



Allmänna Bestämmelser

AB 04

FÖR BYGGNAD-, ANLÄGGNINGS-
OCH INSTALLATIONSENTREPRENADER



BYGGNADENS
KONTRAKTSKOMMITTE

FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG FÖR INJEKTERINGSARBETEN I EN UTFÖRANDEENTREPRENAD

Martin Brantberger

STIFTELSEN BERGTEKNISK FORSKNING
ROCK ENGINEERING RESEARCH FOUNDATION

FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG FÖR INJEKTERINGSARBETEN I EN UTFÖRANDEENTREPRENAD

Förstudie

TENDERING DOCUMENTS FOR GROUTING WORKS IN A DESIGN-BID-BUILD CONTRACT

Preparatory Study

Martin Brantberger
Ramböll Sverige AB

BeFo Rapport 92

Stockholm 2009
ISSN 1104 – 1773
ISRN SVEBEFO-R—92—SE

Förord

Generellt är undermarksprojekt relaterade till osäkerheter, vilket i stor utsträckning beror på osäkerheter i geologiska och hydrogeologiska förhållanden. Speciellt vid injektering är det svårt att förutsäga hur arbetet ska utföras för att ett visst resultat ska uppnås.

Denna rapport är ett bidrag för att identifiera brister i förfrågningsunderlag avseende injekteringsarbeten och presenterar förslag på hur förfrågningsunderlag bättre kan utformas med hänsyn till rådande osäkerheter. Det finns t ex ett behov av att utveckla ersättningsformer, som bättre än idag är anpassade till en metodik som beaktar behovet av förändringar i byggskedet och som tydligt klargör riskfördelning och ansvar i och med att designen successivt förändras.

Rapporten bygger på en litteraturgenomgång, uppföljning av tunnelprojekt samt intervjuer med ett antal personer i branschen. Projektet har sammanfattat och beskrivit brister i dagens förfrågningsunderlag och presenterar förslag på hur dessa kan utformas bättre.

Projektet har genomförts som ett uppdrag till Ramböll Sverige AB, Martin Brantberger med stöd av utomstående specialister. Arbetet är finansierat inom BeFos forskningsprogram.

Stockholm i april 2009

Mikael Hellsten

SAMMANFATTNING

Undermarksprojekt är generellt sett relaterade till osäkerheter, vilket i stor utsträckning beror på osäkerheter i geologiska och hydrogeologiska förhållanden. Speciellt vid injektering är det svårt att förutsäga hur arbetet ska utföras för att ett visst resultat ska uppnås. Detta innebär svårigheter när det gäller att ta fram förfrågningsunderlag, som är kalkylerbara både avseende kostnader och tidsåtgång samt ger en rimlig fördelning av risker. Exempel på osäkerheter vid injektering är tidsåtgången för en injekteringskärm, behovet av kompletterande injektering (ominjektering) eller i vilken omfattning revideringar av injekteringsmetodiken behöver göras.

Syftet med projektet var att:

- identifiera brister i dagens förfrågningsunderlag med avseende på injekteringsarbeten
- presentera förslag på hur förfrågningsunderlag kan utformas bättre

För att få underlag till en problembeskrivning samt förslag på hur förfrågningsunderlag kan utformas, utfördes en litteraturgenomgång, studier av befintliga förfrågningsunderlag, en analys av osäkerheter i injekteringsarbetet, uppföljning av två tunnelprojekt samt intervjuer med ett antal personer i branschen. Arbetet i projektet utfördes i dialog med en referensgrupp, i vilken beställare, konsulter och entreprenörer var representerade.

Sammantaget gav genomgången av litteratur och förfrågningsunderlag, analysen av olika moment i injekteringsarbetet, uppföljningen av projekterfarenheter och intervjuerna en samstämmig bild avseende behovet av åtgärder i stort.

Åtgärder för att förbättra förfrågningsunderlagen kan bl a relateras till kravbeskrivningen (typ av krav och formuleringen av dessa) samt regleringen av kostnad och tid. Exempel på åtgärder som togs fram är:

- Osäkra mängder och tider anges i förfrågningsunderlaget (teknisk beskrivning eller mängdförteckning) för en ökad kalkylerbarhet och underlag till reglering av ändringar. Framför allt tid för injektering, väntetid mellan injektering och olika aktiviteter samt omfattning av kontrollhål och kompletterande injekteringar (ominjekteringar) bör anges.

- Utrustning specificeras i förfrågningsunderlaget (t ex kapaciteter, antal pumpar, hål som ska kunna injekteras samtidigt) för att möjliggöra jämförelser av priser för tidsåtgång.
- Krav anges avseende hur injekteringsmetodiken ska följas upp före, under och efter injektering samt hur injekteringen successivt ska anpassas till gjorda erfarenheter.
- Krav i administrativa- och tekniska handlingar i förfrågningsunderlaget samordnas.
- Reglering av injekteringen görs för fasta kostnader, tid och material:
 - Reglering görs med en fast kostnad per injekteringsskärm för etableringsarbete.
 - Reglering av tidsberoende kostnader vid injekteringen görs med à-priser för pumptid inklusive personal och utrustning. Alternativt görs separat reglering av personal per timme och utrustning per månad. Logglistor från utrustning kan behövas.
 - Reglering görs av förbrukat material uppdelat på olika cementtyper.
- Väntetiden mellan injektering och efterföljande borring regleras med à-priser för timmar utöver de som föreskrivs i beskrivning. Alternativt tillämpas någon generell regel för stilleståndsersättning i de fall arbeten inte kan utföras på grund av störningar, som entreprenören ej ansvarar för.
- Mängdposter för kompletterande injektering (ominjektering) anges separat och med poster för fast kostnad för etablering, tid för injektering och material.
- Behov av förändringar av à-priser och tidsplan hanteras enligt regler i AB04. Vid en förändring av injekteringen bör det även beaktas att andra arbeten och à-priser för dessa kan komma att påverkas.

SUMMARY

Underground projects are related to uncertainties, mainly due to uncertainties in geological and hydrogeological conditions. It is especially difficult to predict the necessary grouting measures in order to achieve a specific result. This fact implies difficulties in processing tendering documents that enables cost and time estimations and results in a reasonably fair sharing of risks. Examples of uncertainties are the time needed for the completion of one grouting fan, the need of re-grouting as well as necessary adjustments of the grouting methodology.

The aim of the study was to:

- identify shortages in tendering documents with regard to grouting
- propose changes in order to improve the tendering documents

The basis for the report was a literature study, a review of tendering documents from a number of projects, an analysis of uncertainties regarding grouting works, a study of two underground projects and interviews with people representing different organisations. Altogether, a concordant view of necessary measures was found.

The following aspects with regard to grouting should be implemented in a tendering document:

- Time and amounts related to uncertainties should be specified. Especially time for grouting, amount of control holes and amount of re-grouting should be specified.
- The capacity of equipment should be specified in order to enable comparison of prices for time.
- The need of observations before, during and after grouting together with principles for adjustments of the grouting works should be specified.
- Demands specified in technical and administrative documents should be coordinated.
- Pricing of the grouting works should be made separately for overhead costs, time and material:
 - Pricing of overhead costs should be made for each grouting fan.
 - Time should be priced based on pumping time including grouting equipment and personnel.

- Material should be priced based on consumption of each possible type of cement.
- Time which delays the work and for which the contractor is not responsible should be priced separately.
- Re-grouting should be priced separately by means of overhead costs, time and material.

General Conditions of Contract for Building and Civil Engineering Works and Building Services, AB 04, should be used if changes in unit prices or time schedule are needed. It should be considered that changes in grouting measures may have an effect on other underground works and thus also the unit prices for those works.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	iv
SUMMARY	vi
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	viii
1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Omfattning och genomförande	2
2. DAGENS FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG	5
2.1 Studerade förfrågningsunderlag	5
2.2 Gällande regelverk och rekommendationer	5
2.3 Upprättande av förfrågningsunderlag	7
2.4 Beskrivning av injekteringsarbetet	7
2.5 Reglering av injekteringsarbetet	10
2.6 Slutsatser	11
3. UTGÅNGSPUNKTER	13
4. PROBLEMBESKRIVNING	17
4.1 Några synpunkter från branschen	17
4.2 Mängd- och tidsrelaterade osäkerheter	18
4.3 Övriga brister	20
4.4 Slutsatser	21
5. MÖJLIGA ÅTGÄRDER	23
5.1 Litteraturgenomgång	23
5.2 Förfrågningsunderlag i norska undermarksprojekt	31
5.3 Analys av osäkerheter avseende injekteringsarbetet	32
5.4 Projekterfarenheter	34
5.5 Intervjuer med beställare, konsulter och entreprenörer	38
6. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	43
6.1 Slutsatser	43
6.2 Rekommendation på åtgärder	44
7. DISKUSSION	47
8. FORTSATT ARBETE	49
9. REFERENSER	51

Appendix A: Sammanställning - Analys av osäkerheter i injekteringsarbetet

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Undermarksprojekt är generellt sett relaterade till osäkerheter, vilket i stor utsträckning beror på osäkerheter i geologiska och hydrogeologiska förhållanden. Med hänsyn till dessa osäkerheter är en utbredd åsikt i branschen att slutliga konstruktionslösningar vid undermarksbyggande därför till viss del måste anpassas till erfarenheter under byggskedet. Vid ett sådant arbetssätt görs design utifrån en bedömning av ett resultat vid en viss insats, t ex uppnådd täthet vid en viss injekteringsinsats. Därefter följs resultatet upp och lämpliga åtgärder vidtas om inte resultatet uppfyller ställda krav. Detta arbetssätt ansluter i princip till observationsmetoden, men dagens praxis kan inte i strikt mening sägas uppfylla de krav som metoden ställer. Observationsmetoden kan komma att tillämpas i större utsträckning pga att nya standarder avseende dimensionering av geokonstruktioner har blivit gällande. Arbete pågår för tillfället inom t ex IEG (Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik) och BeFo med syfte att ge förutsättningar för förståelse och implementering av metoden inom bergbyggandet.

Speciellt vid injektering är det svårt att förutsäga hur arbetet ska utföras för att ett visst resultat ska uppnås. Detta innebär svårigheter när det gäller att ta fram förfrågningsunderlag, som är kalkylerbara både avseende kostnader och tidsåtgång samt ger en rimlig fördelning av risker. Exempel på osäkerheter vid injektering är tidsåtgången för en injekteringskärm, behovet av kompletterande injektering (ominjektering) eller i vilken omfattning revideringar av injekteringsmetodik behövs göras.

Hur bra eller dåliga förfrågningsunderlag är med avseende på kalkylerbarhet och riskfördelning råder det delade meningar om. Exempel på en åsikt redovisas i en rapport från "Nätverket bergbyggarna", Bergström et al (2003):

"Jag ser gärna en möjlighet att om det gick att risken med avseende på injektering delades mellan flera aktörer. Kanske man rent av skulle lyfta ut injekteringen från jobbet." (entreprenör)

Även om detta är en persons åsikt, är bedömningen att många i branschen håller med om åtminstone första delen av citatet.

I BeFo:s FoU-program 2006-2009 anges också att förbättringspotential finns. I programmet görs bedömningen att det finns ett behov av att utveckla ersättningsformer, som bättre än idag är anpassade till en metodik som beaktar behovet av förändringar i byggskedet och som tydligt klargör riskfördelning och ansvar i och med att designen successivt förändras.

Möjliga åtgärder, som diskuterats inom branschen, är t ex att i förfrågningsunderlag tydligare precisera vad som i olika skeden är beställarens respektive entreprenörens ansvar samt att alternativa ersättningsformer prövas.

1.2 Syfte

Syftet med projektet var att:

- identifiera brister i dagens förfrågningsunderlag med avseende på injekteringsarbeten
- presentera förslag på hur förfrågningsunderlag kan utformas bättre

1.3 Omfattning och genomförande

För att få underlag till en problembeskrivning samt förslag på hur förfrågningsunderlag kan utformas, utfördes en litteraturgenomgång, en analys av osäkerheter i injekteringsarbetet, uppföljning av två tunnelprojekt samt intervjuer med ett antal personer i branschen.

Följande avgränsningar gjordes:

- Endast projekt med entreprenadformen utförandeentreprenad studerades. Motivet till denna avgränsning är att utförandeentreprenad är den vanligaste entreprenadformen i Sverige.
- Fokus har varit på cementbaserad förinjektering i bergtunnlar.
- Analyser av vad som är rimliga krav och förutsättningar och vad som är en lämplig injekteringsmetodik för olika fall har inte gjorts. Några förslag på ”rätt” krav eller ”rätt” injekteringsmetodik för olika fall ges således inte.
- Upphandlingsformer har inte studerats, då olika sätt att skapa förutsättningar för effektiv konkurrens inte bedöms påverka injekteringsarbetet i större utsträckning. Upphandlingsformen kan även påverka riskfördelningen, men då denna beaktas i andra sammanhang i utredningen, har inte effekten av olika upphandlingsformer specifikt studerats.

För arbetet fanns en referensgrupp, som träffades vid fem tillfällen. Referensgruppen bestod av följande personer:

Åke Hansson, Banverket
Kjell Windelhed, Vägverket
Ann Emmelin, Svensk Kärnbränslehantering AB
Tommy Ellison, Besab
Konstantin Spinos, Veidekke
Thomas Janson, Tyréns
Ulf Håkansson, Skanska
Tomas Franzén, SveBeFo (del av tid)
Mikael Hellsten, BeFo (del av tid)

I övrigt har Helen Andersson, De Neef bidragit med underlag för utredningens genomförande.

2. DAGENS FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG

2.1 Studerade förfrågningsunderlag

Beskrivningen av hur förfrågningsunderlag utformas vid injekteringsarbeten, baserades på tekniska och administrativa handlingar från förfrågningsunderlag för åtta stycken svenska undermarksprojekt. Förfrågningsunderlagen var upprättade av olika etablerade konsultföretag under åren 2002-2007. De projekt som studerades var:

- Götatunneln (vägtunnel)
- Botniabanan (Varvsberget) (järnvägstunnel)
- Norra länken (arbetstunnel till vägtunnel)
- Törnskogstunneln (vägtunnel)
- Skanstull-Solberga (kraftledningstunnel)
- Nordlänken, Nygårdstunneln (järnvägstunnel)
- Citybanan (järnvägstunnel)
- Ådalsbanan (järnvägstunnel)

Samtliga dessa projekt är utförandeentreprenader. Handlingar som studerades är ritningar, tekniska beskrivningar och mängdförteckningar eller mängdbeskrivningar samt administrativa föreskrifter.

