet sammen
- Opplevelse av å være i samme båt og ro samme veg
- Tillit
- Respekt for hverandres mål
- Felles risikomodell og -styring
- Tidlige endringsvarsler
- Beslutninger er sentralt
- Kontraktsplan # driftsplan
- Konfliktløsningsråd

Kalk/semement-peling

- For å gjøre leira fastere der det behøves, langs støttekonstruksjoner, i bunnen under utgravingen og til og med der det skal graves, blandes det inn kalk og sement



Kalk/segment-peling

22

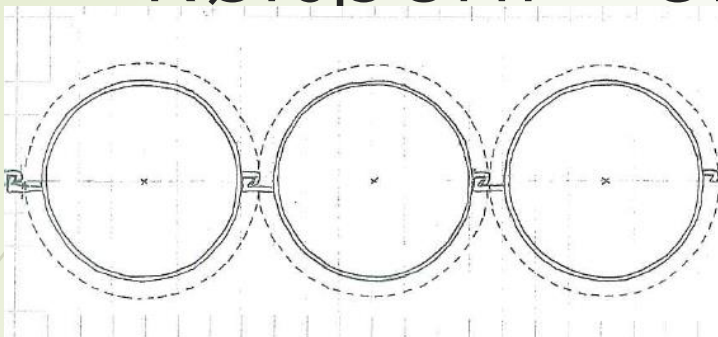


Så litt om spuntveggene

23



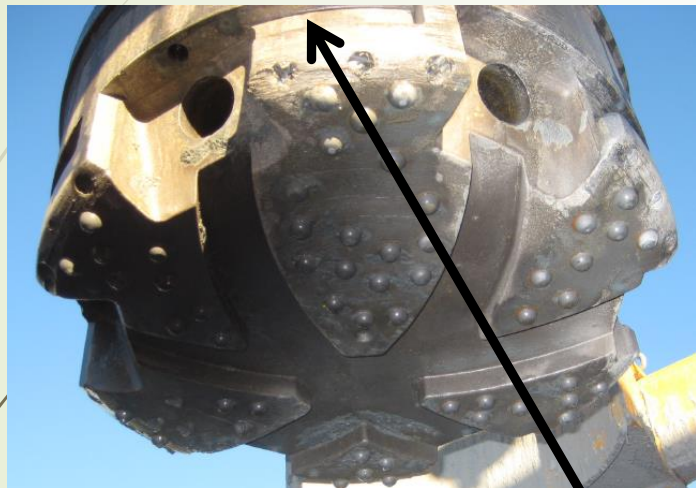
