

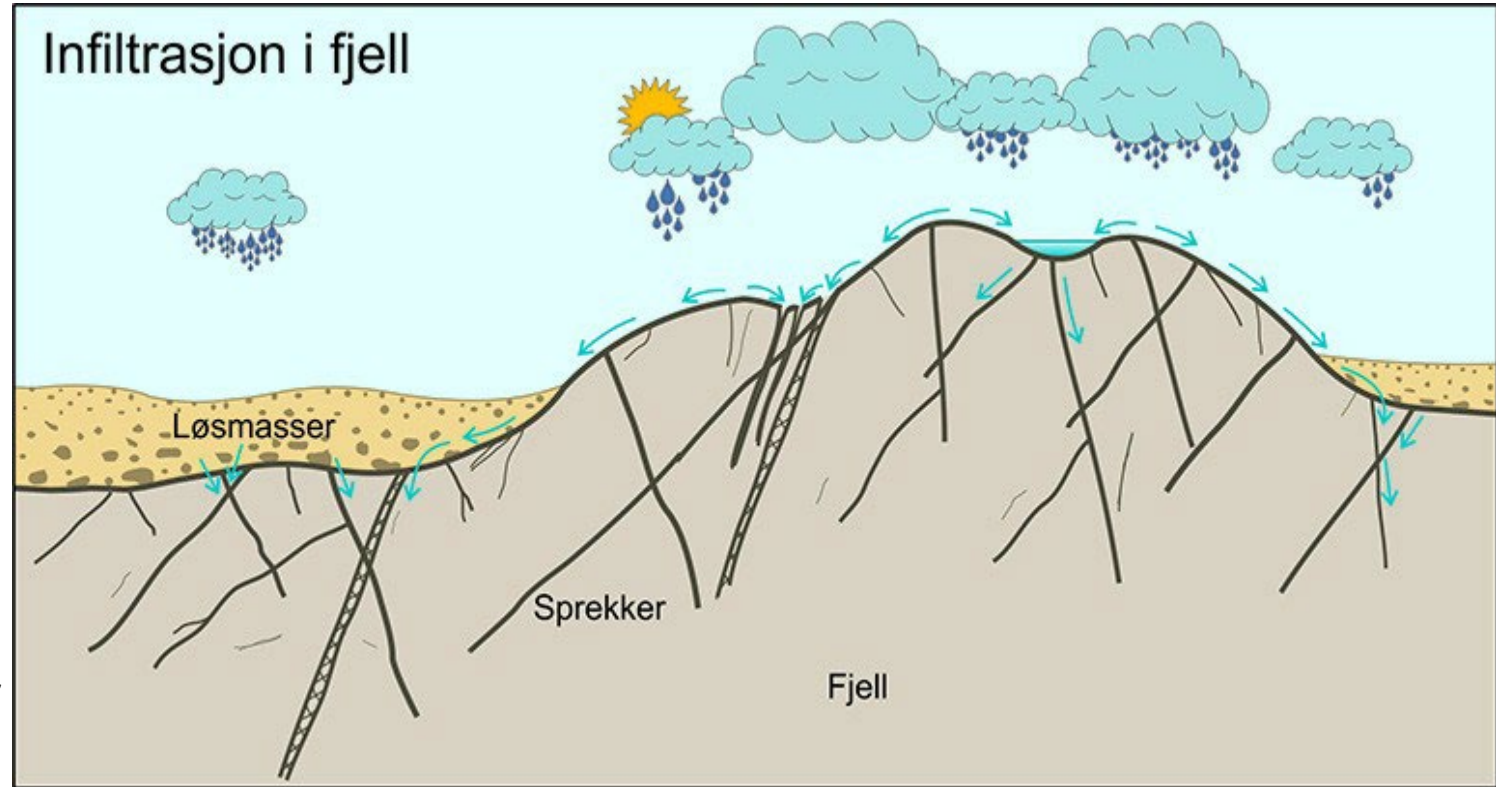
Praktisk injeksjon

John Ivar Fagermo
AF Gruppen

The logo consists of the letters 'AF' in a bold, black, sans-serif font, positioned inside a solid yellow square.

Grunnvann

- Det er svært viktig å opprettholde grunnvannstanden for å unngå skader i områder over tunneler og bergrom.
- Selv korte grunnvannssenkninger kan føre til store skader på byggverk, konstruksjoner og infrastruktur.
- Grunnvannssenkninger kan føre til varige skader på sensitive biotoper og områder som oppfattes å ha særlig verdi (f.eks. rekreasjon)