2.2 Gällande regelverk och rekommendationer

Vid dimensionering och utförande av bergtunnlar gäller för Vägverksprojekt publikationen Tunnel 2004 och för Banverksprojekt gäller BV Tunnel (2005). Svensk Kärnbränslehantering baserar sin inledande projektering av undermarksanläggning för slutförvar på krav enligt branschpraxis, representerad av dessa publikationer, kompletterade med specifika krav på utförande, material och kontroll. Både Banverket och Vägverket hänvisar till standarden SS-EN 12715, vilken huvudsakligen beskriver rekommendationer avseende förundersökningar, designprinciper, utförande och kontroll vid injekteringsarbeten. I standarden beskrivs vad som ska ingå för respektive arbetsmoment men inte i detalj hur arbetet ska utföras. Det är dock lite olika hur Vägverket och Banverket valt att hänvisa till denna standard. I Tunnel 2004 anges att standarden ska följas medan BV-Tunnel anger att kraven i standarden ska beaktas. I övrigt ges inga detaljerade krav för injekteringsarbeten i Tunnel 2004 och BV Tunnel.

Vidare använder sig både Vägverket och Banverket av AMA som beskrivningssystem. Den senaste versionen av AMA är AMA Anläggning 07. Det kan även noteras att AMA

Anläggning 07 (CDD.11) anger att injektering ska utföras enligt SS-EN 12 715 om inget annat anges. I övrigt är omfattningen på beskrivningstexten liten.

En del rekommendationer avseende dimensionering och utförande av injekteringsarbeten ges i boken Cementinjektering i hårt berg av Eriksson & Stille (2005), men omfattningen och beskrivningen av krav på injektering påverkas till största delen av kunskapen hos den projektör, som ansvarar för utformningen av injekteringen.

I svenska utförandeentreprenader används de allmänna bestämmelserna i AB04 som grund för avtal mellan beställare och entreprenör. Enligt förordet till AB04 syftar AB04 till att ge en optimal ekonomisk riskfördelning mellan parterna, varför ändringar i dessa bör undvikas. I AB04 anges också att i utförandeentreprenader så är beställaren ansvarig för projekteringen och entreprenören ansvarar för utförandet. För vissa typer av arbeten kan dock entreprenören få ansvar för de tekniska lösningarna. Vid mer omfattande arbeten där entreprenören ska ansvara för den tekniska lösningen, anges i AB04 att "För avgränsbar del av entreprenad som kräver mer omfattande projektering av entreprenören kan allmänna bestämmelser för totalentreprenad åberopas".

I AB04 ges regler avseende ansvar, ekonomi och tider. I AB04, kapitel 6, §6, framgår hur ersättningen till entreprenören ska ske vid t ex ändrings- och tilläggsarbeten samt väsentliga rubbningar av förutsättningarna. En regel är att angivna à-priser gäller intill en 25 % ökning eller minskning av sådant kontraktsarbete som priset avser, dock alltid intill ett värde motsvarande 0,5 % av kontraktssumman. Det kan noteras att med ändrings- och tilläggsarbeten i AB04 kapitel 2, §5, räknas även ändrad mängd av arbete om beställaren beordrat sättet för utförandet.

Avseende tiden anges i AB04 , kapitel 4, §2, att kontraktstiden ska förlängas eller avkortas i den utsträckning ÄTA-arbete eller förändringar i förhållande till angiven mängd i kontraktshandlingarna påverkar möjligheten att hålla kontraktstiden. Regler för hur mängdavvikelser ska relateras till en justering av projekttidsplanen ges dock inte i AB04.

Mät- och ersättningsregler för anläggningsarbeten ges i MER Anläggning 07. Inga regler ges dock specifikt för ersättning av injekteringsarbeten. I MER anges endast att "Arbete mäts och ersätts på sätt som anges i mängdförteckning".

2.3 Upprättande av förfrågningsunderlag

Förfrågningsunderlag i svenska undermarksprojekt utformas av projektören ofta i samråd med beställaren. Den tekniska beskrivningen och mängdförteckningen (alternativt mängdbeskrivningen) skrivs av projektören medan beställaren normalt har ansvar för AF-delen. Produktionsaspekter beaktas i olika utsträckning beroende på den tillgängliga kompetensen hos projektör och beställare men det har hittills varit ovanligt att en entreprenör är delaktig i projekteringsskedet. På senare tid har en tidig samverkan mellan entreprenör och projektör tillämpats på en entreprenad på Citybanan samt en entreprenad för utbyggnad av Tvärbanan.

Krav avseende injekteringsarbetena beskrivs i tekniska beskrivningar eller mängdbeskrivningar. Informativ text om t ex förutsättningar och motiv för olika krav beskrivs däremot mindre omfattande eller inte alls i beskrivningarna.

I större projekt är det vanligt förekommande att informativ text, t ex beskrivningar av hydrogeologiska förutsättningar, ingenjörsgelogiska prognoser och utförd injekteringsdesign, inkluderas i ett förfrågningsunderlag som en ”övrig handling”. I stora projekt på senare tid t ex Norra länken, Ådalsbanan samt Citybanan bifogas också handlingar, som mer eller mindre omfattande beskriver projektörens syn på riskerna i projektet och hur dessa har hanterats (t ex tekniska riskanalyser eller dylikt). För dessa informativa handlingar ansvarar normalt projektören.

2.4 Beskrivning av injekteringsarbetet

Beskrivningen av injekteringsarbetet har delats upp i princip enligt de delmoment i injekteringsarbetet som beskrivs i Eriksson & Stille (2005):

- Prognos av injekteringsomfattning
- Val av injekteringsklass (injekteringsutförande med specificerad övergripande utformning av sonderingshål, skärmgeometri, injektering, kontroller och kriterier för kompletterande injektering)
- Sonderingshål (inkl olika mätningar)
- Skärmborrning (inkl kontroll och rengöring av hål)
- Injektering (injekteringsmedel, tryck, stoppkriterier)
- Väntetid (mellan avslutad injektering i en injekteringsskärm och efterföljande borrning av kontroll- eller salvhål)
- Kontrollhål
- Kompletterande injektering (ominjektering)

2.4.1 Prognos av injekteringsomfattning

Normalt specificeras injekteringsutförandet översiktligt i olika injekteringsklasser. En injekteringsklass definieras av t ex antalet sonderingshål, kontroller i dessa, en given skärmgeometri, injekteringsutförande (t ex injekteringsbruk, tryck och stoppkriterier), antal kontrollhål samt kriterier för kompletterande injektering. En prognos av när olika injekteringsklasser ska tillämpas redovisas normalt på bergprognosritningar, vilka ingår i förfrågningsunderlaget.

2.4.2 Val av injekteringsklass

Hur injekteringsklasserna ska väljas varierar från projekt till projekt. I några projekt är valet av injekteringsklass kopplat till vattenförluster i sonderingshål medan det i andra fall tas beslut om injekteringsklass vid tunnelfronten baserat på ett antal olika parametrar, t ex vattenförluster, geologiska förhållanden, registrerade parametrar vid sonderingsborrningen (t ex så kallad MWD) samt resultat från tidigare utförda injekterings-skärmar. I ett av de studerade projekten finns endast en injekteringsklass som baserat på vunna erfarenheter skulle modifieras inför varje ny injekterings-skärm.

2.4.3 Sonderingshål

Krav på sonderingshål varierar från olika projekt. Ibland föreskrivs att särskilda sonderingshål ska borraras som underlag för val av injekteringsklass och ibland föreskrivs inga sonderingshål alls. Mätningar som normalt utförs i dessa hål är vattenförlustmätningar. Ibland utförs även andra mätningar i samband med borrningen (MWD). Sonderingshålen ingår normalt i injekterings-skärmen.

2.4.4 Skärmborrning (inkl kontroll och rengörning av hål)

Hur injekterings-skärmen ska borraras anges normalt tydligt på ritningar. Maximalt tillåtna borrhåls-längder, spetsavstånd och stickmått samt minsta överlapp mellan injekterings-skärmar anges, men entreprenören har möjlighet att anpassa skärmgeometrin till salvlängder och aktuella geometrier.

Ofta anges även krav på borrningstoleranser och att dessa ska kontrolleras i de första injekterings-skärmarna. Beroende på resultatet från de inledande kontrollerna kan kompletterande injekteringshål eller kompletterande kontroller krävas.

2.4.5 Injektering

Injekteringsbruk ska normalt utprovas av entreprenören baserat på angivna krav- eller riktvärden för ett antal bruksegenskaper t ex flytgräns, filtreringsstabilitet, separationsstabilitet och hållfasthetstillväxt. Ofta anges dessutom krav på maximal kornstorlek och vattencementtal (vct). Ett eller flera recept på injekteringsbruk ska

normalt redovisas av entreprenören. I två projekt specificerades endast krav på maximal kornstorlek, ett högsta vattencementtal samt krav på separationsstabilitet.

Vilka bruk som ska användas vid vilka förutsättningar specificeras på olika sätt. I vissa projekt anges kriterier baserade på vattenförluster medan det i andra projekt tas beslut av beställaren i samråd med entreprenören baserat på vattenförluster, borrparametrar och tidigare injekteringsresultat.

Injekteringstrycket anges normalt som ett maximalt tryck beroende på bergtäckning. I ett projekt angavs dessutom att injekteringen ska utföras med ett visst tryck som ska uppnås så fort som möjligt.

Stoppkriterier sätts normalt som ett minsta flöde vid ett maximalt tryck. Om inte ett minskat flöde uppnås under injekteringen föreskrivs ofta att brukssammansättningen ska ändras. I ett projekt föreskrevs att injekteringen skulle fortgå en viss tid eller till en viss volym uppnåtts med ett och samma bruk vid ett givet tryck. I två projekt föreskrevs stoppkriterium baserade på den så kallade GIN-metoden, vilket innebär att injekteringen avslutas vid ett givet värde på produkten av injekteringstrycket samt bruksvolymen i ett injekteringshål.

Angående flerhålsinjektering föreskrivs i vissa projekt att flerhålsinjektering med samma pump inte är tillåten såvida inte förbindelser mellan hål finns. I andra projekt accepteras flerhålsinjektering från samma pump om tryck och flöde kan mätas för varje utgång på pumpen.

2.4.6 Väntetid

Väntetiden avser den tid som krävs mellan utförd injektering och efterföljande borring av kontrollhål, kompletterande injekteringshål eller salvhål. I de studerade projekten ställs krav antingen på en minsta tid mellan injektering och efterföljande borring eller en minsta skjuvhållfasthet hos injekteringsbruket innan borring får utföras. Tiden innan borring kan utföras beror således på vilka bruk som används. Kraven är ibland också relaterade till ett visst avstånd från ett injekterat hål och i vissa fall ställs även krav på tid mellan utförd injektering och sprängning.

2.4.7 Kontrollhål

Kontrollhål utförs för att kontrollera tätningsresultatet i injekteringsskärmen.

Tätningsresultatet kontrolleras normalt med vattenförlustmätningar i kontrollhål. I vissa projekt ska kontrollhål borrar systematiskt med en given placering i

injekteringssskärmen, i vissa projekt beror antalet kontrollhål på resultat från föregående injekteringsomgång och i vissa fall borras inga kontrollhål alls.

2.4.8 Kompletterande injektering (ominjektering)

Kompletterande injektering utförs i de fall tätningsresultatet i föregående injekteringsomgång inte bedöms som tillfredställande. I en del projekt utförs kompletterande injektering baserat på uppmätta vattenförluster i kontrollhål medan ytterligare injektering i vissa projekt utförs efter beslut från beställaren, som avgör om tillräcklig täthet uppnås. Kompletterande injektering utförs antingen systematiskt enligt en specificerad skärmgeometri eller selektivt beroende på uppmätta vattenförluster i kontrollhål eller bruksåtgång i föregående injekteringssskärm. I ett projekt föreskrivs att två injekteringsomgångar alltid skulle utföras.

2.5 Reglering av injekteringsarbetet

2.5.1 Reglering av kostnad

Val av injekteringsklass

Injekteringsklassen regleras inte separat utan reglering sker för olika delmoment ingående i injekteringsarbetet.

Sonderingshål

I de fall sonderingshål föreskrivs, regleras dessa hål normalt i bormeter alternativt antal hål och bormeter. Vattenförlustmätningar regleras i antal mätningar.

Skärmborrning (inkl kontroll och rengörning av hål)

Skärmborrningen regleras med antal bormeter eller antal hål samt antal bormeter. Rengöringen av borrhål och kontroll av borrhågstoleranser ersätts inte separat.

Injektering

Injekteringen regleras normalt med antal injekteringshål eller antal bormeter. Mängden injekteringsbruk regleras med kg cement. Ibland utgår även en fast ersättning per injekteringssskärm.

I två projekt reglerades även pumptiden. Entreprenören ersätts då för den pumptid som registreras på injekteringsutrustningen.

Väntetid

Ingen separat reglering av väntetiden görs i något av studerade projekten.

Kontrollhål

Kontrollhål och vattenförlustmätningar i dessa regleras normalt inte separat. I ett projekt regleras dock kontrollhål med antal hål och vattenförlustmätningar i dessa med antalet mätningar.

Kompletterande injektering (ominjektering)

Kompletterande injekteringar regleras inte separat förutom i ett projekt. Regleringen baseras istället på den ersättning för skärmborring och injektering som anges för övriga injekteringsskärmar. I det projekt där kompletterande injektering reglerades separat, delades den upp på samma sätt som övriga injekteringsskärmar samt i en post för etablering och avetablering.

2.5.2 Reglering av tidsplan

Huruvida tidsplanen ska justeras med avseende på större eller mindre verkligt utförda mängder framgår inte i förfrågningsunderlagen. I ett av projekten anges som en begränsning; att tidsförlängning på grund av ändrings- och tilläggsarbeten upp till 10 % av kontraktssumman inte kan påräknas. Denna begränsning gäller dock ej mängdändringar enligt prissatt mängdförteckning. I AB04 anges i kapitel 4, §2, att kontraktstiden skall förlängas eller avkortas i den utsträckning ÄTA-arbete påverkar möjligheten att hålla kontraktstiden. Huruvida en av beställaren modifierad injekteringsmetodik utgör ett ändringsarbete framgår dock inte i det aktuella förfrågningsunderlaget.