Rørspunt – en ny metode



Bilder fra forsøkene
januar 2010

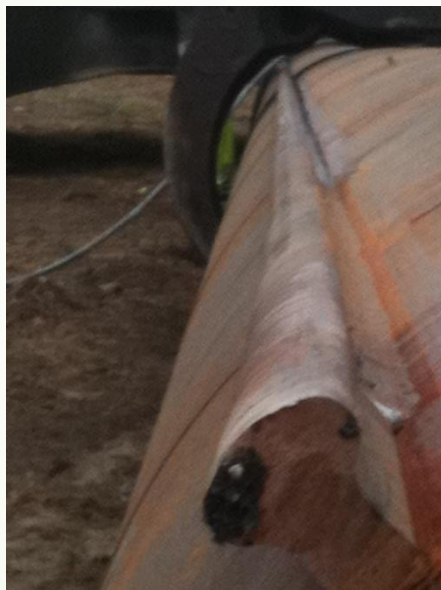


Rørspunt – ringborkrone og borhode



Bajonett-
inngrep

Rørspunt - detaljer



Rørspunting fra september 2010



Rørspunting

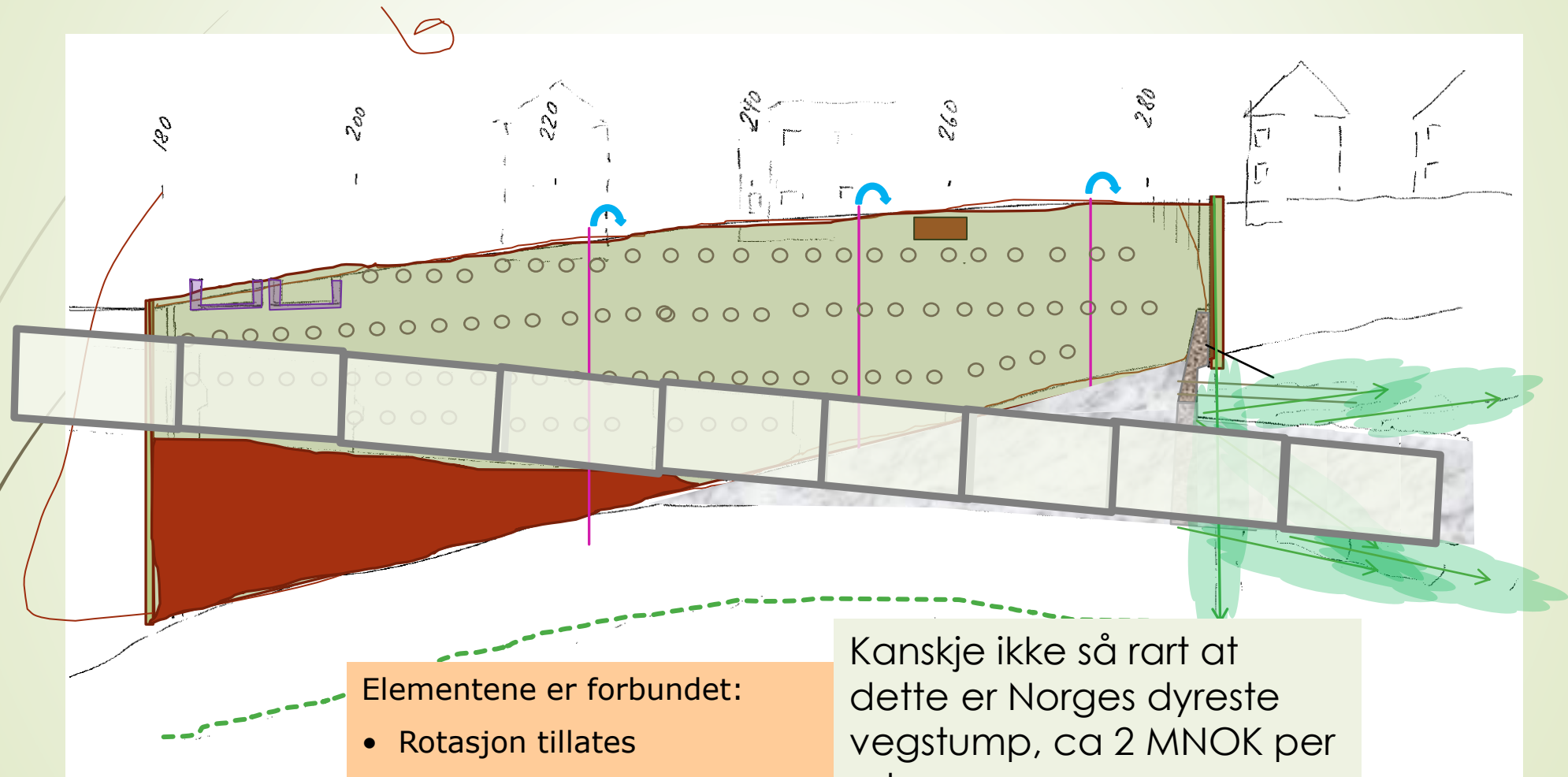
28



Framgravd og forankret spuntfot,



Avbyggingsssekvenser sone 4



Elementene er forbundet:

- Rotasjon tillates
- Innbyrdes setning tillates ikke m!

Medfører overføring av STORE krefter

Kanskje ikke så rart at
dette er Norges dyreste
vegstump, ca 2 MNOK per
m!