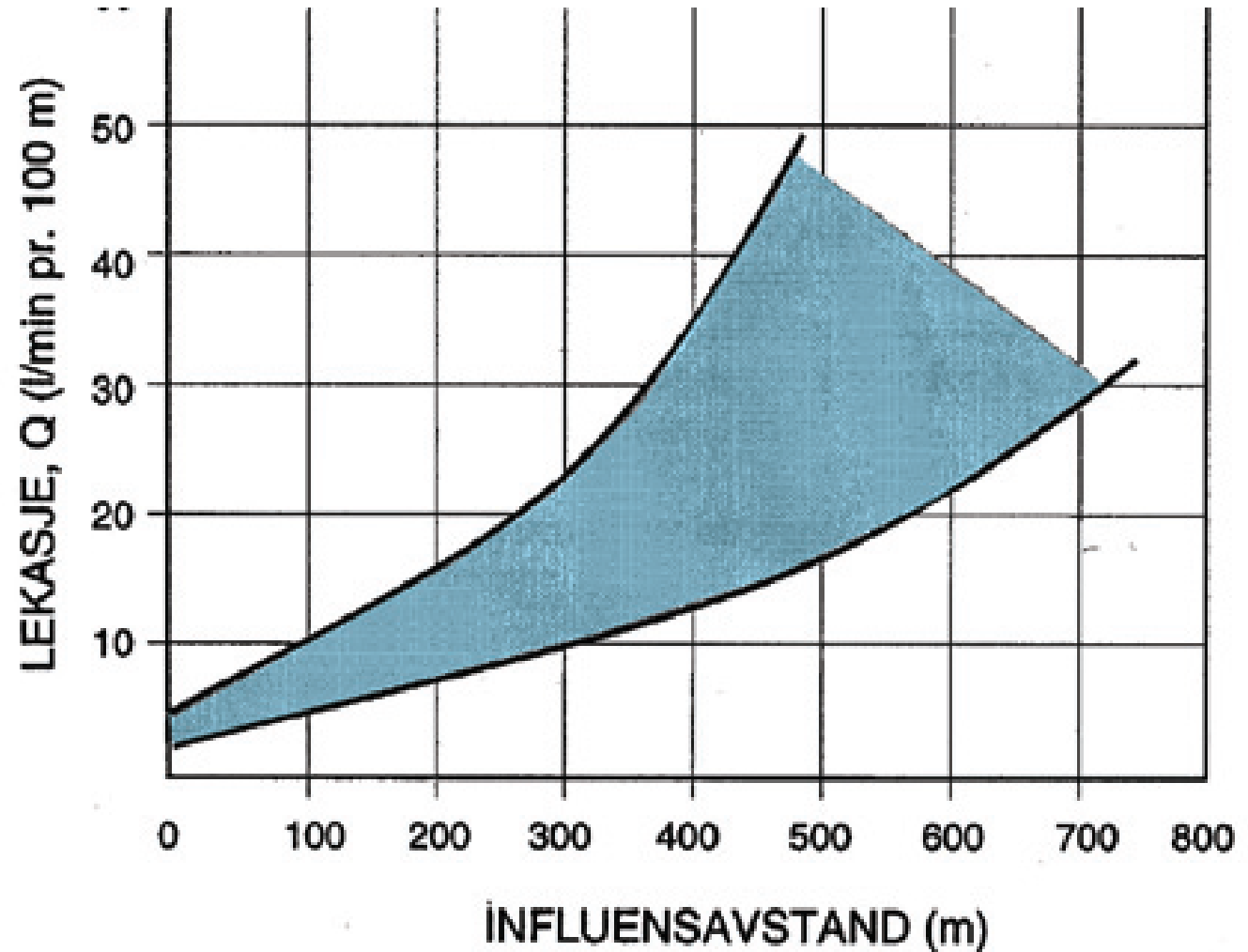
Biotoper

- I forbindelse med arbeidet med å åpne bergrom og tunneler vil sprekker i berget bli blottlagt og vann kan dreneres fra omkringliggende grunnvannsreservoar inn mot bergrommet. Tappingen av Nordre Puttjern ned i Romerriksporten er et eksempel på slik uønsket drenasje.



