

VELKOMMEN NFF Temadag Fremtidens injeksjonsprosedyre II

Eivind Grøv

Oslo Temadag 3. Mai 2022



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



Foto Teknisk
Ukeblad

Først litt 'housekeeping'

- Evakuering og nødutganger
- Møteplass ved evakuering
- Har litt rom for diskusjoner underveis – alltid viktig å få med folks meninger
- Vær disiplinert og vennskapelig
- Mobiltelefoner på lydløs

Fremtidens injeksjonsprosedyre II – Dagens program

13.00	1.	Åpning / bakgrunn for valg av tema <i>Eivind Grøv, SINTEF</i>
13.15	2.	Oppsummering fra kurset avholdt i Trondheim i november Hvor går veien videre? <i>Eivind Grøv, SINTEF</i>
13.45	3.	Prosjektpresentasjon: UDK01 – Hvordan gikk det når entreprenøren fikk styre injeksjonen selv? <i>Ingvild Lausund, Multiconsult og Marthe Hyllseth, Veidekke</i>
14.05		Spørsmål / diskusjon / kaffe-pause
14.25	4.	Ny injeksjonsmetodikk på Fornebubanen – resultater så langt <i>Eivind Stein, NGI</i>
14.45	5.	Mulig bruk av kunstig intelligens i fremtidens injeksjon <i>Tom Frode Hansen, NGI</i>
15.05		Spørsmål / diskusjon / pause - kaffe
15.25	6.	Rehabilitering av gamle Ulrikken tunnel – Erfaring med etterinjeksjon <i>Ola Woldmo, Byggeråd</i>
15.45	7.	Pilottesting av sanntidsanalyse av injeksjon under utførelse på Sollihøgda <i>Helene Strømsvik, SINTEF</i>
16.05		Spørsmål og avsluttende debatt
16.30		Slutt





Mitt bidrag som dekker 1. og 2. i programmet deles slik:

- Innledning og bakgrunn for valg av tema
- Fremsnakke etterinjeksjon med case fra Site 7 Pipeline Tunnel KSA fra 90-tallet
- Oppsummering og tanker om fremtidens injeksjonsarbeider



Del 1 Innledning og bakgrunn for valg av tema

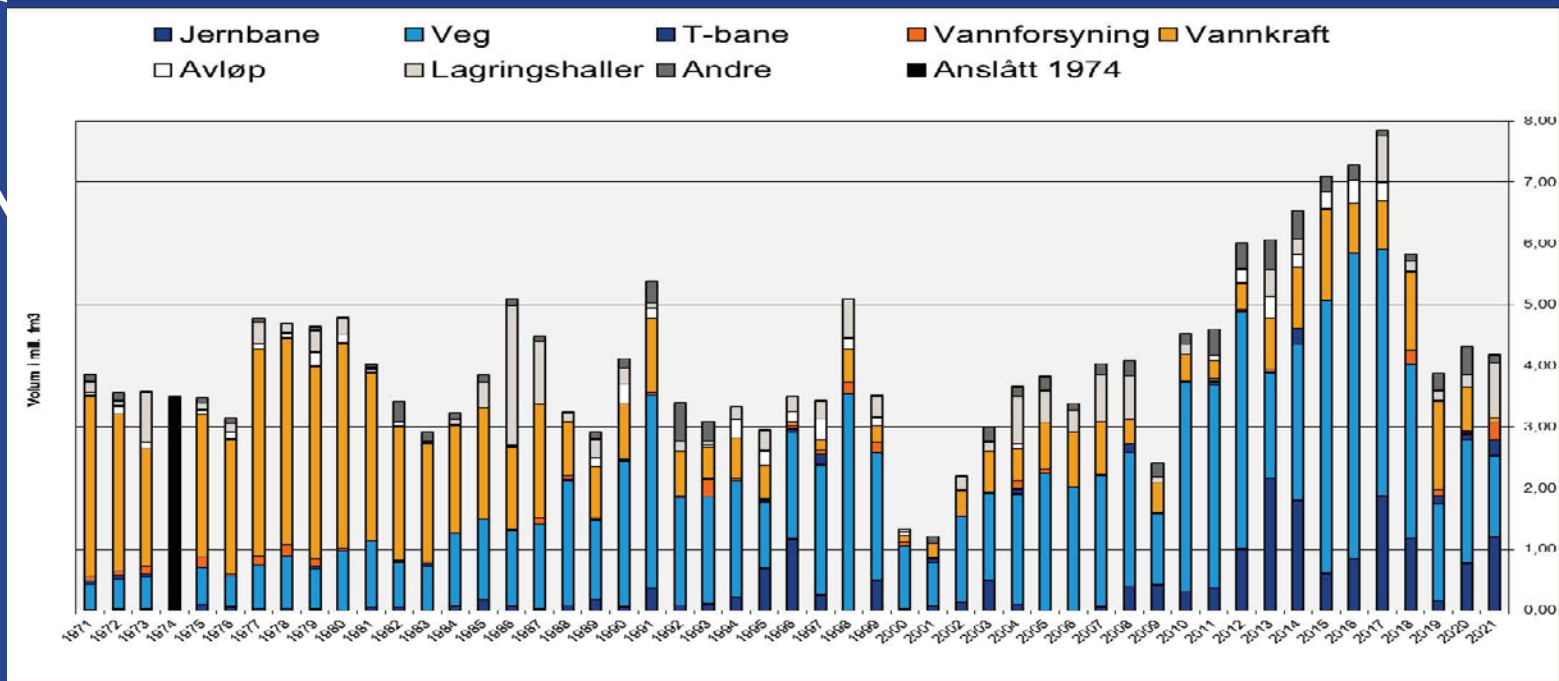
Kort historikk



- Samfunnstjenlige tunneler ved 1000-årsskiftet (2000-2003) – et bransje-prosjekt etterfølgende Romeriksporten
- Satte injeksjon i fokus på en ny måte – tidligere mer tilfeldig utført



Kort historikk knyttet til bruken av undergrunnen



I 2004 kom 'Aktiv Injeksjon'

- Definert som gradvis trykkoppbygging balansert mot W/C-forholdet
- Så høyt trykk som praktisk mulig - 100 bar
- Stoppkriterie på trykk
- Så lavt W/C-tall som praktisk mulig
- Krever fortløpende monitorering og oppfølging
- Lavt W/C-tall gir trykktap for å hindre at injeksjons-massen tar langt avgårde og skader omgivelser
- Injisere også hull i stoffen og mange hull



Hva har bransjen gjort etterpå?

- Kjørt 11 Eksamensrettede kurs i Berginjeksjon, totalt 323 deltakere på i alt 11 kurs
- Nordic Grouting Symposium hvert 3. år
- NFF/Tekna ordinære kurs (Sandefjord, Kursdagene 2010, Kursdagene 2021 etc)
- Gitt ut en rekke kompendier om temaet
- Mye kompetanse og interesse i bransjen om dette temaet



Hva har bransjen gjort etterpå?