2.5.3 Reglering av à-priser

Avsteg från 25 %-regeln i AB04 görs i vissa av förfrågningsunderlagen. I ett projekt gjordes även ett avsteg avseende injektering och bergförstärkning så att reglering av ersättning görs först vid en total kostnadsökning motsvarande 1,5 % av kontraktssumman (0,5 % enligt AB04).

2.6 **Slutsatser**

Sammanfattningsvis innehåller förfrågningsunderlagen ett antal osäkerheter mht kalkylerbarhet och riskfördelning. En beskrivning av dessa osäkerheter beskrivs närmare i kapitel 4.

Baserat på genomgången av förfrågningsunderlagen kan det konstateras att kraven på injekteringsarbetena samt regleringsmodellen i de flesta avseenden är lika i de studerade projekten. I några projekt har reglering gjorts speciellt för kompletterande injektering (ominjektering) och i några projekt reglerades även injekteringstiden.

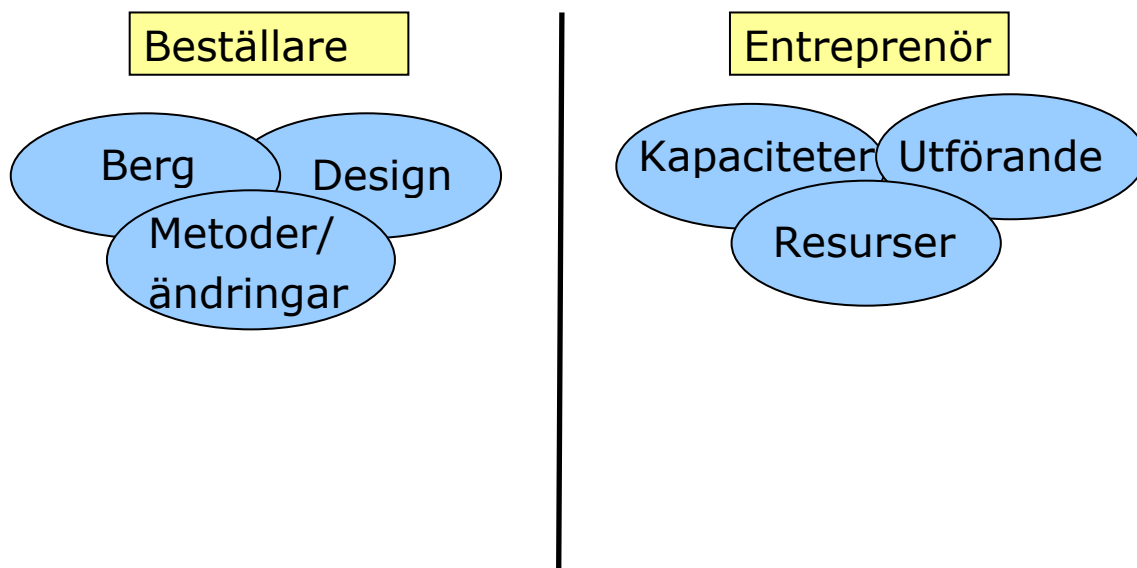
I vilken omfattning tidsplanen ska förlängas beroende på verkligt utförda mängder torde bli en förhandlingsfråga mellan entreprenören och beställaren.

3. UTGÅNGSPUNKTER

För att få en plattform för utredningsarbetet, formulerades ett antal utgångspunkter. Målsättningen med dessa utgångspunkter, var att formulera viktiga principer för vad som borde känneteckna ett förfrågningsunderlag avseende injekteringsarbeten.

Utgångspunkt 1-riskfördelning

En utgångspunkt var att riskfördelningen mellan parterna i en utförandeentreprenad ska följa principen i AB04. Enligt denna princip är det rimligt att beställaren ansvarar för bergmassan och metoder och entreprenören ansvarar för maskiner, personal, planering, kapaciteter och utförande enligt handlingarna i förfrågningsunderlaget. Principen för riskfördelningen i en utförandeentreprenad enligt AB04 kan beskrivas som i figur 1.

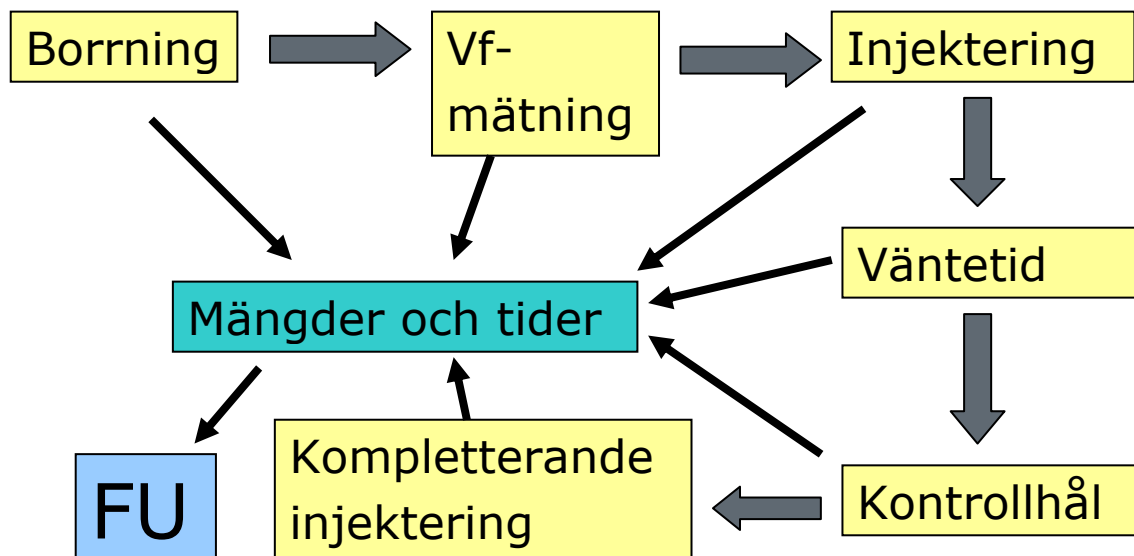


Figur 1: Principer för tydlig ansvarsfördelning i en utförandeentreprenad.

Figure 1: Principles for the share of responsibility in a design-bid-build contract.

Utgångspunkt 2 - kalkylerbarhet

Då entreprenören ansvarar för utförandet är det viktigt att förfrågningsunderlaget är kalkylerbart avseende på både mängder och tider för olika moment i injekteringsarbetet. Osäkra mängder och tider för olika moment i injekteringsarbetet, alternativt ett tydligt underlag för en bedömning av dessa, måste därför anges i förfrågningsunderlaget (se även figur 2).

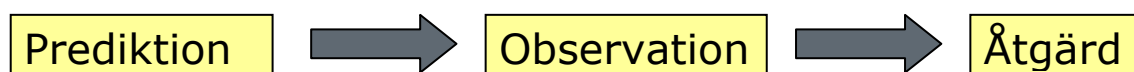


Figur 2: Princip för behov av kalkylerbara delmoment samt specificering av mängder och tider i förfrågningsunderlag.

Figure 2: Principles for the need of specification regarding time and amounts in the tendering documents.

Utgångspunkt 3-flexibilitet

På grund av osäkerheter i såväl geologiska och hydrogeologiska förhållanden samt osäkerheter i resultatet av injekteringen vid olika förhållanden, kan injekteringsmetodikerna behöva ändras under projektet. Flexibilitet måste därför finnas i byggskedet så att utformningen av injekteringsmetodikerna kan anpassas till rådande förhållanden och uppnått resultat. Ett arbetssätt baserat på prediktion, observation och åtgärd bör därför tillämpas (se figur 3), vilket i sin tur måste beaktas vid utformningen av förfrågningsunderlag. Med prediktion avses t ex att en viss injekteringsmetodik ger ett visst resultat. En observation kan vara att injekteringsmedlet inte tränger in i bergmassan som förväntat. En åtgärd kan då vara hydrauliska tester för bedömning av sprickvidd samt att baserat på dessa justera skärmgeometri och injekteringsmedel.



Figur 3: Princip för ett flexibelt arbetssätt.

Figure 3: Principles for a flexible work procedure.

Observationer kan göras både före, under och efter injektering. Exempel på observationer vid tillämpning av observationsmetoden ges i Emmelin et al (2007). Även om inte observationsmetoden används strikt, är bedömningen att principerna för dessa observationer även kan tillämpas i dagens praxis. Observationerna enligt Emmelin et al (2007) sammanfattas i tabell 1.

Tabell 1: Exempel på observationer före, under och efter injektering (baserad på Emmelin et al (2007)).

Table 1: Examples of observations before, during and after grouting (based on Emmelin et al (2007)).

När	Prediktion som ska verifieras	Observation	Åtgärd
Före injektering	Bergmassans hydrauliska egenskaper	Hydrauliska egenskaper baserade på mätningar i sonderingshål och/eller injekteringshål	Val eller ändring av injekteringsklass Justering av metodik inom respektive injekteringsklass
Under injektering	Injekteringsmedlets spridning i bergmassan	Injekteringstryck, flöde, volym, tid	Justering av injekteringsmetodik
Efter injektering, före bergschakt	Uppnådd täthet runt tunneln	Hydrauliska egenskaper baserade på mätningar i kontrollhål	Kompletterande injektering (ominjektering)
Efter injektering, efter bergschakt	Vatteninläckage till tunneln efter injektering	Vatteninläckage i mätdammar, droppkartering	Efterinjektering

4. PROBLEMBESKRIVNING

4.1 Några synpunkter från branschen

Brister i dagens förfrågningsunderlag finns avseende riskfördelning, kalkylerbarhet samt behovet av flexibilitet i byggskedet. Brister avser t ex typen av krav, hur de formuleras samt ersättningsformen.

När det gäller kraven som ställs i handlingarna i ett förfrågningsunderlag redovisas det i Bergström et al (2003) ett flertal synpunkter som pekar på brister i dagens förfrågningsunderlag.

”Det behöver även finnas ett praktiskt baserat tänkande som genomsyrar handlingen. Detta kan sannolikt endast erhållas genom erfarenhet på plats, i faktiska projekt.”
(byggherre)

”Det fanns orimliga krav på injekteringen i handlingen. Man kan fundera om dessa orimliga krav gjorde det torrare i tunneln.” (entreprenör)

Beträffande ersättningen av injekteringsarbetet presenteras följande synpunkter i Bergström et al (2003):

”Jag upplever ersättningsformen för injekteringen som undermålig. Det borde gå att förbättra denna så att inte ersättningen endast baseras på injekterad mängd.”
(byggherre)

”Beträffande injekteringsproblematiken menar jag att det finns två vägar att gå.

1. *Ändra ersättningsformen så att tiden och störningen som orsakas av injektering även ersätts.*
2. *Sänk kraven på täthet i tunneln under produktionsskedet. Om ett större inläckage tillåts under produktionsskedet skulle tunneln kunna färdigställas i ett svep och tätas till avsedd nivå i nästa.”* (entreprenör)

Samtidigt kan det vara svårt att utforma en regleringsmodell som beaktar alla osäkerheter vid undermarksbyggande och som upplevs rättvis av både beställare och entreprenör. Denna bedömningen framgår t ex av följande citat:

“Det är inte troligt att det finns någon ersättningsform eller någon utformning av ersättningsform som tar hand om de ersättningsrelaterade problemen.”

från Malmtorp (2007)

Avseende bristerna i dagens förfrågningsunderlag framkom följande från intervjuerna, som utfördes inom ramen för föreliggande rapport:

- Utförandekrav blandas med funktionskrav
- Tiden för injekteringsarbetet beaktas inte
- Osäkerheten avseende injekteringstiden innebär en stor risk för entreprenören
- Behov av ändringar i byggskedet beaktas inte
- Hur den slutliga sammansättningen på injekteringsbruket ser ut är oklart
- Specificerade krav är otydliga t ex avseende arbetsordning, behov av kompletterande injektering och hur förprovning ska utföras
- Osäkerheter avseende antalet kontrollhål samt kompletterande injektering beaktas inte
- Förfrågningsunderlag avseende injekteringsarbetet är ej produktionsanpassade
- Relevansen i vissa krav kan ifrågasättas (t ex krav på rakhetsmätning av injekteringshål samt att krav på egenskaper hos injekteringsbruk ibland ej kan uppnås i fält).

Även om dessa synpunkter kommer från några få personer, är bedömningen att synpunkterna speglar en ganska utbredd åsikt inom branschen att förbättringspotential finns.

4.2 Mängd- och tidsrelaterade osäkerheter

För att få underlag till förbättringsförslag avseende förfrågningsunderlag för injekteringsarbeten, gjordes en genomgång av osäkerheter relaterade till olika moment i injekteringsarbetet. Enligt Olsson (2006) är de förhållanden eller aktiviteter som är relaterade till osäkerheter också de som kräver störst flexibilitet vid utförandet.

Specifikt avseende injektering diskuteras i boken ”Cementinjektering i hårt berg”, Eriksson & Stille (2005), allmänna aspekter på injektering och byggande. En svårighet som framhålls i Eriksson & Stille är att variationen i tidsåtgång för olika injekteringsskärmar och risken för kompletterande injektering (ominjektering) gör det

svårt att planera tunneldrivningscykeln. Då injekteringsarbetena planeras och mängduppskattas i ett tidigt skede då oftast endast begränsad information finns om bergmassans egenskaper, innebär detta att omfattningen och utförandet av injekteringen och därmed mängd- och tidsåtgång för injekteringen blir förknippade med osäkerheter. Vidare planeras drivningscykeln ofta baserat på uppskattningar av tidsåtgången för varje arbetsmoment (t ex injektering, borring, laddning, utlastning och skrotning). Osäkerheten i tidsåtgången för injekteringsarbetet innebär således att entreprenörens kalkylering blir osäker avseende både tid och kostnad. Om injekteringen tar längre tid än förväntat påverkas drivningscykeln, vilket kan ge upphov till förseningar och följdkostnader eftersom injekteringen inte sällan ligger på den kritiska linjen.