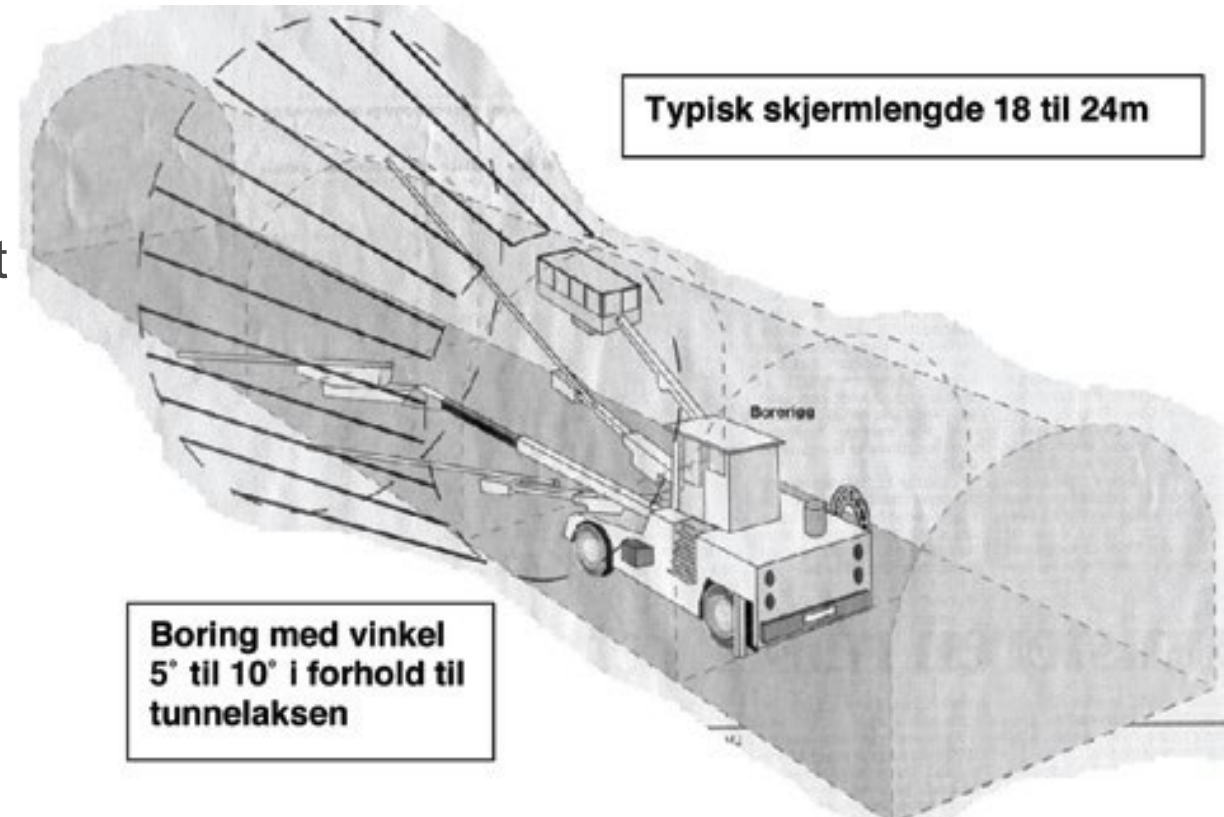
Urbane sensitive omgivelser

- Infrastruktur som ledningsnett for strøm og signal, drensledninger, VA osv.
- Energi- og grunnvannsbrønner
- Byggegrøper og dype skjæringer