Bjelke i endeveggen (over tunnelpåhugg)



Tunnelåpninger med liten overdekning

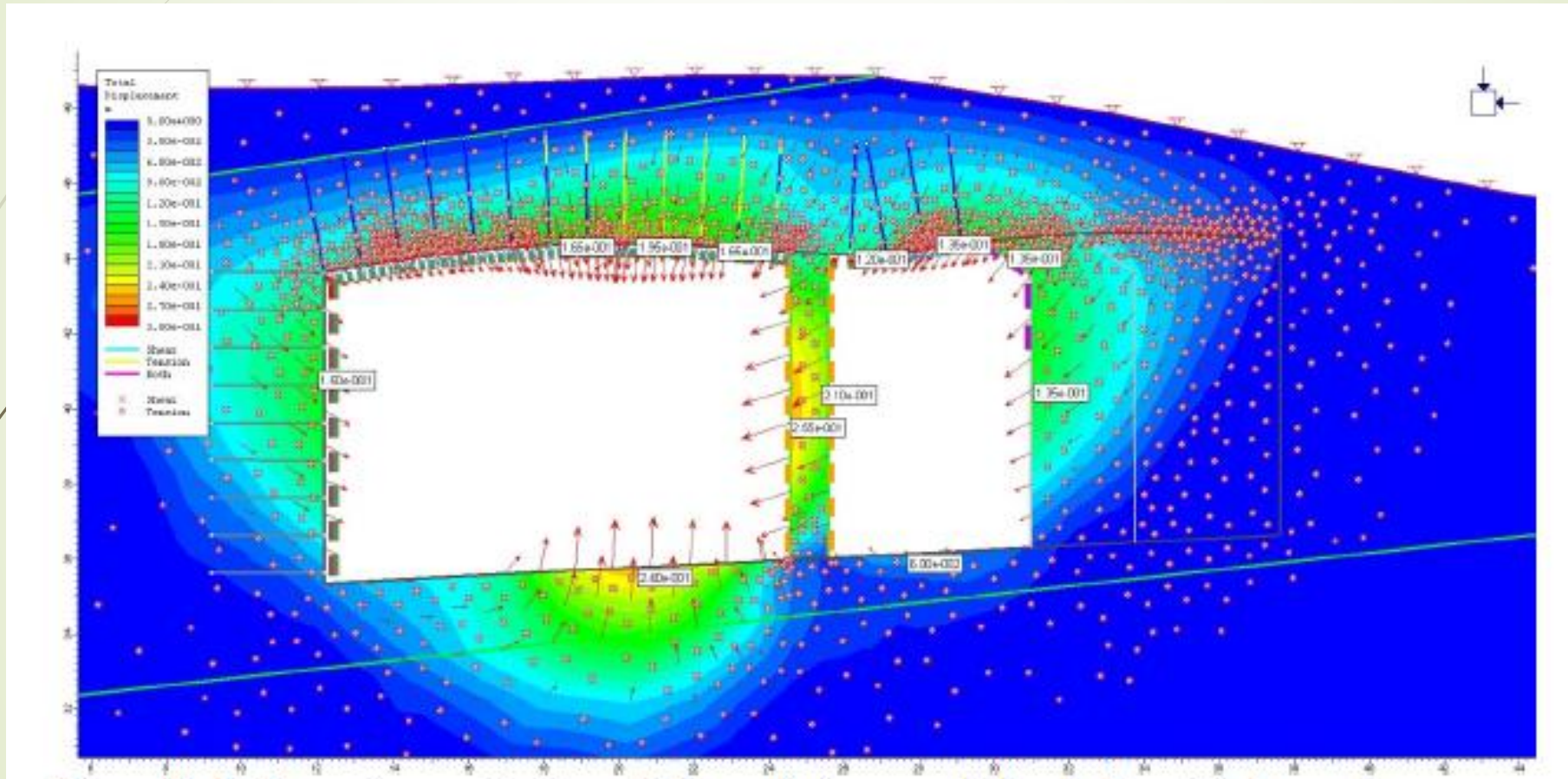


- 1,5 – 3 m berg
- 2 x 11 m flat heng
- 1,5 m tykk pillar med armering i sømboring, stegvis avbygging og ny armering + spr.betong
- Forspente stag i taket
- Vanntett overgang til drenert tunnel 10 m inne
- Forinjeksjon
- Modellering
- Tett overvåking av deformasjon