- TIGHT i perioden 2014- 2018
- Fordi 20-30 % av tunnelkost = injeksjon
- Sement er en stor kilde til CO2-utslipp
- Behov for økt kunnskap for å optimalisere
- For å redusere unødvendig bruk av sement må forståelsen av injeksjonsprosedyren økes
- Rapporten er lastet ned ca. 400 ggr og har snaut 700 sidehenvisninger

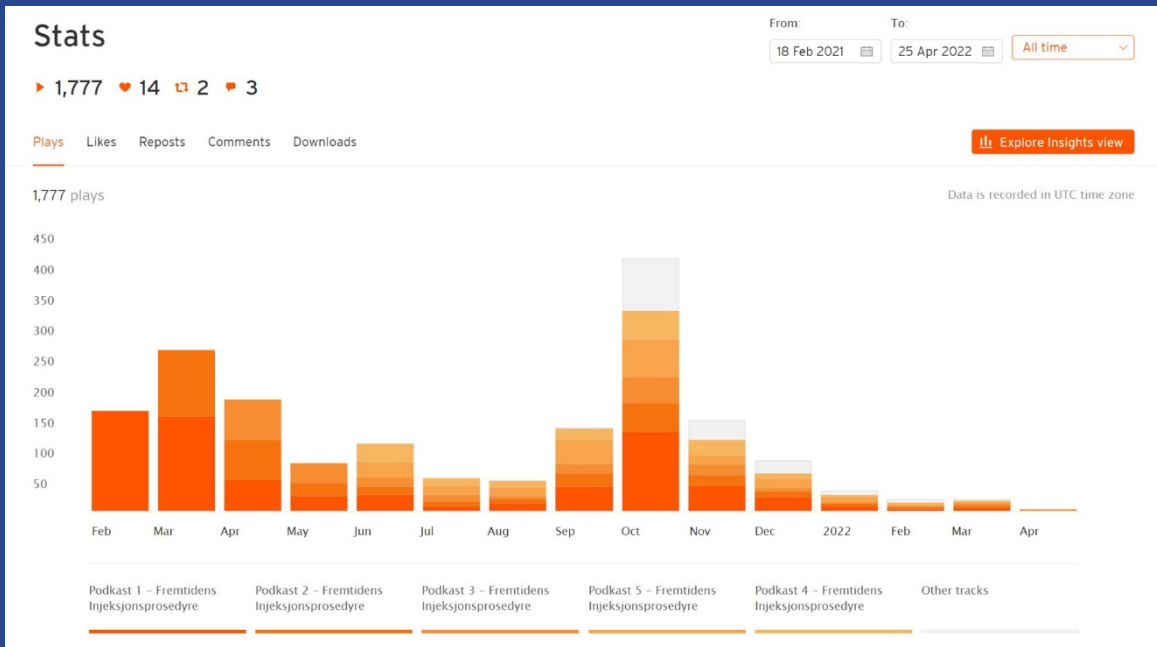


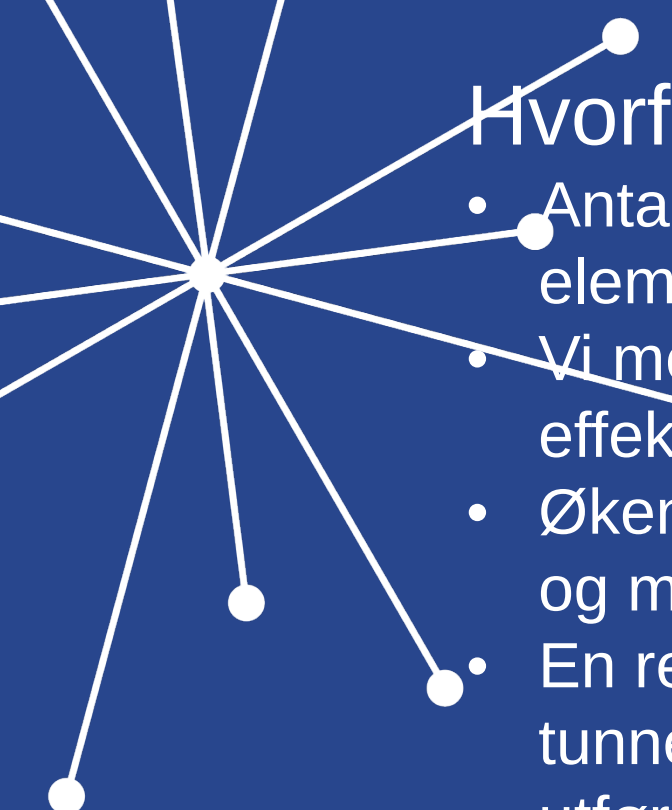
Injeksjons-Podcaster:

<https://nff.no/publikasjoner/podkaster-og-filmer/>

6 stk tar for seg ulike emner

- Berginjeksjon, historikk og bakgrunn
- Hvordan påvirkes injeksjonsarbeidene av kontrakt og oppgjørsform?
- Forstår bransjen viktigheten av riktig bruk av injeksjonsmidler?
- Bruk av høyt trykk ved injeksjon
- Plan og strategi for injeksjonsarbeidet
- Digitalisering og oppsummering





Hvorfor dette temaet i dag???

- Antall prosjekter der injeksjon er et viktig element er stor p.t. og økende.
- Vi mener selv vi driver tids- og kostnads-effektivt, en påstand som kan utfordres
- Økende antall tunnellprosjekter i urbane strøk og med mye injeksjon
- En rekke tunnelprosjekter består i dag av doble tunnelløp – hvilken innflytelse får det for utførelsen av injeksjonsarbeidene?
- Et økende antall saker i rettsapparatet – tvistene dreier seg ofte om byggetid og mengder– injeksjon er en driver mtp byggetid



Bransjen har > én utfordring

- Blir injeksjonsarbeidene optimalt utført – eller
- kan dette arbeidet gjennomføres 'enklere' dvs mindre mengder, kortere tid, raskere og billigere??
- Hvor bringer fremtiden oss med tanke på injeksjonsarbeidene – gitt den samme takten i prosjekttilgangen for bransjen??
- Må vi svelge noen kameler i fremtiden og innse at vi må gjøre endringer i prosedyrene våre??



Året 2021 bød på 'Kode Rød for kloden'
Innstilling om maks 1,5 ° C temperaturøkning
Norge skal iht. Parisavtalen redusere klimagassutslippene
med 55 % innen 2030, og 90–95 % innen 2050.
Innenfor injeksjonsteknikk er det vel også et potensial for
klimahensyn!



Så drar vi trumf-
kortet – fra en
presentasjon
forleden –
Det gir muligheter
for bransjen også
innenfor injeksjon



Under et seminar i
Oslo 26. April
presentert
Klyngen VIA –
Vital Infrastruktur
Arenaen en
rapport utarbeidet
av Norconsult og
Multiconsult



POTENSIAL FOR NÆRINGSUTVIKLING

MER AMBISIØSE KLIMAKRAV TIL ANLEGGSTRANSJEN

April 2022

Anbefalingene fra rapporten er som følger!