Olika moment i injekteringsarbetet påverkar tiden olika mycket. I Eriksson & Stille (2005) är kompletterande injekteringar (ominjekteringar) och en lång väntetid mellan utförd injektering och efterföljande borring de moment som har störst relativ påverkan på tätningstiden.

Beträffande mängder finns osäkerheter i mängden injekteringsmedel, antalet kontrollhål och omfattningen av kompletterande injekteringar, vilka är svåra att bedöma i projekteringskedet.

Baserat på genomgången av ett antal förfrågningsunderlag (se kapitel 2), redovisas i Tabell 2 en bedömning av de största osäkerheterna med avseende på olika delmoment i injekteringsarbetet.

Tabell 2: Osäkerheter relaterade till olika delmoment i injekteringsarbetet

Table 2: Uncertainties related to different aspects of the grouting work

Delmoment i injekteringsarbetet	Osäkerhet
Val av/förändringar inom injekteringsklass	Vilken injekteringsklass som ska utföras är i anbudsskedet ofta osäkert, vilket ger osäkerheter i mängder och tidsåtgång.
Injektering (pumpningsarbetet, en injekteringskärm)	Injekteringen är relaterad till osäkerheter i såväl tidsåtgång och mängder då en samverkan mellan ett antal faktorer t ex bergmassans egenskaper, bruk, tryck, stoppkriterier och antal hål som injekteras samtidigt påverkar utfallet av injekteringen.
Väntetid	Väntetid mellan utförd injektering och efterföljande borring av salvhål, kontrollhål eller kompletterande injekteringshål påverkar den totala injekteringstiden. Om krav ställs på en lägsta hållfasthet finns det en osäkerhet vilken väntetid som kommer att krävas, då injekteringsbrukets sammansättning ofta inte fastställs förrän efter en förundersökning av injekteringsbruk. Vid ändring av brukssammansättningen under projektet kan dessutom väntetiden påverkas.
Kontrollhål	Omfattningen av antalet kontrollhål är relaterad till osäkerheter, då antalet kontrollhål ofta baseras på resultatet från utförda injekteringar eller vattenförluster i kontrollhål.
Kompletterande injektering (ominjektering)	Huruvida kompletterande injektering ska utföras samt vilken omfattning denna kommer att få är osäkert. Detta bedöms vara oberoende ifall kompletterande injektering baseras på uppmätta vattenförluster i kontrollhål eller ifall beslut tas baserat på andra överväganden. I det fall kompletterande injektering måste utföras måste en ny etablering av utrustning göras vid tunnelfronten, nya injekteringshål ska borraras och injektering ska utföras. Kompletterande injekteringar påverkar således tunneldrivningen i övrigt. Osäkerheten avseende omfattningen av kompletterande injektering avser således både mängder och tidsåtgång.

4.3 Övriga brister

Baserat på genomgången av ett antal förfrågningsunderlag (se kapitel 2) kan följande brister noteras.

I vissa fall är kraven väldigt allmänt skrivna och istället anges det att besluten ska tas av beställaren vid tunnelnfronten.

Vidare anges ofta krav, som ej är konkreta eller mätbara. Exempelvis på sådana krav i tekniska beskrivningar är:

”Injekteringen skall utföras så att god utfyllnad erhålls i sprickplanen.”

”Bruksblandningarna skall innehålla ”state of the art” strömningsegenskaper för att klara de exceptionella täthetskraven och erhålla tillräcklig inträngningsförmåga i detta mycket svårinjekterade finsprickiga berg.”

Även i injekteringsstandard SS-EN 12715 anger ett flertal ej konkreta krav. Exempelvis anges att:

”7.4.1.1 The type and composition of the grout shall be selected according to the ground conditions and specifications of the works.”

Vissa ej entydiga krav (ibland motstridiga krav) ges också. Exempelvis anges ofta krav på blandningsnoggrannhet för olika delmaterial samtidigt som toleranser även anges för bruksegenskaper.

Då kraven inte är konkreta eller entydiga kan kraven bli svåra att verifiera och utförandet svårt att kalkylera. Speciellt omfattningen av antalet kompletterande injekteringar (ominjekteringar) bedöms vara svåra att uppskatta baserat på innehållet i förfrågningsunderlagen.

Ställda krav på stoppkriterier, injekteringstryck och injekteringsutförande är formulerade på ett sätt som innebär att injekteringstiden är svår att bedöma.

Beträffande hanteringen av eventuella förändringar i injekteringsmetodik, anges i de tekniska beskrivningarna generellt att förändringar kan behöva göras baserat på erfarenheter från utförda injekteringar. Några detaljer om när och hur dessa förändringar ska utföras framgår dock inte i något av de studerade förfrågningsunderlagen.

4.4 **Slutsatser**

Sammanfattningsvis kan följande problem formuleras med avseende på riskfördelning, kalkylerbarhet och behov av flexibilitet i utförandet:

- Osäkerheter i omfattning av kompletterande injektering beaktas inte
- Otydliga eller motstridiga krav förekommer
- Ersättningsformer beaktar inte tiden för injektering
- Påverkan på planerat och kalkylerat arbete p g a förändringar i injekteringsmetodiken är svåra att förutsäga (tid och kostnad för påverkan på tunneldrivningscykeln beaktas inte)

5. MÖJLIGA ÅTGÄRDER

Möjliga åtgärder har identifierats genom:

- Litteraturgenomgång avseende kontrakt och riskfördelning
- Genomgång av praxis i Norge
- Analys av delmoment i injekteringsarbetet
- Uppföljning av erfarenheter från projekt
- Intervjuer med beställare, entreprenörer och konsulter

Baserat på problembeskrivningen gjordes en gruppering av möjliga åtgärder med avseende på riskfördelning i allmänhet, kravhantering (typ av krav och hur de formuleras) samt former för reglering av kostnad och tid.

5.1 Litteraturgenomgång

5.1.1 Underlag

Beskrivningen av kunskapsläget avseende riskfördelning, kravhantering och regleringsmodeller utfördes baserat på en översiktlig litteraturgenomgång.

Identifieringen av relevant litteratur inom området gjordes genom en sökning via internet i följande databaser:

- KTH:s bibliotek
- Uppsala universitets bibliotek
- Chalmers bibliotek
- Libris
- SveBeFo:s publikationer
- Springerlink
- ASCE:s publikationer
- Tunnels and Tunnelling International
- International Tunnel Association
- Norwegian Tunnelling Society

Förutom sökningen i dessa databaser har en sökning på via www.google.se gjorts med sökord som *tunnel*, *grouting*, *contract* och/eller *risk*.

Sökningen resulterade ofta i hänvisningar till sammanfattningar av rapporter. Med utgångspunkt från sammanfattningarna gjordes en värdering över publikationens relevans för projektet. Framför allt ordet risk i sökningen resulterade i vissa databaser i en stor mängd sökträffar. Ordet risk kan dock användas i flera sammanhang och med olika innebörd, vilket innebär att innehållet i publikationerna kan variera. För att inte sökningsarbetet skulle bli orimligt omfattande studerades endast sökträffar som bedömdes som relevanta vid en första kontroll. Detta innebär samtidigt att en del relevanta publikationer sannolikt kan ha missats.

Företrädesvis publikationer med ett brett innehåll söktes, för att genom dessa kunna identifiera referenser med mer detaljerad information.

5.1.2 Riskfördelning

Allmänt kan det sägas att endast ett fåtal publikationer hittades som särskilt beskriver injektering med avseende på riskfördelningen mellan olika aktörer. Ett flertal publikationer beskriver däremot dessa aspekter för undermarksprojekt som helhet. Exempelvis har arbetsgrupper inom ITA (International Tunnel Association) tagit fram rekommendationer avseende kontrakt och riskfördelning inom undermarksbyggandet. I Sverige har ett branschgemensamt utvecklingsarbete initierats av "Nätverket bergbyggarna". Inom nätverket, som fortfarande är verksamt, är både byggherrar, konsulter och entreprenörer representerade. Ett första arbete, som redovisas i Bergström et al (2003), har bl a resulterat i ett antal åtgärder (framgångsfaktorer) som bedöms kunna reducera identifierade problem i dagens undermarksbyggande. En fortsättning på arbetet om framgångsfaktorer redovisas i Malmtoorp (2007). I denna rapport behandlas ersättnings- och kostnadsproblematiken i undermarksprojekt i ett större sammanhang. Baserat på bl a rapporten från "Nätverket bergbyggarna", Bergström et al (2003), har organisationen FIA (Förnyelse I Anläggningsbranschen) år 2004 tagit fram ett tiopunktsprogram med förslag för att effektivisera bergbyggandet. FIA skapades på initiativ av generaldirektörerna på Vägverket respektive Banverket i december 2003. FIA:s huvudsakliga syfte är att samla hela den svenska anläggningsbranschen för att med gemensamma krafter skapa ett forum för nödvändig förnyelse. Bakgrunden till bildandet av FIA var bl. a. Bygghörningskommissionens betänkande "Skärpning gubbar!" (SOU 2002:115). Medlemmar i FIA är organisationer inom anläggningsbranschen, t ex beställare, konsulter och entreprenörer.

Mycket forskning har även utförts avseende riskhantering både i Sverige och internationellt. I det följande avsnittet ges en översiktlig beskrivning av de publikationer som beskriver aspekter relaterade till kontraktuella frågor avseende riskfördelning.

Generella faror/risker i samband med kontrakt vid undermarksbyggande, som bl a diskuteras i en SveBeFo-rapport av Tengborg (1998) är:

- Oklarheter
- Motsägelser
- Oreglerad överföring av ansvar mellan parterna
- Bevisbörda avseende brister och fel

Speciellt avseende överföringen av ansvar mellan parterna framhåller Tengborg vikten av att kunna förutse förekomsten av risker i projektet och att möjliggöra reglering av t ex mängder och metoder efter den uppkomna situationen. Inom undermarksprojekt är dessa risker ofta relaterade till osäkerheter i de geologiska och hydrogeologiska förhållandena. Avvikelse mellan förhållanden som anges i förfrågningsunderlaget och vad som observeras i produktionskedet kan således förväntas. Dessa förändringar måste enligt Tengborg regleras i kontraktet.

Beträffande reglering av risker och ansvaret för dessa är en allmänt accepterad regel att den part som har bäst möjlighet att kontrollera risken även ska ha ansvaret för risken (se t ex Eskesen et al (2004). I Eskesen et al (2004) ges riktlinjer för riskhantering vid undermarksbyggande. Exempelvis anges att beskrivningar av krav i förfrågningsunderlaget ska ange ansvaret för olika risker, vilka risker som ska beaktas och värderas av entreprenören samt specifika krav på riskhantering t ex med avseende på förändringar av tekniska lösningar. Även i publikationen ”A code of practice for risk management of tunnel works”, vilken tagits fram av The International Tunnelling Insurance Group rekommenderas att en riskbedömning från design ska finnas med i förfrågningsunderlaget (ITIG, 2006). I ITIG:s publikation framhålls vikten av att det i riskbedömningen tydligt måste framgå hur risker ska fördelas, kontrolleras, mildras och hanteras/administreras.

Arbetet inom ITA (International Tunnel Association) om riskfördelning i undermarksbyggandet sammanfattas i en artikel, ITA (1995). Några konkreta rekommendationer i ITA (1995) var att:

- Förfrågningsunderlag ska innehålla metoder för hantering av förändringar i tekniska lösningar eller mängder som föranleds av avvikelser mellan antagna och faktiska förhållanden.
- Bestämmelser för hur parterna ska enas om förändringar enligt ovan ska anges.

Avseende riskhanteringen i ett projekt redovisas även i Bergström et al (2003) ett antal konkreta framgångsfaktorer:

- Byggherren genomför en osäkerhetsanalys av projektet vilken utgör en del av förfrågningsunderlaget.
- Entreprenören lämnar sin osäkerhetsanalys av projektet som en del av anbudet.
- De båda osäkerhetsanalyserna arbetas ihop till en gemensam analys, vilken följer projektet och aktivt bearbetas under projektets gång.

Förslag från FIA:s tiopunktsprogram och som har koppling till riskfördelning är speciellt punkterna 2, 4 och 10.

- Varje entreprenad ska vara tydligt avgränsad i tid, rum och till innehåll (punkt 2).
- Beställarens dokumenterade riskanalyser ska ingå i förfrågningsunderlaget. Entreprenören ska redovisa och meddela beställaren de av entreprenören själv identifierade riskerna under anbudstiden. Riskerna ska tydligt fördelas mellan parterna på ett effektivt och rimligt sätt (punkt 4).
- Entreprenören ska kompenseras för sådana störningar i produktionen som inträffat pga att förutsättningarna avviker från de som entreprenaden baserats på. Med hänsyn till detta anges att stilleståndsersättning bör redovisas i anbudet och att behov av tidstillägg aviseras vid tilläggs- eller ändringsarbeten (punkt 10).

Enligt punkterna från FIA:s tiopunktsprogram ska ett förfrågningsunderlag således vara tydligt för att möjliggöra kalkylering, riskerna ska tydligt fördelas mellan parterna och entreprenören ska kompenseras för störningar, som beror på avvikelser från förutsättningarna i förfrågningsunderlaget.

Specifikt avseende injektering och riskfördelning finns mycket lite publicerat. I den norska handboken ”Berginjeksjon” nämns t ex inget om riskfördelning eller krav på kontrakt med avseende på injekteringsarbeten. I boken ”Grouting for ground engineering”, Rawlings et al (2000), beskrivs generellt problem relaterade till kontrakt vid injekteringsarbeten. Rekommendationer som ges i Rawlings et al (2000) är att:

- Kontraktshandlingarna ska innehålla beskrivningar av ansvarsfördelningen mellan olika parter samt en beskrivning av arbetet som ska utföras.
- Ansvarsfördelningen ska delas mellan parterna.

- Injekteringsentreprenören måste vara delaktig från ett tidigt skede i projektet till projektavslut. Alternativa upphandlingsformer bör övervägas.

Sammanfattningsvis anger Eriksson & Stille (2005) några tänkbara åtgärder för att tydliggöra den ekonomiska riskfördelningen mellan olika parter. Dessa åtgärder är att:

- Beställaren anger vilka tider och mängder som ska vara kalkylerade i anbudet.
- Beställare och entreprenör gör innan upphandling en gemensam bedömning av risker samt förhandlar om tekniska kompletteringar och hantering av riskerna.
- I kontraktet ska det anges hur avvikelser från förväntade tider och mängder regleras samt hur tidsfördröjningar ska hanteras.