- Bergrom og tunneler
- Permeable sjikt mellom berg og løsmasser
- Konstruksjoner fundamentert på setningsømfintlige avsetninger

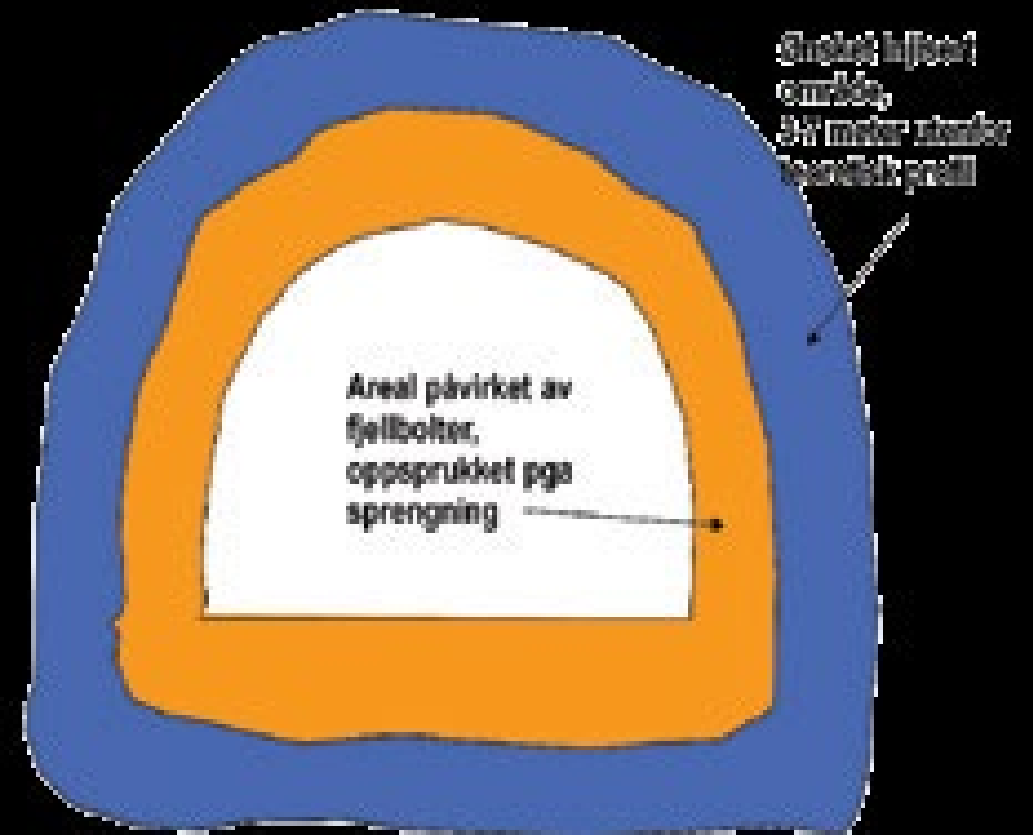
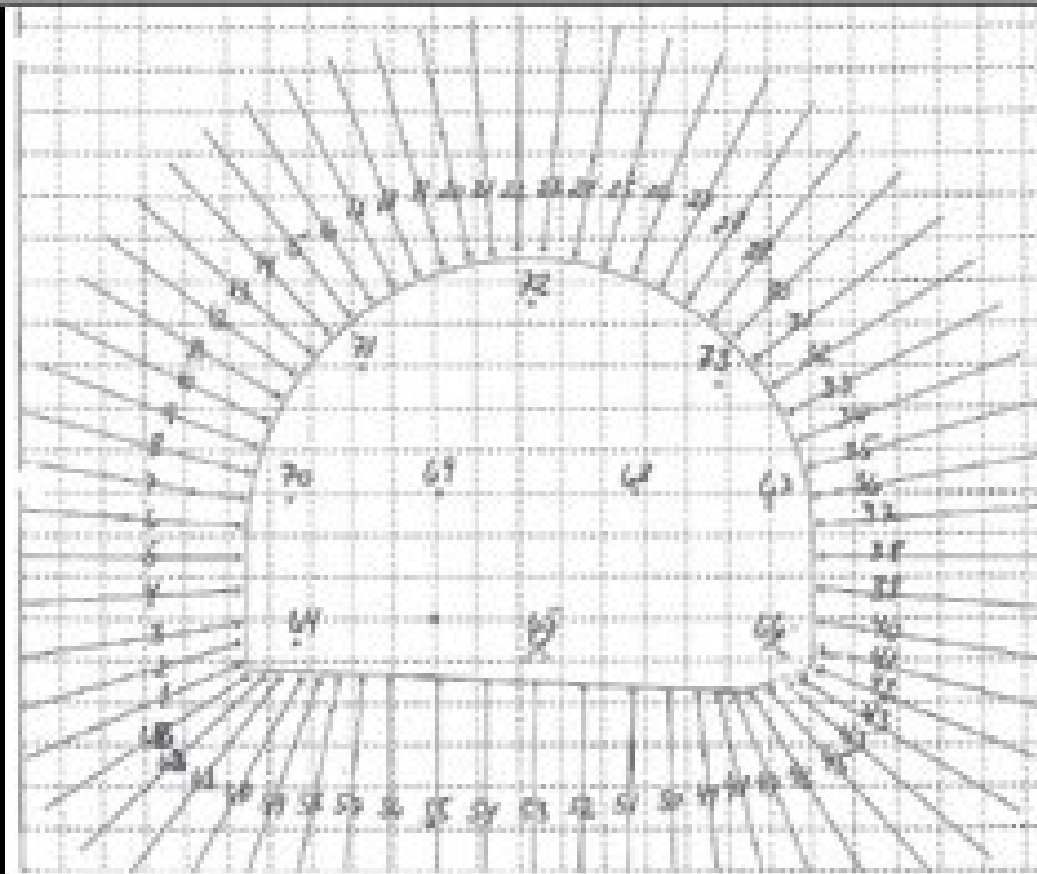