SINTEF

Del 2 -

Om å slå et slag
for etterinjeksjon
– SSSP Pipeline
Tunnel Site 7



SAUDI STRATEGIC STORAGE PROGRAM

In 1988 ABV Rock Group, a Midroc affiliate, was assigned the total undertaking to create a strategic fuel storage program for the Saudi Department of Defence. The program includes underground storage plants at five different locations in Saudi Arabia.

The plants are designed for strategic storage of Aviation Fuel, Gasoline and Diesel fuels.

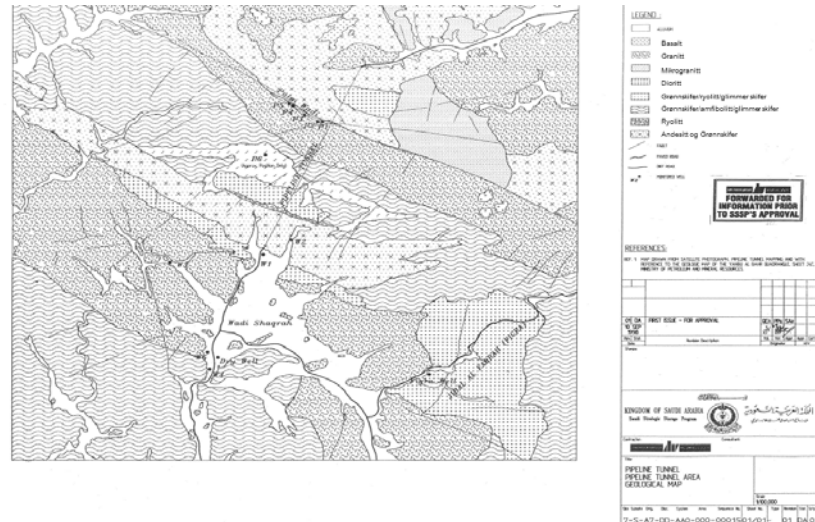
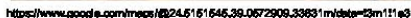
The undertaking is a Turn-Key project, including all phases of Design, Procurement, Construction, Commissioning, Start-Up and one year of Operation and Maintenance and is scheduled to be finalized in 2008. At the peak in 1994 the project employed approximately 12 000 persons.

Project	Strategic Petroleum Storage	
CLIENT:		
SSSP	1988 to present	-
DESCRIPTION:	Midroc Engineering has since the very beginning been heavily engaged in the management of the project and detail design of all technical disciplines.	



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK

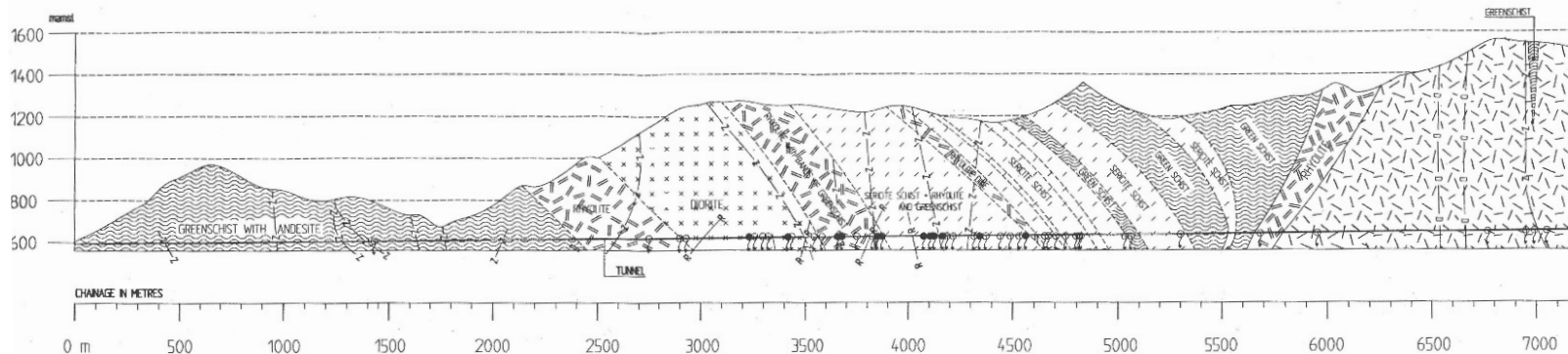
Google Maps



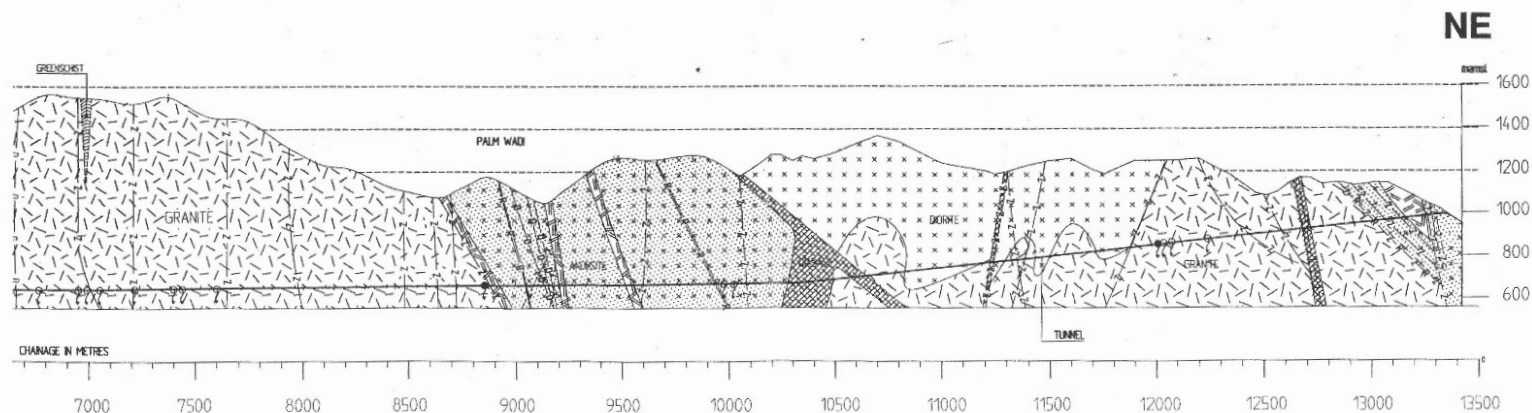
Pipeline Tunnel
Route – ca. 13
km lang, delt på
B&S og TBM,
TBM fra vest
mot øst (fra
venstre mot
høyre på bildet)



SINTEF



Lengdesnitt TBM drev fra venstre mot høyre



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



SINTEF

Utlekkasjen ved portalen steg brått i løpet av noen mnd til 150 m³ per time TBM'en hadde ikke utstyr for å håndtere sonderboring og injeksjon og driving ble stanset Naturlig reduksjon i innlekkasje – tappet en lomme

2 (2)

