

Projektnamn

Västlänken och Olskroken planskildhet

Dokumenttyp

PM

Ärendenummer**Skapad av**

Kai Palmqvist

Filnamn

PM_GK3_161114

Godkänt av**Godkänt datum**

2016-11-14

Version

1.0

Prefix**Dokumenttitel****PM GK3-granskning Tätning E04 Haga**

Innehåll

1 Utförd granskning.....	3
1.1 Granskade handlingar i FU	3
1.2 Granskade handlingar ej i FU	4
2 Granskningskommentarer	4
2.1 Kommentarer till dokumentet Typinjektering.....	4
2.2 Kommentarer till Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 1 Residenset och Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 6 Station Haga.	14
2.2.1 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 1 Residenset	14
2.2.2 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 6	14
2.3 Kommentarer till Bergteknisk prognos	16
2.3.1 Bakgrund	16
2.3.2 Granskning av injekteringsklasser	20
2.4 Kommentarer till Teknisk Beskrivning.....	25
2.4.1 BBC.14 Hydrogeologisk undersökning (redovisad i tidigare version, borttagen i aktuell version)..	25
2.4.2 CBC Bergschakt.....	26
2.4.3 CBC.611 Bergschakt för väg- och järnvägstunnel	27
2.4.4 CDD.1 Injektering	28
2.4.5 CDD.131 Kontaktinjektering med cementbaserat injekteringsmedel.....	33
2.4.6 CDD.14 Ridåinjektering.....	33
2.4.7 CDD.141 Ridåinjektering med cementbaserat injekteringsmedel.....	34
2.5 Kommentarer till ritningar, Bergteknik.....	35
2.5.1 Bakgrund	35
2.5.2 Granskade injekteringsritningar	35
2.5.3 Granskning Ritningar, injektering	36
Ändringslogg	42
Bilaga: GK3 Granskningsprotokoll.....	43

1 Utförd granskning

GK3-granskning Tätning har utförts på handlingar som ingår i Förfrågningsunderlag för E04 Haga daterat 2016-09-29. Granskning har även utförts av några handlingar som ej ingår i förfrågningsunderlaget men som ger underlag för GK3-granskningen.

1.1 Granskade handlingar i FU

Handling	Filnamn	Rev	Datering
Teknisk beskrivning Bergtunnel	E04-00-010-0000-0009		2016-09-29
Teknisk beskrivning Mark och anläggning	E04-00-010-0000-0002		2016-09-29
Ritningsförteckning och ritningar Bergteknik	E04-17-020-0000-0001		
Typinjektering Injekteringsklass 1	E00-17-300-0000-011		2016-09-14
Typinjektering, Injekteringsklass 2	E00-17-300-0000-012		2016-09-14
Typinjektering, Injekteringsklass 3	E00-17-300-0000-013		2016-09-14
Residenset, Injektering	E04-17-300-0400-501		2016-09-29
Otterhällan/Kungsgaraget, Injektering	E04-17-300-0400-510		2016-09-29
Passage av Stadsarkivet/Servicetunnel Otterhällan, Injektering	E04-17-300-0400-530		2016-09-29
Passage av Götatunneln, Injektering	E04-17-300-0400-550		2016-09-29
Skattehuset, Injektering	E04-17-300-0400-560		2016-09-29
Servicetunnel Kungshöjd, Påslag, Injektering	E04-17-300-0400-570		2016-09-29
Station Haga, Påslag Hagakyrkan, Injektering	E04-17-300-0500-630		2016-09-29
Station Haga, Fläktrum, Injektering	E04-17-300-0500-650		2016-09-29
Station Haga, Stationsrum, Injektering	E04-17-300-0500-660		2016-09-29
Station Haga, Mellanplan, Injektering	E04-17-300-0500-670		2016-09-29
Station Haga, Uppgång Handelshögskolan, Injektering	E04-17-300-0500-680		2016-09-29
Tryckutjämningschakt S7, Injektering	E04-17-300-0500-710		2016-09-29
Ventilationsschakt V2, Injektering	E04-17-300-0600-590		2016-09-29
Servicetunnel Haga, Förskärning, Injektering	E04-17-300-0600-610		2016-09-29
Servicetunnel Haga, Bergtunnelpåslag, Injektering	E04-17-300-0600-611		2016-09-29

Bergteknisk prognos	E04-17-025-0000-0400		2016-09-29
Bergteknisk prognos Bilaga 1 Figurer	E04-17-013-0000-0401		2016-09-29

1.2 Granskade handlingar ej i FU

Handling	Filnamn	Rev	Datering
Typinjektering	E00-17-025-0010-014		2016-09-14
Teknisk PM Bergteknik Bilaga 1 Residenset	E04-17-025-0500-013		2016-09-29
Teknisk PM Bergteknik Bilaga 6 Station Haga	E04-17-013-0500-1004		2016-09-29

2 Granskningskommentarer

Granskningskommentarer lämnas till:

- Typinjektering
- Teknisk PM Bergteknik
- Bergteknisk prognos
- Teknisk beskrivning Bergtunnel
- Ritningar Bergteknik

I Bilaga: GK3 Granskningsprotokoll lämnas kommentarer och klassificering.

2.1 Kommentarer till dokumentet Typinjektering

För att underlätta läsning redovisas utdrag ur dokumentet Typinjektering med kommentarer.

I utdragen har vid granskningen genom understrykningar markerats text som ska beaktas vid granskning av handlingar i FU. Textkommentarer lämnas till varje utdrag.

1 Inledning

För Västlänkens bergtunnlar kommer tätning av bergmassan att krävas för att uppnå de krav som ställs i kommande miljödom. Detta PM presenterar därför en "General Design", ett koncept, för förinjekteringsarbeten. Typinjekteringslösningarna ska ligga till grund för injekteringsprojektering inom de delar där injekteringsarbeten utförs som utförandeentreprenader inom Västlänken.

1.1 Syfte och mål

Föreliggande PM syftar till att beskriva förutsättningar, metodik samt design av de tätningåtgärder som anpassas för olika områden. Målet är att vid tätningarbeten uppfylla de aktuella krav som ställs på omgivningspåverkan.

I rapporten redogörs för förutsättningar, analyser och motiv för utformning av typinjekteringen i enlighet med de krav som anges i TRVK Tunnel 11 (TRV publikation nr

2011:087). Dessutom presenteras hur förväntade resultat av injekteringen förhåller sig till omgivningskrav i miljödomsönsökan.

Typinjekteringslösningarna ska utgöra grund för injekteringsprojektering inom samtliga delar, även de som kräver specifik anpassning. Detta för att entreprenör och byggledning ska ha ett koncept som är inarbetat och att det ska vara begränsat antal varianter. För områden där typinjektering ej kan tillämpas ska specifika injekteringar utföras. I dessa områden ska särskild utredning och design utföras vid projekteringen och redovisas för respektive område.

I konceptet ingår riktlinjer för utförande, materialegenskaper och kontroller. Konceptet är styrande för ritningar, beskrivningar, mängdförteckningar och kontrollprogram. I PM:et redogörs för förutsättningar och analyser som ligger till grund för riktlinjerna.

Kommentar:

Dokumentet syftar till att beskriva förutsättningar, metodik samt design av de tätningsåtgärder som anpassas för olika områden. Målet är att uppfylla ställda täthetskrav.

Typinjekteringslösningarna ska utgöra grund för injekteringsprojektering inom samtliga delar, även de som kräver specifik anpassning.

För områden där typinjektering ej kan tillämpas ska specifika injekteringar utföras. I dessa områden ska särskild utredning och design utföras vid projekteringen och redovisas för respektive område.

Konceptet är styrande för ritningar, beskrivningar, mängdförteckningar och kontrollprogram.

2 Förutsättningar och avgränsningar

2.1 Förutsättningar

Styrande dokument för dimensioneringen är TRVK Tunnel 11 (TRV publ nr 2011:087). I TRVK Tunnel 11 ställs krav på att följande delar ska ingå i utredning av injektering:

- Krav och restriktioner med hänsyn till eventuell miljödom, omgivningspåverkan och anläggningens funktion och beständighet.
- Det slutliga krav på täthet som entreprenadarbetet ska uppfylla.
- Källa och motiv till antagna parametervärden.
- Beräkningar och utredningar som utförts för att utforma injekteringen.
- Redovisning av resulterande utformning av injekteringen med angivande av minst geometrier, tryck och stoppkriterier.

- *Egenskapsredovisning för valda injekteringsmedel.*
- *De krav som ska styra entreprenadarbetet före och under injektering.*
- *De observationer och kontroller som ska ligga till grund för att verifiera successivt uppnådd och slutlig täthet.*
- *Åtgärder då avsedd täthet inte uppnås och risk för betydande skada fortfarande kvarstår.*

Kommentar:

Av största vikt är att redovisa de observationer och kontroller som ska ligga till grund för att verifiera successivt uppnådd och slutlig täthet. Det är likaså av stor vikt att beskriva vilka åtgärder som ska vidtas då avsedd täthet inte uppnås och risk för betydande skada kvarstår.

Aktiv design i enlighet med Observationsmetodens principer ska tillämpas. Detta innebär att bygghandlingarna ska beskriva vilka åtgärder som ska vidtagas när tätningskraven inte uppfylls.

2.2 Avgränsningar

De typinjekteringslösningar som redovisas i detta dokument avser tunnelsträckor där förinjektering kan utföras utan att specifik anpassning krävs för omkringliggande anläggningar, låg bergtäckning eller avvikande geometrier. Detta innebär att typinjektering inte gäller för:

- *Områden med mindre än 10 m bergtäckning.*
- *Tunnelpåslag och de första 20 m av tunneln från påslag.*
- *Passage inom skyddszon för befintliga berganläggningar.*
- *Stationsutrymmen eller andra påtagligt avvikande geometrier.*
- *Drivning av tunnlar eller andra bergutrymmen med bergpelare understigande 10 m. Dock projekteras typlösning för att inkludera sträckor med spårtunnel och långsgående servicetunnel.*
- *Vertikal- och trappschakt.*
- *Öppet bergschakt*

Rapporten redovisar ej någon fördelning av injekteringsklasser för olika områden. Däremot redovisas beslutsunderlag för fördelning av injekteringsklasser som möjliggör en rimlig fördelning av klasser med hänsyn till täthetskrav och bergförhållanden.

Kommentar:

Specifik anpassning där sådan krävs, ska redovisas på Ritning och i Teknisk beskrivning.

5 Tillåtet inläckage

5.1 Inläckagekrav

Miljödomsansökan som lämnas in under våren 2016 utgör underlag för fördelning av tillåtet inläckage för olika tunneldelar. De tillåtna inläckage volymerna baseras på tillåten påverkan på grundvattennivåer inom påverkansområde för tunnlarna. Föreliggande rapport baseras på preliminärt underlag från Miljöprövningsuppdraget att storleksordningen på tillåtet inläckage i ansökan vara 2-8 l/min, 100 m tunnel. Detta ska fördelas på samtliga ingående tunnlar och anläggningsdelar inom aktuellt område. Utgångspunkten för analyserna och framtagna lösningarna i föreliggande PM har varit att dessa inläckagevärden ska uppnås utan ytterligare säkerhetsmarginal. Dock har ej omfattningen eller exakt fördelning av inläckage varit känt vid denna rapport framtagande och en kontroll av förutsättningar och antagandena ska utföras efter färdig miljödomsansökan och efter fastställd miljödom.

Kommentar:

Trafikverket har angivit tätningskrav för olika sektionssträckor (start/slut). Sträckorna är ungefärliga och kan behöva anpassas med hänsyn till den ingenjörsgelogiska prognosen med avseende på bl.a. lägen och riktningar på prognostiserade svaghetszoner. För stationer där bergutrymmen ansluter till öppna schakter anges att kraven bör kombineras med största tillåtna avsänkning av grundvattennivå inom ett definierat område för schakt.