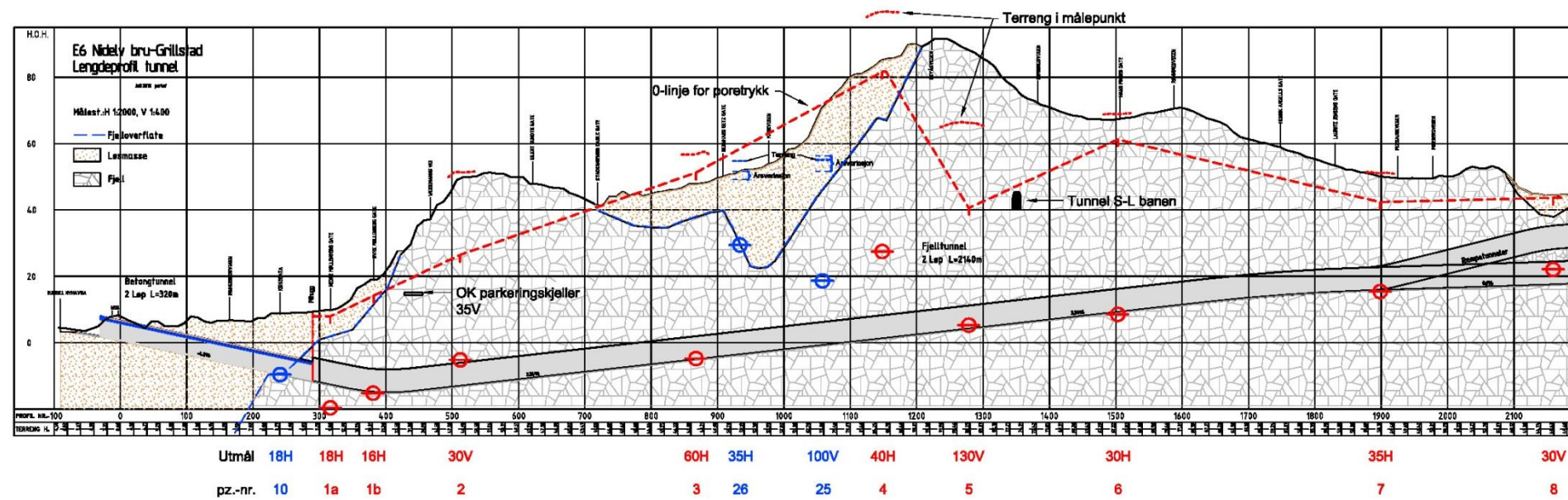
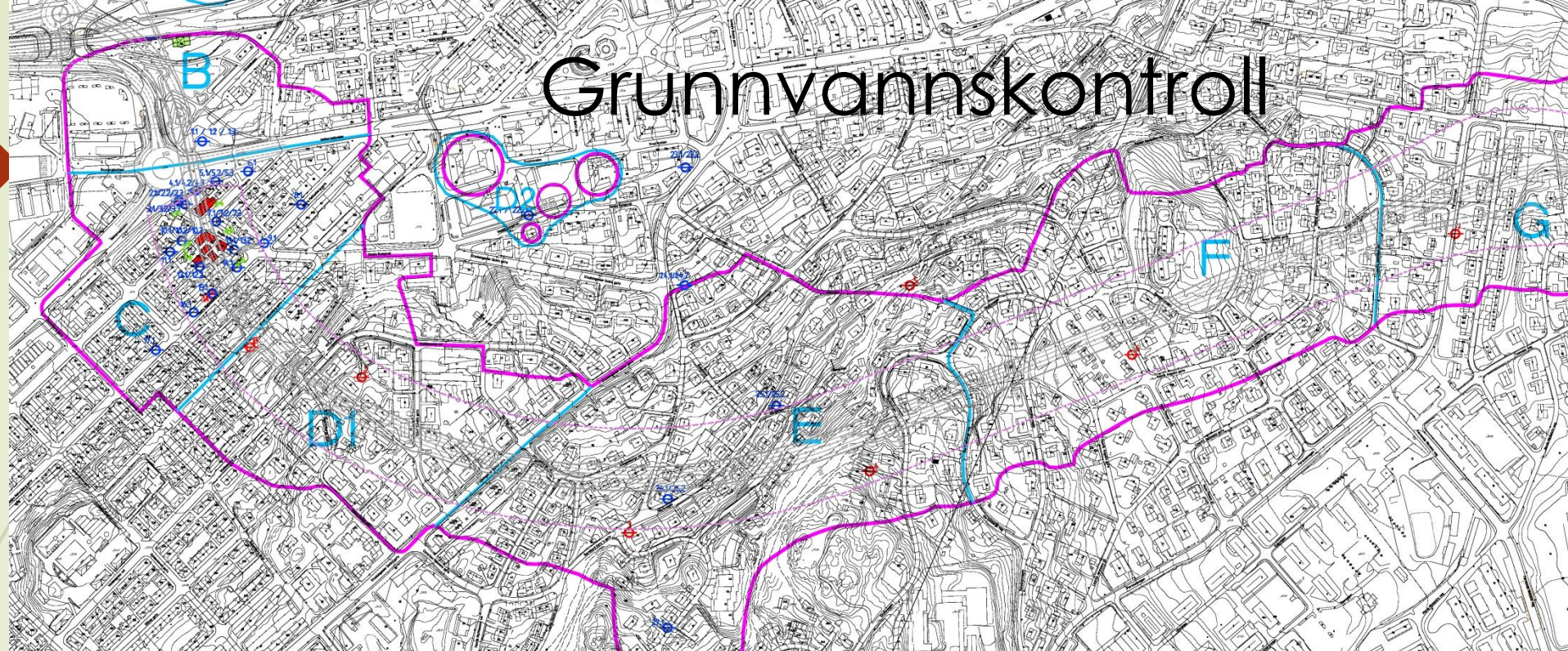