SITE 7, PIPELINE

APPENDIX A

DATE: 30 MAY 2001

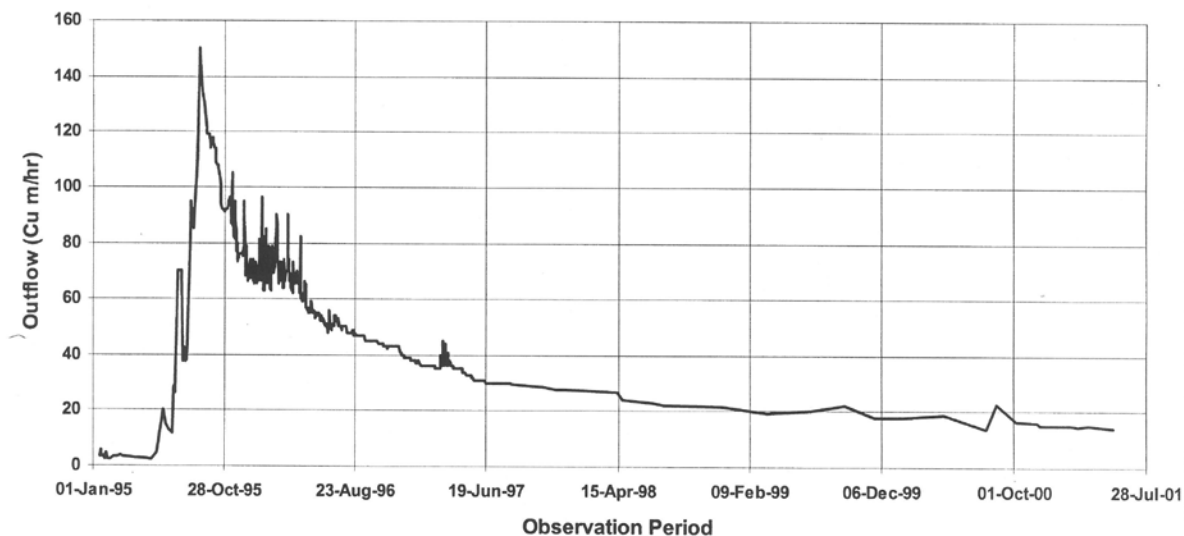
PIPELINE TUNNEL

7-P-AD-DR-S-0002 03

GEO-ENVIRONMENTAL STUDY UPDATE

STATUS: DA SCRY: 0

Water Outflow, Pipeline West - Site 7



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



SINTEF

Hva skjedde så;

- Tunnelens plassering – tett på Medina – en av de to hellige byene i Islam medførte fort at det ble mye politikk og lite teknikk – lekkasjene nådde høyt i systemet
- Utstyr for sonderboring ble etablert på TBM'en mens den stod stille i tunnelen – diameter ca. 3,5 m, Robbins 252/253 (??) – Svartisenmaskin – 4.5 km inne i tunnelen
- Man fikk raskt en naturlig reduksjon i innlekkasjen – målte trykk som tilsa at man tappet lommer opp mot ca. 100 meter over tunnelen
- Etterinjeksjon bestod i å jakte lekkasjepunkter – de største først – måle utlekkasje og jakte videre på de nest største lekkasjene osv.



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



SINTEF

Løsningen og erfaringene ble;

- Etterinjeksjon fungerte i den forstand at man fikk vannlekkasjene ned – men dokumenterte utfordringene med etterinjeksjon = jakte på lekkasjer
- Det endelige innlekkasjenivået ble satt til 40 liter per minutt per 100 meter tunnel – altså i overkant av hva vi normalt bruker til undersjøiske tunneler i Skandinavia
- Lagde en prosedyre og opplegg for behovsprøvet forinjeksjon fra pel 4500 og ut

Men, er dette det rette eksempelet for å fremsnakke etterinjeksjon – isolert sett er det vel neppe det (i parentes – det gikk også et ras på stuff senere.....)



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



SINTEF

GROUTING PROCEDURE SITE 7 PIPELINE TUNNEL

Reference is made to our discussions here in Riyadh on the 23rd of November. In the effort of hopefully providing some useful contribution to Your current engagement at the Pipeline tunnel and to add to Your own experience I have taken the opportunity of preparing a list of activities and guidelines for the grouting works. These guidelines applies to a systematic approach as was agreed by Mr. Engard. Therefore focus is mainly on the tunnel section from chainage 3500 to 4100. *MSE*

The current situation implies that the area from the California switch to the tunnel face will be grouted on a later stage, when the TBM has advanced and exposed the subject area accessible for grouting activities. A pre-grouting procedure is inevitably necessary to establish and test before full-speed ahead with the TBM is possible.

STEP ACTIVITY

1. Sectioning

Identify individual sections which do not expose communication to other neighboring sections and where dry rock mass conditions exist both sides. These dry areas were defined as natural barriers in the meeting. If such dry areas are not available, then split a wet section into various sub-sections and make artificial barriers. Although, it may not be absolutely correct to call these as barriers, there will hydraulically exists a restraint. The barriers shall ensure that the sections remain isolated from other dry areas on each side. Further, they shall prevent that grouting activities in one section interfere with other sections, eg. such as already being grouted.

2. Identify water bearing features

Identify water bearing features and select grout measures according to the attached matrix (proposal).

3. Establish barriers

Establish one barrier at each side of such individual sections. The barrier will consist of holes with length in the range of 20 to 30 m. Drill 10 holes per barrier evenly distributed within 360 degrees. Place packer at two depths in each hole, at 0,5 m and 5 m or otherwise, as observed from drilling. Apply polyurethane, or ordinary portland cement with coarse grain aggregates if observations indicate extensive grout takes. Drill secondary holes, in between original holes, with reduced length 5 m shorter. Grout with polyurethane or ordinary portland cement.

Om så etterinjeksjon var den eneste muligheten, som det jo var med en TBM uten rett utstyr – hvordan burde vi løst det – og hva lærte vi?

Systematisk etterinjeksjon ved å:

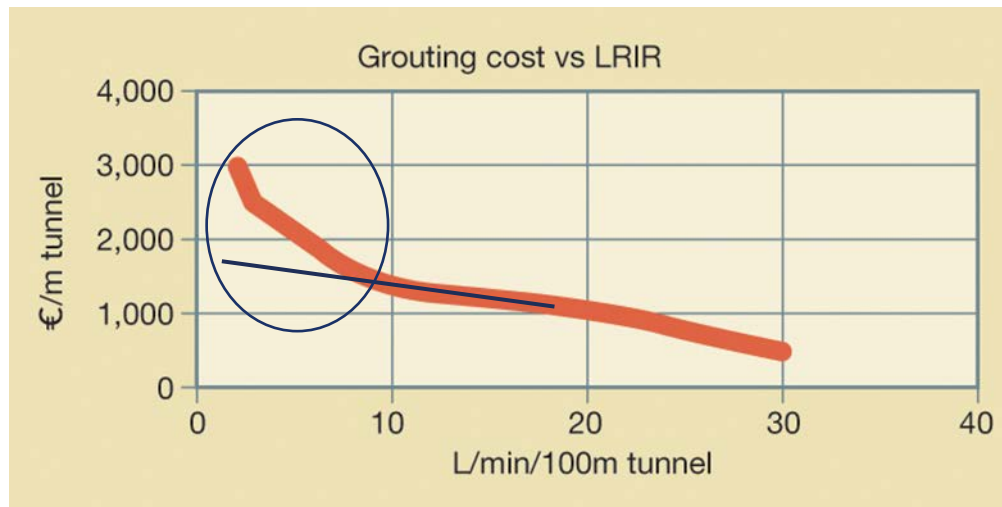
- Etablere barrierer med (langhullsinjeksjon som ved propper) eller bruke naturlige barrierer = impermeable seksjoner
- Injisere systematisk mellom disse – lukke vannet ute – flytt til neste – hindre spredning langs tunnelaksen
- Gjerne skjermer som ved forinjeksjon