Tätningskrav	Innebörd av täthetskrav
TK1 – lägst krav	5-8 l/min, 100 m tunnel
TK2 – medelkrav	2-5 l/min, 100 m tunnel
TK3 – högst krav	2 l/min, 100 m tunnel

På sektionssträckorna avser täthetskravet den sammanlagt tillåtna inläckningen från förekommande tunnlar, bergrum, nischer, schakt etc.

Kraven måste uppfyllas även under byggtiden. Kraven innebär att höga till mycket höga krav ställs på tätningsresultatet.

För att täthetskraven ska kunna uppfyllas är det nödvändigt att injekteringsbruket får tillräcklig spridning i både sprickor med stor spricköppning och i sprickor med liten spricköppning.

8.3.10 Analys av svårighetsgrad

En vägledning för bedömning av svårighetsgrad kan göras utifrån krav på erforderlig tätningseffekt och krav på hydraulisk konduktivitet i den injekterade zonen (Stille 2015), se Tabell 12.

Tabell 12. Matris för bedömning av svårighetsgrad för förinjektering (Stille 2015).

Erforderlig hydraulisk konduktivitet [m/s]	Erforderlig tätningseffekt		
	< 90 %	90-99 %	> 99 %
$> 10^{-7}$	Okomplicerad injektering	Medelsvår injektering	Svår injektering
$10^{-7}-10^{-8}$	Medelsvår injektering	Svår injektering	Mycket svår injektering
$< 10^{-8}$	Svår injektering	Mycket svår injektering	Mycket svår injektering

För projekt Västlänkens bergtunnlar medför utvärderad erforderlig tätningseffekt mellan 0-95 %, och att den hydrauliska konduktiviteten bör minskas ned till under $1 \cdot 10^{-8}$ m/s, att svårighetsgraden för injektering bedöms vara framförallt ”svår injektering” och i undantagsfall ”mycket svår injektering”. Detta innebär generellt att det bör ställas strikta krav både på uppföljning av framtagen injekteringsstrategi och injekteringsresultat under produktionen så att förinjekteringen blir väl anpassad till att uppfylla ställda krav.

Kommentar:

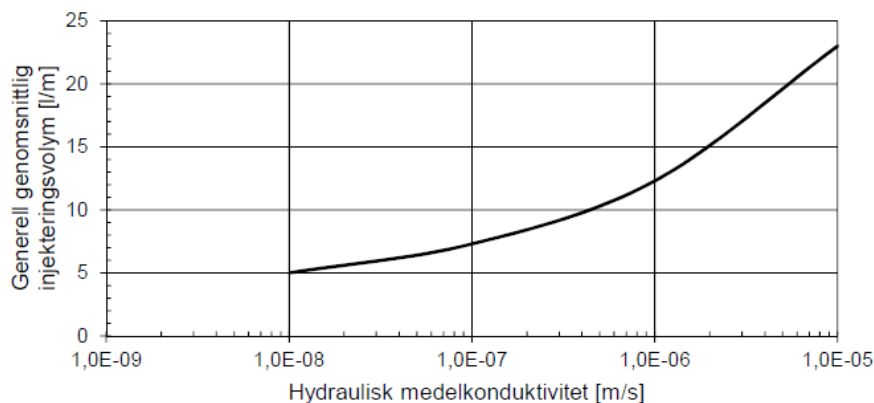
Med hänsyn till att tätningssarbeten måste hantera stora tvärsnitt och komplicerade geometrier i Station Haga, föreligger en mycket svår injektering.

8.4 Injekteringsvolym

Injekteringsvolymen i respektive borrhål styrs, förutom av injekteringsmedel och injekteringsutförande, av andelen öppna sprickor som borrhålen träffar. Detta innebär att det är en stor variation i injekteringsvolym mellan borrhål även inom samma skärm. För att ha en gräns för designens giltighet och minimera risk för omgivningspåverkan ska det finnas ett stoppkriterium baserat på maximal tillåten volym per injekteringshål.

I Figur 21 redovisas genomsnittlig injekteringsvolym som funktion av hydraulisk medelkonduktivitet från Stille (2015). Detta visar att man vid mycket genomsläppliga förhållanden kan förvänta sig genomsnittliga volymer i storleksordningen 15-20 l/m i ett borrhål. Baserat på

detta bedöms det rimligt med ett stoppkriterie i denna storleksordning och vid större åtgång bedöms berget som mycket genomsläppligt och faller på så sätt utanför bedömd designs giltighet. Med en åtgång på 16 l/m och injekteringshåls längd på 25 m blir maximal injekteringsvolym 400 liter per hål. Detta innebär ett injekteringsflöde på i genomsnitt ca 27 l/min vid en injekteringstid på 15 min.



Figur 21. Genomsnittlig injekteringsvolym för olika hydraulisk konduktivitet (Stille 2015).

Kommentar:

I avsnitt 4.2 Hydrogeologi anges att bergmassan mellan identifierade sprickzoner beskrivs i allmänhet som sprick- och vattenfattig. Vid bergtunnelpåslag och i det ytliga berget beskrivs en ökad risk för sprickor som har hög vattenföring. Det är inte rimligt att i Västlänken generellt tillämpa ett stoppkriterium på 16 l/m i ett borrhål. Dessutom ingår inte hålfyllnad innan injektering i siffran. I Stilles tabell ingår hålfyllnad 3 l/m.

Vid hydraulisk konduktivitet (m/s) 1,0E-06 m/s i Stilles tabell anges volymen till 12,3 l/m. Om man drar bort hålfyllning 3 l/m skulle stoppkriteriet för injekteringsvolym bli drygt 9 l/m. Det motsvarar i ett injekteringshål med längd 25 m en volym av drygt 200 l. Ett sådant volymkriterium är mer rimligt i aktuell berggrund.

9 Injekteringsutförande

Baserat på ovanstående analyser så ska injekteringsutförande i skärmar och borrhål baseras på injektering med en bestämd tid och ett bestämt tryck. Grundprincipen är att snabbt uppnå injekteringstrycket och därefter hålla detta konstant under hela injekteringstiden. Om man inte lyckas bygga upp ett mottryck så är det en indikation på att berget är mer genomsläppligt och att ytterligare injektering sannolikt kan krävas. Anpassning av injekteringstider utförs för bergtäckning på 15 m eller mindre samt vid andra injekteringsmedel än "Normal tätning" enligt Tabell 10.

Kommentar:

De injekteringstryck och injekteringsutförande som föreskrivs i konceptet innebär en uppenbar risk för jacking av sprickor med ökade injekteringsvolym och sämre tätning-resultat som följd.

10 Injekteringsklasser

Baserat på lokala förhållanden och föreslagna inläckagevillkor utförs en fördelning av injekteringsklasser längs tunnelsträckningen i bygghandlingsprojekteringen. Fördelningen utgör grunden för de handlingar som tas fram och mängder som beräknas i bygghandlingen. Redovisning av injekteringsklasser sker i Bergteknisk prognos där det även redovisas längs vilka sträckor som specifik injektering ska utföras. Redovisning av utförande av specifik injektering görs i Teknisk Beskrivning och på ritningar.

Kommentar:

Som framgår utförs i bygghandlingsskedet en fördelning av injekteringsklasser längs tunnelsträckningen.

Fördelningen utgör grunden för de handlingar som tas fram och mängder som beräknas i bygghandlingen.

Redovisning av injekteringsklasser och specifik injektering sker i Bergteknisk prognos.

Redovisning av utförande av specifik injektering görs i Teknisk beskrivning och på ritningar.

Under 10.5 Specifik injektering anges:

Vid design av specifik injektering ska hänsyn tas till de lokalt rådande förhållandena. Justering ska även utföras med beaktande av risk för oönskad spridning av injekteringsmedel samt krav på borrhålslayout med hänsyn till anläggningsgeometri. Detta innebär att justering främst kommer att utföras av stick, hålspetsavstånd, injekteringstryck samt maxvolym men även andra injekteringsparametrar kan kräva justering.

I Tabell 13 redovisas ett preliminärt beslutsunderlag för fördelning av injekteringsklasser, baserat på inläckagekrav och bergets oinjekterade genomsläpplighet. Fördelningen ska dock anpassas lokalt med beaktande av exempelvis geografisk fördelning och anläggningsutformning. Under byggnation ska designantaganden bl.a. avseende fördelning av injekteringsklasser följas upp och genom kontinuerliga avstämningar ska möjlighet finnas till justeringar vid behov enligt kapitel 11.

Tabell 13. Beslutsunderlag för indelning i injekteringsklasser.

Hydraulisk medelkonduktivitet i oinjekterad bergmassa	Inläckagekrav		
	5-8 l/min, 100 m	3-5 l/min, 100 m	2-3 l/min, 100 m
$> 1 \times 10^{-7}$	Inj.klass 1	Inj.klass 2	Inj.klass 3
$\leq 1 \times 10^{-7}$	Inj.klass 1	Inj.klass 1	Inj.klass 3

Kommentar:

Som framgår av kommentar till avsnitt 5.1 Inläckagekrav är fastställda läckagekrav:

TK1 5-8 l/min, 100 m tunnel

TK2 2-5 l/min, 100 m tunnel

TK3 2 l/min, 100 m tunnel

Detta innebär att beslutsunderlaget för indelning i injekteringsklasser har att beakta att Inj.klass 3 också krävs vid inläckagekrav 2-5 l/min, 100 m. I Handling 7.5.1. Bergteknisk prognos anges under 5 Injektering att: ”Endast injekteringsklass I och III ingår i prognosen då injekteringsklass II inte kunnat verifieras i undersökningarna. Samtliga bergtunnlar/bergrum ska drivas med systematisk förinjektering.”

10.1 Injekteringsklass 1

Avser områden med medelstrikt till mindre strikta krav på inläckage samt områden utan större vattenförande zoner. Injektering utförs med en omgång med cementbaserat injekteringsmedel och behovsstyrd komplettering. Erforderlig täthet efter injektering bedöms vara mellan $8 \cdot 10^{-9}$ till $2 \cdot 10^{-8}$ m/s.

10.1.1 Borrhålslayout

Injekteringsborrhål ska borrar maximalt 25 m långa med ett stick på 6 m utanför teoretisk tunnelkontur. I handlingar anges enbart en maximal hållängd som entreprenör kan anpassa till sina valda salvlängder. Spetshålavstånd ska vara 2,5 m. Överlapp mellan skärmar ska vara minst 6 m.

10.1.5 Kontroll och uppföljning

Uppföljning av inläckage ska inom Injekteringsklass 1 främst utföras i temporära mätdammar. Vid misstanke om bristande täthet ska beställaren kunna avropa kontrollhål.

Krav på kontroller anges till entreprenör i Kontrollprogram och dess utförande beskrivs i Teknisk Beskrivning i bygghandlingarna.

Kommentar:

Vad gäller kontroll och uppföljning av tätningsresultat är det projektören enligt 2.1 ovan som ska beskriva de observationer och kontroller som ska ligga till grund för att verifiera successivt uppnådd och slutlig täthet (TRVK Tunnel 11). För att entreprenören ska kunna utföra kontroll av täthet måste projektören i bygghandlingarna ange antal kontrollhål, dessas lägen samt vattenförlustkriterium för godkänd täthet. Vid ej godkänd täthet ska bygghandlingen ange vilka åtgärder som ska vidtagas.

Var redovisas Kontrollprogram?

10.2 Injekteringsklass 2

Avser områden med genomsläppligt berg och vattenförande zoner där det finns risk för kvarstående stora inläckage. Injektering utförs i två omgångar med cementbaserat injekteringsmedel. Erforderlig täthet efter injektering bedöms vara mellan $8 \cdot 10^{-9}$ till $2 \cdot 10^{-8}$ m/s.

10.2.1 Borrhålslayout

Första omgången borrar med samma layout som för Injekteringsklass 1, dvs. maximalt 25 m långa injekteringsborrhål med ett stick på 6 m utanför teoretisk tunnelkontur. Andra omgången utförs med 4 m stick men med samma borrhålslängd. Spetshålavstånd ska vara 2,5 m. Överlapp mellan skärmar ska vara minst 6 m.

Kommentar:

Se kommentar till Injekteringsklass 1.

