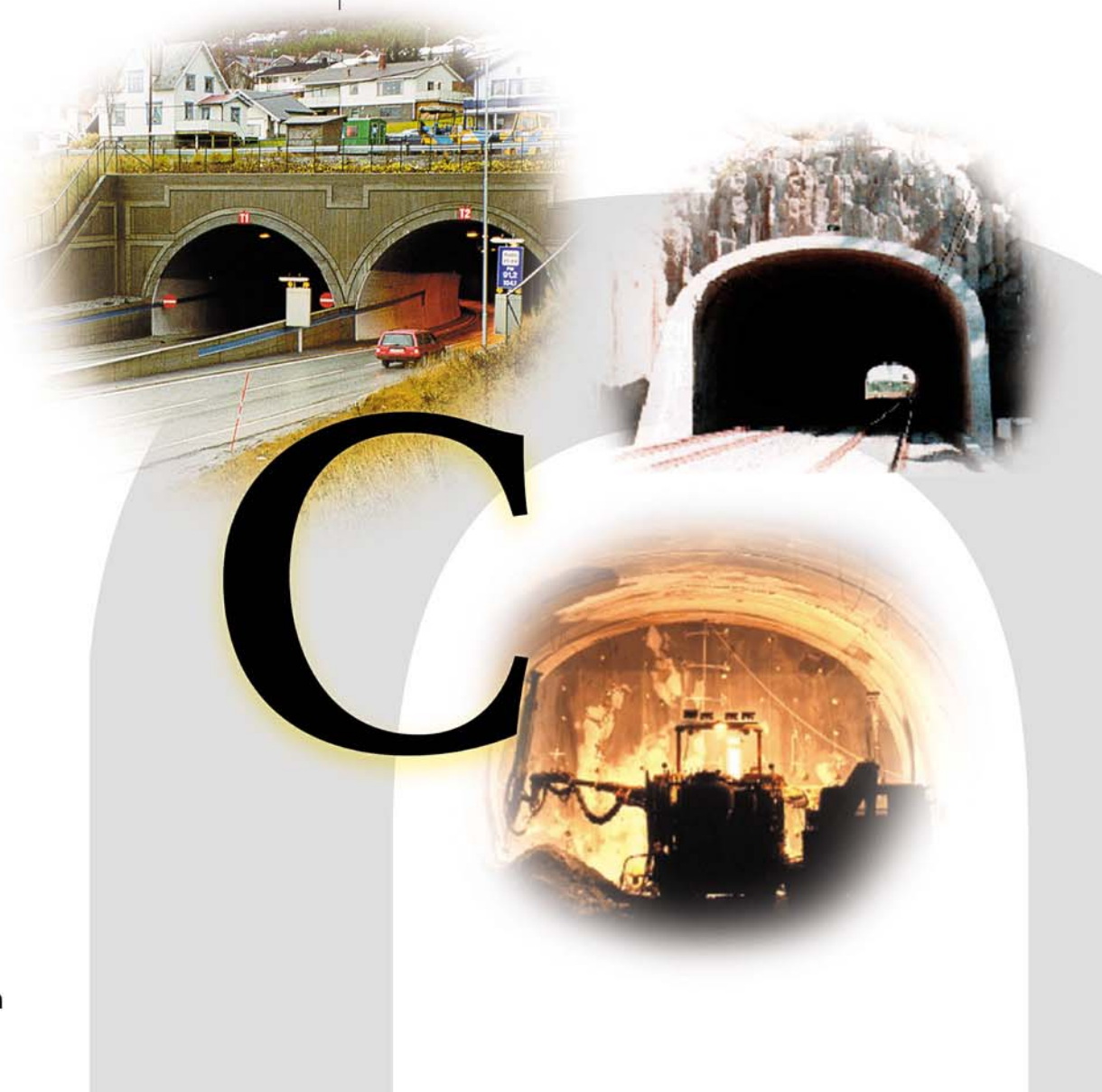


# MILJØ- OG SAMFUNNSTJENLIGE TUNNELER

Rapport nr: **19**

Prosedyrer for injiseringsforsøk  
pr. juli 2002



Intern rapport nr. 2295



**Statens vegvesen**



**SINTEF Bygg og miljø**  
Berg og geoteknikk

Postadresse: 7465 Trondheim

Besøksadresse: Rich Birkelands vei 3  
Telefon: 73 59 46 00  
Telefaks: 73 59 71 36

Besøksadresse: Høgskoleringen 7a  
Telefon: 73 59 46 00  
Telefaks: 73 59 53 40

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Prosedyrer injiseringsforsøk,  
pr. juli 2002**

FORFATTER(E)

**Bodil Alteren og Anders Beitnes**

OPPDRAGSGIVER(E)

**Statens Vegvesen, Vegdirektoratet**

RAPPORTNR. <b>STF22 F02147</b>	GRADERING <b>Fortrolig</b>	OPPDRAGSGIVERS REF. <b>Alf T. Kveen</b>	
GRADER. DENNE SIDE <b>Åpen</b>	ISBN	PROSJEKTNR. <b>22B250.01</b>	ANTALL SIDER OG BILAG <b>5</b>
ELEKTRONISK ARKIVKODE <b>j:/pro/22B250/Forsoksprosedyrer juli2002.doc</b>		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) <b>Anders Beitnes</b>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) <b>Ola Skjølvold</b>
ARKIVKODE <b>571</b>	DATO <b>2002-08-15</b>	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) <b>Anders Beitnes</b>	

**SAMMENDRAG**

Rapporten presenterer prosedyrer for gjennomføring av injiseringsforsøk i sprekkerigg ved SINTEF Bygg og miljø, avdeling Berg og geoteknikk.