SINTEF

Fra en artikkel av Woldmo et al



- Innlekkasjer < 10 l/min/100m krever 50–70% høyere kostnad
- Tid/kost relatert til injeksjon er ikke en lineær funksjon mot innlekkasjekrav
- Fremdriften reduseres med 10–60% med systematisk sonderboring og forinjeksjon

Kan vellykket forinjeksjon kombinert med etterinjeksjon bidra til å redusere tidsforbruket og kostnad ved strenge innlekkasjekrav?





SINTEF

CORONAVIRUS NEWS | Israel lifts indoor mask mandate as coronavirus cases drop (/node/2069411/middle-east)



Arab News Monday, April 25, 2022



<https://www.facebook.com/pages/Arab-News/10250877124>

<https://twitter.com/arabnews>

<https://www.linkedin.com/company/ara>

47
ANNIVERSARY

ARAB NEWS

SAUDI ARABIA (/SAUDIARABIA) MIDDLE EAST (/MIDDLEEAST) WORLD (/WORLD) BUSINESS (/ECONOMY) MEDIA (/MEDIA)

LIFESTYLE (/LIFESTYLE) OPINION (/OPINION) SPORT (/SPORT) RESEARCH & STUDIES (/RESEARCH) PODCAST (/PODCAST)

LATEST NEWS / Middle-East (/Taxonomy/Term/2)

Jailed Turkish campaigner awaits verdict after marathon trial (/node/2070356/middle-east)



[Home \(/\)](#) / Kingdom's 4th Strategic Oil Storage Facility Set

Kingdom's 4th Strategic Oil Storage Facility Set

Author:

P.K. Abdul Ghafour, Arab News

Publication Date:

Sun, 2007-11-25 03:00

JEDDAH, 25 November 2007 — Saudi Arabia's fourth strategic petroleum storage facility is now ready in Madinah. Prince Abdul Aziz ibn Majed, governor of the region, will open the facility tomorrow on behalf of Crown Prince Sultan, chairman of the Saudi Strategic Storage Program (SSSP).

The Madinah storage site was formally handed over to Saudi Aramco in February this year. As many as four million metric tons of rock have been removed to establish the facility whose underground tunnel has a length of 30 kms. Some 130,000 steel bars, 600,000 metric meters of reinforced concrete, 70,000 tons of iron, 150 kms of pipes, 3,000 kms of electric cables and 177 kms of optical fiber cables have been used to

Anlegget ble
satt i drift i
2007 – ca. 17
år etter at vi
startet opp
rundt i 1990



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



SINTEF

Del 3 –

Oppsummering og tanker om fremtidens injeksjonsarbeider

NFF Arrangerte seminaret Fremtidens Injeksjons- prosedyre i nov. 2021

Vi lovte tilbakemelding til bransjen

VEI/TUNNEL/JERNBANE



Illustrasjonsfoto: AMV

■ – Miljøkrav vil prege fremtidens injeksjonspraksis i tunneler

Spår endringer i injeksjons- prosedyrene

I begynnelsen av november arrangerte Norsk forening for fjellsprenningsteknikk (NFF) et seminar hvor hovedmålsettingen var å komme frem til rammen for en omforent bransjepraksis for hvordan injeksjonsarbeid skal utføres i fremtiden. SINTEFs sjefsforsker og NTNU-professor Eivind Grøv tror det vil komme flere endringer i norske injeksjonsprosedyrer.

Ådne Homleid
ad@bygg.no

INJEKSJON

– De fleste i bransjen er enige om at vi i en del tilfeller bruker for mye tid og penger på injeksjonsarbeider i tunneler og bergrom, og at

det er mulig å utføre injeksjonen på en mer effektiv og omforent måte. Det var bakgrunnen for at vi samlet bransjen til et seminar hvor vi sammen skulle diskutere og komme frem til noen svar på hvordan fremtidens injeksjonsprosedyre kan se ut, sier Grøv, til Byggeindustrien.

Arbeidsgruppe

En arbeidsgruppe ble nedsatt for å planlegge seminaret «Fremtidens injeksjonsprosedyre», som gikk av stabelen i Trondheim i begynnelsen av november. Gruppen bestod av Ingvald Lausund, Veidekke, Helene Stramsvik, SINTEF, Knut Gørshol, KGRE, Kristian Kristoffer-

sen Dahl, NCI, samt Grøv. Seminaret var på mange måter en videreføring av det store forskningsprosjektet TIGHT, som presenterte sin sluttrapport i 2020.





SINTEF

Vil tilbakemeldingene
kreve av oss at vi gjør
en helomvending eller
er det tilstrekkelig med
en endring på kursen?



Foto: Facebook



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



SINTEF

Under seminaret Fremtidens injeksjonsseminar i 2021 fikk deltakerne oppgaver som skulle løses i grupper

9. Debatt / gruppediskusjon

Tema 1: Stoppkriterier (trykk, mengde og v/c)

Tema 2: Valg av injeksjonsmasse og tilsetningsstoffer

Tema 3: Kontraktbegrensninger

Tema 4: Hvilke bergparametere er relevant for injeksjon?

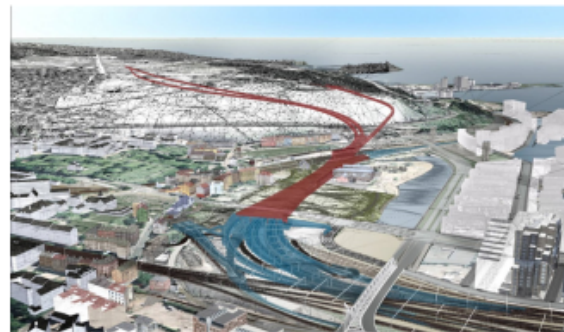
Presentasjon av gruppedebatt

En tunnel for T-bane skal drives under Oslo sentrum. Overflaten er dekket av bebyggelse fundamentert på blant annet treflåter.

Løsmassene er hovedsakelig leire og silt, med mektighet 10-20 m.

Bergoverdekningen er 10-15 m.

- a) Injeksjon i skifer med intrusiver av mikrosyenitt. Skiferlagene er hovedsakelig horisontale. Mektighet skifer 0,5 m - 3,0 m. Mikrosyenitten er kartlagt med 2 sprekkesett, hvor ett er tilnærmet steilt.
- b) Injeksjon i rombeporfyr. 3 sprekkesett, hvor 2 stk. er subvertikale.