10.3 Injekteringsklass 3

Avser områden med strikta inläckage krav och där en hög slutgiltig täthet krävs. Generellt innebär detta en hög täthetsgrad och för att uppnå detta ska injektering utföras i två omgångar. Erforderlig täthet efter injektering bedöms vara mellan $3 \cdot 10^{-9}$ till $1 \cdot 10^{-8}$ m/s.

10.3.1 Borrhålslayout

Första omgången borrar med maximalt 25 m långa injekteringsborrhål med ett stick på 6 m utanför teoretisk tunnelkontur. Andra omgången utförs med 4 m stick med samma borrhålslängd. Spetshålavstånd ska vara 2,5 m. Överlapp mellan skärmar ska vara minst 6 m.

10.3.5 Kontroll och uppföljning

Förutom temporära mätdammar ska även kontrollhål utföras inom Injekteringsklass 3, då det är viktigt att säkerställa att en tillräcklig tätning uppnåts.

Krav på kontroller anges till entreprenör i Kontrollprogram och dess utförande beskrivs i Teknisk Beskrivning i bygghandlingarna.

Kommentar:

Projektören ska redovisa hur många kontrollhål som ska utföras. Kontrollhålens läge ska framgå av ritning Typinjektering Injekteringsklass 3.

Vidare ska V_T -kriteriet för godkänd täthet redovisas.

10.5 Specifik injektering

Vid design av specifik injektering ska hänsyn tas till de lokalt rådande förhållandena. Justering ska även utföras med beaktande av risk för oönskad spridning av injekteringsmedel samt krav på borrhålslayout med hänsyn till anläggningsgeometri. Detta innebär att justering främst kommer att utföras av stick, hålspetsavstånd, injekteringstryck samt maxvolym men även andra injekteringsparametrar kan kräva justering.

11.3 Kontroll och mätning av inläckage och omgivningspåverkan

För att bedöma hur väl injekteringskonceptet fungerar är det viktigt att tidigt komma i gång och mäta inläckage till tunnlarna. Inledningsvis bör detta kompletteras med mer frekventa mätningar av uppnådd täthet i bergmassan genom utförande av kontrollhål. Kontroller av omgivningspåverkan i form av grundvattennivåmätningar ska påbörjas i god tid innan bergarbetena påbörjas och fortsätta under och efter bergarbetena passerar.

11.4 Tullgräns

Vid passage av områden som är särskilt känsligt för en grundvattensänkning alternativt passage där injektering utgör ett kritiskt arbetsmoment ska behov av s.k. tullgräns analyseras. Tullgräns innebär en fysik längdmätning i tunnlarna vars gräns entreprenören ej får passera innan särskilt godkännande/beslut erhållits från beställaren. Inför tullgränsmöte ska entreprenören sammanställa data och erfarenheter samt vid behov upprätta en arbetsberedning som ska vara levererad i god tid innan mötet. Underlag för beslut av metodik vid passage av tullgräns bör utgöras av protokoll från hittills utförd injektering, sammanställning av ingenjörsgelogisk kartering, avstämning mellan prognos avseende inläckage och verkligt utfall, utveckling av grundvattennivåer i området samt avstämning av geologiska och hydrogeologiska prognoser.

Läge för tullgränser beslutas i samband med implementering av typinjektering och design av specifik injektering i bygghandlingarna.

2.2 Kommentarer till Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 1 Residenset och Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 6 Station Haga.

2.2.1 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 1 Residenset

Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Kravet innebär att IK3 ska tillämpas. I en skärm ska sålunda minst två injekteringsomgångar utföras. Kontrollhål ska utföras efter omgång 2.

Under 8.3.4 anges att maximalt injekteringsstryck ska begränsas med beaktande av risk för jacking av bergmassan och därmed risk för okontrollerad spridning av injekteringsmedel.

Vidare anges att maximalt injekteringsövertryck ska vara 1 MPa mellan km 458+320 – 458+335 samt 458+345 – 458+380 och 0,5 MPa mellan km 458+335 – 458+345. Det framhålles att det vid ofördelaktig sprickorientering kan kvarstå en risk för jacking och under injektering ska man vara extra vaksam på plötsliga trycksänkningar och/eller flödesökningar.

Det anges att för att begränsa risken för okontrollerad spridning samt minimera konsekvenser av eventuell spridning av injekteringsmedel ska maximal injekteringsvolym i tak reduceras vid passage av område med begränsad bergtäckning. För hela passagen gäller max volym 200 liter exklusive hål- och slangfyllnad (för 18 m långa hål i tak och vägg).

Under 8.3.5 Kontroller anges att närliggande fastigheters dräneringssystem bör kontrolleras före och efter injekteringsarbetena. Vilka fastigheter och dess möjlighet till åtkomst avgörs i samråd med Trafikverket. Vidare anges att i övrigt inget behov av kontroll av täthet föreligger. Kontroller avseende grundvattensänkning hänvisas till kontrollprogram yttre miljö.

Kommentar:

Angiven max volym bör reduceras till 100 l med hänsyn till risken för skadlig spridning av injekteringsbruk.

Det är viktigt med övervakning under injekteringen, med hänsyn till risken för jacking. Detta ska skrivas in i Kontrollprogram för tunneldrivning.

Påståendet att det inte föreligger något behov av kontroll av täthet är ogrundat. I aktuell injekteringsklass IK3 ska kontroll utföras i varje skärm.

2.2.2 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 6

I Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 6 anges under 10 Grouting:

10.1 Problemanalys

Injektering av stationsutrymmena ingår ej i typinjekteringslösningarna eftersom:

- *Bergtäckningen understiger 10 m inom vissa delar*
- *Tunnelpåslag och de första 20 m av tunneln från påslag.*
- *Avvikande geometrier*

10.2 Krav på täthet

I området för Station Haga finns sättningkänsliga jordar och området bedöms i Miljödomsönsökan som den högsta kravet på täthet. För att bedöma injekteringsomfattning har Pareto-analys utförda med beräkningsverktyget (Thörn et al. 2015) på kärnborrhål HH601KBH och HH636KBH. Resultatet visar att en dimensionerande sprickvidd på ca 50 µm behöver tätas i stationsutrymmena för att uppnå en täthet motsvarande 2 l/min, 100 m tunnel. Detta tar dock inte full hänsyn till samtliga berggrum som ska tas ut och generellt krav på täthet bör vara att bergmassa som omger stationen och där inkludnad av vattenät betong ej kommer att ske ska tätas med strikt krav på täthet, motsvarande Tätningssklass 3 för spårtunnlarna.

Kommentar:

På sektionsträckorna avser tätningskravet den sammanlagt tillåtna inläckningen från förekommande tunnlar, berggrum, nischer, schakt etc.

Kraven måste uppfyllas även under byggtiden. Vid täthetsklass 3 ska injekteringsklass 3 (IK3) tillämpas. Utförande enligt IK3 innebär att injekteringen i varje skärm utförs i minst två injekteringsomgångar. Efter andra injekteringsomgången ska kontrollhål utföras för att kontrollera att täthetskravet är uppfyllt. Om kravet inte är uppfyllt utföres ytterligare en injekteringsomgång.

För att täthetskraven ska kunna uppfyllas är det nödvändigt att injekteringen utförs på sådant sätt att injekteringsbruket får tillräcklig spridning både i sprickor med stor spricköppning och i sprickor med liten spricköppning.

10.3 Specifik injektering

Injektering ska utgå från framtagen injekteringsmetodik i E00-17-0000-0104 PM Typinjektering. I stort sett

all injektering av stationen kommer att utföras med specifika anpassningar som principiellt beskrivs enligt nedan.

Injekteringsarbetet ska göras med förinjektering med syftet att skapa en tätad zon runt bergutrymmena, tunnlar, plattformsutrymmen, ventilationsschakt, tvärtunnlar, ventilationsutrymmen mm.

Injekteringen delas upp i permanent och temporär injektering. Den permanenta enligt utförs i princip enligt Typinjekteringskonceptet medan den temporära syftar till att säkerställa att inga större inflöden och/eller gradienter verkar under byggtiden. Utformning av den temporära injekteringen styrs av:

- *Uttagsriktning jämfört med prognostiserade riktningar på de mest vattenförande strukturerna*
- *Krav på tillåtet inläckage*
- *Uppföljning av uppmätt inläckage mot prognosiserat inläckage*

För gynnsamma förhållanden ska injektering utföras med en gles skärm med stort c/c-avstånd i syfte att tätta de mest vattenförande strukturerna. Vid mindre gynnsamma förhållanden utförs injektering av en tätare skärm. All bergmassa utanför slutgiltig bergkontur ska tätas med permanent injektering.

Kommentar:

Det anges att injekteringen delas upp i permanent och temporär injektering där den senare anges syfta till att säkerställa att inga större inflöden och/eller gradienter verkar under byggtiden. Vidare anges att bergmassa utanför slutgiltig bergkontur ska tätas med permanent injektering.

Eftersom täthetskravet TK3 gäller även under byggtiden är temporär injektering oacceptabel.

Eftersom permanent injektering utanför slutgiltig bergkontur inte kan slutföras förrän botten tätats, måste förinjektering vid successivt berguttag av galleri (pilot och strossar) omfatta såväl väggar, tak som temporär botten. På samma sätt får vid pallsprängning detta ske först när tätning av underliggande pall utförts.

Beskrivet utförande är absolut nödvändigt för att kontroll av tätningsresultat successivt ska kunna utföras. Vid behov utföres erforderlig kompletterande tätning.

Styrande dokument för dimensionering av design av förinjekteringsarbeten är TRVK Tunnel 11. Bland ställda krav kan nämnas:

- De observationer och kontroller som ska ligga till grund för att verifiera successivt uppnådd och slutlig täthet.
- Åtgärder då avsedd täthet inte uppnås och risk för betydande skada fortfarande kvarstår.

Den beskrivning av injekteringsutförande som fortsatt redovisas i Bilaga 6 visar att den injekteringsklass IK3 som ska tillämpas vid täthetsklass TK3 inte beaktas. Beskrivningen pekar snarast på tillämpning av en anpassad men bristfällig IK1. Ett sådant injekteringsutförande kan omöjligt resultera i att täthetskrav TK3 innehålles. Mot denna bakgrund är redovisat utförande vare sig fackmässigt eller seriöst.

2.3 Kommentarer till Bergteknisk prognos

2.3.1 Bakgrund

I Handlingen Bergteknisk prognos anges under 1 Inledning, 1.1 Syfte och mål och 1.2 Objekt enligt nedan:

1 Inledning

1.1 Syfte och mål

Målet med den bergtekniska prognosen är att utifrån prognosticerade bergtekniska förhållanden redovisa valda bergklasser, typförstärkningslösningar och typinjekteringslösningar för bergförlada konstruktionsdelar under jord. Val av bergklasser har gjorts genom klassificering av bergmassan med Q-systemet. Resultaten i föreliggande rapport syftar till att utgöra ett kalkylerbart underlag för anbudsräkning.

1.2 Objekt

Denna rapport omfattar berganlagda konstruktionsdelar som sträcker sig från km 458+315 vid Påslag Residenset till entreprenadgräns E04 Haga-05 Korsvägen vid km 460+000, se Figur 1.

Entreprenad Haga omfattas av följande delsträckor:

- Dubbelspårstunnel från Påslag Residenset till Påslag Skattehuset, km 458+315 – 458+868*
- Station Haga inklusive trumpet till dubbelspårstunnel med 21 meter spännvidd, km 458+104 – 459+515*
- Station Haga från dubbelspårstunnel med 21 meter spännvidd till Entreprenadgräns E04 Haga-E05 Korsvägen, km 459+515 – 460+000*

Under Rosenlundskanalen mellan Påslag Skattehuset till Påslag Haga, vid km 458+850 - 459+100 skall tunneln schaktas i lera. Servicetunnlarna är helt förlagda i berg.

Till föreliggande dokument hör upprättad 3D-modell i vilken placering av bergklasser, bergkvalitetsklasser, förstärkningsklasser och injekteringsklasser visualiseras, se 3D-modell E04-17-V2-0000-0911, Bergteknisk prognos.