5.1.3 Kravhantering

Framgångsfaktorer som redovisas i Bergström et al (2003) avseende kravhantering generellt och som bedöms vara enkla att implementera på kort sikt är:

- Involvera produktionskompetens vid upprättande av förfrågningsunderlag.
- Överväg att sammanfatta förfrågan och de unika momenten i projektet. Förfrågan är ett dokument som ska överföra kunskap till entreprenören.
- Minst en muntlig presentation av projektet bör göras under anbudsskedet.
- Använd branschöverenskommelser, ändra inte i dem.
- Håll samman ansvaret för AF-del och teknisk beskrivning. Dessa får ej författas separat.

Betydelsen av att administrativa dokument arbetas fram integrerat med de tekniska handlingarna i ett förfrågningsunderlag, framhålls även i en rapport från Svensk Kärnbränslehantering AB, Emmelin et al (2007).

“The organizational and contractual frameworks are important premises for the execution of the work. Financial agreements and division of responsibilities for uncertainties provide incentives to act in different ways, but also for different technical solutions. This means that technical and financial issues and documents cannot be dealt with separately. They must be approached in an integrated fashion, which requires a work process where administrative matters are handled by the persons responsible for design in cooperation with persons with experience from the contractual side of ground engineering contracts and from working under the Nuclear Activities Act.”

från Emmelin et al (2007)

Några viktiga aspekter som bör beaktas vid kravformulering enligt Bergström et al (2003) är också att kraven ska vara:

- Rimliga att uppnå
- Verifierbara
- Kalkylerbara
- Entydiga
- Leverantörsberoende
- Behovsbaserade

Rekommendationer på krav i en teknisk beskrivning redovisas också i beskrivningshandboken, Genberg et al, Svensk Byggtjänst (2003). Enligt denna handbok ska beskrivningen endast ange kalkylerbara krav på utförande, material etc. Informativ text ska således undvikas i en beskrivning enligt Genberg et al (2003).

I Rawlings et al (2000) anges att utförandekrav eller funktionskrav kan anges för injekteringsarbeten. Inga rekommendationer ges för vilken typ av krav som är att föredra. I ett förfrågningsunderlag ska dock inte de olika kravtyperna blandas, då risken finns att kraven blir inkompatibla.

5.1.4 Reglering av kostnad och tid

ITA (1996), beskriver olika typer av upphandlings- och ersättningsformer samt deras för- och nackdelar med avseende på undermarksbyggande. Slutsatser som anges i ITA (1996) angående reglering av undermarksarbeten är att à-priser rekommenderas (priser kan ges för t ex mängder, timmar, meter tunnel). ITA anger också att:

”Three main methods of pricing are in common use in tunnel contracts: lump sum, cost reimbursable, unit-price methods. However, in appropriate circumstances, two or all three methods may be used in combination for pricing different aspects of the construction.”

från ITA (1996)

Ovanstående citat anger att de olika ersättningsformerna fast pris, löpande räkning och à-priser vid behov kan användas inom ett och samma kontrakt. Olika ersättningsformer verkar vara vanligt förekommande i tunnelprojekt i Österrike och Schweiz, där reglering sker med fasta kostnader för övergripande resurser, à-priser för utfört arbete samt stilleståndsersättning vid störningar som entreprenören ej ansvarar för.

Förslag på åtgärder för att minska den ekonomiska risken till följd av mängd- och tidsrelaterade osäkerheter ges i Malmtorp (2007) enligt följande:

1. Differentierad prissättning, vilket innebär att de mängder som svarar för de största osäkerheterna bör delas upp i flera poster.
2. Utsträckt entreprenadtid för att möjliggöra hantering av mängdrelaterade avvikelser.

Eriksson & Stille (2005) anger att ersättning för pumptid kan vara lämpligt speciellt i tätare berg, där injekteringen tar lång tid och åtgången av injekteringsmedel är liten. I detta sammanhang kan det nämnas att ersättning för pumptid är ett krav i den tyska standarden DIN 18309 (2002). Viktigt enligt Eriksson & Stille (2005) är dock att generella ersättningsformer inte kan formuleras pga skillnader i förhållanden mellan olika projekt.

Generella rekommendationer avseende ersättning av injekteringsarbeten som ges i Rawlings et al (2000) är att:

- Fastpris ska inte användas som ersättningsform.
- Mängdförteckningar med à-priser är att föredra.

Alternativ till dagens normalt förekommande ersättningsformer (à-priser för mängder) har också provats i några svenska undermarksprojekt.

I ett projekt på Äspö HRL reglerades t ex injekteringsarbetena med löpande räkning för både tid och mängder (se Emmelin et al (2004)). Motiv till att denna regleringsform användes var dels att det upplevdes svårt att fastställa rättvisa à-priser och dels att det blev enklare att utföra förändringar i injekteringsmetodik utan diskussioner om förändrade à-priser eller mängdposter. Det bör dock noteras att omfattningen av detta injekteringsarbete var relativt liten, fokus var på forskning och att en större mängd undersökningar och kontroller än normalt utfördes.

Entreprenören Besab tog 1999 på försök fram en alternativ ersättningsform vid injekteringsarbeten. Denna ersättningsform har använts med mindre avvikelser i några projekt under de senaste åren. Det bör noteras att ersättningsformen använts mellan huvudentreprenör och underentreprenör, som utfört injekteringsarbetena (ej borning av injekteringshål). Ersättningsformen baseras, enligt information från Besab, i korthet på följande:

1. Mängdförteckning

Projektets ordinarie mängdförteckning prissätts. I à-priserna ingår följande:

1. Material
2. Utförandekvalitet (Arbetsledning, utförandeansvar, egenkontroll, provning, dokumentation, garantiansvar mm)

2. Tidsberoende kostnader

Utöver den ordinarie mängdförteckningen fastställs även en prislista för alla övriga kostnader som är tidsberoende. Dessa ersätts per tidsenhet.

1. Projektledning (arbetschef, KMA, support mm) (kr/mån etc)
2. Personal (Injekteringspersonal, OB-tillägg, övertid mm) (kr/tim)
3. Maskinenhet inkl service för fullgod funktion (kr/mån etc)

Några generella fördelar med denna ersättningsform är enligt Besab:

- Metoden främjar en god utförandekvalitet
- Det är lätt att separera tidsberoende kostnader i de flesta förekommande kalkylsystem
- Det är lätt att göra en budget på arbetet

I jämförelse med konventionell mängdförteckning kan den föreslagna metoden ge följande fördelar:

- Avvikelser i mängd kan regleras utan ÄTA eller omförhandling av à-priser
- Mindre diskussioner om förändrade förutsättningar

I jämförelse med konventionell mängdförteckning innehållande reglering för pumptid kan den föreslagna metoden ge följande fördelar:

- Tid för olika beslut ersätts
- Väntetid på grund av utökad eller på annat sätt tidskrävande borring ersätts

I jämförelse med löpande räkning kan den föreslagna metoden ge följande fördelar:

- Mängdförteckning kan användas vilket ger önskad uppföljning av mängder
- Större fokus på kontroll av mängder och kvalitet erhålls
- Kan förbättra möjligheter till uppföljning

Erfarenheterna är enligt Besab så här långt goda. En nackdel kan dock vara om regleringen mellan byggherre och huvudentreprenör avviker från regleringen mellan huvudentreprenör och underentreprenör (injekteringsentreprenör) i samma projekt. En viss skillnad kan dock vara rimlig, då den riske exponering som injekteringsarbetet ger är större för en underentreprenör med ett begränsat åtagande än för huvudentreprenören, där risken blir mindre om man ser till hela projektet.

När det gäller regleringen av tiden föreslogs i Bergström et al (2003) att komplettera å-priser med å-tider. Å-tider används för revidering av tidsplanen i ett projekt med hänsyn till den faktiskt utförda omfattningen av olika typer av arbeten. Denna typ av reglering förefaller vara vanlig vid tunnelprojekt i t ex Österrike och Schweiz. Entreprenören anger då kapaciteter för olika arbeten och tidsplanen justeras kontinuerligt under projektet med hänsyn till den verkliga omfattningen av olika arbeten.

5.2 Förfrågningsunderlag i norska undermarksprojekt

5.2.1 Underlag

Beskrivningen av dagens praxis i Norge för hur förfrågningsunderlag utformas vid injekteringsarbeten, baseras på information från några norska konsulter samt en person från Statens Vegvesen (Norges motsvarighet till Vägverket). Informationen har sammanställts av Helen Andersson, De Neef, som är verksam i Norge. Erfarenheter från injekteringsarbeten i Norge finns även publicerade i en rapport från Statens Vegvesen (Statens vegvesen (2001)).

5.2.2 Allmänt

I Norge beskrivs och ersätts anläggningsarbeten med användning av publikationen ”Prosesskode” från Statens Vegvesen. ”Prosesskode” (Statens Vegvesen, 2007) kan liknas vid svensk mängdbeskrivning, dvs en kombination mellan AMA-beskrivningar och tillhörande mät-och ersättningsregler. I ”prosesskode” definieras ett antal processer med tillhörande beskrivningstexter enligt ett antal rubriker samt mätregler/enheter. ”Prosesskode” används också av Jernbaneverket (Norges motsvarighet till Banverket).

5.2.3 Kravhantering

Beskrivningar av injekteringsarbetet innehåller på samma sätt som i Sverige detaljerade krav avseende utförande, material och kontroll. En skillnad som noterats är att i Norge anges ofta mer detaljerade krav på utrustningen än i Sverige och beställaren styr injekteringsarbetet mer i detalj direkt vid injekteringsutförandet.

5.2.4 Reglering av kostnad och tid

Prissättning sker avseende material per kg, hål per borrar meter, samt ofta förbrukad tid. Vad som ska ingå i mängden material respektive tid anges i förfrågningsunderlagets beskrivningstext.

Mängden material ersätts olika beroende på mängdåtgången. Exempelvis ska ett pris anges vid en mängdåtgång större än 1000 kg/injekteringsomgång och ett annat pris om åtgången är mindre.

Tiden prissätts med den kostnad/timme som erforderlig personal och utrustning utgör för själva injekteringen. För att denna kostnad ska kunna jämföras mellan olika anbudsgivare anges krav på utrustning (gäller främst vilken kapacitet entreprenören skall ha på pumstryck och -flöde, samt injekteringskapacitet) samt också hur många personer som ska ingå i priset. Exempelvis anges att tre stycken kompletta blandnings- och pumplinjer ska ingå i priset. Pris ska ibland också ges för en extra blandnings- och pumplinje.

I Baneheiatunneln (Statens vegvesen, 2001) ersattes utrustningen separat per månad för den tid som utrustningen fanns på arbetsplatsen.

Förutom injekteringstid ersätts i Norge ibland också extra väntetid t ex vid lång härdningstid på injekteringsbruket.

Angående regleringen av tiden har å-tider för injekteringsarbeten provats i Norge. Enligt Berge (publication No 12, Norwegian Tunneling Society) är å-tider för olika arbeten ("equivalent time") poster som bör inarbetas i kontraktet för att en rättvis riskfördelning ska kunna erhållas mellan entreprenör och byggherre vid injekteringsarbeten.

5.3 **Analys av osäkerheter avseende injekteringsarbetet**

För att få underlag till en rekommendation på möjliga förbättringsåtgärder utfördes även en analys av osäkerheter i injekteringsarbetet.

Analysen utfördes med syfte att närmare beskriva händelser under injekteringsarbetet, som föranleds av att omfattning och utförande av injekteringen inte med säkerhet kan fastställas i projekteringskedet. Dessa händelser kan t ex relateras till olika aktivt utförda förändringar (beslut), olika avvikelser från förväntat resultat t ex längre tidsåtgång av olika aktiviteter eller oförutsedda händelser t ex störningar pga yttre faktorer.

En sammanställning av analysen redovisas i appendix.

5.3.1 Analysmetodik

Följande arbetsgång tillämpades:

1. Identifiering och beskrivning av möjliga händelser under injekteringsarbetet
2. Förslag på åtgärder för att beakta dessa händelser

Identifieringen och beskrivningen av händelser utfördes med utgångspunkt från de delmoment i injekteringsarbetet som redovisas i Tabell 2. Möjliga händelser beskrevs med avseende på möjlig konsekvens som kan värderas i termer av kostnadsökning och tidsförlust för undermarksprojektet.

Möjliga åtgärder för att ta hänsyn till olika händelser relaterades till riskhantering i allmänhet, kravhantering samt reglering av kostnad och tid.

5.3.2 Identifiering och beskrivning av möjliga händelser

Då bedömningar av både de geologiska och hydrogeologiska förutsättningarna samt effekten av en viss injekteringsinsats är osäkra kan ändringar av injekteringsmetodiken komma att behövas. Förändringar kan komma att utföras av olika anledningar, t ex att täthetskraven inte uppfylls, tiden för injekteringen är för lång eller att olika åsikter om vad som är rätt eller fel injekteringsmetodik förekommer. Dessa förändringar baseras således på aktiva beslut pga någon anledning. Orsaker till förändringar av injekteringsmetodiken (beslut) kan relateras till en, flera eller kombinationer av följande aspekter:

- Osäkerheter i bergmassans egenskaper
- Osäkerheter i utfall vid ett visst injekteringsmedel och ett visst utförande
- Brister i design

Ändringar av injekteringsmetodiken kan t ex vara ändringar av:

- Kriterier för val av injekteringsklass
- Antal injekteringshål
- Antal injekteringsomgångar
- Injekteringsmedel
- Injekteringstryck

- Stoppkriterier
- Antal kontrollhål

Konsekvenser av dessa förändringar kan bli att injekteringen tar längre tid, kostnaden ökar samt att störningar för tunneldrivningscykeln och resursplaneringen inträffar. I värsta fall kan tunneldrivningen stoppas om t ex stora grundvattensänkningar sker.

Händelser, som kan påverka injekteringsarbetet och som inte direkt kan härledas till aktiva beslut avser:

- Avvikelser i omfattning av olika injekteringsklasser jämfört med prognos
- Störningar pga omgivningsrestriktioner
- Brister avseende eller kommunikation/projektstyrning

Även brister avseende bemanning och utrustning kan påverka injekteringen men detta har inte analyserats närmare.