(credit: Bane NOR)



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



SINTEF

A Injeksjon i skifer med intrusiver av mikrosyenitt.

1- Stoppkriterier trykk mengde og V/C

- 25 bar i sålen og 15 bar i heng.
- Steg 1 V/C 0,9 til 500 liter
- Steg 2 V/C 0,6 til 500 liter
- Steg 3 V/C 0,6 med styrt herding

2- Valg av injeksjonsmasse og tilsetningsstoff

- Mikroement med SP

3- Kontraktbegrensninger

- Hvilken kontraktsform?
- Byggetid i forhold til ingeniargeologisk rapport
- Innlekasjekrav

4- Hvilke bergparametre er relevant for injeksjon, hvordan kartlegge hensiktsmessig?

- Ønsker å gjøre grunnundersøkelser
- Seismikk

B Injeksjon i rombeportyr

1 Stoppkriterier trykk mengde og V/C

- 30 bar i sålen og 20 bar i heng
- Steg 1 V/C 0,7 til 500 liter
- Steg 2 V/C 0,5 til 1500 liter
- Steg 3 V/C 0,5 med styrt herding

- Alternativ 2: Sperreskjerm ifra vederlag til vederlag. (Det var noen på gruppen som tenkte på denne)

2 Valg av injeksjonsmasse og tilsetningsstoff

- Industrisement med SP

3 Kontraktbegrensninger

- Samme svar som i A

4 Hvilke bergparametre er relevant for injeksjon, hvordan kartlegge hensiktsmessig?

- Samme svar som i A

Planlegging før oppstart:

Tema 1: stoppkriterier (Trykk, mengde og v/c)

30-35 bar i liggen
15-20 bar i toppen

Tema 2: Valg av injeksjonsmasse og tilsetningsstoffer

God mikroement
v/c1.0-400l
v/c0.8-400l

Hvis slutttrykket ikke oppnås, da kan aks brukes ved behov.

Tema 3: Kontraktbegrensninger

Bruke den tradisjonelle kontraktsform.
Veldig viktig å kreve produkt egenskaper.

Tema 4: Hvilke bergparametre er relevant for injeksjon?

Spreking i forhold til borretning
Overdekning
Horizontal spenning
Vanntapsmåling
Stivhet i bargater

Hvordan kartlegge hensiktsmessig?

Kartlegge sprekkeretning, spreke geometri, bergamateriale

Dag 1

Tema 1: 10-15 i heng, 20 i såle. Redusert trykk oppover i Stuffen.
Senke v/c med økende mengder. Avslutte med aksellator. 1000-500-
styrt.

B) øke mengder, ellers likt.

Tema 2: vannprøve og se at stoffet er bestandig. Mikroement. Heller
høyere v/c enn superplastiserende. Men ikke høyere enn at den er stabil.
B)

Tema 3: rundsum med justering. Noe mekanismer på poretrykk.

Tema 4: strukturgeologi, sprekkedøpning. Bergartstype, sprekketrykk og
ruhet.

Tema 5: vannmålinger før og etter. Filtertest, marshcone, Kopptest,
densitet

Tema 1: Stoppkriterier

A)

- Et godt flytdiagram over prosedyre.
- Ved oppstart, lav strømming og gradvis forsiktig oppbygning av trykk
- Starte med W/C: 1.0
- Stopptrykk: 20 bar over sprekkvannstrykk
- Stoppkriterium på mengde, 1500 L

B)

- Et godt flytdiagram over prosedyre.
- Ved oppstart, lav strømming og gradvis forsiktig oppbygning av trykk
- Starte med W/C: 0.8 → 500L, W/C: 0.6 → 500L, ev. avslutte med styrt herding
- Stopptrykk: 20 bar over sprekkvannstrykk

Tema 2: Valg av injeksjonsmasse og tilsetningsstoffer

• A) Mikroement, superplastiserende, ved behov silikasurry

• B) Mikroement, superplastiserende, ved behov silikasurry

Tema 3: Kontraktbegrensninger

Ensidig totalkontrakt kan gi entreprenøren totalt ansvar. Kan være en
invitasjon til konflikt.

Ansvarsfordeling virker til å være et generelt problem. Skjev fordeling
av ansvar og risiko kan være en kontraktbegrensning.

Kan legges inn intensiver til entreprenør, for å bidra til reduksjon i
byggetid og ressursbruk.

Tema 4: Hvilke bergparametre er relevant for injeksjon

- Konduktiviteten er en viktig bergparameter relevant for injeksjon
leirsifer vs. Rombeportyr, sprekker i leirsifer ofte betydelig lavere konduktivitet
enn sprekker i rombeportyr.
- Konduktivitetskontrast, blanding av små og store sprekker er utfordrende, da alle
ressursene går til de store sprekkene.
- Sprekketrykk
- Oppsprekingsgrad
- Overdekning
- Sprekkeorientering
- Borbarhet
- A) Horizontal sprekker, effektområde kan være stort
- B) 3 sprekkesett (to subvertikal), god kontakt til overliggende områder



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



SINTEF

Stoppkriterier;

- På trykk ble det foreslått:
 - Såle 20-35 bar (alt. 20 bar over sprekkevannstrykk)
 - Heng 10-20 bar (alt. Som over)
- På mengde ble det foreslått:
 - Stoppkriterie mengde =1500 liter
 - Steg 1 V/C 0,9 til 500 liter, Steg 2 V/C 0,6 til 500 liter, Steg 3 V/C 0,6 med styrt herding = stoppkriterie
 - 1000-1500 liter med styrt herding
 - For RP, Steg 1 V/C 0,7 til 500 liter, Steg 2 V/C 0,5 til 1500 liter, Steg 3 V/C 0,5 med styrt herding
- Andre forslag:
 - Sperreskjerm, Godt flytdiagram, Start med lav strømming og gradvis og forsiktig trykkoppbygging





SINTEF

Valg av injeksjonsmasse og tilsetningsstoffer;

- I RP:
 - én gruppe forslo industrisement med SP
 - De øvrige forslo Mikrosegment
 - Det ble også foreslått heller høyere v/c for mikrosegment enn SP
 - Mikrosegment med SP og Silikaslurry ved behov.
- I Skiferen
 - Mikrosegment med SP og Silikaslurry ved behov
 - Mikrosegment med SP
 - God mikrosegment tilsynelatende uten noen tilsetningsstoffer





SINTEF

Kontraktsbegrensninger;

- En gruppe svarte:
 - Hvilken kontraktsform?
 - Byggetid i forhold til ingeniørgeologisk rapport
 - Innlekasjekrav
- Det ble også svart:
 - Rundsum med justeringer, og noe mekanismer på poretrykk
- En annen svarte
 - Bruke den tradisjonelle kontraktsform.
 - Veldig viktig å kreve produktegenskaper.
- Og også
 - Ensidig totalkontrakt kan gi entreprenøren totalt ansvar. Kan være en invitasjon til konflikt.
 - Ansvarsfordeling virker til å være et generelt problem. Skjev fordeling av ansvar og risiko kan være en kontraktbegrensning.
 - Kan legges inn intensiver til entreprenør, for å bidra til reduksjon i byggetid og ressursbruk.