Förutom ovan beskrivna huvudtunneldelar ingår följande servicetunnlar och övriga utrymmen:

– Servicetunnel 101 Haga – Korsvägen

– Servicetunnel 201 Otterhällan (B2)

– Servicetunnel 202 Kungshöjd

– Servicetunnel 204 Station Haga

– Servicetunnel 205a Station Haga

– Servicetunnel 205b Station Haga

– Servicetunnel 210 Haga

– Tvärtunnel 301

– Tvärtunnel 302

– Ventilationsschakt, Tryckutjämningschakt, Fläktstation, Pumpstation, Vändplats, Uppställningsplats, Teknikplats

Under 2 Underlag och avgränsning anges 2.1 Underlag och 2.2 Avgränsning.

2.1 Underlag

- *E04-17-025-0500-0100, Förundersökningsrapport, Bergteknik. Underlaget omfattas även av tillhörande 3D-modeller vilka listas i Bilaga 12, E04-17-013-0500-0112, Modellförteckning och modeller.*
- *E04-50GT-V1-0000-0003, Bergmodell*

2.2 Avgränsning

Inom Servicetunnel 201 Otterhällan (B2) inkluderas enbart sträckan med ny tunnel dvs. km 0/090 – 0/168,5. Befintlig tunnel Servicetunnel B2 (som motsvaras av km 0/010-0/090) inom vilken bland annat breddning ska göras under byggnation av Västlänken utgår i bergteknisk prognos.

I denna PM redovisas enbart typlösningar. Anpassade förstärknings- och injekteringslösningar redogörs för i dokument E04-17-010-0000-0009, Teknisk beskrivning Bergtunnel. För ritningar till sådana lösningar, se dokument E04-17-020-0000-0001, Ritningsförteckning och ritningar, Bergteknik. Denna PM visar dock vilka tunnelsträckor/bergutrymmen som omfattas av anpassade förstärknings -och injekteringslösningar.

Kommentar:

Det är viktigt att notera att endast typlösningar redovisas. Anpassade injekteringslösningar redogörs för i Teknisk beskrivning Bergtunnel. För ritningar till sådana lösningar hänvisas till Ritningsförteckning och ritningar, Bergteknik. Dock visas vilka tunnelsträckor/bergutrymmen som omfattas av anpassade injekteringslösningar.

Under 5 Injektering anges:

Injektering ska utgå från framtagen injekteringsmetodik enligt typinjekteringsritningar:

- *E00-17-300-0000-011, Typinjektering, Injekteringsklass 1*
- *E00-17-300-0000-012, Typinjektering, Injekteringsklass 2*
- *E00-17-300-0000-013, Typinjektering, Injekteringsklass 3*

Typinjekteringen gäller för områden där inga särskilda anpassningar krävs, vid avvikande förhållanden ska s.k. anpassad injektering utföras. Områden där anpassad injektering tillämpas anges i dokument E04-17-010-0000-0009, Teknisk beskrivning Bergtunnel. För tillhörande ritningar se dokument E04-17-020-0000-0001, Ritningsförteckning och ritningar, Bergteknik.

Följande tre injekteringsklasser har utarbetas:

<i>Injekteringsklass I</i>	<i>Avser områden med medelstrikt till mindre strikta krav på inläckage samt områden utan större vattenförande zoner. Injektering utförs i en omgång med cementbaserat injekteringsmedel och behovsstyrd komplettering.</i>
<i>Injekteringsklass II</i>	<i>Avser områden med genomsläppligt berg och vattenförande zoner där det finns risk för kvarstående stora inläckage. Injektering utförs i två omgångar med cementbaserat injekteringsmedel.</i>
<i>Injekteringsklass III</i>	<i>Avser områden med strikta krav på inläckage och där en hög slutgiltig täthet krävs. Generellt innebär detta en hög täthetsgrad och för att uppnå detta ska injektering utföras i två omgångar.</i>

Endast injekteringsklass I och III ingår i prognosen då injekteringsklass II inte kunnat verifieras i undersökningarna. Samtliga bergtunnlar/bergrum ska drivas med systematisk förinjektering. Under byggnation ska designantaganden bland annat avseende fördelning av injekteringsklasser följas upp och genom kontinuerliga avstämningar ska möjlighet finnas till justeringar vid behov.

I tabell 24-39 i nedanstående kapitel redovisas applicering av injekteringsklasser.

Kommentar:

Trafikverket har angivit tätningskrav för olika sektionssträckor (start/slut). Sträckorna är ungefärliga och kan behöva anpassas med hänsyn till den ingenjörsgelogiska prognosen med avseende på bl.a. lägen och riktningar på prognostiserade svaghetszoner. För stationen där bergutrymmen ansluter till öppna schakter anges att kraven bör kombineras med största tillåtna avsänkning av grundvattennivå inom ett definerat område för schakt.

Tätningskrav	Innebörd av täthetskrav
TK1 – lägst krav	5-8 l/min, 100 m tunnel
TK2 – medelkrav	2-5 l/min, 100 m tunnel
TK3 – högst krav	2 l/min, 100 m tunnel

På sektionssträckorna avser tätningskravet den sammanlagt tillåtna inläckningen från förekommande tunnlar, bergrum, nischer, schakt etc.

Kraven måste uppfyllas under byggtiden. Kraven innebär att höga och mycket höga krav ställs på tätningsresultatet.

I dokumentet Typinjektering anges i Tabell 13 Beslutsunderlag för indelning i injekteringsklasser. Enligt tabellen ska vid inläckagekrav 2-3 l/min, 100 m injekteringen utföras enligt Injekteringsklass 3. I denna injekteringsklass ska injekteringen utföras i två omgångar. Behov av injektering i ytterligare en omgång tas baserat på resultat från vattenförlustmätningar i kontrollhål.

Under 10.3.5 Kontroll och uppföljning anges bl.a. att: ”Förutom temporära mätdammar ska även kontrollhål utföras inom Injekteringsklass 3, då det är viktigt att säkerställa att en tillräcklig tätning uppnåtts.”

2.3.2 Granskning av injekteringsklasser

Till var och en av de redovisade tabellerna har vid granskningen redovisats Trafikverkets kravnivå (täthetskrav).

5.1 Påslag Residenset – Påslag Skattehuset

Tabell 24 Injekteringsklasser för dubbelpårstunnel km 458 + 320 – 458 + 874

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
458 / 315	458 / 380	Begränsad bergtäckning	Anpassad injektering	458+320 – 458+400 (TK3)
458 / 380	458 / 440	-	IK 1	458+400 – 458+500 (TK2)
458 / 440	458 / 770	Inom skyddszon för befintlig UM-anläggning/begränsad bergtäckning	Anpassad injektering	458+500 – 458+700 (TK3)
458 / 770	458 / 820	-	IK 1	458+700 – 458+820 (TK2)
458 / 820	458 / 840	-	IK III	458+820 – 458+860 (TK3)
458 / 840	458 / 868	Begränsad bergtäckning	Anpassad injektering	

5.2 Station Haga

Tabell 25 Injekteringsklass för stationsområde och trumpet km 459 + 104 – 459 + 515

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
459 + 104	459 + 443	-	Anpassad injektering	459+060 – 459+600 (TK3)
459 + 443	459 + 515	-	IK 1	

5.3 Station Haga – Entreprenadgräns E04 Haga-E05 Korsvägen

Tabell 26 Injekteringsklasser för dubbelspårstunnel km 459 + 515 – 460 + 100

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
459 + 515	460 + 685	-	IK 1	459+600 – 459+920 (TK1)
459 + 685	459 + 722	Inom skyddszon för befintlig UM-anläggning	Anpassad injektering	
459 + 722	460 + 000	-	IK 1	459+920 – 460+440 (TK3) 460+440 – 460+660 (TK3)

5.4 Servicetunnel 201 Otterhällan

I denna del ingår även vänd- och uppställningsplats 5 samt ledningsrum.

Tabell 27 Injekteringsklasser för servicetunnel 201 Otterhällan (B2)

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
0 / 090	0 / 168,5	-	Anpassad injektering	458+400 – 458+500 (TK2)
Pumpstation Residenset	-	-	Anpassad injektering	

5.5 Servicetunnel Kungshöjd

Tabell 28 Injekteringsklasser för servicetunnel 202 Kungshöjd

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
0 / 025	0 / 045	Begränsad bergtäckning	Anpassad injektering	458+700 – 458+820 (TK2)
0 / 045	0 / 200	-	IK 1	458+820 – 458+860 (TK3)

5.6 Ventilationsschakt, brandgas och uteluft Smyrnakyrkan

Tabell 29 Injekteringsklasser för Ventilationsschakt, brandgas och uteluft Smyrnakyrkan

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
0 / 000	0 / 009	Schakt	Anpassad injektering	459+060 – 459+600 (TK3)
0 / 009	0 / 125	Kanal	IK 1	

5.7 Ventilationsschakt, brandgas och uteluft 503-505

Tabell 30 Injekteringsklass för Ventilationsschakt, brandgas och uteluft 503-505

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
0 / 000	0 / 142	-	Anpassad injektering	459+060 – 459+600 (TK3)

5.1 Servicetunnel 204 Station Haga

Tabell 31 Injekteringsklass för Servicetunnel 204 Station Haga

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
0 / 000	0 / 153	-	IK 1	459+060 – 459+600 (TK3)

5.2 Servicetunnel 205a Station Haga

Tabell 32 Injekteringsklass för Servicetunnel 205a Station Haga

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
0 / 000	0 / 310	-	IK 1	459+060 – 459+600 (TK3)

5.3 Servicetunnel 205b Station Haga

Tabell 33 Injekteringsklass för Servicetunnel 205b Station Haga

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
0 / 000	0 / 028	-	IK 1	459+060 – 459+600 (TK3)

5.4 Servicetunnel 101 Haga-Korsvägen parallell

I denna del ingår även teknik-, vänd- och uppställnings-/mötesplats 8

Tabell 34 Injekteringsklasser för servicetunnel 101 Haga-Korsvägen parallell

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
0 / 206	0 / 378	-	IK 1	459+600 – 459+920 (TK1)
0 / 378	0 / 417	-	Anpassad injektering	459+920 – 460+000 (TK3)
0 / 417	0 / 718	-	IK 1	

5.5 Tryckutjämningschakt Fogelbergsparken

Tabell 35 Injekteringsklasser för Tryckutjämningschakt Fogelbergsparken, km 0/006-0/014,5 avser vertikalschakt

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
0 / 000	0 / 006	-	IK 1	459+060 – 459+600 (TK3)
0 / 006	0/014,5	-	Anpassad injektering	

5.6 Tvärtunnel 301

Tabell 36 Injekteringsklass för Tvärtunnel 301

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
0 / 000	0 / 028	-	IK 1	459+600 – 459+920 (TK1)

5.7 Ventilationsschakt Föreningsgatan V2, Fläktstation Haga

Km 0/000 - 0/008,5 avser vertikalschakt, km 0/008,5 - 0/057 avser Fläktstation Haga, resterande sträcka omfattar anslutande tvärtunnel och Teknikplats 7.

Tabell 37 Injekteringsklasser för Ventilationsschakt Föreningsgatan V2, Fläktstation Haga och inklusive teknikplats 7

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
0 / 000	0 / 034	-	Anpassad injektering	459+600 – 459+920 (TK1)
0 / 034	0 / 089	-	IK 1	

5.8 Tvärtunnel 302

Tabell 38 Injekteringsklass för Tvärtunnel 302

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
0 / 004	0 / 010	-	IK 1	459+600 – 459+920 (TK1)
0 / 024	0 / 034	-	IK 1	

5.9 Servicetunnel 210 Haga

Tabell 39 Injekteringsklasser för Servicetunnel 210 Haga

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass	Kravnivå (täthetsklass)
0 / 038	0 / 060	Begränsad bergtäckning	Anpassad injektering	0+000 – 0+920 (TK2)
0 / 060	0 / 230	-	IK 1	
0 / 230	0 / 530	-	IK III	
0 / 530	0 / 560	Inom skyddszon för befintlig UM-anläggning	Anpassad injektering	
0 / 560	0 / 968	-	IK 1	
0 / 968	0 / 970,5	Anslutning med huvud tunnel	Anpassad injektering	

Kommentar:

Av tabellerna 24-39 framgår att den bergtekniska prognosen upprättats utan att beakta Trafikverkets täthetskrav. Angiven Injekteringsklass är IK1 och anpassad IK1. Enda undantag är tabellerna 24 och 39.