Tetting av sprekker

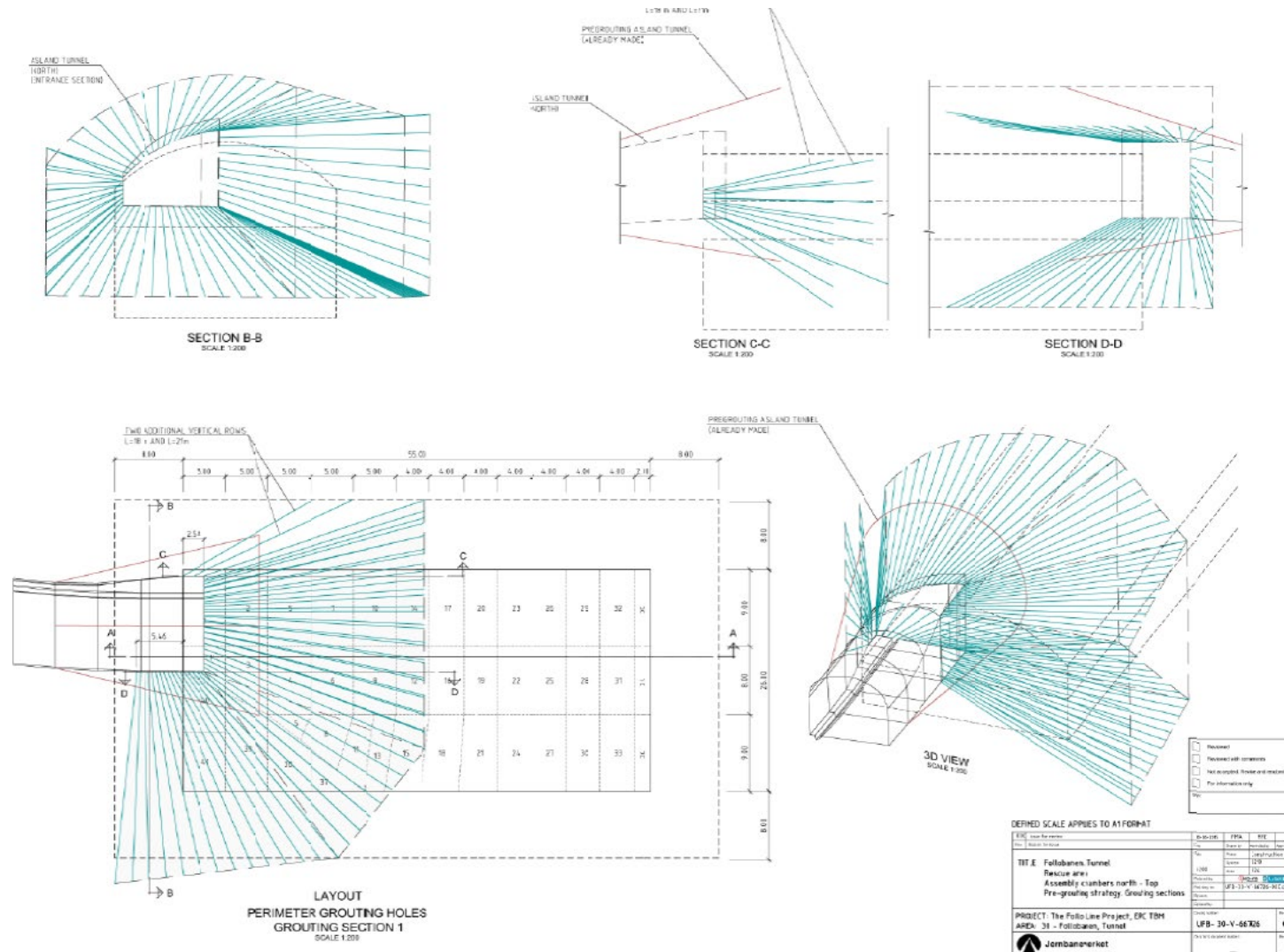
- Forinjeksjon ved å tette sprekker før berget sprenges ut.
- Lange hull bores inn i berget på utsiden av det framtidige bergrommet. Normal hullengde er 24 m. Overlapp mellom skjermene i lengderetningen på 4-8 meter. Systematisk injeksjon gir best resultat.
- Hullene benyttes til å pumpe injeksjonsmasse inn i sprekke i berget med høyt trykk.
- Vanligvis benyttes sementbaserte injeksjonsmidler.
- Viktig at massen kan trenge inn i de minste sprekke.
- Injeksjonsmassene må være volumstabile, og bestandige mot vannstrømning/utvasking.