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



SINTEF

Hvilke bergparametere er relevant for injeksjon;

- Konduktivitet er en viktig bergparameter relevant for injeksjon
Leirskifer vs. Rombeporfyr, sprekker i leirskifer ofte betydelig lavere konduktivitet enn sprekker i rombeporfyr.
- Konduktivitetskontrast, blanding av små og store sprekker er utfordrende, da alle ressursene går til de stor sprekken.
- Sprekkefyll
- Oppsprekkingsgrad
- Overdekning og horisontalspenning
- Sprekkeorientering i forhold til injeksjonshullorienteringen
- Bergartens stivhet
- A) Horisontal sprekker, effektområde kan være stort
- B) 3 sprekkesett (to subvertikal), god kontakt til overliggende områder



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



SINTEF

Under seminaret Fremtidens injeksjonsseminar i 2021 fikk deltakerne oppgaver som skulle løses i grupper

15. Gruppediskusjon Utførelse

Tema 1: Geometri og antall hull

Tema 2: Testing og verifikasjon av injeksjonsmasse

Tema 3: Kommunikasjon mellom byggherre og entreprenør (dynamisk)

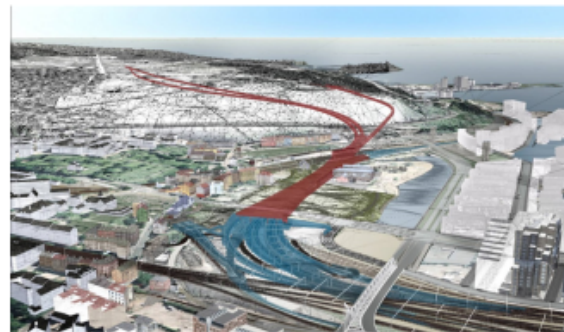
Tema 4: Tilpasning av prosedvrer

En tunnel for T-bane skal drives under Oslo sentrum. Overflaten er dekket av bebyggelse fundamentert på blant annet treflåter.

Løsmassene er hovedsakelig leire og silt, med mektighet 10-20 m.

Bergoverdekningen er 10-15 m.

- a) Injeksjon i skifer med intrusiver av mikrosyenitt. Skiferlagene er hovedsakelig horisontale. Mektighet skifer 0,5 m - 3,0 m. Mikrosyenitten er kartlagt med 2 sprekkeseett, hvor ett er tilnærmet steilt.
- b) Injeksjon i rombeporfyrr. 3 sprekkeseett, hvor 2 stk. er subvertikale.



(credit: Bane NOR)



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



A

1. Geometri og antall hull

- C/C 1,0 meter mellom hullene i kontur, 1 hull per 10m² i stoff
- 5 meter stikk på hullene, 25 meter lang skjerm og 4 salver à 5 meter.

2. Testing og verifikasjon av injeksjonsmassen

- Test av marscone, bleeding, fyller kopp og vekt på de V/C tallene som benyttes

3. Kommunikasjon mellom byggherre og entreprenør

- Hvilken kontraktsform jobber vi med
- Felles mål
- God forståelse for hverandre og kommunikasjon ved utførelse, slik at ved spørsmål/problemer kan byggherre og entreprenør ta en felles avgjørelse.
- En god plan før man starter, likevel må alle være klar over at plan/prosedyre kan endre seg underveis.

4. Tilpasning av prosedyrer

- Man bør gå for en prosedyre ved oppstart, ser man etter flere injeksjoner at den ikke fungerer må man felles finne en ny prosedyre for å se om man kan få et bedre resultat.

B

1. Geometri og antall hull

- C/C 1,5 meter mellom hullene i kontur, 1 hull per 15m² i stoff
- 5 meter stikk på hullene, 25 meter lang skjerm og 4 salver à 5 meter.

Resten er lik A

Tema 1: A) prøve krysse sprekkesettene. Sperreskjerm hvis fare for masseutgang. 15 meter skjerm. Ref håndbok 06 tabell 1 med justering for bergart. 5 hull i stoffen. Husk på ekstrahull i hjørnene.

B) mulig å benytte færre hull pga bedre sprekkeforbindelse/konduktive sprekker.

Tema 2: A) marshcone. Bleeding. Herdetid/Kopptest) teste under injeksjon. Test vannet. Og teste for oppstart. Kalibrere/kontrollere utstyret. Nøyaktighetskultur. Nif/bransjen bør ta tak i hva slags kompetanse man trenger for å jobbe med injeksjon og lage et kompetansebevis.

B) samme som A)

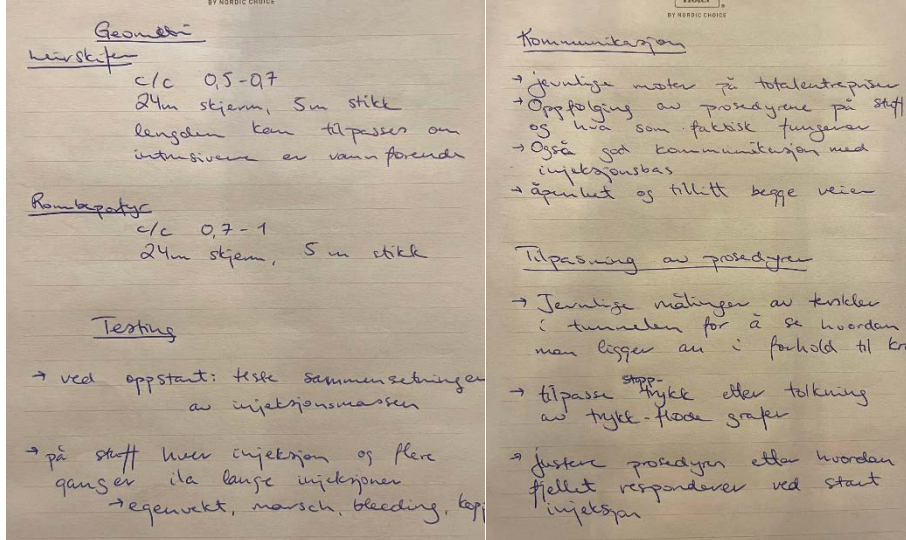
Tema 3: åpen kommunikasjon basert på tillit. Holde pengene borte fra stoff. Gjenvlig oppfølgingsmøte. Ser på injeksjonsprosedyre, hva bør gjøres. Kun faglig, ikke penger. Personavhengig. Skape felles kultur. Kommunikasjon på riktig nivå.

Tema 4: på oppfølgingsmøte. Prosedyren er et dynamisk dokument.

Fast rutine vannterskel mandag morgen.



**NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK**



15. Gruppediskusjon 2:

Tema 1: Geometri og antall hull

Avstand mellom hull 5-7m. Bør tas hensyn til bolte lengde og diameter på tunnel og type bergmasse.

Tilpasning ved dårlig fjell. Sette hull også midt på stoff.