5.3.3 Åtgärder

Åtgärder som kan utföras för att ta hänsyn till osäkerheter i mängd och tidsåtgång avser både en tydligare beskrivning av kraven i förfrågningsunderlagen samt alternativa regleringsmodeller. T ex kan å-tider tillämpas för reglering av tidsplanen och injekteringstiden skulle kunna regleras med pumptid eller med kostnad för injekteringspersonal och utrustning.

5.4 Projekterfarenheter

Uppföljningen gjordes genom:

- Möte med konsult, beställare, byggläda och entreprenör (injekteringsentreprenör) på Törnskogstunneln
- Sammanställning av erfarenheter från Jong-Asker-tunnlarna i Norge

Mötet där erfarenheter diskuterades med utgångspunkt från Törnskogstunneln, inriktades på tre huvudpunkter:

- aktivt gjorda förändringar i injekteringsarbetet och hur dessa reglerades
- erfarenheter från injekteringsarbetet
- diskussion om framtida förfrågningsunderlag

Ingen speciell agenda hade tagits fram för mötet för att möjliggöra en bredare diskussion.

Erfarenheterna från Jong-Askertunnlarna i Norge baserades på en artikel av Asting (2004) samt information från Helen Andersson, De Neef.

5.4.1 Törnskogstunneln

Orientering om projektet

Törnskogstunneln är en vägtunnel som ingår i Norrortsleden i Stockholm. Beställare var Vägverket, Sweco var konsult och Oden var huvudentreprenör. Injekteringsarbetet utfördes av Besab, som var underentreprenör till Oden.

Mellan Vägverket och Oden undertecknades ett typ av samarbetsavtal. Syftet med detta avtal var att skapa ett bra samarbetsklimat och förutsättningar för entreprenadens genomförande.

Orientering om injekteringsarbetet

Injekteringen utfördes med förutbestämda injekteringsklasser. Val av injekteringsklasser gjordes baserat på sonderingsborrning och vattenförlustmätningar.

Krav på både bruksegenskaper och vattencementtal fanns. Tre olika bruk skulle användas för olika förutsättningar och injektering utfördes i en omgång med efterföljande kontrollhål.

Tiden mellan borrning av kompletterande injekteringshål och utförd injektering i en injekteringskärm baserades på resultat av förprovning av injekteringsmedel. Tiden beslutades i samråd mellan beställare och entreprenör.

Förutbestämda lägen för kontrollhål fanns för respektive injekteringsklass. Kompletterande kontrollhål borrades därefter vid behov (selektiva kontrollhål).

Reglering av kostnad och tid

Injekteringsarbetet reglerades m a p tillkommande förprovning (st), tillkommande fortlöpande provning (st), uppställning för injekteringskärm (st, inkl kontrollhål), vattenförlustmätningar (st), borrning sonderingshål (m), borrning injekteringshål (m), borrning kontrollhål (m) samt injekteringsmedel (kg cement).

Inga avsteg från AB04 fanns.

Ändringar i byggskedet

Följande förändringar utfördes under byggskedet:

- Förändringar under byggskedet omfattade bl a att systematiskt borrade kontrollhål ersattes av selektiva kontrollhål.
- Ett nytt injekteringsmedel av typen silica sol användes i delar av tunneln. Inledande försök med silica sol beställdes som tillägsarbete.
- Injekteringshålen förlängdes med tre meter.
- Provningsomfattningen minskades.
- Vattencementtalet sänktes

Utöver injekteringen med silika sol reglerades dessa förändringar med gällande à-priser. Någon justering av tidsplanen gjordes inte.

Erfarenheter

Sammanfattningsvis kan erfarenheterna från injekteringsarbetet på Törnskogstunneln summeras enligt följande:

- Samarbetet mellan beställare och entreprenör fungerade bra.
- Förståelse fanns för de andra parternas roller.
- Bra med tid fanns för arbetets genomförande och inga krav på tidsförlängning framfördes.
- Entreprenören uppmuntrades att komma med förbättringsförslag.
- Det ansågs positivt med en hög tillgänglighet hos byggledningen.

Diskussion om framtida förfrågningsunderlag

Avseende framtida förfrågningsunderlag för injekteringsarbeten diskuterades på mötet följande:

- Injekteringsarbetet måste få en hög prioritet och injekteringen måste få ta tid.
- Någon form av aktiv design borde kunna användas bättre än idag.
- À-tider för injektering skulle kunna användas som underlag för reglering, även om sådana tider kan vara svåra att ange.
- Mängder för kompletterande injektering (ominjektering) bör anges separat.
- Reglering av uppställning för injektering bör göras.
- Pumptidsreglering borde vara bra, men krav på utrustning då måste ställas. Olika entreprenörer kan ha olika ambitionsnivå avseende antal pumpar,

blandningskapacitet etc. Vidare bör krav ställas på att redovisa tryck-flödes-tidsdiagram så att uppföljning kan göras av hur injekteringen har utförts.

- Förfrågningsunderlaget borde innehålla ett förslag på nedbruten tidsplan.

5.4.2 Jong – Askertunnelarna, Norge

Orientering om projektet

Tunnelarna ingår i en ny järnvägssträckning med dubbelspår. Tunnelarna är 2,7 km respektive 3,6 km långa och bergtäckningen är i huvudsak stor. Beställare var Jernbaneverket, dvs Norges motsvarighet till Banverket.

I detta projekt lades stor vikt på utformning av de kontraktsmässiga förutsättningarna. Jernbaneverket ville att kontraktet skulle vara balanserat med hänsyn till byggherrens och entreprenörens intressen och att mesta möjliga information skulle vara tillgänglig för entreprenören. Oklarheter och möjligheter till taktisk prissättning, speciellt avseende injekteringsarbetet, skulle minimeras.

Orientering om injekteringsarbetet

Injekteringsarbetet utfördes som kontinuerlig förinjektering i tre injekteringsklasser.

Efter injektering av en skärm sprängdes en salva och därefter utfördes kontrollhål för beslut om kompletterande injekteringshål.

Injekteringsmedlet var baserat på mikrocement eller vanlig anläggningscement (sk industricement).

Krav på utrustning ställdes avseende kapacitet på flöde och tryck, antal injekteringsenheter samt varvtal på kolloidkvarn. För borring ställdes krav på borrhålsdiameter, antal hål som ska kunna borrar samtidigt samt minsta borrarjunkning per minut.

Reglering av kostnad och tid

Regleringsmodellen baserades på separat ersättning av utrustning och manskap samt för material. Följande regler tillämpades för ersättning av tiden:

- Injekteringstid räknas från det att borring av det första injekteringshålet startar till dess att sista injekteringshålet har injekterats.
- Alla kostnader för personal, rapportering, spolning, borrhigg, injekteringsutrustning ska ingå i injekteringstiden

Det faktum att även injekteringsborrningen ersattes med nedlagd tid var unikt. I andra norska projekt är det vanligt att endast själva injekteringen ersätts på detta sätt.

För ersättning av material gällde följande:

- Alla kostnader för materialet fram till färdig blandning ska inkluderas.
- Injekteringsborrning ersätts i utförda bormeter och ska inkludera materialkostnader och slitage på borrhög, borkronor och borrstål.

Avseende tiden sattes ett antal deltider upp för genomförandet av projektet. Om dessa tider överskreds fick entreprenören betala vite, men det fanns också möjlighet att få bonus om deltiderna klarades. De olika deltiderna var beräknade baserat på å-tider (ekvivalenttider), vilka angavs som anbudsförutsättningar. Entreprenören kunde också få bonus om kortare å-tider kunde uppnås. För injektering sattes ekvivalenttiden (å-tid) för injektering som 1 timme/timme.

Erfarenheter

Erfarenheterna den använda ersättningsmodellen var goda och en bra balans mellan risk och entreprenörens möjlighet till vinst uppnåddes. Injekteringsarbetet, som det beskrevs i kontraktet, upplevdes också som förutsägbart och att kostnaden för arbetet (kontraktssumman) stämde väl överens med den faktiska kostnaden.

5.5 Intervjuer med beställare, konsulter och entreprenörer

Fyra stycken intervjuer utfördes. Intervjuer gjordes med en entreprenör, en som får anses representera både konsult och beställare, en som representerar både entreprenör och konsult samt en beställare.

Intervjuerna planerades för att möjliggöra diskussioner med utgångspunkt från följande frågeställningar:

1. Hur kan förfrågningsunderlag förbättras för att ge en mer rättvis riskfördelning?
2. Vilka specifika förändringar avseende tekniska krav respektive reglering av kostnad och tid bör göras?

En person menade att upplägget med å-priser inte är det bästa regleringssättet för tunnelentreprenader. Detta motiverades med att det är svårt att fördela arbetsplatsens kostnader på å-priser då förändringar av ett arbete kan få påverkan på andra arbeten. I stället borde ersättning utgå för personal, utrustning och timmar samt materialkostnader. Vid användning av å-priser ansåg en person att det är en fördel med flera kostnadsbärare (fler mängdposter), vilket borde ge en bättre riskfördelning.

I följande avsnitt redovisas en sammanfattning av förslag på åtgärder för att hantera olika brister i dagens förfrågningsunderlag. Generellt fanns en stor samstämmighet mellan de olika intervjuade personerna avseende vilka åtgärder som bör utföras.

Utförandekrav blandas med funktionskrav

Exempel på detta är när krav på maximalt tillåtet inläckage till en tunnel ges samtidigt med detaljerade utförandekrav i en teknisk beskrivning. Vidare anges ofta också krav på egenskaper för olika injekteringsmedel, samtidigt som det anges hur injekteringsbruken ska blandas (t ex vattencementtal). I förfrågningsunderlag ska dessa typer av krav inte blandas.

Tiden för injekteringsarbetet beaktas inte

Stor samstämmighet fanns mellan de olika personerna att någon typ av reglering av injekteringstiden vore att föredra. Detta skulle möjliggöra att tiden som krävs för ett bra injekteringsresultat ersätts samt att förändringar av injekteringsmetodiken lättare kan regleras.

När det gällde osäkerheterna kring injekteringstid för en injekteringsskärm menade dock den intervjuade entreprenören att denna osäkerhet bedöms som relativt liten. Detta motiverades med att erfarenheter i stor utsträckning kan användas för att bedöma injekteringstid för en viss injekteringsskärm med angivna bruksegenskaper och stoppkriterier.

Ett sätt att reglera injekteringsarbetet med tid är att ersätta tiden från start till stopp av injekteringen. Vidare borde olika koncept på utrustning specificeras. Även med detta regleringsförfarande ansåg en person att det fanns utrymme för spekulation, men att en bättre riskfördelning borde erhållas. En annan person menade att vid reglering av injekteringstiden måste fler krav på uppföljning av injekteringsarbetet ställas, vilket inte är önskvärt. Exempel på en ökad kontroll är en mer aktiv byggledning och krav på redovisning av tryck-flödes-tidsdiagram.

Vidare borde tydligare stoppkriterier anges. En maximal tid/injekteringshål borde också anges enligt några personer.

Behov av ändringar i byggskedet beaktas inte

Ändringar av injekteringsmetodiken kan innebära diskussioner i byggskedet angående reglering av utfört arbete samt påverkan på tidsplan pga utförda ändringar.

Ändringar av injekteringsmetodiken kan påverka tiden för injektering, vilket därför borde motivera att reglering av injekteringen delas upp på tid och material. Då en ändring av injekteringsmetodiken även kan innebära påverkan på andra arbeten, t ex bergschaktningen, föreslog en person att tillägg för bergschakt borde utgå till entreprenören vid förkortade injekteringskårmar. På samma sätt borde även avdrag göras om längre injekteringskårmar görs.

Vidare föreslogs även att stillestånd, t ex väntetid mellan injektering och borrning, ska regleras.

Reglering av tidsplanen med à-tider bedömdes av de flesta vara intressant men troligen svårt. Vid byggande av tunnlar i stadsmiljö finns det t ex restriktioner för när olika arbeten får utföras och ofta kan tunneldrivning utföras på flera fronter. Det bedömdes under dessa förhållanden vara svårt att koppla arbetsomfattning till tid, då olika förändringar av arbetsomfattning inte självklart ger en påverkan på tiden. Vid enkla förhållanden ansågs det möjligen att à-tider skulle kunna tillämpas. Tillämpning av à-tider kräver enligt de intervjuade personerna sannolikt även mer uppföljning.

Ett förslag som redovisades var att tidsplanen ska innehålla marginaler så att förändringar av injekteringsmetodiken möjliggörs i viss utsträckning.

Hur den slutliga sammansättningen på injekteringsbruket ser ut är oklart

Då förprovningen inte är utförd innan entreprenaden startar finns det en osäkerhet kring vilka injekteringsbruk som kommer att användas. För att möjliggöra en reglering av olika injekteringsbruk bör olika typer av cement anges i mängdförteckningen. Övriga åtgärder som föreslogs var att förprovning bör göras i fält och att sammansättningar för injekteringsbruk anges i förfrågningsunderlaget.

En åtgärd är också att ersätta provningarna med antal (st) i mängdförteckningen.

När det gällde osäkerheterna kring injekteringsbruket menade dock den intervjuade entreprenören att denna osäkerhet bedöms som relativt liten. Detta motiverades med att erfarenheter i stor utsträckning kan användas för att bedöma vilket injekteringsbruk som ska användas för angivna bruksegenskaper.

Specificerade krav är otydliga

I vissa fall innehåller beskrivningarna av injekteringsarbetet mycket om och men, när och hur. Detta skapar otydligheter och ger upphov till tolkningar och svårkalkylerbara anbud.

Oklarheter avseende t ex arbetsordning och stoppkriterier kan skapa diskussioner i byggskedet om injekteringen har utförts på ett korrekt sätt.

Åtgärder för att minska denna otydlighet är att minska detaljeringsgraden och att tydliggöra vad som gäller för att underlätta arbetsplaneringen.

Osäkerheter avseende antalet kontrollhål samt kompletterande injektering (ominjektering) beaktas inte

Denna osäkerhet bedömdes generellt som stor av de intervjuade personerna. I förfrågningsunderlaget bör detta hanteras genom att ett antal kontrollhål och kompletterande injekteringar (ominjekteringar) specificeras som underlag för anbud. Beträffande regleringen av kompletterande injektering borde denna göras separat.