Tetting av sprekker



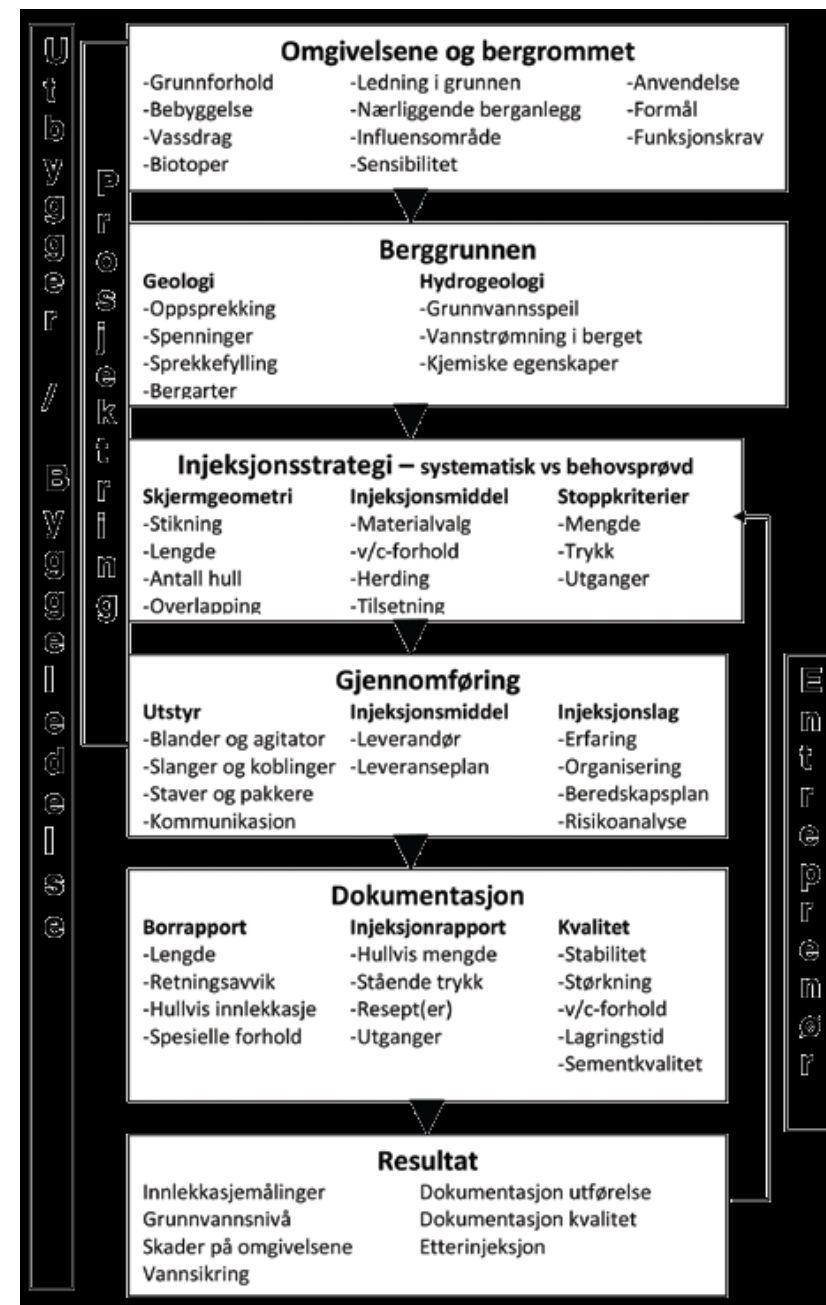
Tetting av sprekker



Suksesskriterier

Gode forundersøkelser

- Etablere grunnvannsbrønner for å skaffe kunnskap om grunnvannstand og dets naturgitte svingninger.
- Besiktigelse av omkringliggende konstruksjoner, bergrom og byggverk
- Kartlegge eksisterende bergrom, infrastruktur, konstruksjoner ol.
- Sette innlekkasjekrav. Strengt krav: < 5 l/minx100m
- Kartlegging av geologi og hydrogeologi
- Velge riktig strategi
 - Systematisk injeksjon vs behovsprøvd
 - Utforming av borplan og overlapp
 - Valg av materialer, tilsetninger og blandingsforhold
 - Definere stoppkriterier



Suksesskriterier

■ Kontrakt

- Oppgjør for medgått mengder.
- Predikere de mest sannsynlige mengdene.
- Overvåke grunnvann med portetrykksbrønner og oppnådd resultat.
- Etablere gode rutiner for oppfølging av omkringliggende omgivelser.
- Vurdere infiltrasjonsbrønner i særlig vanskelige og sensitive områder.
- Vurdere bruk av sperreskjerm mot nærliggende installasjoner/bergoverflate.

■ Gjennomføring

- Gode maskiner og utstyr samt kunnskapsrike fagarbeidere.
- Dokumentere injeksjonsmassens egenskaper.
- Måling av oppnådd tetthet med kort avstand mellom måleterskler.
- Om nødvendig justere injeksjonsskjermenes geometri, basert på restlekkasjer, lekkende bolt, utganger osv.

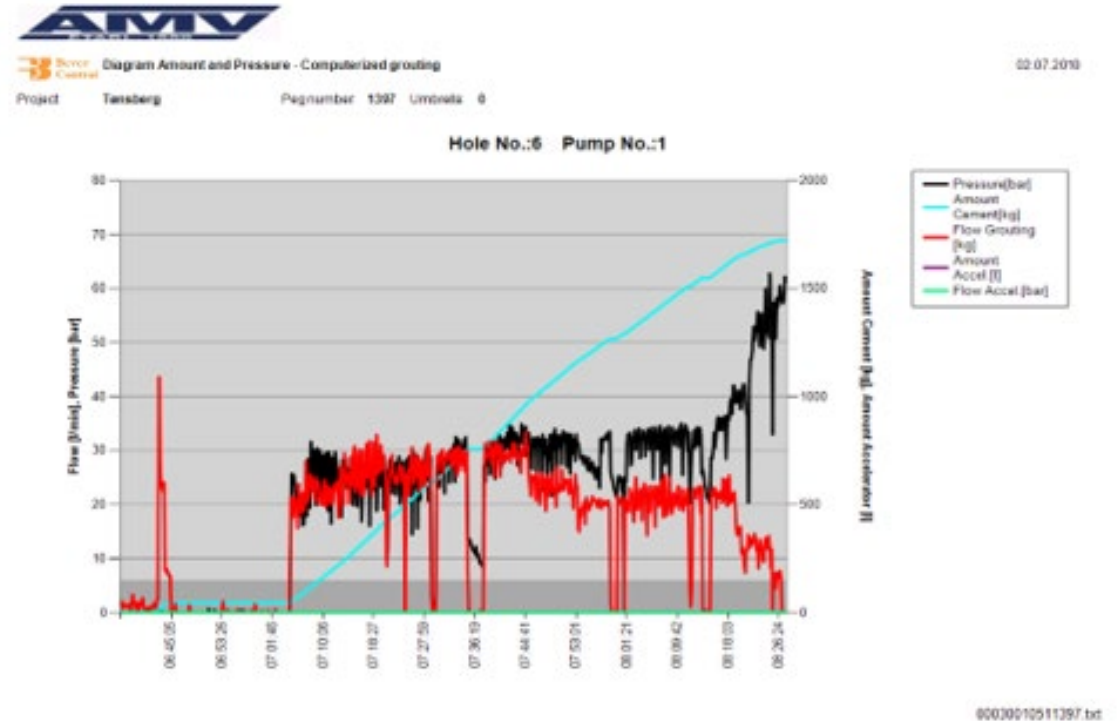
Injeksjonsopplegg

■ Injeksjonsprosedyre

- Tilpasset injeksjonstrykk (fare for utganger)
- Injeksjonsskjerm med kort hullavstand og god overlapp
- Systematisk injeksjon og behov for kontrollhull/flere injeksjonsomganger.
- Injeksjonsmiddel/tilsetningsstoffer som har evne til å trenge inn i små åpninger
- Overvåking av trykkoppbygging i bergmassen for å analysere sprekkefyllingen

■ Geologi

- Geologiske variasjoner med vekslinger mellom stive og elastiske bergarter.
- Svakhetssoner med dypforvitret berg