I dokumentet ”Redogörelse för metod i bergteknisk prognos” anges i avsnitt 6 Val av injekteringsklasser:

Val av injekteringsklasser baseras på utförda hydrogeologiska undersökningar vilka redovisas i dokument E04-17-025-0400-0001, FUR E04 Haga, dokument E00-17-025-0000-0100, Ingenjörgeologisk prognos samt underlag till Miljödomsansökan i form av PM Hydrogeologi, daterat 2016-02-10. Till detta har genomgång av förutsättningarna avseende krav på täthet längs tunnelsträckningen hållits i samråd med Miljöprövningsuppdraget.

I den ingenjörgeologiska prognosen har en utvärdering av vattengenomsläppligt berg gjorts, i svaghetszoner och i typisk bergmassa. Fåtal mätningar har kunnat verifiera särskilt hög vattengenomsläpplighet i berget oavsett kvalitet och sprickighet. Data från svaghetszonerna har därför inte varit ensamt styrande för val av en högre injekteringsklass, dvs. IK III (IK II har inte tillämpats i denna fas). Dock har tolkade svaghetszoner tillsammans med övrigt underlag som motiverar val av IK III bidragit till val av denna injekteringsklass.

Upprättandet av den Bergtekniska prognosen avseende Injektering har uppenbart inte baserats på angiven metod.

I avsnitt 1.1 i den Bergtekniska prognosen anges att resultaten syftar till att utgöra ett kalkylerbart underlag för anbudsräkning. Ett underlag för anbudsräkning måste grundas på ett fackmässigt tätningsutförande baserat på föreskrifter och krav. En mycket stor del av injekteringskärmarna ska utföras i två eller fler injekteringsomgångar och inte i en injekteringsomgång (IK 1).

2.4 Kommentarer till Teknisk Beskrivning

2.4.1 BBC.14 Hydrogeologisk undersökning (redovisad i tidigare version, borttagen i aktuell version)

I tidigare version av Teknisk Beskrivning angavs att:

Inläckage av grundvatten i tunnlar och bergschakt ska mätas för att visa att täthetskrav uppfylls under byggtiden. Mätvallar eller likvärdiga mätningar ska anläggas med c/c 200 m. (Ska kompletteras med avseende på mätmetodik under byggskedet.)

I föreliggande version har BBC.14 tagits bort. I dokumentet Typinjektering anges under 10.1.5 Kontroll och uppföljning av Injekteringsklass 1 bl.a.:

Uppföljning av inläckage ska inom Injekteringsklass 1 främst utföras i temporära mätdammar.

Under 10.3.5 Kontroll och uppföljning anges bl.a.:

Förutom temporära mätdammar ska även kontrollhål utföras inom Injekteringsklass 3, då det är viktigt att säkerställa att tillräcklig tätning uppnåtts.

Krav på kontroller anges till entreprenör i Kontrollprogram och dess utförande beskrivs i Teknisk Beskrivning i bygghandlingarna.

I föreliggande version anges under CDD.11 Förinjektering bl.a.:

Kontroll av erhållen täthet ska utföras genom mätning av inläckande vatten.

Under CDD.141 redovisas en rubrik "Ridåinjektering vid mätdike".

Kommentar:

I föreliggande TB finns ingen beskrivning över var, när och hur inläckande vatten ska mätas.

I BeFo Rapport 104 Mätningar av vatten till bergtunnlar anges:

- Intention med mätningarna
- Hur dag- och dräneringsvatten ska separeras
- När mätningar ska påbörjas
- Var mätningar ska göras
- Vilken typ av mätanordning som ska användas
- Hur ofta mätningar ska göras, samt hur mätningar ska rapporteras
- Skötsel- och kalibreringsinstruktioner

Handlingarna ska också innehålla skrivningar om konsekvenserna i de fall inte direktiven följs.

2.4.2 CBC Bergschakt

Under rubriken Kritiskt arbetsmoment anges:

Kritiska arbetsmoment framgår av Bergteknisk prognos.

Kommentar:

Vilka kritiska arbetsmoment framgår av avsnitt 5 Injektering i Bergteknisk prognos?

Under rubriken Drivningsrestriktioner anges:

Behovet och val av drivningsrestriktioner är inte lika tydligt kopplat till mätbara eller observerbara parametrar jämfört med val av förstärkning.

Kommentar:

Läckande vatten i salvhål måste innebära en drivningsrestriktion.

Under rubriken Tullgräns anges:

En tullgräns (besluts punkt) är en geografiskt angiven gräns som inte får passeras utan att förutbestämda utvärderingar och planerade åtgärder utförts. Aktuella tullgränser anges med beteckning, riskobjekt och geografiskt läge för tullgränsen. Beställaren beslutar om passage av tullgräns.

Tullgränser framgår av Tabell TB CBC/1.

Kommentar:

Var redovisas tullgränser för injektering?

2.4.3 CBC.611 Bergschakt för väg- och järnvägstunnel

Tunneldrivning får utföras till max 150 m från ej färdigställt mätdike. Mätdiket ska vara färdigställt för kontinuerlig mätning innan fortsatt tunneldrivning får utföras.

Kommentar:

Avståndet 150 m är orimligt med hänsyn till att mätning av inläckande vatten fortlöpande måste utföras i takt med framdrift och utförda tätningsåtgärder. Ett mätdike vid tullgräns måste utföras och vara i funktion så snart tunneldrivningen passerat läget för diket.

Under rubriken "Bergschakt vid mätdike i tunnel" anges att:

Beställaren anvisar läge för mätdike.

Kommentar:

Lägen för mätdiken ska framgå av bygghandlingarna.

2.4.4 CDD.1 Injektering

Under rubriken "Injekteringsutrustning för cementbaserat injekteringsmedel" anges att:

Kapacitet på injekteringspumpar ska ej vara begränsande vid injektering. Pumpkapacitet ska vara minst 70 l/min vid 4 MPa och minst 100 l/min vid 0,5 MPa tryck. Injektering ska kunna utföras med tryck mellan 0,5 MPa – 6 MPa.

Kommentar:

Injekteringsdesignen i dokumentet Typinjektering nämner inte dessa tryck och flöden. Risk för jacking föreligger redan vid 2 MPa och betydligt mindre flöden i aktuell berggrund. Entreprenören kan uppfatta att det är fritt fram att starta injekteringen med högre tryck och flöde än vad som i föreskrifter anges som max injekteringstryck (vanligen ≤ 2 MPa). Ett sådant förfarande är katastrofalt för tätningresultatet.

Det är däremot viktigt hur många pumpar som erfordras för att samtidigt kunna injektera hål med samband. Utrustning för samtidig injektering av ≥ 5 hål bör krävas. Sambandshål, som injekteras när pump blir ledig, är ett förlorat hål med dålig tätningseffekt.

Injekteringsutrustning omfattar också blandare (kolloidkvarn) med hög dispergerings-effekt, varvtal minst 1 750 varv/min. Vidare krävs mellanlagringskärl med omrörare, ett kärl per pump.

Injektering av flera hål utan inbördes hydraulisk förbindelse med samma pump leder till sämre tätningresultat och bör undvikas.

Krav på registrering vid injektering av flera hål med samma pump saknas.

Under rubriken "Utförandekrav" anges att:

Borrhål får ej utföras närmare än 5 m från befintlig berganläggning.

Kommentar:

Det måste anges vilka borrhåstoleranser som gäller.

Under rubriken Vattenförlustmätning anges att:

Resultat från vattenförlustmätning efter injektering ska lämnas till beställaren inom 1 timme efter utförande. Resultatet ska utgöra underlag för beställarens beslut om fortsatt bergschakt.

Kommentar:

Det ska framgå av bygghandlingarna vilket vattenförlustvärde som på aktuell sträcka verifierar att täthetskravet är uppfyllt. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska det framgå av bygghandlingarna vilka ytterligare tätningsåtgärder som ska vidtagas.

Under rubriken "Förundersökning av injekteringsmedel" anges att:

Förundersökningen ska utföras med blandningsutrustning av samma typ och med samma effekt som avses användas vid kommande injekteringsarbeten.

Kommentar:

Förundersökningen ska utföras med samma blandningsutrustning som avses användas vid kommande injekteringsarbeten.

Av Tabell TB CDD.1/1 Kontroller vid förundersökning framgår att begreppen $B_{kritisk}$ och B_{min} avser inträngningsförmåga där kontrollmetoden är Pressometer eller likvärdigt.

Kontroll av filtreringskapacitet utföres med filterpump.

Det är viktigt att en förundersökning resulterar i bruksblandningar med så bra egenskaper som möjligt. För detta krävs att riktvärden, baserade på egenskaper som uppnåtts med bra utrustning (blandare) och bra recept, anges. Krav på blandare ställs under Injekteringsutrustning. Resultatkrav vid fortlöpande provning är att resultaten vid godkänd förprovning ska uppnås.

Under rubriken "Fortlöpande kontroll av injekteringsmedel" anges att:

Beställaren beslutar om toleranser (gränsvärden) inför fortsatt fortlöpande kontroll baserat på resultat från förundersökning.

Kommentar:

Samma utrustning som använts vid förprovningen ska användas vid den fortlöpande provningen. Samma resultat vid den fortlöpande provningen visar att injekteringen sker med vid förundersökningen godkänd bruksblandning (filterpump). Medelvärden inom angiven tolerans är ej vad som ska gälla.

Under CDD.11 Förinjektering anges under "Borrning för injektering" att:

Injekteringshål får inte borrar horisontellt.

Kommentar:

På Injekteringsritningar anges utförande av långa horisontella hål och i TB anges under "Anpassat injekteringsutförande Station Haga" att: "Långa injekteringshål parallellt med stationsrummet får avvika max 3 % av hållängd från teoretiskt läge."

Under "Injekteringsteknik" anges att:

Hål med konstaterat samband ska injekteras samtidigt eller direkt när ledig utgång finns.

Injektering får utföras i upp till tre hål samtidigt med en pump, s.k. multihålsinjektering.

Fler än tre hål per pump får injekteras samtidigt om registrering av pumptid, injekterad volym, tryck och flöde kan göras för respektive hål.

Multihålsinjektering ska eftersträvas för hål med liknande inläckage och vid hål med samband.

Kommentar:

För att uppnå en effektiv tätning från varje hål bör multihålsinjektering endast tillämpas vid hål med samband.

Att injektera hål med samband när ledig utgång finns medför att tätningseffekten blir dålig.

Under rubriken "Injekteringstryck" anges att:

Injektering ska efter uppnådd hålfyllnad inledas med ett högt flöde tills angivet injekteringsövertryck (designtryck) uppnåtts. Tryck ska därefter hållas konstant under resterande injekteringstid.

Kommentar:

Konsekvensen av föreskriven injektering är att vissa sprickkanaler jackas (utvidgas) varigenom bruksblandningen okontrollerat sprids utanför planerad tätzon. En annan konsekvens är att det vid öppningen till små sprickkanaler bildas filtreringskakor som förhindrar tätning av de små kanalerna. I den aktuella berggrunden med föreliggande höga till mycket höga täthetskrav är det av största vikt att förekommande små sprickkanaler tätas.

Det är därför viktigt att injekteringsutförandet tidigt utvärderas med avseende på tecken på skadlig jacking, stoppkriterier, max volym och tätningsresultat. Krav på utvärdering, var den ska göras, ska framgå av kontrollprogram.

Under rubriken "Anpassat injekteringsutförande" anges att:

Injekteringsborrhål ska utföras så att krav på erforderligt avstånd mellan teoretisk bergkontur och borrhål samt att krav på överlapp mellan injekteringsskärmar anpassas till aktuell geometri. Detta inkluderar kurva, förgreningar, korsningar, genomslag mellan drivningsfronter samt sidoutrymme till tunnel, t ex nisch, pumpgrop, VA-schakt.