Prosedyrene gjengis slik forsøkene gjennomføres pr. juli 2002. Senere forbedringer og videreutvikling av sprekkeriggen vil kunne medføre behov for justeringer av prosedyrene.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	<b>Berg og geoteknikk</b>	<b>Rock and soil mechanics</b>
GRUPPE 2	<b>Tunnel</b>	<b>Tunnel</b>
EGENVALGTE	<b>Injisering / tetting av berg</b>	<b>Grout injection</b>

## **INNHOLDSFORTEGNELSE**

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	.....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Prosedyrer</b>	.....	<b>3</b>

## 1 Innledning

I forbindelse med etablering av tunneler og fjellanlegg, kan det oppstå drenasje av vann som påvirker grunnvannstanden lokalt. I mange tilfeller kan dette være uheldig, og byggherrer utarbeider stadig strengere krav til tetting av berget. I tillegg har en fått ny fokus på uheldige sider ved de ulike ”kjemiske” injiseringsmidler, og det er sterkt ønske om å klare de strengeste tettingskrav med mineralske suspensjoner/semment.

Forskning og utvikling er nødvendig for å kunne imøtekomme disse kravene. Som et ledd i dette har SINTEF Bygg og miljø, avdeling Berg og geoteknikk, bygd en sprekkerigg i sine laboratorier. Denne sprekkeriggen muliggjør å gjennomføre reelle injiseringsforsøk med originalt injiseringsutstyr, slik det benyttes ved ordinær tetting av berg.

Modellen er utviklet over tid, og videre forbedringer vil bli utført. Det er likevel utarbeidet prosedyrer for gjennomføring av injiseringsforsøk, basert på de erfaringer som man har opparbeidet så langt, dvs pr. juli 2002. Ved endringer av eksisterende injiseringsrigg, vil prosedyrene trolig måtte justeres noe.

Beskrivelse av selve injiseringsriggen og prinsipper ved denne er tidligere utarbeidet av Beitnes (jfr. innlegg i 4. nordiske symposium i berginjeksjon i 2001) og i diplom av Odd-André Rustad ved Inst. for Geologi og bergteknikk NTNU 2001.

## 2 Prosedyrer

I det følgende beskrives arbeidets gang under utførelse av forsøk:

### *Planlegging*

Beskriv (i prosa) hva som er formålet med forsøket, hvilke parametre eller variable som evt. skal optimaliseres.

Bestem hvilke(t) forsøk som skal kjøres og hvilke parametre som skal testes. Beskriv for hvert forsøk: resept injiseringsmasse (lag mengdeskjema, beskriv sementtype nøye og noter alder og lagringsforhold), tilsetningsstoffer med nøyaktig dosering, forbehandling av massen (mixertype og -tilstand, tid i mixer, omdreinings hastighet mixer, tid i omrører), mm.

Ved planlegging av forsøksserier, fokuser på variasjoner som er relevante for formålet og varier bare én parameter fra forsøk til forsøk. Hold øvrige parametre så nær som mulig opp mot det som ville ha blitt valgt med dagens ”state of the art”. Er serien ledd i et betalt oppdrag for en leverandør, diskuteres dette grundig og besluttes sammen med kunden. Husk at alle data da skal være konfidensielle dersom kunden ikke ønsker noe annet.

### *Låring av plate(r)*

Ha silikon på O-ringsnor (pakningen) mellom glassplatene.

Plasser glassplater i rigg – sjekk at midthullene i de to platene flukter før modellen strammes opp. Følg med at rørender for overløp og kjølerør ikke kommer i konflikt med stålramma under låringen, og at ledninger ikke kommer i klem og skades.

### *Oppstramming*

Ha grease på oppspenningsboltene. Etabler ”bergtrykk”: Stram opp de fire boltene i rekkefølge diagonalt 1-3-4-2. Strammetrinn avlesning på momentnøkkel: moment  $\approx 10 - \approx 16 - 24 - 28 - 30$

kPm (1kPm = 10 kNm). På det siste trinnet må boltene etterstrammes i én eller flere omganger, riggen ”setter seg” og boltene slakkes noe.

Skalaen på momentnøkkelen må følges med, da 0-punktet lett forskyver seg etter ”tunge tak”.

Denne oppspenningen gir 13 – 15 tonn pr bolt, og dermed ca 0,8 MPa ”tørt” eller drenert bergtrykk over sprekkeflaten. Det er meningen å kunne variere dette flatetrykket og dets stivhet i en senere fase.