Förfrågningsunderlag avseende injekteringsarbetet är ej produktionsanpassade

Entreprenören upplevde att förfrågningsunderlag i många fall inte var anpassade till entreprenörens genomförande. Enligt entreprenören borde bättre anpassningar kunna göras genom en tidig samverkan mellan beställare, entreprenör och projektör. Vidare föreslogs att injekteringsseminarium e d bör anordnas tillsammans med beställare, konsult och entreprenör inför uppstarten av ett projekt.

6. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

6.1 Slutsatser

Baserat på litteraturgenomgången är det inte helt lätt att formulera enkla rekommendationer avseende hur riskfördelningen ska hanteras vid injekteringsarbeten. Detta beror bl a på att de publikationer som studerats har olika fokus och att olika aspekter inte kan analyseras isolerat utan hänsyn till varandra. Exempelvis hanterar ITA (1996) upphandlings- och ersättningsformer, Malmtorp (2007) kostnads- och ersättningsproblematiken i stort och Eriksson & Stille (2005) samt Rawlings et al (2000) diskuterar injektering och byggande med hänsyn till kontraktuella frågor mer i allmänna ordalag.

Det kan också konstateras att få konkreta krav eller rekommendationer anges avseende injektering i de regelverk som normalt utgör grunden för undermarksprojekt i Sverige.

Beträffande regleringen av injekteringsarbeten är slutsatsen att det idag inte finns en enskild regleringsmodell som fullt ut kan hantera alla de konsekvenser som ett flexibelt injekteringsarbete kan innebära i form av tid, kostnad och påverkan på tunneldrivningscykeln. En svårighet är att omfattningen av injekteringen påverkar andra arbeten i tunneldrivningen. Detta är sannolikt ett dilemma vid undermarksbyggande generellt, men det är kanske speciellt tydligt när det gäller injektering.

Generella paragrafer avseende reglering av kostnad och tid finns i AB04, som även anger formalia vid ändrings- och tilläggsarbeten samt ökade mängder. Det kan t ex noteras att paragraf 5, kapitel 2 i AB04 kan tolkas som att ändringar av injekteringsmetodiken, t ex antalet injekteringshål, ska likställas med ett ändrings- och tilläggsarbete.

Sammantaget gav dock genomgången av litteratur och förfrågningsunderlag, analysen av olika moment i injekteringsarbetet, uppföljningen av projekterfarenheter och intervjuerna en samstämmig bild avseende behovet av åtgärder i stort. Gemensamma nämnare avser t ex behovet av att beakta osäkerheter när det gäller tiden för injekteringen samt behovet av kompletterande injektering (ominjektering).

Rekommendationer av möjliga åtgärder redovisas i avsnitt 6.2.

6.2 Rekommendation på åtgärder

Åtgärder för att förbättra förfrågningsunderlagen avseende injektering kan relateras till övergripande åtgärder avseende t ex riskfördelning, kravhantering samt reglering av kostnad och tid. I de följande avsnitten redovisas möjliga åtgärder som identifierats baserat på en sammanvägning av studierna av svenska förfrågningsunderlag, litteraturgenomgången, utformningen av förfrågningsunderlag i Norge, erfarenheter från projekt samt intervjuerna.

6.2.1 Övergripande åtgärder

- Designrapport från projektören avseende injekteringen bifogas förfrågningsunderlaget. Rapporten ska beskriva analyser och bedömningar, motiv för dessa, osäkerheter och förväntade variationer. Redovisade osäkerheter kan i sin tur ge underlag till entreprenörens riskanalys.
- Riskallokeringen i förfrågningsunderlaget måste vara tydlig, t ex beträffande vilka risker som entreprenören ska ansvara för samt krav på riskhantering m a p förändringar av tekniska lösningar.
- Tidsplanen måste vara rimlig mht osäkerheter i injekteringsarbetets omfattning. Det bör speciellt beaktas att färdigställandetider för tunnelentreprenader med Banverket eller Vägverket som byggherre ofta är svåra att flytta framåt. Detta beror bl a på bokade invigningsdatum, efterföljande installationsentreprenader samt långa tider för provning och testning innan tunneln tas i drift.
- Samverkansavtal för att formalisera och aktivt verka för ett förtroendefullt arbete mellan beställare och entreprenör samt bidra till kunskapsöverföring mellan olika parter.
- I kontraktet ska det också beskrivas rutiner för hur avvikelser från förväntade tider och mängder ska regleras samt hur tidsfördröjningar ska hanteras. Vid ändringar av injekteringsmetodik bör gällande à-priser tillämpas.
- Då beställaren ansvarar för eventuella ändringar, bör beställaren också vara organiserad för att aktivt kunna följa upp och ta beslut om nödvändiga ändringar.
- Tidpunkter för så kallade ”tollgates” bör också anges i förfrågningsunderlaget. Vid dessa ”tollgates” utvärderas erhållet injekteringsresultat, gjorda observationer och erfarenheter samt tas beslut om eventuella förändringar av injekteringsmetodiken.
- Förbättringsförslag från entreprenören ska uppmuntras. Incitament bör även finnas för att kraven på täthet ska uppnås på ett så kostnadseffektivt sätt som möjligt.

6.2.2 Kravhantering

- Flera möjliga injekteringsklasser inkl antal hål, typ av cement etc specificeras.
- Krav ska vara tydliga (t ex ”ska” i varje krav, krav i punktform). Förtydliganden kan göras med viss informativ text avseende vad beställaren tillhandahåller.
- Krav på utförande får inte blandas med krav på funktion. Exempelvis bör inte krav på maximalt tillåtet inläckage till tunnlarna eller maximalt tillåten avsänkning anges samtidigt som detaljerade krav på injekteringsutförandet anges. Inte heller bör både krav på vattencementtal och bruksegenskaper anges.
- Osäkra mängder och tider anges i förfrågningsunderlaget (teknisk beskrivning eller mängdförteckning alternativt administrativa föreskrifter) för en ökad kalkylerbarhet och underlag till reglering av ändringar. Framför allt tid för injektering, väntetid mellan injektering och olika aktiviteter samt omfattning av kontrollhål och kompletterande injekteringar (ominjekteringar) bör anges.
- Utrustning specificeras i förfrågningsunderlaget (t ex kapaciteter, antal pumpar, hål som ska kunna injekteras samtidigt) för att möjliggöra jämförelser av priser för tidsåtgång (se avsnitt 6.2.3).
- Krav anges avseende hur injekteringsmetodiken ska följas upp före, under och efter injektering samt hur injekteringen successivt ska anpassas till gjorda erfarenheter.
- Krav i administrativa- och tekniska handlingar i förfrågningsunderlaget samordnas.

Exempel på krav i en teknisk beskrivning kan vara att:

- *Pumptiden/injekteringshål i injekteringsklass I ska vara 20 minuter och 40 minuter i injekteringsklass II vid ett injekteringstryck på 30 bar över grundvattentryck.*
- *Väntetiden mellan injektering och borrning av kontrollhål ska vara 6 timmar i injekteringsklass I och 3 timmar i injekteringsklass II.*

För att förtydliga ovanstående krav skulle följande informativa text kunna skrivas.

Med väntetid avses tid från avslutad pumpning till borrning av första kontrollhål.

I mängdförteckningen kan t ex ett antal kontrollhål samt kompletterande injekteringsomgångar anges.

6.2.3 Reglering av kostnad och tid

Sammanfattningsvis är bedömningen att à-priser kan användas och att ersättningen för injektering måste innefatta poster för både fasta kostnader, tid och material. För reglering av injekteringsarbetet rekommenderas följande:

- Mängdposter anges för olika tänkbara injekteringsklasser.
- Reglering för injekteringen görs för fasta kostnader, tid och material:
 - Reglering görs med en fast kostnad per injekteringskärm för etableringsarbete.
 - Reglering av tidsberoende kostnader vid injekteringen görs med à-priser för pumptid inklusive personal och utrustning. Alternativt görs separat reglering av personal per timme och utrustning per månad. Logglistor från utrustning kan behövas.
 - Reglering görs av förbrukat material uppdelat på olika cementtyper.
- Väntetiden mellan injektering och efterföljande borring regleras med à-priser för timmar utöver de som föreskrivs i beskrivning. Alternativt tillämpas någon generell regel för stilleståndsersättning i de fall arbeten inte kan utföras på grund av störningar, som entreprenören ej ansvarar för.
- Borring av kontrollhål ersätts separat. Om kontrollhål inte ska borrar systematiskt, bör ett antal hål per injekteringskärm anges som underlag för bedömning av antalet etableringar (för borring).
- Mängdposter för kompletterande injekteringsomgångar (ominjektering) anges separat och med poster för fast kostnad för etablering, tid för injektering och material.
- Kontroller av injekteringsmedel (förundersökning och fortlöpande provning) ersätts separat.
- Löpande räkning (mängder och tid ersätts enligt själkostnadsprincip) används vid komplexa injekteringsarbeten.
- Behov av förändringar av à-priser och tidsplan hanteras enligt regler i AB04. Vid en förändring av injekteringen bör det även beaktas att andra arbeten och à-priser för dessa kan komma att påverkas.

7. DISKUSSION

Svårigheten att på bästa sätt formulera krav och ersättningsform kan kanske förklaras med att det är svårt att täcka in alla ”om och men” samt att projektspecifika förutsättningar innebär olika osäkerheter. Dessutom kan parterna ha olika mål med projektet, vilket innebär att strategiska överväganden och spekulation inte kan uteslutas. Entreprenören kan t ex styras av olika vinstintressen medan beställaren kan vara styrd av en projektbudget. Olika parter kan således komma att föredra olika ersättningsformer och kontraktsvillkor. Denna bedömning görs också av Kadefors & Bröchner (2008), som framhåller att det viktiga är att ersättningsformerna uppfattas som rimliga och rättvisa.

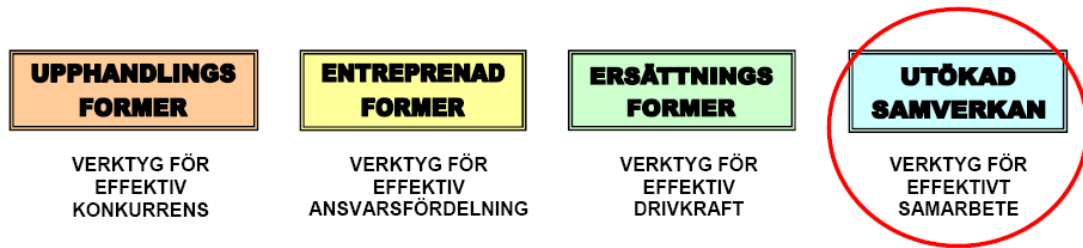
I den bästa av världar borde det dock vara som en byggherre uttryckte sig i Bergström et al (2003):

”Glöm aldrig att alla medverkande i grunden har samma mål, ett framgångsrikt projekt.” (byggherre)

Även mänskliga faktorer har sannolikt stor betydelse för hur ett projekt genomförs, speciellt om osäkerheter är stora och behov av flexibilitet måste finnas. Detta kan t ex bero på att samarbetsklimat och relationer är personberoende och påverkas av personers kunskap, attityder och inarbetade beteendemönster. Framgångsfaktorer avseende samarbetsformer som anges i Bergström et al (2003) är t ex att ha respekt för varandras roller, öppet ändra/förhandla om kontrakt vid avvikande förutsättningar samt att använda branschöverenskommelser.

För att möjliggöra ett arbetssätt som kräver flexibilitet, är enligt Kadefors & Bröchner (2008) även kompetens, kommunikation och långsiktiga beställarstrategier viktiga aspekter. Det ska noteras att arbetet av Kadefors och Bröchner (2008) fokuserade på observationsmetoden, men att denna metod är en av flera möjliga strategier för ökad flexibilitet i byggprocessen.

Samverkansformer mellan olika parter har även studerats i ett projekt genom organisationen FIA. Resultatet från detta projekt var förslag på ett antal olika nivåer för utökad samverkan, som bör specificeras i avtal mellan parterna. Dessa olika samverkansnivåer kan kombineras med olika upphandlingsformer, entreprenadformer och ersättningsformer (se figur 4).



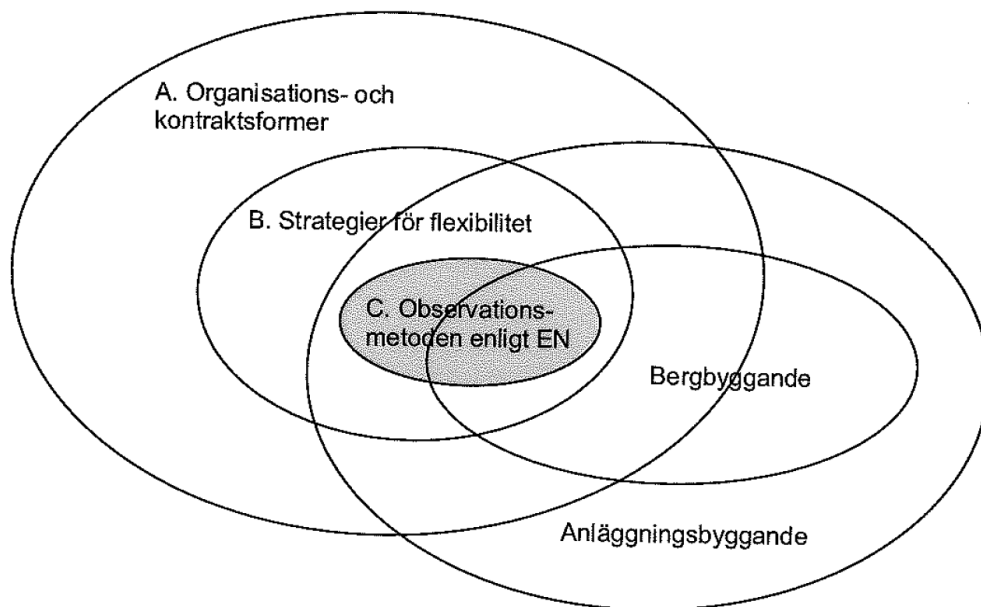
Figur 4: Samverkansformer - ett komplement till upphandlings-, entreprenad och ersättningsformer (från FIA (2006)).