Ca
bergkontur

Numerical modelling Phase2



Grunnvannskontroll



Tettestrategi

- Piezometere i omgivelsene, noen med historie
- Tillatt poretrykksenkning 2 – 4 m i 15 m avst.
- Bred/dyp spuntfot med mothold for injeksjon
- Injeksjonsgardin i berget under spuntvegg
- Vanninfiltrasjonsbrønner
- Grunnvannsmodell korrelert med prøvepumping
- Forinjeksjon med skjermer rundt tunnelene
- Bestille tiltak ved oppdagede lekkasjer
 - a) under utgraving: tiltak på utsiden (PU)
 - b) med blottlagt berg: etterinjeksjon (komplisert)
 - c) i staghull etc.: injeksjon og ny boring
 - d) ved sonderboring: tilpasse skjerm rundt tunnel

Bergoverflate - grunnvannskontroll



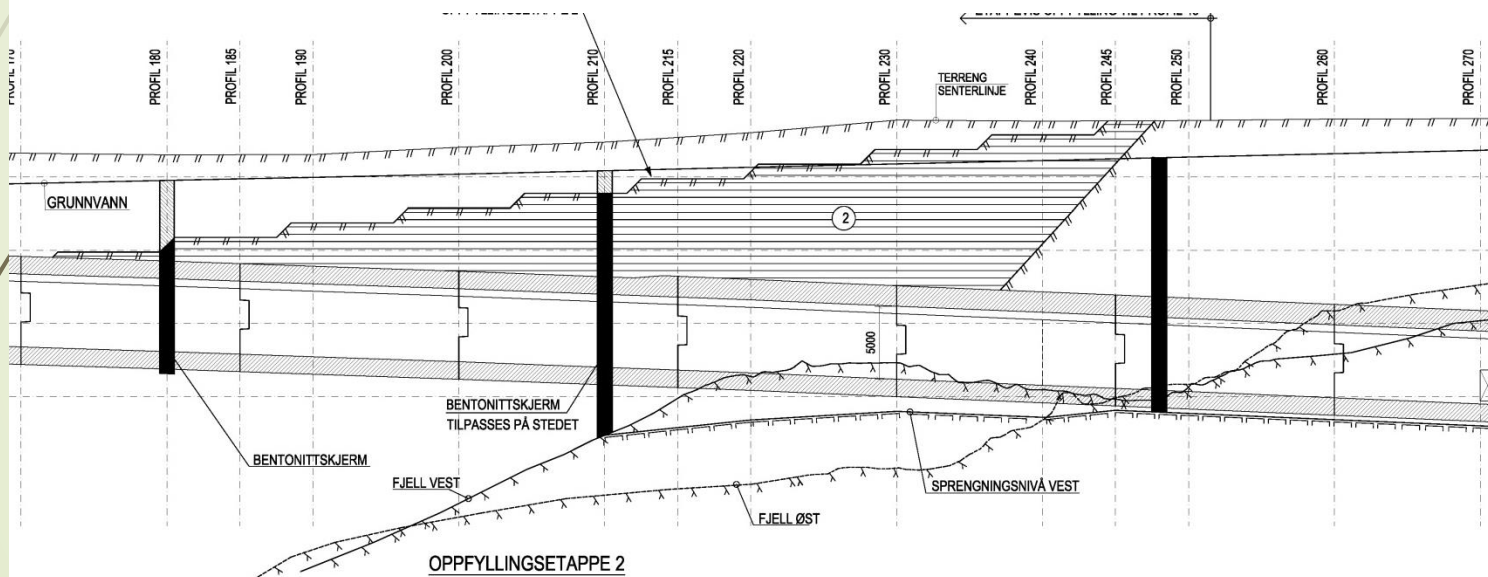
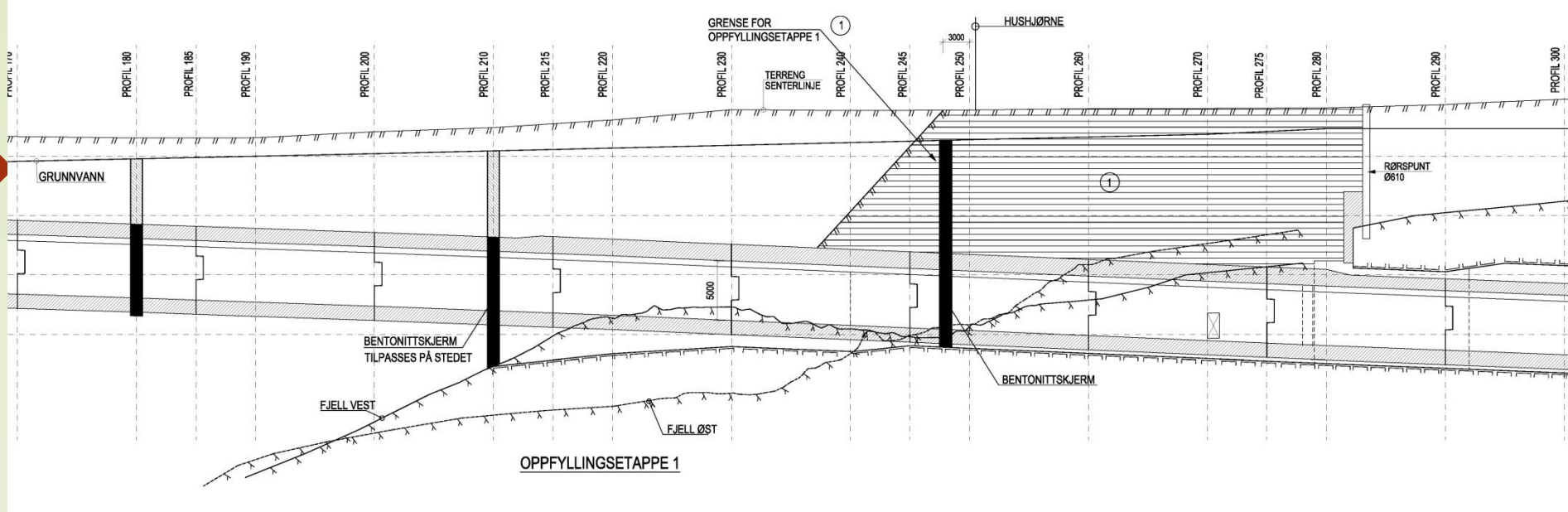
To brønner avsenket (lite vann)