#### *Forberedelse til forsøk*

Kjølevann på riggen settes på (kan gjøres god tid i forveien av forsøkene). Det kan for ”nordiske” forhold benyttes vann direkte fra springen, som ligger på 5 – 8 ° C. Dersom det er relevant settes en annen temperatur ved å variere innblanding av varmt vann eller å lage en lukket krets med temperaturstyring.

Smør pakkeren med silikon og før den inn til tusjmerket på injiseringsstanga stemmer overens med kanten på injiseringshullet i betongblokka – dette sikrer riktig plassering av pakker.

(Tusjmerket slites og må friskes opp med jevne mellomrom.)

Pakkeren strammes opp til den tetter mot borhullsveggen. Injiseringsstanga støttes opp med treflis e.l. i innløpet til borhullet i betongblokka.

Ta på kjeledress, støvler, skaff vannsuger, sleik og annet nødvendig utstyr.

Anrett avgangs-beholdere (oljefat på pall).

Kople elektriske kabler, vanntilførsel, injiseringsslanger, gjennomløpsslanger (høyre og venstre side), utløp med kran (på baksiden), etc. til riggen.

Gjennomløpsslengene på høyre og venstre side skal ha en fiksert høyde 1,5 m over senterhullet.

Kople opp mixer, omrører og pumpe.

#### *Referansetest med vann*

Mette sprekkesystemet med rent vann.

Utløpsslangen bak riggen henges høyere enn overkanten av sprekkemodellen, for å beholde ”grunnvannstanden i berget”.

Start PC for logging / registrering

Kjør et forsøk med vannstrøm = ca 1 l/sek og registrer trykket og utløpshastigheten på henholdsvis venstre og høyre side.

#### *Forsøk med suspensjon*

Sjekk temperatur i ”berget”.

Skopkamera koples til

Etablere temperaturlogger i mixer (dersom ønskelig)

Kjølevann på pumpe

Start mixer og omrører

Fyll vann i mixer, deretter sement og tilsetningsstoff(er)

Start samtidig logging av lysdioder / trykksensorer

Etter ønsket tid i mixer, overfør til omrører.

Når mixer tom, sett overføringssslange på omløp-innstilling og fyll på vann.

Ta prøve av massen før injisering i berget: Gjennomfør Marsh-cone test, bestem densitet

Kontroller at logger OK

Injiser med ønsket flow / trykk

Sjekk forløp i sprekkesystemet i skop-kamera

Registrer gjennomløpt mengde og tid (l/min), registrer høyre og venstre side separat

Ta prøve av massen som er gått gjennom sprekkesystemet, gjennomfør Marsh-cone test, bestem densitet

Dersom en ønsker flere forsøk med samme mix, uten ”stivning” i sprekken, må neste forsøk startes straks. Kontroller tiden i omrører, og gjenta injisering, f.eks. med endret trykk / flow. Når injiseringsforsøkene med massen er avsluttet, tømmes omrører (massen overføres til avgangsfat)

#### *Rengjøring mixer, omrører, pumpe, slanger*

Spyle / børste utstyret godt, pass på å spyle / børste under kanten på mixer

Steng av pakkeren for å hindre returstrøm (dersom man vil se på effekten av stivning i sprekken).

Demontér slanger fra sprekkemodell og rengjør grundig. Når en velger å ta bort pakkeren tidlig, bør en sette inn en kork i enden for å unngå sement i borehullet i betongblokka når pakker dras ut.

Åpne bunnplugg på mixeren for rengjøring i bunn. Ta av slangene fra pumpa for rengjøring av pumpesynder. Vann kjøres gjennom mixer, omrører, pumpe og alle slanger til vannet er klart.

#### *Utløfting av glassplatene*

Kople fra strømtilførsel og kabler / vanntilførsel og slanger

Ta av lasten på boltene og løft ut glassene

Fotografer glassene.

Legg glassplatene på pall, kjør dem ut porten og rengjør. Skopkanaler blåses rene.

(Dersom en ikke er interessert i å besiktige glassplatene etter forsøkene, kan rengjøringen gjøres ved å kjøre mye vann gjennom systemet og rense flatene med en smal kost mens de åpnes opp til ca 10 cm. Pass på at alle kranstillinger kjøres med vann.)

#### *Rengjøring glassplater – klargjøring for nye forsøk*

Rigg, instrumentstøp og glassplater rengjøres.

Sjekk at overløpsrørene er åpne, uten sement

Etter vask og tørk: Ha CRC i trykksensorhullene.

Sett glassplatene tilbake på plass i riggen.

Rydde opp, fjern avgangsfat

#### *Rapportering*

Resultater fra forsøkene bearbeides, resultatrapport utarbeides. Det er foreløpig ikke bestemt hvilke datasett som skal benyttes for å beskrive ”inntrengningsevne”, så vær forberedt på at alle data, noteringer og kurver kan være av interesse for senere tolking.