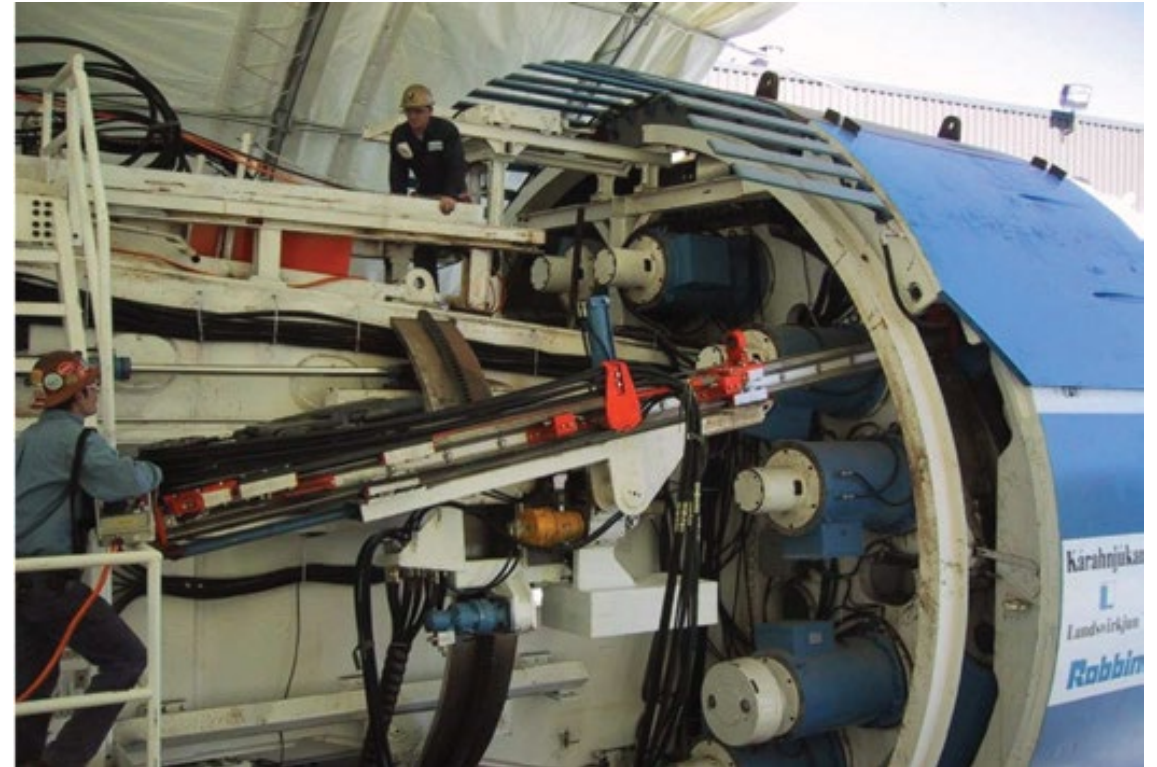


Injeksjonsopplegg

- Kort avstand til områder med atmosfærisk trykk
 - Injeksjonstrykk og resepter tilpasset omgivelsene og avstand til etablerte tunneler og bergrom uten utført injeksjon.
 - Vurdere behov for sperreskjermer mot etablerte bergrom
 - Plan for overvåking av bergrom og konstruksjoner for å oppdage utganger
- Dokumentasjon av injeksjonsmasse
 - Vann/sement-forhold
 - Stabilitet
 - Avbindingstid
 - Tilsetninger
- Dokumentasjon av oppnådd tetthet
 - Poretrykksfall i brønner
 - Måling av innlekkasje på midlertidige måleterskler
 - Registrering av restlekkasjer