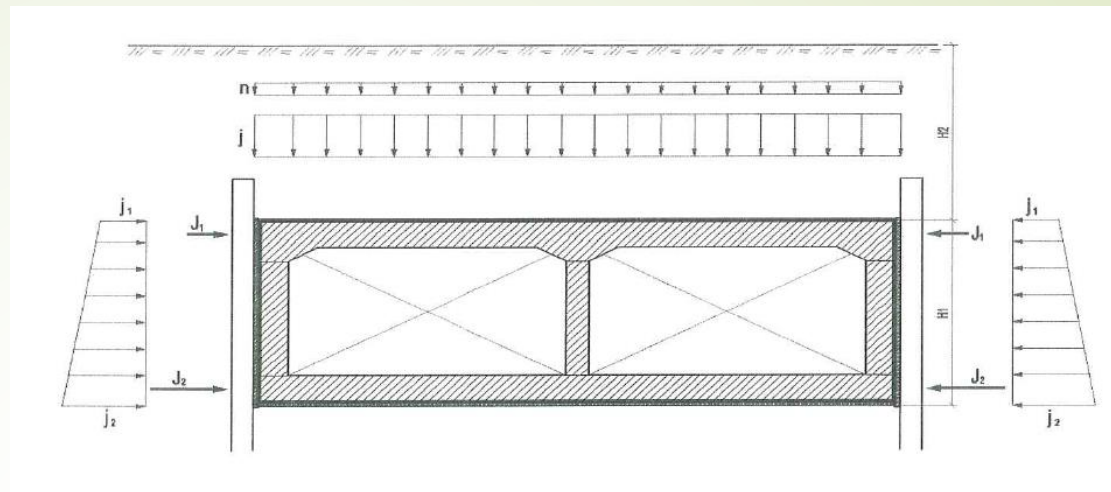
Noen punktlekkasjer
viste seg på innsiden...

... som lot seg tette med
polyuretan





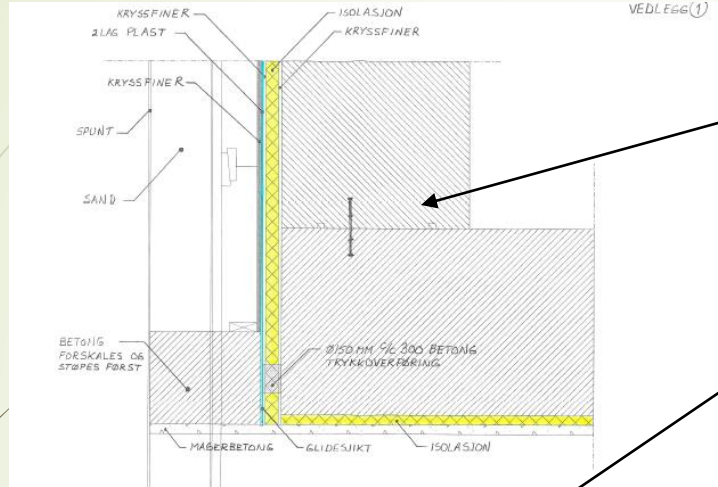
Betong-tunnelen



- > 30 000 m³ betong, > 7 000 tonn armering
- Strenge krav til vanntett (rissfri) og bestandig betong
- "Vegvesenbetong" SV40 blir for varm og får svinnsprekker ved fastholding mot kald flate.
- Utvikler lavvarmebetong med 65% flygeaske (av sementvekt)
- Laster fra jordtrykk, trafikk, vanntrykk (oppdrift), temperatur, deformasjoner (friksjon)
- Fuger som tåler ulik deformasjon i 15 m seksjoner
- Komplisert statikk og lang prosess med godkjenning!



Krevende fuger



Fastholdingsproblematikk og fare for rissdannelse ved varmeutvikling i vegg mot kald såle

Fuge mellom seksjoner skal tåle differanser i setning og enda være tett, samt kunne skiftes/suppleres innenfra

Skjærlås – en grovfortanning mellom seksjoner