Kommentar:

Anpassning sker i förhållande till Typinjektering, Injekteringsklasserna 1 – 3.

På Injekteringsritningen anges under "Hänvisning": "Material- och utförandekrav enligt Teknisk Beskrivning, Bergtunnel."

Pumpstation Föreningsgatan:

Injektering av bergmassa som schaktas i senare skede ska undvikas.

Kommentar:

Injektering ska utföras i Injekteringsklass som svarar mot Täthetskrav. Injekterings-skärmarna ska vara omslutande där bergschakt ska utföras.

Servicetunnel 201 Otterhällan

Injektering ska baseras på Injekteringsklass 1. Förinjektering av bergmassa ska vara utförd innan bergschakt utförs. Bergschakt för ledningsrum EK7.DR01 kan dock utföras utan förinjektering.

Kommentar:

Trafikverkets täthetsklass är TK2, vilket innebär att Injekteringsklass 2 ska tillämpas (2 injekteringsomgångar). Förinjekteringen ska omfatta såväl servicetunnel som ledningsrum.

Servicetunnel 210 Haga

Från km 0/925 till km 0/970 ska vattenförlustmätning utföras för hål mellan takets centrum och vänstra väggens mitt (halva höjden).

Kommentar:

Texten indikerar att injektering ska baseras på Injekteringsklass 1.

Station Haga

Injekteringsutförande och beslut om kompletterande hål för Station Haga ska baseras på Injekteringsklass 1. Beställaren beslutar om utökat antal kontrollhål inom Station Haga.

Krav på stick utanför slutgiltig bergkontur ska innehållas.

Injekteringshål ska ej utföras närmare än 5 m intill befintlig tunnel- eller anläggningsdel.

Injektering av servicetunnel inom Station Haga ska utföras enligt Injekteringsklass 1.

Innan injektering av stationsrum får påbörjas ska genomgång vid tullgräns 459+295 vara utförd.

Vid tullgränsmöte beslutas om eventuellt justerat injekteringsutförande i långa hål.

Långa injekteringshål parallellt med stationsrummet får avvika max 3 % av hållängd från teoretiskt läge.

Injektering av bergtunnelpåslag vid Station Haga ska utföras från förskärning.

Injektering av södra spårtunneltrumpeten ska utföras enligt Injekteringsklass 1.

Beställaren utvärderar kontinuerligt injekteringsarbetena och ger besked om justering i injekteringsutförande baserat på utförd dokumentation och kontroll av täthet.

Kommentar:

Trafikverkets täthetskrav är TK3, vilket innebär att Injekteringsklass 3 ska tillämpas. Kontrollhål med vattenförlustmätning ska utföras i varje skärm efter injektering, för att kontrollera om täthetskravet är uppfyllt. Om täthetskravet ej är uppfyllt utföres en tredje injekteringsomgång.

Ovanstående gäller för såväl Station Haga som för servicetunnel inom Station Haga och södra spårtunneltrumpeten.

Långa injekteringshål parallellt med stationsrummet är inte ett anpassat injekteringsutförande utan införande av en ny tättningsstrategi. Den uppfyller inte till någon del föreskriven Injekteringsklass 3.

Under rubriken "Kontroll av erhållen täthet" anges att:

Kontroll av erhållen täthet ska utföras genom mätning av inläckande vatten.

Kontrollhål ska utföras för utökad kontroll av uppnådd täthet i enskilda injekteringskärmar.

I spårtunnlar ska minst fyra (4) kontrollhål per skärm utföras.

I servicetunnlar ska minst tre (3) kontrollhål per skärm utföras.

Kontrollhål ska utföras inom Injekteringsklass 3.

Kontrollhål utförs enligt särskild beställning för utvärdering av injekteringskoncept, vid misstanke om bristande uppnådd täthet i övriga Injekteringsklasser och för utökad kontroll inom Station Haga.

Kommentar:

Kontrollprogram för kontroll av erhållen täthet med lägen för mätdiken mm saknas.
Tullgränser för tätning saknas.

2.4.5 CDD.131 Kontaktinjektering med cementbaserat injekteringsmedel

Kommentar:

Vad gäller vid kontaktinjektering?

2.4.6 CDD.14 Ridåinjektering

Borrning för injektering

Borrhål får avvika maximalt 5% av hållängden från teoretiskt läge för borrhål upp till 25 m längd och för borrhål över 25 m är maximal avvikelse 3% av hållängden.

Kommentar:

Ska underkända hål ersättas med nya hål?

Injekteringsteknik

Ridåinjektering ska utföras enligt "split-spacing" förfarande. Detta innebär att inledningsvis borrar vartannat hål och injektering av dessa utförs. Därefter borrar och injekteras mellanliggande hål.

Kommentar:

Vid utförande inom TK3 ska Injekteringsklass 3 tillämpas. Kontroll av täthet ska utföras.

2.4.7 CDD.141 Ridåinjektering med cementbaserat injekteringsmedel

Under "Ridåinjektering förskärning" anges att:

Omfattning beslutas av beställaren. Beslut om eventuell Omgång 3 tas av beställaren baserat på injekteringsmedelsåtgång i Omgång 2.

Kommentar:

Vad gäller i olika Injekteringsklasser?

Projektören, inte beställaren, ska föreskriva åtgärder med hänsyn till täthetsklass och vilka kontroller som ska utföras för att verifiera att erforderlig tätning utförts.

Vad menas med bergtäckning?

Max injekteringstryck 1,5 MPa vid "bergtäckning" > 5 m är som gjort för jacking.

Ridåinjektering vertikala schakt

Kommentar:

Föreskrifterna är märkliga. Varför föreskriva ett utförande där angiven maxvolym över huvud taget inte har med tätning runt schaktet att göra? Endast vid jacking kan sådana maxvolym inträffa. Var finns kopplingen i föreskrivet utförande med gällande täthetskrav och Injekteringsklass? Beställaren ska inte besluta något om omgång 3. Hur kontrolleras att täthetskravet är uppfyllt i Injekteringsklass 3?

Botteninjektering förskärning

Omfattning av botteninjektering beslutas av beställaren utgående från injekterad volym i ridåinjektering och eventuellt karterat inläckage i förskärning.

Kommentar:

Det är projektören och inte beställaren som föreskriver åtgärder. Hur kontrolleras att täthetskravet är uppfyllt?

Riddåinjektering vid mätdike

Kommentar:

Det finns ingen beskrivning av utförande av mätdike. Texten kan därför ej kommenteras.

2.5 Kommentarer till ritningar, Bergteknik

2.5.1 Bakgrund

I Bergteknisk prognos Handling 7.5.1 anges under 2.2 Avgränsning att anpassade injekteringslösningar redogörs för i dokument Teknisk Beskrivning Bergtunnel. För ritningar till sådana lösningar hänvisas till Ritningsförteckning och ritningar, Bergteknik.

I dokument Typinjektering anges i 1.1 Syfte och mål att:

Typinjekteringslösningarna ska utgöra grund för injekteringsprojektering inom samtliga delar, även de som kräver specifik anpassning. Detta för att entreprenör och bygglledning ska ha ett koncept som är inarbetat och att det ska vara begränsat antal varianter. För områden där typinjektering ej kan tillämpas ska specifika injekteringar utföras. I dessa områden ska särskild utredning och design utföras vid projekteringen och redovisas för respektive område.

I 10.5 Specifik injektering anges att:

Vid design av specifik injektering ska hänsyn tas till de lokalt rådande förhållandena. Justering ska även utföras med beaktande av risk för oönskad spridning av injekteringsmedel samt krav på borrhålslayout med hänsyn till anläggningsgeometri. Detta innebär att justering främst kommer att utföras av stick, hålspetsavstånd, injekteringstryck samt maxvolym men även andra injekteringsparametrar kan kräva justering.

2.5.2 Granskade injekteringsritningar

Typinjektering, Injekteringsklass 1	E00-17-300-0000-011
Typinjektering, Injekteringsklass 2	E00-17-300-0000-012
Typinjektering, Injekteringsklass 3	E00-17-300-0000-013
Residenset, Injektering	E04-17-300-0400-501
Otterhällan/Kungsgaraget, Injektering	E04-17-300-0400-510
Passage av Stadsarkivet/Service tunnel Otterhällan, Injektering	E04-17-300-0400-530
Passage av Götatunneln, Injektering	E04-17-300-0400-550

Skattehuset, Injektering	E04-17-300-0400-560
Servicetunnel Kungshöjd, Påslag, Injektering	E04-17-300-0400-570
Station Haga, Påslag Hagakyrkan, Injektering	E04-17-300-0500-630
Station Haga, Fläktrum, Injektering	E04-17-300-0500-650
Station Haga, Stationsrum, Injektering	E04-17-300-0500-660
Station Haga, Mellanplan, Injektering	E04-17-300-0500-670
Station Haga, Uppgång Handelshögskolan, Injektering	E04-17-300-0500-680
Tryckutjämningschakt S7, Injektering	E04-17-300-0500-710
Ventilationsschakt V2, Injektering	E04-17-300-0600-590
Servicetunnel Haga, Förskärning, Injektering	E04-17-300-0600-610
Servicetunnel Haga, Bergtunnelpåslag, Injektering	E04-17-300-0600-611

2.5.3 Granskning Ritningar, injektering

Typinjektering, Injekteringsklass 1

Angiven skala 1:200 stämmer ej.

Typsektion över dubbelspårstunnel och parallell servicetunnel visar ett läge vid skärmarnas slut (stick 6 m). En sektion på mitten av tunneln visar att injektering i en tunnel inte ger injektering i närliggande tunnel. Dessutom är det osannolikt att tunnlarna drivs på sätt som sektionen visar.

Ritningen ska ändras till att båda tunnlarna injekteras så att varje tunnel har en omslutande tätzon.

Text efter föreskriven punkt 6 tas bort.

Profilerna visar inte vad som påstås.

Under förklaringar redovisas symbol för kontrollhål men symbolen har ej markerats på typsektionerna.

Typinjektering, Injekteringsklass 2

Angiven skala 1:200 stämmer ej.

Typsektion över dubbelspårstunnel och parallell servicetunnel visar ett läge vid skärmarnas slut (stick 6 m). En sektion på mitten av tunneln visar att injektering i en tunnel inte ger injektering i närliggande tunnel. Dessutom är det osannolikt att tunnlarna drivs på sätt som sektionen visar.

Ritningen ska ändras till att båda tunnlarna injekteras så att varje tunnel har en omslutande tätzon.

Text efter föreskriven punkt 6 tas bort.

Profilerna visar inte vad som påstås.

Under förklaringar redovisas symbol för kontrollhål men symbolen har ej markerats på typsektionerna.

Typinjektering, Injekteringsklass 3

Angiven skala 1:200 stämmer ej.

Typsektion över dubbelspårstunnel och parallell servicetunnel visar ett läge vid skärmarnas slut (stick 6 m). En sektion på mitten av tunneln visar att injektering i en tunnel inte ger injektering i närliggande tunnel. Dessutom är det osannolikt att tunnlarna drivs på sätt som sektionen visar.

Ritningen ska ändras till att båda tunnlarna injekteras så att varje tunnel har en omslutande tätzon.

Text efter föreskriven punkt 6 tas bort.

Profilerna visar inte vad som påstås.

Under förklaringar redovisas symbol för kontrollhål men symbolen har ej markerats på typsektionerna.

Lägen för kontrollhål ska visas på sektionerna.

Residenset Injektering

Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Kravet innebär att IK3 ska tillämpas. I en skärm ska sålunda minst två injekteringsomgångar utföras.

Utförande enligt redovisad injekteringsritning omfattar två injekteringsomgångar. För att utförandet ska uppfylla IK3 ska även kontrollhål utföras. Ritningen ska därför kompletteras med lägen och längd för kontrollhål. Enligt TB ska i spårtunnlar minst 4 kontrollhål per skärm utföras. Detta för att kontrollera att tillräcklig tätning utförts.