Figure 4: Illustration of collaboration in construction contracts (from FIA (2006)).

8. FORTSATT ARBETE

Injekteringsarbete kan sannolikt med fördel utföras enligt observationsmetoden. Fortsatt arbete med syfte att förbättra förfrågningsunderlag och arbetssätt under utförandet kan därför lämpligen utföras inom ramen för pågående projekt om observationsmetoden.

Inriktningen på fortsatt arbete är dock inte självklar, vilket framgår i rapporten av Kadefors och Bröchner (2008). Observationsmetoden kan, enligt Kadefors & Bröchner (2008) ses som en av flera möjliga strategier för flexibilitet. Flexibilitetsaspekterna är i sin tur en delmängd av organisations- och kontraktsformer i allmänhet (se Figur 5).



Figur 5: Observationsmetoden i relation till utvecklings- och tillämpningsområden (från Kadefors & Bröchner (2008)).

Figure 5: Observational method and its relation to fields of development and implementation (from Kadefors & Bröchner (2008)).

Enligt Kadefors och Bröchner (2008) bör fortsatta studier inriktas på att skapa klarhet i förutsättningarna för observationsmetoden i pågående projekt med hänsyn till rådande förutsättningar, ersättningsformer och organisation. I första hand skulle det vara intressant att studera projekt där en ökad flexibilitet eftersträvas (område B i figur 5). Baserat på dessa studier kan analys utföras av vad som krävts ytterligare avseende t ex

regleringsmodell, kompetens och kommunikation. Speciellt skulle injekteringsarbetet kunna studeras i ett sådant projekt.

För att möjliggöra underlag för reglering av tidsplanen skulle à-tider kunna användas. À-tider tillämpas i andra länder, men baserat på de intervjuer som utförts inom ramen för föreliggande utredning är bedömningen att det finns en viss osäkerhet i branschen när det gäller hur à-tider skulle kunna tillämpas. Då former för reglering av tiden anses vara en viktig del i ett förfrågningsunderlag, bör förutsättningarna för tillämpning av à-tider i svenska undermarksprojekt därför utredas närmare. Erfarenheter från Norge, Österrike och Schweiz bör studeras och för att öka kunskapen om à-tider och deras tillämpning kan t ex ett seminarium anordnas.

9. REFERENSER

AMA Anläggning 07, Svensk Byggtjänst

Asting G (2004): Nytt dobbeltspor Jong-Asker – Godt forberedt kontrakt – en nøkkel till godt resultat, Fjellsprenningsteknikk/Bergmekanikk/Geoteknikk 2004

Banverket (2005): BV-Tunnel, BVS585.40, Banverket

Berge K O: Water control in norwegian tunnelling-13 Water control-Reasonable sharing of risk, publication No 12, Norwegian Tunneling Society

Bergström M, Malmtorp J, Nylén K-O, Rosengren L (2003): Framgångsfaktorer i bergbyggandet, etapp 1: Inledande studie, Sweco, PEAB, Geosigma, Banverket, SKB, Skanska, Lemcon, Bergab, Vägverket, Tyréns (Nätverket Bergbyggarna)

DIN 18309 – Deutsche norm - Construction contract procedures (VOB), Part C: General technical specifications in construction contracts (ATV) – ground treatment by grouting, 2002, SIS

Emmelin A, Eriksson M, Fransson Å (2004): Characterisation, design and execution of two grouting fans at 450 m level Äspö HRL, R-rapport R-04-58, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Emmelin A, Brantberger M, Eriksson M, Gustafson G, Stille H (2007): Rock grouting – Current competence and development for the final repository, R-rapport R-07-30, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Eriksson M, Stille, H (2005): Cementsinjektering i hårt berg, Rapport K22 SveBeFo

Eskesen S D, Tengborg P, Kampmann J, Veicherts T H (2004): Guidelines for tunnelling risk management: International Tunnelling Association, Working Group No. 2, Tunnelling and Underground Space Technology 19 (2004) 217-237

FIA, Förnyelse i anläggningsbranschen (2006): Utökad samverkan - en svensk modell för anläggningsbranschen, version 2006-04-11

Genberg H, Pellebergs B, Thåström O (2003): Beskrivningshandboken, Upprätta och läsa teknisk beskrivning i anslutning till AMA, Svensk Byggtjänst

ITA (1996): ITA Position Paper on Types of Contract, ITA Working Group on Contractual Practices in Underground Construction, Tunnelling and Underground Space Technology, vol 11, No 4, pp 411-429, 1996

ITA (1995): Contractual Sharing of Risks in Underground Construction: ITA Views, ITA Working Group on Contractual Sharing of Risks in Underground Construction, Tunnelling and Underground Space Technology, vol 10, No 4, pp 433-437, 1995

ITIG (2006): A code of practice for risk management of tunnel works, The International Tunnelling Insurance Group

Kadefors A, Bröchner J (2008): Observationsmetoden i bergbyggande - Kontrakt och samverkan, SveBeFo-rapport K28

Malmtorp J (2007): Framgångsfaktorer i bergbyggandet, Etapp 2: Förbättrad kostnadsstyrning – en riskanalytisk processtillämpning, JLM Tunnelkonsult

MER Anläggning 07, Mät- och ersättningsregler anläggningsarbeten med mall för mängdförteckning

Olsson N O.E (2006): Management of flexibility in projects, International Journal of Project Management 24 (2006) 66-74

Rawlings C G, Hellawell E E, Kilkenny W M (2000): Grouting for ground engineering, CIRIA C514, ISBN 0 86017 514 6

SS-EN 12715 – Svensk standard - Utförande av geokonstruktioner – injektering, utgåva 1, 2000-09-22, SIS

Statens vegvesen (2001): Injeksjon-Erfaringer fra utvalgte tunnelprosjekter, Internrapport 2233 (Rapport nr 2 i projekt ”Miljø- og samfunnstjenlige tunneler”), Statens vegvesen, Norge

Statens vegvesen (2007): Prosesskode 1 – Standard beskrivelsetekster for vegkontrakter – Hovedprosess 1-7, Retningslinjer, Håndbok 025, Statens vegvesen, Norge

Tengborg P (1998): Risker vid stora undermarksprojekt – Planering, produktion och förvaltning, SveBeFo-rapport 38

Vägverket (2004): Tunnel 2004 (ATB Tunnel 2004), publikation 2004:124, Vägverket

Tabell A1: Sammanställning - Analys av osäkerheter i injekteringsarbetet (FU = förfrågningsunderlag, TB= teknisk beskrivning, E=entreprenör)

Typ av händelse/moment i injekteringen	Möjliga åtgärder
Beskrivning av händelse	
Typ av händelse/moment i injekteringen	
Beslut	
Kriterier för val av injekteringsklass ändras, injekteringsklasser måste ändras eller nya injekteringsklasser måste införas	<p>Ändringar av injekteringsklasser kan behöva göras av olika anledningar, t ex att tillräcklig täthet inte uppnås eller att injekteringstiden är för lång. Förändringar avseende injekteringsklasser kan påverka tiden för injekteringsarbetet samt den planerade tunneldrivningscykeln.</p> <p>Reglering av utfört arbete görs uppdelat för olika injekteringsklasser med å-priser för olika delmoment i injekteringsarbetet. Vid komplexa injekteringsarbeten kan reglering ske med löpande räkning.</p> <p>Reglering av tidsplan görs med å-tid för varje injekteringsklass (borrning, injektering, ev väntetid, kontrollhål).</p>
Fler injekteringshål borras (ändring av utförande eller en ny injekteringsklass)	<p>En injekteringsklass med fler injekteringshål redovisas i FU.</p> <p>Reglering av utfört arbete görs uppdelat för olika injekteringsklasser med å-priser för injekteringshål.</p> <p>Reglering av tidsplan görs med nya å-tider för varje injekteringsklass.</p>
Fler injekteringsomgångar borras	<p>Omfattning av ominjektering (antal hål, borrmeter, bruk etc) för kalkyl anges i TB.</p> <p>Injekteringstid för ominjektering i respektive klass anges i FU som underlag för kalkyl.</p> <p>Injekteringstid anges som pumptid/injekteringshål. Även antal ominjekteringar som E ska kalkylera med anges i TB.</p> <p>Reglering av utfört arbete görs speciellt för ominjektering med å-priser för olika delmoment i injekteringsarbetet.</p> <p>Reglering av tidsplan görs med å-tid för ominjektering i varje injekteringsklass.</p>
Injekteringsbruk ändras	<p>Krav på hållfasthet hos injekteringsbruk före borrning/sprängning anges i TB. Vidare anges en väntetid som entreprenören ska kalkylera med i anbudet.</p> <p>Poster för olika typer av cement eller bruksblandningar anges i MF. Vid behov bör en post för speciella tillsatser t ex acceleratörer finnas med.</p> <p>Reglera utfört arbete med ett å-pris för väntetid i timmar eller reglera stilletståndsersättning för arbete som ej kan utföras.</p>
Injekteringsstryck ändras	<p>Ändringar av injekteringsstrycket kan behövas av olika anledningar. Högre tryck kan behövas för att förbättra inträngningen i fina sprickor och ett lägre tryck kan bli aktuellt vid indikation på "jacking" eller för stor spridning. Högre tryck kan ge längre injekteringstid.</p> <p>Krav på arbetsstryck och maximalt tryck ges i TB.</p> <p>Reglering görs av injekteringstid (pumptid).</p>

Typ av händelse/moment i injekteringen	Möjliga åtgärder
<p>Stoppkriterier ändras</p> <p>Ändringar av stoppkriterier kan behövas av olika anledningar. Högre tryck kan behövas för att förbättra inträngningen i fina sprickor och ett lägre tryck kan bli aktuellt vid indikation på ”jacking” eller för stor spridning. Högre tryck kan ge längre injekteringstid. Volymbegränsningar kan behöva införas vid för stor spridning och större volymer kan behövas för att en tillräcklig spridning och utfyllnad av injekteringsmedel ska ske.</p>	<p>Stoppkriterier (t ex volym, tid eller flöde vid givet tryck) ges i TB.</p> <p>Reglering görs av injekteringstid (pumptid).</p>
<p>Fler kontrollhål borras</p> <p>Fler kontrollhål kan behövas om tillräcklig täthet inte erhålls. Detta innebär en mer omfattande borrning och vattenförlustmätning.</p>	<p>Antal kontrollhål för kalkyl anges i TB.</p> <p>Reglering av utfört arbete görs för ominjektering med å-priser för kontrollhål. Överenskommelse om ändrade å-tider görs i samband med ändring av väntetid.</p>
<p>Fler injekteringsomgångar borras</p> <p>Fler injekteringsomgångar måste borras om inte tillräcklig täthet uppnås i den första omgången. Detta innebär kompletterande borrning och injektering och påverkar tunneldrivningscykeln.</p>	<p>Omfattning av ominjektering (antal hål, borrmeter, bruk etc) för kalkyl anges i TB. Injekteringstid för ominjektering i respektive klass anges i FU som underlag för kalkyl. Injekteringstid anges som pumptid/injekteringshål. Även antal ominjekteringar som E ska kalkylera med anges i TB.</p>
<p>Utrustningen måste bytas eller kompletteras</p> <p>Byte eller komplettering av utrustning kan behövas bl a på grund av för låg kapacitet eller ändring av injekteringsmedel. Detta kan ge upphov till tidsfördröjning då leveranstider för utrustning kan vara lång.</p>	<p>Reglering av utfört arbete görs för ominjektering med å-priser för olika delmoment i injekteringsarbetet.</p> <p>Reglering av tidsplan görs med å-tid för ominjektering i varje injekteringsklass. .</p> <p>Krav på utrustning anges i TB.</p>
<p>Avvikelser/öförutsett</p> <p>Fördelningen av injekteringsklass avviker från prognos</p> <p>Avvikelser mellan prognos och verkligt utfall avseende bergmassans egenskaper kan ge en annan fördelning av injekteringsklasser än förväntat. Även om injekteringsmetodiken är ändamålsenlig inom respektive injekteringsklass kan denna avvikelser påverka tiden för injekteringsarbetet samt den planerade tunneldrivningscykeln.</p>	<p>Antal injekteringsklasser för olika injekteringsklasser samt injekteringstid i respektive klass anges i FU som underlag för kalkyl. Injekteringstid anges som pumptid/injekteringshål.</p> <p>Reglering av utfört arbete görs uppdelat för olika injekteringsklasser med å-priser för olika delmoment i injekteringsarbetet. Vid komplexa injekteringsarbeten kan reglering ske med löpande räkning.</p> <p>Reglering av tidsplan görs med å-tid för varje injekteringsklass (som inkluderar borrning, injektering, ev väntetid, kontrollhål).</p>

Typ av händelse/moment i injekteringen	Beskrivning av händelse	Möjliga åtgärder
Beslut om förändringar tas sent och/eller tas baserat på ej relevant underlag.	Ej ändamålsenliga förändringar kan komma göras t ex beroende på att kriterier för olika val/beslut är oklara, på bristande förståelse för parters roller, brister i rutiner och/eller bemanning. Detta kan innebära att injekteringsmetodiken ändras utan spårbarhet och att de utförda ändringarna ej blir ändamålsenliga.	Tider och formalia för avstämmingar av injekteringsresultat och eventuella beslut om förändringar av injekteringsutförandet beskrivs i förfrågningsunderlaget.
Störningar i injekteringsarbetet	Störningar kan uppstå pga omgivningsrestriktioner, t ex vid injektering i tätort. Krav på att injekteringsborrning endast får utföras under vissa tider kan t ex finnas. Om injekteringsborrningen inte hinner färdigställas förskjuts således injekteringen. Dessa störningar kan i sin tur ge störningar på tunneldrivningscykeln.	Krav på att riskanalys avseende injekteringsarbetet ska redovisas av entreprenören i anbud. Hur riskfördelningen ska hanteras regleras i kontrakt. Detta kan eventuellt innebära reservationer i anbud. Reglera stillståndsansättning för arbete som ej kan utföras om störning beror på beställaren.



Box 5501
SE-114 85 Stockholm

Tlf: 08- 762 62 20 • info@svebefo.se
Besöksadress: Storgatan 19

tblk.

ISSN 0281-4714