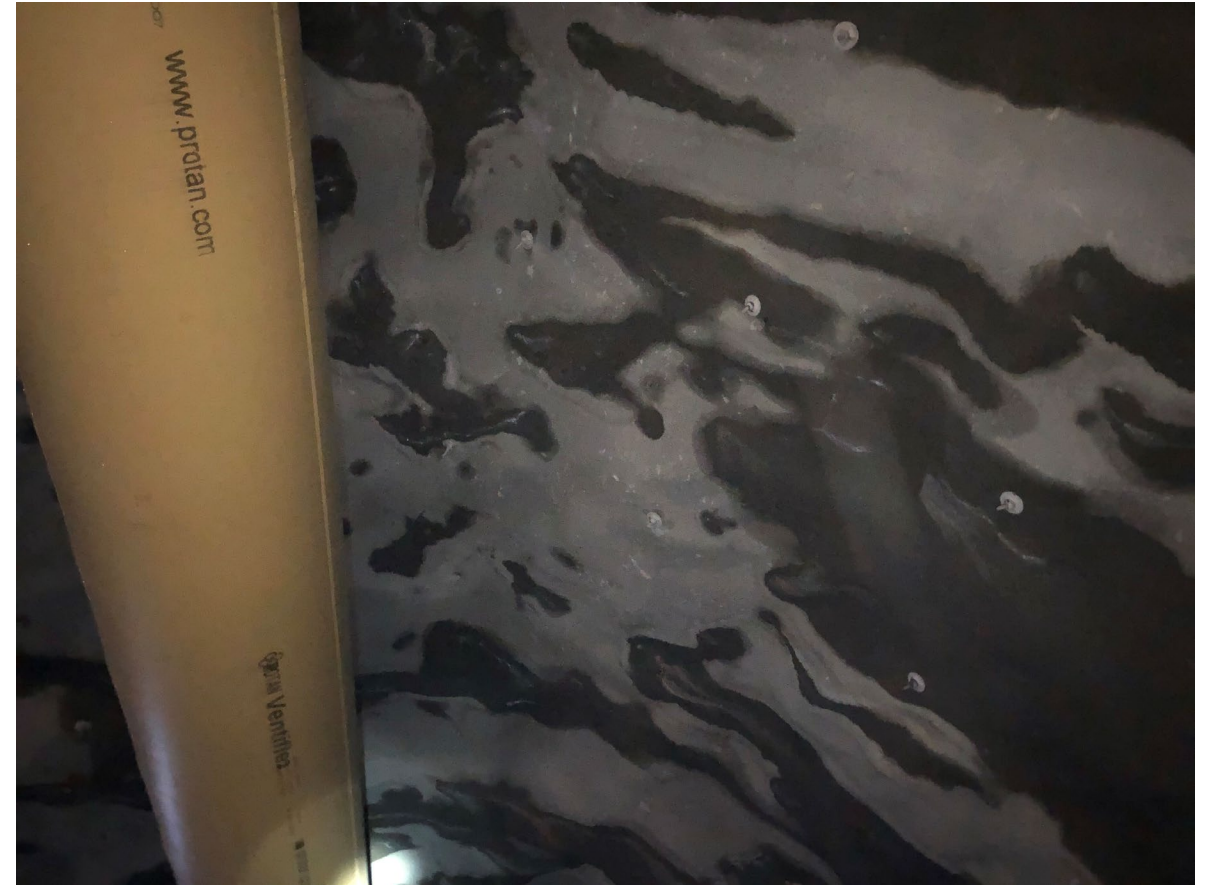
Forinjeksjon fra TBM-tunnel

- Boring av injeksjonsskjerm fra baksiden av borhodet. Systematisk injeksjon anbefales.
- Plassering, kapasitet og vedlikehold på boreutstyret for injeksjonsboring er viktig og krevende. Boreutstyret for injeksjonsutstyret bør designes som en integrert del av maskinen.
- Krevende å plassere boreutstyr på maskiner med mindre diameter enn 4 m.
- Injeksjon gir stabiliserende virkning og kan gi positiv effekt på boringen.
- Høye temperaturer og lange injeksjonslinjer gir risiko for tidlig størkning og behov for spesielle resepter.



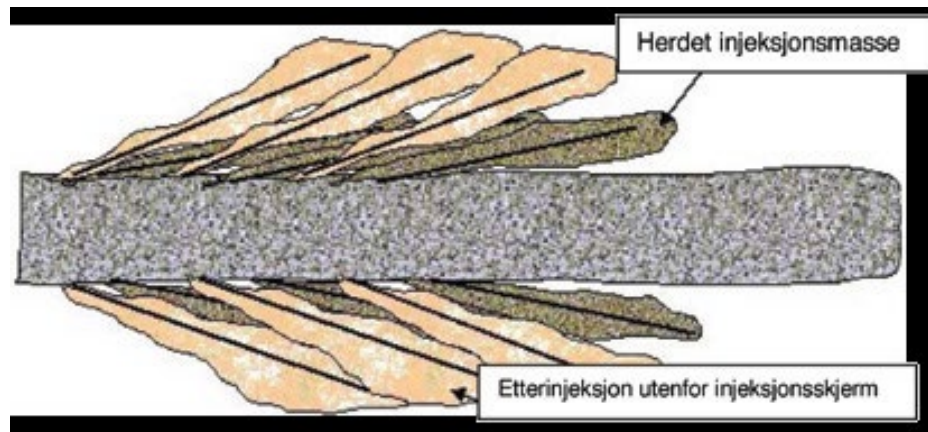
Etterinjeksjon

- Etterinjeksjon utføres som en konsekvens av at det ikke er oppnådd tilstrekkelig tetthet før bergrommet etableres. Det strømmer vann inn i bergrommet som må stanses.
- Restlekkasjen kommer fra åpne sprekker og disse sprekkeene må tettes. Det er en stor fordel om det er utført injeksjon i området tidligere.
- Sprekkene må lokaliseres og tettes. God ingeniørgeologisk kartlegging underveis i prosjektet er et godt redskap for å finne sprekkeene. For å oppnå godt resultat må berget tettes ut fra et tørt område.



Etterinjeksjon

- Det må bores omfattende injeksjonsskjermer for å treffe sprekkelekkene og deretter bør det injiseres med et hurtigstørknende injeksjonsmiddel. Hullene som punkterer sprekker og inneholder mest vann injiseres avslutningsvis og gjerne etter at massen i de øvrige hullene er herdet.



- Ofte vil lekkasjene flytte seg etter hvert som sprekker tettes. Etterinjeksjonen blir omfattende og kan utstrekke seg over et større område før lekkasjen er tettet.
- Kostnadene ved systematisk etterinjeksjon er erfaringsmessig 10- til 50-gangen sammenlignet med forinjeksjon