Det bör anges att man vid injektering ska vara vaksam på plötsliga trycksänkningar och/eller flödesökningar. Dessa kan vara orsakade av jacking.

Det anges att om tre eller fler hål i samma skärm uppnår maximal injekteringsvolym ska injektering av resterande hål utföras med blandning 3. Blandning 3 har ingen inträngning i aktuell berggrund. Vet 0,6 är ett stoppbruk. Trolig orsak om hål når maximal injekteringsvolym är jacking i en eller flera sprickor.

Otterhällan/Kungsgaraget, Injektering

Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Kravet innebär att IK3 ska tillämpas. I en skärm ska sålunda minst två injekteringsomgångar utföras.

Utförande enligt redovisad injekteringsritning visar en anpassad IK1 (en injekteringsomgång).

Det anges att om tre eller fler hål i samma del av skärm uppnår maximal injekteringsvolym ska injektering av resterande hål utföras med blandning 3. Blandning 3 har ingen inträngning i aktuell berggrund. Vct 0,6 är ett stoppbruk. Trolig orsak om hål når maximal injekteringsvolym är jacking i en eller flera sprickor.

Passage av Stadsarkivet/Servicetunnel Otterhällan, Injektering

Trafikverkets täthetskrav är TK2 (2-5 l/min, 100 m tunnel). I en skärm ska sålunda minst två injekteringsomgångar utföras.

Utförande enligt redovisad injekteringsritning visar en anpassad IK1 (en injekteringsomgång).

Det anges att om tre eller fler hål i samma del av skärm uppnår maximal injekteringsvolym, mellan 458+430 till 458+498, ska injektering av resterande hål utföras med blandning 3. Blandning 3 (vct 0,6) är ett stoppbruk och har ingen inträngning i aktuell berggrund. Trolig orsak om hål når maximal injekteringsvolym är jacking i en eller flera sprickor.

Passage av Götatunneln, Injektering

Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Kravet innebär att IK3 ska tillämpas. I en skärm ska sålunda minst två injekteringsomgångar utföras.

Utförande enligt redovisad injekteringsritning visar en anpassad IK1 (en injekteringsomgång).

Det anges att om tre eller fler hål i samma del av skärm uppnår maximal injekteringsvolym ska injektering av resterande hål utföras med blandning 3.

Blandning 3 (vct 0,6) är ett stoppbruk och har ingen inträngning i aktuell berggrund.

Skattehuset, Injektering

Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Kravet innebär att IK3 ska tillämpas. I en skärm ska sålunda minst två injekteringsomgångar utföras.

Utförande enligt redovisad injekteringsritning omfattar två injekteringsomgångar. För att utförandet ska uppfylla IK3 ska även kontrollhål utföras. Ritningen ska därför kompletteras med lägen för kontrollhål. Enligt TB ska i spårtunnlar minst 4 kontrollhål per skärm utföras. Detta för att kontrollera att tillräcklig tätning utförts.

Det anges att om tre eller fler hål i samma del av skärm uppnår maximal injekteringsvolym ska injektering av resterande hål utföras med blandning 3.

Blandning 3 (vct 0,6) är ett stoppbruk och har ingen inträngning i aktuell berggrund.

Servicetunnel Kungshöjd, Injektering

Trafikverkets täthetskrav är på sträckan 458+700 – 458+820 TK2 (2-5 l/min, 100 m tunnel) och på sträckan 458+820 – 458+860 TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Kraven innebär att minst två injekteringsomgångar ska utföras (IK2 – IK3).

Utförande enligt redovisad injekteringsritning är en anpassad IK1 (en injekteringsomgång).

Station Haga, Påslag Hagakyrkan, Injektering

Ritningen visar att IK1 tillämpas. Stickmått i botten med hänsyn till tekniktunnel anges ej. Stickmått i del av taket $a = 4$ m är för stort, med tanke på redovisad bergtäckning.

Ingen föreskrift lämnas avseende vilket injekteringstryck som ska gälla.

Risken för jacking av sprickor bedöms som mycket stor med uppenbar risk för skadlig omgivningspåverkan vid tillämpning av maximum injekteringsvolym i tak 200 l per 18 m injekteringshål.

Föreskrifterna är över huvud taget anmärkningsvärda med tanke på att det på förstärkningsritningen E04-17-300-0500-130 föreskrivs drivning med central pilot och sidopiloter.

På injekteringsritningen anges:

Vid drivning med central pilot och sidopiloter utförs förinjektering enligt ritning E04-17-300-0500-660.

Den föreskrivna injekteringsritningen visar ett utförande som inte nämns i designen i dokumentet Typinjektering och strider mot Injekteringsklasserna IK1 – IK3. Utförandet är inte heller en anpassning av de tre injekteringsklasserna.

Enligt typinjekteringsklasser (E00-17-300-0000-011, -012 och -013) och allmän praxis utförs förinjektering på sådant sätt att en "tätzon" bildas runt planerad tunnel. Ingen del av tak, vägg eller botten lämnas utan tätning. I det föreskrivna utförandet injekteras en del i taget och botten i t.ex. pilottunnlar injekteras ej. Detta leder till okontrollerad grundvatteninläckning och skadlig omgivningspåverkan.

Vid ett utförande där injekteringen inte leder till en tätningszon runt planerad bergschakt kan ingen kontroll av inläckande vatten med hjälp av mätdiken utföras.

Täthetskravet är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel) och för utförandet gäller IK3. Det beskrivna injekteringsutförandet motsvarar inte ens ett utförande i IK1.

En ny injekteringsritning för Påslag Hagakyrkan måste tas fram där föreskrifterna för injekteringsutförande beaktar såväl täthetskrav som föreskrivet drivningsutförande med central pilot och sidopiloter.

Station Haga, Fläktrum, Injektering

Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Kravet innebär att IK3 ska tillämpas. I en skärm ska sålunda minst två injekteringsomgångar utföras.

Det på ritningen föreskrivna utförandet uppfyller inte ens ett utförande enligt injekteringsklass IK1. Tätningsutförandet kan omöjligt leda till att täthetskrav TK3 uppfylles. Hela utförandet strider mot föreskrivet utförande enligt dokumentet Typinjektering. I detta anges att max skärmlängd är 25 m och hålavstånd är $\leq 2,5$ m. I ritningarna över Station Haga anges att förinjektering med långa hål ska utföras i taket. Maximal hållängd 35 m. Hålavstånd 3 m. Injektering utföres i en omgång.

Station Haga, Stationsrum, Injektering

Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Kravet innebär att IK3 ska tillämpas. I en skärm ska sålunda minst två injekteringsomgångar utföras.

Utförande enligt redovisad injekteringsritning uppfyller inte ens ett utförande enligt IK1. Tätningsutförandet kan omöjligt leda till att täthetskrav TK3 uppfylles. Kontroll av tätningresultatet kan ej utföras fortlöpande utan först när injekteringen är utförd till en omslutande tätzon. I det skedet kan inga åtgärder vidtagas om mätningarna visar för stor inläckning. Detta innebär att Trafikverkets krav i Tunnel 11, att observationer och kontroller ska ligga till grund för att verifiera successivt uppnådd och slutlig täthet, har åsidosatts.

Station Haga, Mellanplan, Injektering

Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Kravet innebär att IK3 ska tillämpas. I en skärm ska sålunda minst två injekteringsomgångar utföras.

Det på ritningen redovisade injekteringsutförandet uppfyller inte ens ett utförande enligt typinjekteringsklass 1. Ritning E04-17-300-0500-680 Uppgång Handelshögskolan visar att ridåinjektering ej utförts i läge för påslag för mellanplan.

Förinjektering av tak och övre del vägg och därefter utsprängning av galleri medför okontrollerad inläckning i galleribotten, vilket är oförenligt med gällande täthetskrav.

Hålavstånd ≤ 4 m vid injektering vägg och tak och ≤ 5 m vid botteninjektering. Det förklaras ej varför dessa hålavstånd ska tillämpas. Ej heller förklaras hur botteninjektering ska utföras.

Injekteringsutförandet är bristfälligt beskrivet.

Station Haga, Uppgång Handelshögskolan, Injektering

Ritningen är bristfällig och beskriver inget injekteringsutförande.

Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Kravet innebär att IK3 ska tillämpas. Detta innebär bl.a. att kontroll av tätningresultat ska utföras med hjälp av kontrollhål.

Det framgår ej vilka sektionslängder som gäller. Ej heller framgår hur en föreskrift om "eventuell vattenförlustmätning" ska uppfattas (jämför föreskrifter på ritning E04-17-300-0600-590 där täthetskrav IK1 gäller)

Beskrivningen behöver kompletteras, gärna också med plushöjd på förmodad bergöveryta.

Tryckutjämningschakt S7, Injektering

Ritningen visar injektering enligt IK2. Täthetskravet är TK3 vilket innebär att IK3 ska tillämpas. Detta innebär kontroll av tätningresultatet med hjälp av kontrollhål efter injektering av andra omgången.

Ritningen kompletteras med läge för kontrollhålen och ändring av punkt 3 i Föreskrifter.

Ventilationsschakt V2, Injektering

Trafikverkets täthetskrav är TK1 (5-8 l/min, 100 m tunnel). Kravet innebär att IK1 ska tillämpas.

Det framgår ej vad som menas med "sektionslängd motsvarande max injekteringslängd". Förtydligande behövs. Det vore också av värde att ange ungefärlig plushöjd förmodad bergöveryta.

Servicetunnel Haga, Förskärning, Injektering

Trafikverkets täthetskrav är TK2 (2-5 l/min, 100 m tunnel). Kravet innebär att IK2 ska tillämpas (två injekteringsomgångar).

Max injekteringstryck under 5 m är angivet till 1,5 MPa. Stor risk för jacking föreligger.

Ett alternativ till föreskrivet utförande av botteninjektering är att utföra botteninjekteringen som för tunnel i två omgångar med split spacing.

Servicetunnel Haga, Bergtunnelpåslag, Injektering

Trafikverkets täthetskrav är TK2 (2-5 l/min, 100 m tunnel). Kravet innebär att IK2 ska tillämpas. I en skärm ska sålunda minst två injekteringsomgångar utföras.

Ritningen visar ett tätningsutförande enligt IK1.

Ändringslogg

Version	Datum	Ändring	Godkänt av

Bilaga: GK3 Granskningsprotokoll

Entreprenad:	Delområde:	Datum:
Skede:	Ämnesområde:	
Delprojektledare:	Granskat av:	Befattning:

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
01	7.5.1	5.1 Tabell 24	IK1 och anpassad IK1 anges. För en 20 m lång sträcka anges IK3. Täthetsklass TK2 och TK3 gäller och därmed IK2 och IK3.	3		
02	7.5.1	Tabell 25	IK1 och anpassad IK1 anges. Täthetsklass TK3 gäller. Injektering ska då utföras i IK3.	3		
03	7.5.1	Tabell 26	IK1 och anpassad IK1 anges. Täthetsklass TK1 och därmed IK1 gäller till 459+920. Därefter gäller TK3 och IK3.	3		
04	7.5.1	Tabell 27	Anpassad IK1 anges. Täthetsklass TK2 gäller och därmed IK2.	3		
05	7.5.1	Tabell 28	IK1 och anpassad IK1 anges. TK2 och TK3 gäller och därmed IK2 och IK3.	3		
06	7.5.1	Tabell 29	IK1 och anpassad IK1 anges. TK3 gäller och därmed IK3.	3		
07	7.5.1	Tabell 30	Anpassad IK1 anges. TK3 gäller och därmed IK3.	3		
08	7.5.1	Tabell 31	IK1 anges. TK3 gäller och därmed IK3.	3		
09	7.5.1	Tabell 32	IK1 anges. TK3 gäller och därmed IK3.	3		
10	7.5.1	Tabell 33	IK1 anges. TK3 gäller och därmed IK3.	3		
11	7.5.1	Tabell 34	IK1 och anpassad IK1 anges. TK1 och TK3 gäller och därmed IK1 och IK3.	3		
12	7.5.1	Tabell 35	IK1 och anpassad IK1 anges. TK3 gäller och därmed IK3.	3		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
13	7.5.1	Tabell 37	IK1 och anpassad IK1 anges samt IK3 på sträckan 0/230 – 0/530. TK2 gäller och därmed IK2.	3		
14	6.6.1.1	BBC.14	I TB saknas beskrivning över var, när och hur inläckande vatten ska mätas.	3		
15	6.6.1.1	CBC.611	Det anges att tunneldrivning får utföras till max 150 m från ej färdigställt mätdike. Avståndet är orimligt med hänsyn till att mätning av inläckande vatten fortlöpande måste utföras i takt med framdrift och utförda tätningsåtgärder. Ett mätdike i anslutning till tullgräns måste utföras och vara i funktion så snart tunneldrivningen passerat läget för diket.	1		
16	6.6.1.1	CBC.611	Under rubriken ”Bergschakt vid mätdike i tunnel” anges att: ”Beställaren anvisar läge för mätdike.” Lägen för mätdiken ska framgå av bygghandlingarna.	2		
17	6.6.1.1	CBC.611	Föreskrift saknas om vilka åtgärder som ska vidtagas vid inläckande vatten i salvhål.	2		
18	6.6.1.1	CDD.1	Under rubriken ”Injekteringsutrustning för cementbaserat injekteringsmedel” behandlar texten enbart injekteringspumpar. Det är viktigt att ange krav på hur många pumpar som ska finnas, så att hål med samband kan injekteras samtidigt. Krav ska också ställas på övrig injekteringsutrustning såsom blandare (kolloidkvarn) och mellanlagerskärl. Blandare ska ha ett varvtal som är minst 1 750 varv/min. Till varje pump ska finnas ett mellanlagerskärl.	1		
19	6.6.1.1	CDD.1	Under rubriken Vattenförlustmätning anges att: ”Resultat från vattenförlustmätning efter injektering ska lämnas till beställaren inom 1 timme efter utförande. Resultatet ska utgöra underlag för beställarens beslut om fortsatt bergschakt.” Det ska framgå av bygghandlingarna vilket vattenförlustvärde som på aktuell sträcka verifierar att täthetskravet är uppfyllt. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska det framgå av bygghandlingarna vilka ytterligare tätningsåtgärder som ska vidtagas.	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
20	6.6.1.1	CDD.1	<p>Under rubriken "Förundersökning av injekteringsmedel" anges att: "Förundersökningen ska utföras med blandningsutrustning av samma typ och med samma effekt som avses användas vid kommande injekteringsarbeten."</p> <p>Förundersökningen ska utföras med <u>samma</u> blandningsutrustning som avses användas vid kommande injekteringsarbeten.</p>	1		
21	6.6.1.1	CDD.1	<p>Det är viktigt att en förundersökning resulterar i bruksblandningar med så bra egenskaper som möjligt. För detta krävs att riktvärden, baserade på egenskaper som uppnåtts med bra utrustning (blandare) och bra recept, anges. Detta gäller speciellt för filterpump, som också används vid den fortlöpande provningen.</p>	2		
22	6.6.1.1	CDD.1	<p>Under rubriken "Fortlöpande kontroll av injekteringsmedel" anges att: "Beställaren beslutar om toleranser (gränsvärden) inför fortsatt fortlöpande kontroll baserat på resultat från förundersökning."</p> <p>Vid den fortlöpande provningen ska samma resultat uppnås som vid godkänd förprovning (filterpump).</p>	2		
23	6.6.1.1	CDD.1	<p>Under rubriken "Injekteringstryck" anges att: "Injektering ska efter uppnådd halfyllnad inledas med ett högt flöde tills angivet injekteringsövertryck (designtryck) uppnåtts. Tryck ska därefter hållas konstant under resterande injekteringstid."</p> <p>Konsekvensen av föreskriven injektering är att vissa sprickkanaler jackas (utvidgas) varigenom bruksblandningen okontrollerat sprids utanför planerad tätzon. En annan konsekvens är att det vid öppningen till små sprickkanaler bildas filtreringskakor som förhindrar tätning av de små kanalerna. I den aktuella berggrunden med föreliggande höga till mycket höga täthetskrav är det av största vikt att små sprickkanaler tätas.</p> <p>Det är därför viktigt att injekteringsutförandet tidigt utvärderas med avseende på tecken på skadlig jacking, stoppkriterier, maxvolym och tätningsresultat.</p>	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			Krav på utvärdering och hur den ska göras ska framgå av Kontrollprogram.			
24	6.6.1.1	CDD.1	Under "Anpassat injekteringsutförande" anges att Injekteringsklass 1 ska tillämpas. Trafikverkets täthetskrav är TK3, vilket innebär att Injekteringsklass 3 ska tillämpas.	3		
25	6.6.1.1	CDD.1	Kontrollplan för kontroll av erhållen täthet med lägen för mätvallar etc saknas. Tullgränser saknas.	2		
26	6.6.1.1	CDD.111	Stoppkriterier i form av maximal volym ska korrigeras, för att minska risken för skadlig omgivningspåverkan.	2		
27	6.6.1.1	CDD.131	Text saknas.	1		
28	6.6.1.1	CDD.14	Under rubriken "Borrning för injektering" anges tillåtna avvikelser. Ska underkända hål ersättas med nya hål?	1		
29	6.6.1.1	CDD.14	Vid vertikala schakt där TK3 gäller ska Injekteringsklass 3 tillämpas. Kontroll av täthet ska utföras. Komplettera med erforderlig text.	2		
30	6.6.1.1	CDD.141	Under "Ridåinjektering förskärning" anges att: "Omfattning beslutas av beställaren. Beslut om eventuell Omgång 3 tas av beställaren baserat på injekteringsmedelsåtgång i Omgång 2." Projektören, inte beställaren, ska föreskriva åtgärder med hänsyn till täthetsklass och vilka kontroller som ska utföras för att verifiera att erforderlig tätning utförts.	2		
31	6.6.1.1	CDD.141	Ridåinjektering förskärning. Redovisad text och tabell korrigeras och kompletteras.	2		
32	6.6.1.1	CDD.141	Ridåinjektering vertikala schakt. Redovisad text och tabell korrigeras och kompletteras.	2		
33	6.6.1.1	CDD.141	Botteninjektering förskärning. Det är projektören och inte beställaren som föreskriver åtgärder och kontroll. Texten korrigeras och kompletteras.	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
34	6.6.1.1	CDD.141	Ridåinjektering vid mätdike. Var beskrivs hur ett mätdike ska utföras? Omöjligt kommentera ridåinjektering utan beskrivning av mätdike.	2		
35	6.8.1.1	Blad 011	Vid dubbelspårstunnel och parallell servicetunnel ska båda tunnlarna injekteras så att varje tunnel har en omslutande tätzon.	2		
36	6.8.1.1	Blad 012	Vid dubbelspårstunnel och parallell servicetunnel ska båda tunnlarna injekteras så att varje tunnel har en omslutande tätzon.	2		
37	6.8.1.1	Blad 013	Vid dubbelspårstunnel och parallell servicetunnel ska båda tunnlarna injekteras så att varje tunnel har en omslutande tätzon. Lägen för kontrollhål ska visas på sektionerna.	2		
38	6.8.1.1	Blad 501	Täthetskrav är TK3 och IK3 gäller. Kontrollhål ska utföras i varje skärm. Ritningen kompletteras med symbol för kontrollhål och hålens lägen ritas in på tvärsektionerna.	2		
39	6.8.1.1	Blad 510	Ritningen visar en anpassad IK1. Täthetskrav är TK3. Kravet innebär att IK3 ska tillämpas.	3		
40	6.8.1.1	Blad 530	Ritningen visar en anpassad IK1. Täthetskrav är TK2. IK2 ska utföras i varje skärm.	3		
41	6.8.1.1	Blad 550	Ritningen visar en anpassad IK1. Täthetskrav TK3 gäller och därmed IK3.	3		
42	6.8.1.1	Blad 560	Ritningen visar utförande enligt IK2. Täthetskrav TK3 gäller och därmed IK3. Kontrollhål ska utföras i varje skärm. Lägen och längd på kontrollhålen ritas in.	2		
43	6.8.1.1	Blad 570	Ritningen visar utförande enligt IK1. Täthetskrav är TK2 och TK3. Kraven innebär att minst två injekteringsomgångar ska utföras (IK2 – IK3).	3		
44	6.8.1.1	Blad 630	Ritningen visar utförande enligt IK1. Täthetskrav är TK3. IK3 ska tillämpas.	3		
45	6.8.1.1	Blad 650	Täthetskrav är TK3, d.v.s. IK3 ska tillämpas. Injekteringsutförandet på ritningen uppfyller inte ens IK1.	3		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
46	6.8.1.1	Blad 660	Täthetskrav är TK3, d.v.s. IK3 ska tillämpas. På ritningen redovisat injekteringsutförande uppfyller inte ens IK1.	3		
47	6.8.1.1	Blad 670	Täthetskrav TK3. Injekteringsklass IK3 gäller. Utförande enligt ritning uppfyller inte ens ett utförande enligt IK1.	3		
48	6.8.1.1	Blad 680	Ritningen är bristfällig och beskriver inget injekteringsutförande. Täthetskrav är TK3 vilket innebär att IK3 ska tillämpas.	3		
49	6.8.1.1	Blad 710	Ritningen visar injektering enligt IK2. Täthetskravet är IK3 vilket innebär att IK3 ska utföras. Lägen för kontrollhål ritas in och punkt 3 i Föreskrifter ändras.	1		
50	6.8.1.1	Blad 590	Täthetskravet är TK1 vilket innebär IK1. Det framgår ej vad som menas med sektionslängd motsvarande max injekteringslängd. Förtydligande behövs. Det vore också av värde att ange ungefärlig plushöjd på förmodad bergövertya.	1		
51	6.8.1.1	Blad 610	Ritningen visar injektering enligt IK1. Täthetskrav är TK2. IK2 ska tillämpas. Max injekteringsstryck under 5 m är angivet till 1,5 MPa. Stor risk för jacking föreligger. Att utföra botteninjektering ingår i IK2 som förinjektering. Genom att utföra botteninjektering med underdel av skärm före bergschakt förenklas arbetet.	2		
52	6.8.1.1	Blad 611	Ritningen visar injektering enligt IK1. Täthetskravet är TK2 vilket innebär injektering enligt IK2 (två omgångar).	2		
53	E04-17-025-0500-0013		Angiven max volym bör reduceras till 100 l med hänsyn till risken för skadlig spridning av injekteringsbruk. Det är viktigt med övervakning under injekteringen, med hänsyn till risken för jacking. Detta ska skrivas in i Kontrollprogram för tunneldrivning.	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			Påståendet att det inte föreligger något behov av kontroll av täthet är ogrundat. I aktuell injekteringsklass IK3 ska kontroll utföras i varje skärm.			
54	E04-17-013-0500-1004		<p>Eftersom täthetskravet TK3 gäller även under byggtiden är temporär injektering oacceptabel.</p> <p>Eftersom permanent injektering utanför slutgiltig bergkontur inte kan slutföras förrän botten tätats, måste förinjektering vid successivt berguttag av galleri (pilot och strossar) omfatta såväl väggar, tak som temporär botten. På samma sätt får vid pallsprängning detta ske först när tätning av underliggande pall utförts.</p> <p>Beskrivet utförande är absolut nödvändigt för att kontroll av tätningsresultat successivt ska kunna utföras. Vid behov utföres erforderlig kompletterande tätning.</p> <p>Den beskrivning av injekteringsutförande som fortsatt redovisas i Bilaga 6 visar att den injekteringsklass IK3 som ska tillämpas vid täthetsklass TK3 inte beaktas. Beskrivningen pekar snarast på tillämpning av en anpassad men bristfällig IK1.</p>	3		

* Förklaringar till *Klassificering*:

1. - mindre allvarlig, kan åtgärdas i ny leverans
2. - allvarlig, ska åtgärdas i ny leverans
3. - mycket allvarlig, separat möte ska hållas för fortsatt arbete