Før injeksjon viktig å renholde hull.

Tema 2: Testing og verifikasjon av injeksjonsmasse

Det bør sørges at forskjellige produkter er kompatibel og de bør testes.

Krav til god sement og sement egenskaper. Viktig å bruke spring/drikke vann til injeksjon.

Testing per hver injeksjon av:

Bleeding

Marshcone

Kopp test (plast)

Egen vekt (mud balance)

I tillegg filter pumpe test for å se om blanding er homogen.

Testen skal gjøres sammen med entreprenøren og byggherren.

Tema 3: Kommunikasjon mellom byggherre og entreprenør

Tilgjengelighet fra byggherren under produksjon og være på stede og følge skiftene.

God og dynamisk kommunikasjon.

Oppstart seminar for å få en fellesforståelse mellom byggherre og entreprenør.

Jevnlig injeksjon møte og oppfølging underveis med byggherren og entreprenør.

Tema 4: Tilpasning av prosedyrer

Tilpasning av prosedyrer og fleksibilitet. Ikke endre alt med en gang. En ting av gangen



SINTEF

Geometri og antall hull;

- En gruppe svarte
 - Avstand mellom hull 5-7m.(??) Bør tas hensyn til boltelengde og diameter på tunnel og type bergmasse. Tilpasning ved dårlig fjell. Sette hull også midt på stoff. Før injeksjon viktig å renholde hull.
- En annen svarte
 - C/C 1,0 meter mellom hullene i kontur, 1 hull per 10m² i stoff
 - 5 meter stikk på hullene, 25 meter lang skjerm og 4 salver à 5 meter.
- Tredje gav følgende svar
 - Prøve å kryse sprekke settene. Sperreskjerm hvis fare for masseutgang. 15 m skjerm, 5 hull i stoffen, ekstrahull i hjørnene. I RP mulig å benytte færre hull pga bedre konduktivitet
- Den siste svarte
 - c/c 0,5-0,7 m, 24 m skjerm, 5 m stikk, lengden kan tilpasss om intrusivene er vannførende. I RP c/c 0,7-1 m, 24 m skjerm og 5 m stikk





SINTEF

Testing og verifikasjon av injeksjonsmassen;

- En gruppe svarte
 - Test av marscone, bleeding, fyller kopp og vekt på de V/C tallene som benyttes
- En annen svarte i tillegg til ovennevnte
 - Det bør sørges at forskjellige produkter er kompatibel og de bør testes. Krav til god sement og sement egenskaper. Viktig å bruke spring/drikkevann til injeksjon. Egen vekt (mud balance). I tillegg filter pumpe test for å se om blanding er homogen. Testen skal gjøres sammen med entreprenøren og byggherren.
- Tredje gav følgende svar
 - Testes under injeksjon. Test vannet. Og teste før oppstart. Kalibrere/kontrollere utstyret. Nøyaktighetskultur. NFF/bransjen bør ta tak i hva slags kompetanse man trenger for å jobbe med injeksjons og lage et kompetansebevis
- Den siste svarte
 - Teste ved oppstart, og underveis i injeksjonen, ved hver injeksjon





SINTEF

Kommunikasjon mellom byggherre og entreprenør del 1;

- En gruppe svarte
 - Tilgjengelighet fra byggherren under produksjon og være på stede og følge skiftene. God og dynamisk kommunikasjon. Oppstart seminar for å få en fellesforståelse mellom byggherre og entreprenør. Jevnlig injeksjon møte og oppfølging underveis med byggherren og entreprenør.
- En annen svarte
 - Hvilken kontraktsform jobber vi med, Felles mål, God forståelse for hverandre og kommunikasjon ved utførelse, slik at ved spørsmål/problemer kan byggherre og entreprenør ta en felles avgjørelse, En god plan før man starter, likevelli må alle være klar over at plan/prosedyre kan endre seg underveis.





SINTEF

Kommunikasjon mellom byggherre og entreprenør del 2;

- Tredje gav følgende svar
 - Jevnlige møter på totalentreprise, oppfølging av prosedyrer på stuff og hva som faktisk fungerer, også god kommunikasjon med injeksjonsbas, åpenhet og tillit begge veir
- Den siste svarte
 - Åpen kommunikasjon basert på tillit, Holde pengene borte fra stuff, Jevnlige oppfølgingsmøter, Ser på injeksjonsprosedyre og hva som bør gjøres, Kun faglig og ikke penger, Personavhengig, Skape felles kultur, Kommunikasjon på riktig nivå





SINTEF

Tilpasning av prosedyrer;

- En gruppe svarte
 - Man bør gå for en prosedyre ved oppstart, ser man etter flere injeksjoner at den ikke fungerer må man felles finne en ny prosedyre for å se om man kan få et bedre resultat.
- En annen gruppe svarte
 - Tilpasning av prosedyrer og fleksibilitet. Ikke endre alt med en gang. En ting av gangen.
- Den tredje gav følgende svar
 - Jevnlige målinger av terskler for å se hvordan man ligger an i forhold til krav. Tilpasse stopptrykk etter tolkning av trykk-flow grafer, justere prosedyren etter hvordan berget responderer ved start injeksjon
- Den siste svarte

• Prosedyren er et dynamisk dokument



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



SINTEF

Oppsummering av tilbakemeldingene – uten tolkning

Forsiktighet mhp trykk, eks. sprekkevannstrykk + 20 bar

Stoppkriterie på mengde

Start med lav strømning og gradvis/forsiktig trykkoppbygging

Mikrosegment er prioritert masstype, 0,5 – 1.0 i v/c er sprikende

Bruk av tilsetningsstoffer rimer ikke helt med teori

Akselerator for å avslutte injeksjon ble påpekt av flere

Alle er enige om at injeksjonsmassen må testes før bruk

Relativt tett med hull, hullavstand 0,5 – 1 m, bergartsavhengig

Kontrakt – vanskelig å finne noe minste felles multiplum

Konduktivitetskontrast – lite å gjøre noe med – hensynta effekten

Funksjonskrav og materialtesting

Kommunikasjon partene mellom er viktig

Prosedyren er dynamisk – og endres med prosjekt-erfaring



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



SINTEF



Hva forteller dette oss?

(min tolkning på basis av tilbakemeldingene)

Neppe behov for en helomvending
Endringsvilje nå for at det brukes tidvis
mye masse

Bedre kontroll og forståelse av
materialvalg - funksjonskrav

Trykk og jekkefare diskutert på NGS i
Oslo 2016 – lurер nok i bakgrunnen

Er vi i en overgangsfase til?

Ny(e): krav - materialer - teknologi
Det grønne skiftet setter strengere
krav til oss enn ovennevnte!



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK



SINTEF

Førsteforsvaret innen vannkontroll

Injeksjon (foran stuff) er og vil være førsteforsvaret innen kontroll av vannlekkasjer til underjordsanlegg, men:

Juster taktikken i forhold til omgivelsene (motstanderen)
– ikke alle taktikker passer alle forhold like godt!

Takk for
oppmerk-
somheten



NORSK FORENING FOR
FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK