

Projektnamn

Västlänken och Olskroken planskildhet

Dokumenttyp

PM

Ärendenummer**Skapad av**

Kai Palmqvist

Filnamn

GK3 Tätning Korsvägen 2017

Godkänt av**Godkänt datum**

2017-04-12

Version

1.0

Prefix**Dokumenttitel**

GK3-granskning Tätning E05 Korsvägen

Skede Förfrågningsunderlag

Innehåll

1 Utförd GK3-granskning	4
1.1 Granskade handlingar i FU	4
1.2 Granskade handlingar ej i FU	5
2 Granskningskommentarer till Tekniskt PM Bergteknik.....	6
2.1 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 1, Linjen Version A.....	6
2.2 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 2, Station Korsvägen.....	9
2.3 Teknisk PM Bergteknik Bilaga 3, Servicetunnel 206 Korsvägen Version A	13
2.4 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 4, Servicetunnel 207 Liseberget	15
2.5 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 5, Vertikala schakt.....	17
2.6 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 6, Påslag och passage under E6.....	19
2.7 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 7, Passage under Gårdatunneln Version A	21
2.8 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 8, Servicetunnel 209 Skår.....	24
2.9 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 9, Påslag Almedal Version A	26
2.10 Sammanfattande kommentarer	28
3 Granskningskommentarer till Bergteknisk prognos Version B	30
4 Granskningskommentarer till Teknisk Beskrivning Bergtunnel, Version: B	37
4.1 BBC.14 Hydrogeologisk undersökning	37
4.2 CBC Bergschakt.....	38
4.3 CDD.1 Injektering.....	38
4.4 CDD.11 Förinjektering.....	41
4.5 CDD.14 Ridåinjektering.....	46
4.6 CDD.141 Ridåinjektering med cementbaserat injekteringsmedel	47
5 Granskningskommentarer till Ritningar Injektering	49
5.1 Blad 011 Typinjektering Injekteringsklass 1	49
5.2 Blad 012 Typinjektering Injekteringsklass 2.....	49
5.3 Blad 013 Typinjektering Injekteringsklass 3.....	49
5.4 Blad 701 Anpassad sträcka, Spårtunnel.....	49
5.5 Blad 110 Station Korsvägen, Tullgränser	50
5.6 Blad 510 Servicetunnel 206 Korsvägen, Påslag.....	50
5.7 Blad 511 Servicetunnel 206 Korsvägen.....	50
5.8 Blad 520 Servicetunnel 207 Liseberget, Påslag	50
5.9 Blad 521 Servicetunnel 207 Liseberget	51
5.10 Blad 571 Station Korsvägen, Påslag Liseberget i öst.....	51
5.11 Blad 580 Station Korsvägen, Östra trumpeteten	51
5.12 Blad 591 Station Korsvägen	52
5.13 Blad 600 Tryckutjämnings- och uteluftsschakt Liseberg.....	52
5.14 Blad 611 Station Korsvägen, Påslag Landeriet	52
5.15 Blad 620 Station Korsvägen, Stationsrum	52
5.16 Blad 640 Station Korsvägen, Fläktrum	52
5.17 Blad 650 Station Korsvägen, Mellanplan	53
5.18 Blad 660 Station Korsvägen, Uppgång Renströmsparken	53
5.19 Blad 670 Station Korsvägen, Västra trumpeteten.....	54
5.20 Blad 680 Station Korsvägen, Tryckutjämningschakt väst	54
5.21 Blad 540 Passage under Gårdatunneln.....	54

5.22 Blad 550 Servicetunnel 209 Skår, Påslag	54
5.23 Blad 551 Servicetunnel 209 Skår.....	55
5.24 Blad 560 Påslag Almedal	55
6 Sammanfattande kommentarer till Tekniskt PM, Bergteknik, Bergteknisk prognos, Teknisk beskrivning och ritningar.....	56
Ändringslogg	57
Bilaga: GK3 Granskningsprotokoll	58

1 Utförd GK3-granskning

GK3-granskning Tätning har utförts på handlingar med status Förfrågningsunderlag för E05 Korsvägen daterad 2016-09-14 med revisionsdatering fram till och med 2017-03-22.

Granskning har även utförts av några handlingar som ej ingår i förfrågningsunderlaget men som ger underlag för granskningen.

1.1 Granskade handlingar i FU

Nr	Handling	Filnamn	Datum	Rev.	Rev. datum
	TYPINJEKTERING, INJEKTERINGSKLASS 1	E00-17-300-0000-011	2016-09-14	A	2017-03-15
	TYPINJEKTERING, INJEKTERINGSKLASS 2	E00-17-300-0000-012	2016-09-14	A	2017-03-15
	TYPINJEKTERING, INJEKTERINGSKLASS 3	E00-17-300-0000-013	2016-09-14	A	2017-03-15
6.6.1.1	Teknisk Beskrivning Bergtunnel	E05-00-010-0000-0005	2016-09-14	B.4	2017-01-25
6.8.1.1	Ritningsförteckning Bergteknik och ritningar	E05-17-020-0000-0001	2016-09-14	A	2017-01-25
	ANPASSAD STRÄCKA KORSVÄGEN, SPÅRTUNNEL INJEKTERING	E05-17-300-0600-701	2016-09-14		
	STATION KORSVÄGEN , TULL- GRÄNSER BERGFÖRSTÄRKNING	E05-17-110-0700-110	2016-09-14	A.2	2017-03-15
	SERVICETUNNEL 206 KORSVÄGEN, PÅSLAG, INJEKTERING	E05-17-300-0700-510	2016-09-14	A	2017-01-25
	SERVICETUNNEL 206 KORSVÄGEN, INJEKTERING	E05-17-300-0700-511	2016-09-14	A	2017-01-25
	SERVICETUNNEL 207 LISEBERGET, PÅSLAG, INJEKTERING	E05-17-300-0700-520	2016-09-14	A	2017-01-25
	SERVICETUNNEL 207 LISEBERGET, PÅSLAG, INJEKTERING	E05-17-300-0700-521	2016-09-14	A	2017-01-25
	STATION KORSVÄGEN, PÅSLAG LISEBERGET ÖST, INJEKTERING	E05-17-300-0700-571	2016-09-14	B.3	2017-03-15
	STATION KORSVÄGEN, ÖSTRA TRUMPETEN, INJEKTERING	E05-17-300-0700-580	2016-09-14	B.3	2017-03-15
	STATION KORSVÄGEN, PÅSLAG LISEBERGET VÄST, INJEKTERING	E05-17-300-0700-591	2016-09-14	B.1	2017-01-25
	TRYCKUTJÄMNINGS- OCH UTELUFTSSCHAKT LISEBERGET, INJEKTERING	E05-17-300-0700-600	2016-09-14	A	2017-01-25
	STATION KORSVÄGEN, PÅSLAG LANDERIET, INJEKTERING	E05-17-300-0700-611	2016-09-14	B.1	2017-03-15
	STATION KORSVÄGEN, STATIONS- RUM, INJEKTERING	E05-17-300-0700-620	2016-09-14	B.2	2017-03-15
	STATION KORSVÄGEN, FLÄKTRUM, INJEKTERING	E05-17-300-0700-640	2016-09-14	B.1	2017-03-15
	STATION KORSVÄGEN, MELLAN- PLAN, INJEKTERING	E05-17-300-0700-650	2016-09-14	B.2	2017-03-15
	STATION KORSVÄGEN, UPPGÅNG RENSTRÖMSPARKEN, INJEKTERING	E05-17-300-0700-660	2016-09-14	B.1	2017-03-15

	STATION KORSVÄGEN, VÄSTRA TRUMPETEN, INJEKTERING	E05-17-300-0700-670	2016-09-14	A	2017-01-25
	STATION KORSVÄGEN, TRYCK-UTJÄMNINGSSCHAKT VÄST, INJEKTERING	E05-17-300-0700-680	2016-09-14	B.1	2017-03-15
	PASSAGE UNDER GÅRDATUNNEL, INJEKTERING	E05-17-300-0800-540	2016-09-14	A	2017-01-25
	SERVICETUNNEL 209, PÅSLAG, INJEKTERING	E05-17-300-0800-550	2016-09-14	A	2017-01-25
	SERVICETUNNEL 209 SKÅR, PÅSLAG INJEKTERING	E05-17-300-0800-551	2016-09-14	A	2017-01-25
	PÅSLAG ALMEDAL, INJEKTERING	E05-17-300-0900-560	2016-09-14	A	2017-01-25
7.5.1	Bergteknisk prognos	E05-17-025-0000-0500	2016-09-14	B.1	2017-03-22
7.5.1.1	Bilaga 1 – Figurer	E05-17-013-0000-0501	2016-09-14	B	2017-03-15

1.2 Granskade handlingar ej i FU

Nr	Handling	Filnamn	Datum	Rev.	Rev. datum
	Tekniskt PM Bergteknik, Huvudrapport Korsvägen	E05-17-025-0000-0002	2016-09-14		
	Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 1, Linjen	E05-17-025-0000-0001	2016-09-14	A.1	2017-03-22
	Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 2, Station Korsvägen	E05-17-013-0700-1001	2016-09-14	A.4	2016-09-14
	Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 3, Service tunnel 206 Korsvägen	E05-17-025-0700-0001	2016-09-14	A.2	2016-03-22
	Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 4, Service tunnel 207 Liseberget	E05-17-025-0700-0002	2016-09-14		
	Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 5, Vertikala schakt	E05-17-025-0700-0004	2016-09-14		
	Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 6, Påslag och passage under E6	E05-17-025-0800-0003	2016-09-14	A.3	2017-03-22
	Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 7, Passage under Gårdatunneln	E05-17-025-0800-0002	2016-09-14	A.3	2017-03-22
	Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 8, Servicetunnel 209 Skår	E05-17-025-0800-0001	2016-09-14		
	Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 9, Påslag Almedal	E05-17-025-0900-0001	2016-09-14	A.2	2017-03-22

Granskningskommentarer lämnas till:

- Tekniskt PM Bergteknik
- Bergteknisk prognos Version B
- Teknisk beskrivning Bergtunnel Version B
- Ritningar Bergteknik Injektering

I Bilaga: GK3 Granskningsprotokoll lämnas kommentarer och klassificering.

2 Granskningskommentarer till Tekniskt PM Bergteknik

2.1 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 1, Linjen Version A

Under **1 Inledning, 1.1 Allmänt** anges att denna PM redovisar projekteringsmetodik och verifiering av bergtunnlars bärande huvudsystem och tätning mot inläckande vatten för spårtunnel och parallell service-tunnel inom entreprenad Korsvägen. Projekteringen avser förstärkningssystem, injektering, kontroll och tunneldrivningsrestriktioner.

Vidare anges att resultat i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram.

Under **2 Förutsättningar, 2.1 Underlag** anges för typinjekterng av bergkonstruktioner, se:

E00-17-025-0000-0104-Typinjektering

För krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

Diarienummer: TRV 2016/3151

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Under **2.2 Antaganden och avgränsningar** anges att denna PM omfattar linjen, spårtunnel samt parallell servicetunnel i berg mellan km 460+000 – 462+553 exklusive följande sträckor i spårtunnelns längdmätning:

- Passage undermarksanläggning km 460+287 – 460+340
- Station Korsvägen km 460+615 – 461+279
- Påslag E6 km 461+542 – 461+583
- Passage under Gårdatunneln km 461+583 – 461+620
- Servicetunnel 209 Skår km 462+198 – 462+220
- Påslag Almedal km 462+440 – 462+553

Vidare anges att designen som redovisas i denna PM gäller för bergschakt, förstärkning och injektering av bergdelar som presenteras i avsnitt 6 som omfattas av bergklass I – IV och därmed typlösningar.

Projekteringen avser tunnelstabilitet och huvudsystemets bärförmåga.

Projekteringsrapporten avser även tätning av bergtunneln genom injektering och drivningsrestriktioner.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Vidare anges att projekteringsmetodiken för injektering beskrivs närmare i *E00-17-025-0000-0104 Typinjektering*.

Under **3.2 Hydrogeologi, 3.2.1 Område väster om Station Korsvägen** anges att hydraulisk konduktivitet för bergmassor mellan svaghetszoner är $0,4 \cdot 10^{-7} - 2 \cdot 10^{-7}$ m/s och berg i svaghetszoner $0,2 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-6}$ m/s enligt systemhandlingen.

Under **3.2.2 Område öster om Station Korsvägen** anges att i Almedalsberget vid Skår är den hydrauliska medelkonduktiviteten runt $K \approx 5 \cdot 10^{-7}$ m/s. Konduktiviteten för friktionsmaterialet i höjd med Påslag Almedal bedöms vara $5 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Under **5 Problemanalys** anges att grundvattenberoende byggnader förekommer, främst i de mer låglänta områdena med stora jorddjup längs den aktuella sträckningen. Längs Mölndalsåns dalgång och i sänkor förekommer sättningsbenägen lera. Det förekommer också energibrunnar längs den aktuella sträckan vilka kan påverkas negativt av grundvattensänkning genom minskad möjlighet till energiutbyte. Dessa frågor är relaterade till grundvattensänkning och hanteras genom tätning av berget med injektering.

Projekteringen avser tunnelstabilitet samt tätnings- och drivningsrestriktioner för att uppfylla omgivningskrav avseende vibrationer, sättningar, grundvattenpåverkan och dylikt.

Dubbelspårs- och servicetunneln drivs med konventionella metoder och med typlösningar avseende förstärkning och injektering. Resterande delar som projekteringen tar hänsyn till är:

- Teknikplatser, breddning av tunnel och förhöjning i tak
- Nischer
- Pumpstation, nedsänkt magasin

Under **8 Injektering** anges att injektering för linjen ska utföras enligt dokument *E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering*. I de fall specifika lösningar ska dimensioneras anges detta i separata Tekniskt PM Bergteknik enligt avsnitt 2.2.

Under **8.1 Krav på täthet** anges att det högsta kravet på täthet är preliminärt mellan km 460+000 – 460+440 samt mellan km 461+620 – 462+200. För dessa sträckor är kravet på slutgiltigt inläckagekrav i storleksordningen 2 l/min, 100 m tunnel. Övrig sträcka för linjen har preliminärt medelhöga krav vilket innebär i storleksordningen 2-5 l/min, 100 m tunnel.

Under **8.2 Linjen** anges att med beaktande av typinjekteringsskärmarnas stick på 6 meter ska en samverkande injekterad zon eftersträvas för spår- och servicetunnel. Detta innebär att del av mellanliggande bergpelare ej injekteras utan slutgiltigt tätat område inkluderar båda tunnlarna.

Kommentar:

Att injekteringsskärmarna har ett stick på 6 m vid utförande av en första injekteringsomgång säger inget om vilken omfattning den tätade zonen har i början av skärmen. Därför ska båda tunnlarna injekteras enligt typlösning. Detta är viktigt med hänsyn till att kontroll av uppnådd täthet ska göras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om kontrollen visar att uppnådd täthet ej uppfyller gällande krav ska en andra injekteringsomgång utföras. Enligt Typinjektering har denna omgång ett stick på 4 m.

Dessutom ska en omslutande tätzon av vardera tunneln vara utförd så att erforderlig bergbultning kan utföras i tätat berg.

Under **8.3 Avvikande geometrier** anges att vid avvikande geometrier såsom breddningar, pumpgropar och mötesplatser ska antalet injekteringshål anpassas till föreskriven Injekteringsklass med innehållande av krav på hålavstånd, överlapp och hållängd.

Under **8.4 Teknikplats** anges att servicetunneln har en breddad sektion i de lägen som utrymningsvägar ska utföras. Detta medför en kvarstående bergpelare på ca 6 meter. Med beaktande av detta ska injekteringskärmarna för dubbelspårs- och servicetunnel utföras för att täcka in och täta även kring utrymningsvägen.

Under **8.5 Pumpstation Gårda** anges att injektering för slutgiltig bergkontur ska utföras samtidigt som injektering av pumpstationens övre del.

Under **8.6 Permanenta gavlar** anges att för permanent kvarstående gavlar ska injektering av fronten, så kallad stuffinjektering, utföras för att minska risk för kvarstående läckage genom gavelytan. Injekteringshål ska placeras jämnt i gaveln och injektering ska utföras så att teoretisk inträngning erhålls mellan injekteringshålen enligt design i *E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering*.

Under **9 Slutsats och rekommendationer, 9.1 Underlag till Förfrågningsunderlag/Bygghandling** anges att stuffinjektering utförs i två rader med ett c/c på 2-2,5 meter. Exakt hålavstånd anpassas till aktuell bredd på sektioner.

Kommentar:

Med hänsyn till att det under **1.1 Allmänt** anges att resultaten i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram är det anmärkningsvärt att denna PM inte anger injekteringsutförande (val av Injekteringsklass) vid de av Trafikverket angivna täthetskraven som ska gälla längs Linjen vid projektering.

Trafikverket har föreskrivit att när injekteringen utförs enligt Injekteringsklass I, med en injekteringsomgång, så ska kontrollhål och vattenförlustmätning utföras för att kontrollera uppnådd täthet. Är inte täthetskravet uppfyllt så övergår utförandet i Injekteringsklass III med en andra injekteringsomgång följt av täthetskontroll.

Det är vidare anmärkningsvärt att inget nämns om kontrollprogram. Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges bl.a. att projekteringen är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11. Enligt TRVK Tunnel 11 ska vid projektering bl.a. anges:

- 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.

Beträffande utförande av s.k. stuffinjektering så får självklart inte sista injekterings-skärm sluta vid stuff. Genom att anpassa skärmlängder så att skärm mot gavel passerar gaveln med föreskrivet överlapp behövs ingen separat stuffinjektering. I skärmen kan ingå extra hål för att säkerställa täthet i gaveln.

Vad som anges under 8.6 och 9.1 beträffande stuffinjektering är inte förenligt.

2.2 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 2, Station Korsvägen

Under **1 Introduction, 1.1 Object** anges:

The project Västlänken involves the construction of the railway stations Centralen, Haga and Korsvägen as well as the track tunnels connecting the stations. The present report deals with the design of the underground station of Korsvägen for the chainage of km 460+600 to km 460+976 and km 461+116 to km 461+279. The station Korsvägen is divided in a section which is excavated by drill-and-blast advance and a cut-and-cover section. The present report only deals with the tunnels and caverns excavated by drill-and-blast advance.

Under **1.2 Limitations** anges:

The geotechnical tender design documented in this report covers the excavation sections and sequence, the rock support measures, the loads of the concrete pillars and the grouting of the rock for the station tunnels, related caverns and the trumpet tunnel section of the station Korsvägen excavated in rock between chainage of km 460+600 to km 460+976 and km 461+116 to km 461+279. The access tunnels and the eastern access shaft are not part of this rock design report.

Under **3 Problem analysis** anges:

The excavation takes place below the groundwater table which is located approximately at the rock surface. Therefore it is important to grout the rock around the excavation before blasting in order to prevent a water inflow and drainage of the rock mass. The grouting in the weakness zone is of particular interest. Since the weakness zones are expected to be filled with clay, the grouting in the weakness zone has to be studied carefully.

Under **4.6 Hydrogeologi och grundvatten** anges att vid Korsvägen och norrut förekommer troligen två horisontellt separata eller delvis separerade grundvattenmagasin i jord. Kontaktväg finns vid uppstickande berg. Det övre magasinet kan vara känsligt för påverkan. I övrigt förekommer ett horisontellt grundvattenmagasin i jord.

Ett generellt grundvattenflöde sker från dalgången söder och sydväst om området vid Korsvägen mot N-NV. Större delen av flödet sker på djup nivå, nära bergytan. Grundvattennivåerna är relativt stabila, utan fluktuationer och utan större årstidsvariation.

Vid Eklandagatan/Kristinehöjdsgratan finns ytterligare en med Södra Vägens dalgång parallell svacka som ansluter till Södra Vägens sänka omedelbart söder om Korsvägen. I svackan finns ett undre magasin i friktionsjord, beskrivet som huvudsakligen siltig sand, med mäktighet om ca 2 m i söder, respektive 6 m i norra delen av Carlandersplatsen.

Sammanfattningsvis kan sägas att den vattenförande förmågan i undre magasin vid Korsvägen är liten till måttligt stor, medan den tillgängliga grundvattenbildningen är liten. Detta kan medföra mycket stor omgivningspåverkan även vid relativt liten grundvattenbortledning. Det förekommer objekt med särskilt

skyddsvärde i närområdet vars känslighet för grundvattensänkning är stor, vad avser såväl övre som undre magasin.

Under **11 Grouting, 11.2 Krav på täthet** anges att krav på maximalt inläckage till område Station Korsvägen Väst är preliminärt maximalt inläckage i driftskedet 100 l/min. I denna del ingår förutom Station Korsvägen mellan km 460+660 – 461+000 med tillhörande schakt och påslag även Servicetunnel Korsvägen.

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Täthetskravet på den aktuella sträckan är Täthetsklass 3, vilket innebär 2 l/min och 100 meter tunnel. Kravet gäller såväl under utförande som i färdig anläggning.

Under **11.3 Specifik injektering** anges att injektering ska utgå från framtagen injekteringsmetodik i *Eoo-17-025-0000-0104 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 utförs i princip enligt Typinjekteringskonceptet medan den temporära syftar till att inga större inflöden och/eller gradienter verkar under byggtiden. Utformning av den temporära injekteringen styrs av:

- Uttagsriktning jämfört med prognosticerade riktningar på de mest vattenförande strukturerna
- Krav på tillåtet inläckage
- Uppföljning av uppmätt inläckage mot prognosticerat inläckage.

För gynnsamma förhållanden ska den temporära injekteringen kunna utföras med en glesare skärm med ökat c/c-avstånd i syfte att tätas de mest vattenförande strukturerna. Vid mindre gynnsamma förhållanden utförs den temporära injekteringen med en skärm motsvarande permanent injektering. All bergmassa utanför slutgiltig bergkontur ska tätas med permanent injektering.

Den specifika injekteringen beskriver generella riktlinjer för tätningens arbetena vilka för vissa mer kritiska passager kan specificeras avseende t.ex. placering av stuffläge, maximal hållängd, justering av stick, justering av tryck och tid etc.

Injekteringskärrmar som borrar huvudsakligen subhorisontellt ska eftersträvas så långt det är möjligt. Det innebär dels ett mer effektivt utnyttjande av borrhålen och är gynnsammare med hänsyn till sprickorienteringen. I undantagsfall kommer vertikala eller subvertikala injekteringshål att behöva utföras. Observera att kravet på att undvika helt horisontella borrhål dock gäller för hela stationen.

Vidare anges att injektering ska utföras med syfte att få en tätzon runt slutgiltig ”yttre” bergmassa. Kvarstående pelare och mellanliggande bergpartier ska tätas genom ”omslutande” skärmar. Områden som inte kommer att schaktas bort inom en månad ska injekteras även om de i ett senare skede kommer att schaktas bort.

Arbetstunnel och servicetunnel, anslutningstunnlar mellan teknikutrymmen mm:

Injekteringsutförande i princip enligt typinjektering med följande anpassningar:

- Stick anpassas till närliggande bergutrymmen, redan uttagna bergutrymmen eller tillkommande.
- Områden mellan närliggande tunneldelar kan i vissa fall lämnas oinjekterade.
- Injekteringstryck reduceras med hänsyn till närliggande tunneldelar.

Mellanplan:

Berguttag förutsätts inledas med uttag av galleri där konventionell injekteringsskärm av tak och anfang utförs. Uttag av pallar görs sedan successivt. Ridåinjektering av östra och västra väggen utförs från galleriet. Botten vid mellanplan injekteras innan den lägsta pallen tas ut.

Ventilationsschakt:

Injekteringen utförs som förinjektering från markytan med vertikala hål runt det blivande schaktet. Injekteringen sker etappvis nedifrån och upp.

Spårområde/Plattformsutrymmen:

Plattformsutrymmen planeras att utföras med en central pilottunnel där betongpelare utförs. Därefter tas sidopiloter ut.

Vid drivningen av pilottunnlar utförs förinjektering av tak och övre vägg samt ordinarie förinjektering av botten och väggar. Injekteringen ska även täcka in bergvolymen i tak och botten över/under spårområde. De yttre pilottunnlarna injekteras i botten, yttre vägg samt tak. Injekteringen i tak och botten ska överlappa motsvarande injektering från den centrala piloten. Innan mellanliggande berg tas ut kontrolleras om utförd injektering omsluter hela tvärsnittet. Skärmarna (delar av skärmar) utförs i princip enligt typinjektering.

Delsträckor med central dubbelspårstunnel och enkelspårstunnlar utförs med omslutande injektering och mellanliggande berg kan lämnas oinjekterat. Utförs med konventionella injekteringsskärmar.

Västra Trumpeten:

Östra delen utgörs av central dubbelspårstunnel och enkelspårstunnlar på vardera sidan. Bergpelaren mellan tunnlar injekteras temporärt vid behov. Injekteringsutförande i princip som plattformsutrymmet.

Vid drivningen av tunnlar utförs förinjektering av tak och övre vägg samt ordinarie förinjektering av botten och väggar. Injekteringen ska även täcka in bergvolymen i tak och botten mellan tunnlar. Enkelspårstunnlar injekteras i botten, yttre vägg samt tak.

Övriga bergutrymmen, fläktrum, teknikutrymmen, ventilationsutrymmen, rulltrappor mm:

Injekteringen ska företrädesvis utföras med subhorisontella injekteringskärmar. Mellanliggande avskärmade bergdelar kan lämnas oinjekterade.

Fläktrum mm

Berguttag förutsätts inledas med uttag av galleri där konventionell injekteringskärm av tak och övre del av vägg utförs. Uttag av pallar görs sedan successivt. Ridåinjektering av östra och västra väggen utförs från galleriet. Botten vid mellanplan injekteras innan den lägsta pallen tas ut.

Under **11.3.1 Skärm- och borrhålslayout** anges att skärm- och borrhålslayout ska så långt möjligt följa typinjekteringskonceptet. Det gäller stick, borrhålslängd, överlapp etc. I övrigt kommer stora delar att helt anpassas till aktuell geometri och uttagssekvens.

Under **11.3.3 Injekteringsutförande** anges att det principiella injekteringsutförandet, injekteringsmedel, tryck, stoppkriterier mm ska så långt möjligt följa typinjekteringskonceptet.

Kommentar:

Täthetsklass 3 har av Trafikverket föreskrivits för aktuell sträcka. Täthetskravet avser den sammanlagt tillåtna inläckningen från förekommande tunnlar, bergtrum, nischer, schakt etc. Enligt dokument Typinjektering medför Täthetsklass 3 att förinjektering ska utföras enligt Injekteringsklass 3. Detta innebär att injektering i en skärm utförs i två omgångar följt av kontroll av uppnådd täthet med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt utföres en kompletterande injekteringsomgång.

Av beskrivningen i aktuell bilaga framgår ej att Injekteringsklass 3 ska tillämpas.

Som anges i **11.3 Specifik injektering** är syftet med förinjekteringen att skapa en tätad zon runt bergutrymmen, tunnlar, plattformsutrymmen, ventilationsschakt, tvärtunnlar, ventilationsutrymmen mm.

Det anges vidare 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 all bergmassa utanför slutlig bergkontur ska tätas med permanent injektering.

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

Det anges vidare att injekteringskärmar som borrar huvudsakligen subhorisontellt ska eftersträvas så långt det är möjligt. I undantagsfall kommer vertikala eller subvertikala injekteringshål att behöva utföras.

Enda undantag där subhorisontella kärmar inte kan tillämpas är vid tätning av vertikalschakt.

Den beskrivning av injekteringsutförande som redovisas under **Mellanplan** och **Fläktrum mm** visar att den Injekteringsklass 3 som ska tillämpas vid

Täthetsklass 3 inte beaktas. Beskrivet injekteringsutförande kan omöjligt resultera i att Täthetskrav TK3 innehålls. Redovisat utförande är oacceptabelt.

Injekteringsutförande vid Mellanplan och Fläktrum mm utföres med subhorisontella skärmar och tillämpning av Injekteringsklass 3.

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.

Beskrivning av kontroll av täthet saknas helt.

2.3 Teknisk PM Bergteknik Bilaga 3, Servicetunnel 206 Korsvägen Version A

Under **1 Inledning, 1.1 Allmänt** anges att denna projekteringsrapport redovisar projekteringsmetodik och verifiering av bärande huvudsystem och tätning mot inläckande vatten för Servicetunnel 206 Korsvägen inom entreprenad Korsvägen, Västlänken. Projekteringen avser även drivningrestriktioner och kontroller.

Vidare anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram.

Under **2 Förutsättningar, 2.1 Underlag** anges för typinjektering av bergkonstruktioner, se:

E00-17-025-0000-0104-Typinjektering

För krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

Diarienummer: TRV 2016/3151

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Under **2.2 Antaganden och avgränsningar** anges att projektering av bergtätning styrs av täthetsklass 3 vilket innebär ett tillåtet inläckage på 2 l/min och 100 m tunnel.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Vidare anges att projekteringsmetodiken för injektering beskrivs närmare i *E00-17-025-0000-0104 Typinjektering*.

Under **3.2 Hydrogeologi** anges att i samband med berggrundsgeologiska och bergtekniska undersökningar för Servicetunnel 206 Korsvägen i systemhandlingsskedet borrades och vattenförlustmättes två kärnborrhål. I anslutning till bergtunnelpåslag vid Södra Vägen etablerades kärnborrhål KK627KBH. I den norra delen av servicetunneln, i jämnhöjd med Universitetsbiblioteket, borrades ytterligare ett kärnborrhål, KK626KBH.

I borrhål KK627KBH uppmättes större vattenförluster, $K = 1,7 \cdot 10^{-7} - 6,4 \cdot 10^{-6}$ m/s, längs de första 28 borrhålsmetrarna. På större djup, mellan borrhålslängd 28-84 meter, identifierades endast två sektioner med vattenförluster över mätgränsen med en hydraulisk konduktivitet i storleksordningen $1 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Vattenförlusterna är mer jämnt fördelade längs hela borrhålslängden i KK626KBH. Detta indikerar ett generellt mer vattenförande berg än i läget för påslaget. Den utvärderade hydrauliska konduktiviteten för hela borrhålet uppgår till $1,1 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Under **8 Injektering** anges att nedan anges dimensioneringsförutsättningar och design för injekteringsarbeten vid bergtunnelpåslag och Servicetunnel 206 Korsvägen.

Under **8.2 Krav på täthet** anges att det preliminära täthetskravet för Servicetunnel 206 Korsvägen är tätningsklass 3 enligt Miljöprovningssuppdraget. Detta medför en täthet i storleksordningen 2 l/min och 100 m tunnel. Vid passage av svaghetszoner vid km 0/100 – 0/215 bedöms ovanliggande jordlager vara extra känsliga för en grundvattensänkning och hög tätning erfordras.

Under **8.3 Specifik injektering** anges att injektering ska utgå från framtagen injekteringsmetodik i dokument *E00-17-025-0000-0104-Typinjektering* med specifika anpassningar enligt nedan.

Under **8.3.1 Utsträckning** anges att anpassning ska främst utföras för förskärning och bergtunnelpåslag.

Under **8.3.2 Ridåinjektering av förskärning** anges att för förskärning ska ridåinjektering utföras. Ridåinjektering ska utföras från start bergschakt till förbi påslagsläge. Ridåinjektering ska utföras innan bergschakt.

Under **8.3.3 Botteninjektering av förskärning** anges att med beaktande av omgivningens känslighet och den ringa grundvattenbildningen ska förskärningen botteninjekteras.

Under **8.3.4 Skärm- och borrhålslayout** anges att vid påslag, km 0/042, utförs en förkortad skärm. Skärmen ska inkludera Ledningsrum Servicetunnel 206 Korsvägen och krav på stick ska inkludera ledningsrummet. I sulan utförs en extra injekteringsrad med syfte att erhålla en övergång från tätning av det öppna bergschaktet.

Under **8.3.6 Injekteringsutförande** anges att inga specifika restriktioner i injekteringsutförande eller stoppkriterier krävs för Servicetunnel 206 Korsvägen.

Under **8.3.7 Kontroller** anges att då Servicetunnel 206 Korsvägen passerar ett hydrogeologiskt känsligt område samtidigt som det ansluter till en bergmassa med mycket bergguttar och flera påslag är det viktigt att tidigt komma i gång och följa upp inläckage till tunneln.

Vidare anges att vid passage mellan km cirka 0/100 till km cirka 0/215 där det föreligger behov av att uppnå hög täthet ska kontrollhål med vattenförlustmätningar i helhål utföras efter injektering.

Kommentar:

I dokumentet Typinjektering anges i Tabell 13 Beslutsunderlag för indelning i injekteringsklasser att vid ett inläckagekrav på 2 l/min, 100 m tunnel ska tätningen utföras enligt Injekteringsklass 3. Ett injekteringsutförande enligt Injekteringsklass 3 innebär att en skärm omfattar två injekteringsomgångar varefter tätningsresultatet kontrolleras. Om täthetskravet inte är uppfyllt utföres ytterligare en injekteringsomgång.

Med hänsyn till gällande täthetskrav är det uppenbart att hela tunnelsträckan bör tätas med tillämpning av Injekteringsklass 3. Av texten i PM framgår att endast sträckan km 0/100 till km 0/215 injekteras enligt Injekteringsklass 1 med täthetskontroll eller enligt Injekteringsklass 3.

Trafikverket har föreskrivit att där injektering utförs enligt injekteringsklass 1 vid Täthetsklasserna 2 och 3 ska kontroll av uppnådd täthet utföras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska fortsatt injektering utföras genom tillämpning av Injekteringsklass 3.

Angivna föreskrifter för utförande av förskärning uppfyller inte ens Injekteringsklass 1 och anger inte heller hur kontroll ska utföras för att säkerställa att täthetskravet är uppfyllt.

Genom att utföra tätning av förskärning med skärmar omfattande väggar och botten och utförande enligt Injekteringsklass 3 med tillhörande täthetskontroll säkerställs att täthetskravet uppfylls.

2.4 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 4, Servicetunnel 207 Liseberget

Under **1 Inledning, 1.1 Allmänt** anges att denna projekteringsrapport redovisar projekteringsmetodik och verifiering av huvudsystemets bärförmåga för utformningen av servicetunnel 207 Liseberget och Servicetunnel Liseberget 208 parallell inom entreprenad Korsvägen, Västlänken. Projekteringen omfattar förstärkningssystem, injektering, tunneldrivningrestriktioner och kontroller.

Vidare anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning, bergdrivning, injektering och dess komponenter.

Under **2 Förutsättningar, 2.1 Underlag** anges att för typinjektering av bergkonstruktioner, se:

E00-17-025-0000-0104-Typinjektering

För krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

Diarienummer: TRV 2016/3151

Under **2.2 Antaganden och avgränsningar** anges att rapporten redovisar projektering av bergdrivning, bergförstärkning och tätning från km 0/018 till 0/333 i Servicetunnel 207 Liseberget och km 0/007 – 0/075 i Servicetunnel Liseberget 208 parallell.

Vidare anges att projektering av bergtätning styrs av täthetsklass 3 vilket innebär ett tillåtet inläckage av 2 l/min och 100 m tunnel.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Under **3.2 Hydrogeologi** anges att sammanfattningsvis indikerar genomförda vattenförlustmätningar ett mer genomsläppligt ytberg (översta 20 m) med en hydraulisk konduktivitet i storleksordningen $5 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-7}$ m/s. För djupare berg visar mätningarna ett tätare berg med en lägre vattengenomsläpplighet. Den förhöjda genomsläppligheten i de norra delarna bedöms främst bero på mer vattenförande zoner i samband med lågområden i väster och norr om Liseberget och genomsläppligheten i den bergplint som Liseberget utgör bedöms generellt motsvara uppmätt hydraulisk konduktivitet i kärnborrhål utfört i påslaget. Denna är i samma storleksordning som sammanställd mediankonduktivitet för samtliga kompletterande vattenförlustmätningar utförda 2015 inom Västlänken (cirka $4 \cdot 10^{-8}$).

Under **8 Injektering, 8.2 Krav på täthet** anges att det preliminära täthetskravet för Servicetunnel 207 Liseberget är tätningssklass 3 enligt Miljöprovningssuppdraget. Detta medför en täthet i storleksordningen 2 l/min och 100 meter tunnel.

Under **8.3 Specifik injektering** anges att injektering ska utgå från framtagna injekteringsmetodik i dokument *E00-17-025-0000-0104 – Typinjektering* med specifika anpassningar enligt nedan.

Under **8.3.1 Utsträckning** anges att anpassning ska utföras för förskärning och bergpåslag till cirka 0/045.

Under **8.3.2 Ridåinjektering av förskärning** anges att förskärningen i påslag bedöms bli cirka 20 m lång och 10-15 m hög.

Det anges vidare att för förskärning ska ridåinjektering i berg utföras. Ridåinjektering ska utföras där bergschakt överstiger ca 1 m till förbi påslagsläge. Ridåinjektering ska utföras innan bergschakt och samordnas med tätkonstruktion för jordschakt.

Under **8.3.3 Botteninjektering av förskärning** anges att behov och utsträckning av botteninjektering avgörs utgående från injekterad volym i ridåinjektering samt karterat vatteninläckage i förskärning.

Under **8.3.4 Skärm- och borrhålslayout** anges att vid påslag km 0/018 utförs en förkortad skärm. Syftet med skärmen är att erhålla en ökad täthet i det ytliga berget. Skärmen och krav på stick ska inkludera Ledningsrum Liseberget.

Under **8.3.6 Injekteringsutförande** anges att inga restriktioner i injekteringsutförande eller stoppkriterier krävs för Servicetunnel 207 Liseberget.

Under **8.3.7 Kontroller** anges att Servicetunnel 207 Liseberget ansluter till en bergmassa med mycket bergguttag och flera påslag vilket innebär att det är viktigt att tidigt komma igång och följa upp inläckage till tunneln. Det föreligger dock inget behov av kompletterande kontroller utöver de som gäller enligt dokument *E00-17-025-0000-0104 – Typinjektering*.

Under **9.1.1 Injektering** anges att ridåinjektering ska utföras enligt ”split-spacing” förfarande med beslut om mellanliggande omgångar utgående från injekterad volym. Primära ridåinjekteringshål ska utföras med ett hålavstånd på 3 m. Kriterium för att utföra mellanliggande hål är för område där injekterad volym överstiger 10 l/borrmeter (exklusive hål- och slangfyllnad).

Kommentar:

Trafikverket har för aktuell tunnel föreskrivit Tätningsklass 3 vilket innebär ett täthetskrav av 2 l/min och 100 m tunnel. Kravet ska vara uppfyllt såväl under tunneldrivningen som i färdig anläggning.

Enligt dokumentet Typinjektering ska injekteringen vid Täthetsklass 3 utföras i Injekteringsklass 3. Detta innebär att en skärm omfattar två injekteringsomgångar följt av kontroll av uppnådd täthet med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt utföres en kompletterande injekteringsomgång.

Det i denna PM föreskrivna injekteringsutförandet i förskärningen uppfyller inte ens ett utförande enligt Injekteringsklass 1.

Tätning för att uppfylla gällande täthetskrav ska utföras som förinjektering och uppnådd täthet ska kontrolleras innan bergschakt. Att täta botten med hjälp av efterinjektering är inte fackmässigt.

Förinjektering av förskärningen utföres med injekteringshål i väggar och botten enligt Injekteringsklass 3. Täthetsresultatet kontrolleras och ska vara godkänt innan bergschakt får utföras.

Under **1.1 Allmänt** anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram. Det är uppenbart att föreskrivet utförande inte kan vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram.

2.5 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 5, Vertikala schakt

Under **1 Inledning, 1.1 Allmänt** anges att denna projekteringsrapport redovisar projekteringsmetodik och verifiering av huvudsystemets bärförmåga vid tryckutjämnings- och uteluftsschakt Liseberget (härefter kallat vertikalschakt Liseberget) och berörda anslutande tunnlar. De anläggningar som behandlas är vertikalschakt Liseberget, anslutande tunnel 541 och anslutande tunnel 543. Projekteringen avser förstärkningssystem, injektering, kontroll och restriktioner vid tunnel- och schaktdrivning.

Vidare anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram.

Under **2 Förutsättningar, 2.1 Underlag** anges att för typinjektering av bergkonstruktioner, se:

E00-17-025-0000-0104-Typinjektering

För krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

Diarienummer: TRV 2016/3151

Under **2.2 Antaganden och avgränsningar** anges att designen som redovisas i denna PM gäller för bergschakt, förstärkning och injektering av berörda anläggningsdelar.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Under **3.2 Hydrogeologi** anges att sammanfattningsvis indikerar utförda vattenförlustmätningar ett mer genomsläppligt ytberg med en hydraulisk konduktivitet i storleksordningen $5 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-6}$ m/s. För djupare berg antyder mätningarna ett tätare berg med en lägre vattengenomsläpplighet.

Under **5 Problemanalys** anges att det vertikala schaktet konstrueras utan tätkonstruktion. För att minimera omgivningspåverkan genom skadlig grundvattensänkning ska täthet säkerställas mot inläckage från omgivande berg genom omsorgsfull injektering.

Under **8 Injektering, 8.2 Krav på täthet** anges att det finns inga separata krav på inläckage för de vertikala schakten.

Kommentar:

För vertikalschaktet gäller samma täthetskrav som för anslutande anläggningar. Tätningssklass 3 gäller sålunda.

Under **8.3 Specifik injektering** anges att injektering ska utgå från framtagna injekteringsmetodik i *E00-17-025-0000-0104, PM Typinjektering* med specifika anpassningar enligt nedan.

Under **8.3.2 Skärm och borrhålslayout** anges att då det är viktigt att säkerställa en god täthet runt schaktet ska ridåinjektering utföras runt hela schaktets omkrets före berguttag. Borrhål ska borraras till fullt djup före injektering.

Vidare anges att ridåinjektering utföres enligt ”split-spacing” förfarande där successivt mellanliggande hål borraras och injekteras. Behov av en tredje omgång baseras på injekteringsmedelsåtgång i de inledande omgångarna. En eventuell tredje omgång borraras då mellan de tidigare utförda (och injekterade) hålen. Detta innebär att c/c-avståndet mellan injekteringshålen successivt halveras.

Under **8.3.4 Kontroller** anges att i den sekundära omgången ska vattenförlustmätningar kunna utföras för att kontrollera uppnådd täthet. Beslut om utförande av vattenförlust ska baseras på injekteringsmedelsåtgång i den primära omgången. Vattenförlust ska kunna utföras för motsvarande injekteringssektionslängd och djup för att identifiera eventuellt mer genomsläppliga delar av hål.

Under **9 Slutsats och rekommendationer, 9.1.1 Förinjektering** anges att hålavstånd i den primära omgången ska vara 5 meter och efter injektering av den primära omgången ska en mellanliggande sekundär omgång hål borraras. Behov av ytterligare, tredje omgång, hål baseras på injekteringsmedelsåtgång i de inledande omgångarna.

Kommentar:

För tätning av vertikalschaktet gäller Täthetsklass 3. Enligt dokumentet Typinjektering innebär detta att injekteringen ska utföras i två omgångar följt av kontroll av utförd täthet med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt utföres en kompletterande injekteringsomgång. Hålavstånd i första omgången är 2,5 m.

Behov av kompletterande tätning baseras sålunda ej på injekteringsmedelsåtgång i de inledande omgångarna. Injekteringsmedelsåtgång säger inget om vilken täthet som föreligger i tätningszonen runt vertikalschaktet.

Vad som anges under injekteringsutförande och kontroll kan inte vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram.

2.6 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 6, Påslag och passage under E6

Under **1 Inledning, 1.1 Allmänt** anges att denna bergtekniska PM redovisar projekteringsmetodik och verifiering av huvudsystemets bärförmåga för dubbelspårstunnelns Påslag E6 och passage under E6/E20 inom entreprenad Korsvägen. Projekteringen avser förstärkningssystem, injektering, kontroll och tunneldrivningrestriktioner.

Vidare anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram.

Under **2 Förutsättningar, 2.1 Underlag** anges för typinjektering av bergkonstruktioner, se:

E00-17-025-0000-0104-Typinjektering

För krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

Diarienummer: TRV 2016/3151

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Under **2.2 Antaganden och avgränsningar** anges att projekteringen som redovisas i denna PM omfattar tunnelsträckan mellan km 461+542 och 461+583 där Västlänkens dubbelspårstunnel passerar under befintlig motoväg E6/E20.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projektering redovisad i denna rapport är utförd specifikt för påslag och passage E6/E20:

- Tätning av bergtunneln ska utföras med cementinjektering och baseras på framtagen typlösning. Utvärderingen av injekteringsbehovet och utformning av injekteringen framgår av avsnitt 7 Injektering.

Under **3.2.1 Hydrogeologiska förhållanden** anges att innan Västlänken går in i bergtunnel väster om E6/E20 passeras Mölndalsåns dalgång i betongtunnel. I dalgången finns ett undre grundvattenmagasin som består av mäktiga glacifluviala sedimentlager och som är mycket känsligt för grundvattenuttag. Små uttag (< 1 l/s) kan resultera i ett stort (> 100 meter) influensområde.

Vidare anges att sammantaget tyder utförda hydrauliska undersökningar på ett genomsläppligt ytberg med förekomst av vattenförande strukturer, förmodligen är de mest vattenförande orienterade i öst/västlig riktning med relativt brant stupning. Dessa står dock i förbindelse med flackare strukturer parallella med foliationsriktningen vilka sekundärt kan leda vatten. Detta kan leda till risk för kvarstående inläckage vid injektering i en omgång då det relativt enkelt går att träffa och täta de mer öppna öst/västliga strukturerna medan de sekundärt vattenförande flacka strukturerna är svårare att träffa och täta.

Under **7 Injektering, 7.1 Krav på täthet** anges att det preliminära täthetskravet för km 461+550 – 462+200 är tätningssklass 3 enligt Miljöprovningssuppdraget. Detta medför en täthet i storleksordningen 2 l/min och 100 m tunnel.

Under **7.3 Specifik injektering** anges att injektering ska utgå från framtagen injekteringsmetodik i E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering med specifika anpassningar enligt nedan.

Under **7.3.1 Utsträckning** anges att anpassning ska utföras längs sträckning med begränsad bergtäckning vilket innebär från påslag samt vid passage av Gårdatunneln mellan km 461+583 – 461+620. Injektering av passage Gårdatunneln behandlas i dokument E05-17-025-0800-0002, Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 7.

Under **7.3.2 Skärm – borrhålslayout** anges att med beaktande av den begränsade bergtäckningen ska injekteringshålens längd och stick i tak begränsas på sträckan efter påslaget.

Under **7.3.4 Injekteringsutförande** anges att maximalt injekteringstryck ska begränsas med beaktande av risk för jacking av bergmassan och därmed okontrollerad spridning av injekteringsmedel. För att begränsa risk för okontrollerad spridning ska även den maximala injekteringsvolymen i takhålen reduceras.

Under **7.3.5 Kontroller** anges att det föreligger inget behov av särskilda kontroller av täthet vid påslag E6.

Under **8.1 Underlag till bygghandling, 8.1.1 Injekteringsutförande** anges att från påslaget vid km 461+542 till efter passage av Gårdatunneln utförs injektering med maximalt 18 m långa borrhål. Inom ställda krav på minsta överlapp samt maximal borrhållslängd kan entreprenören välja att anpassa sitt injekteringsutförande.

Vidare anges att första skärmen vid påslag ska utföras med 3 m stick i tak samt 6 m stick i vägg och sula. För att säkerställa övergång mellan injektering för öppen bergschakt och injektering för tunnelinjektering ska extra injekteringshål utföras i sulan i den första skärmen. Hålen ska vara 8 meter långa med 6 m stick med ansättning i bergschaktbotten.

Vidare anges att maximalt injekteringsövertyck vid påslag ska begränsas till att vara 0,5 MPa i tak, 1 MPa i vägg samt 2 MPa i sula. För att begränsa risk för okontrollerad spridning i den inledande skärmen ska maximal volym i respektive injekteringshål reduceras till 200 liter.

Kommentar:

Trots att det under **3.2.1 Hydrogeologiska förhållanden** anges att: "Detta kan leda till risk för kvarstående inläckage vid injektering i en omgång" och att Trafikverkets krav på täthet är 2 l/min och 100 meter tunnel, så anges inte att injekteringen ska utföras enligt Injekteringsklass 3, där täthetskontroll ska

utföras efter injektering i två omgångar. I stället anges: "Det föreligger inget behov av särskilda kontroller av täthet vid Påslag E6."

Det som anges under injekteringsutförande och kontroll är inte godtagbart och kan ej vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram.

2.7 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 7, Passage under Gårdatunneln Version A

Under **1 Inledning, 1.1 Allmänt** anges att denna projekteringsrapport redovisar projekteringsmetodik och verifiering av huvudsystemets bärförmåga för utformningen av dubbelspårstunnel vid passage under Gårdatunneln inom entreprenad Korsvägen, Västlänken. Projekteringen avser förstärkningssystem, injektering, kontroll och tunneldrivningsrestriktioner.

Vidare anges att resultat redovisade i detta PM ska vara underlag för bl.a. 3D-modeller, ritningar, beskrivningar och kontrollprogram i bygghandlingen.

Under **2 Förutsättningar, 2.1 Underlag** anges för typinjektering av bergkonstruktioner, se:

E00-17-025-0000-0104-Typinjektering

För krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

Diarienummer: TRV 2016/3151

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Under **2.2 Antaganden och avgränsningar** anges att projekteringen som redovisas i denna PM omfattar tunnelsträckan mellan km 461+583 och 461+620 där Västlänkens dubbelspårstunnel passerar under den befintliga Gårdatunneln. Denna PM avser endast projekteringen av bergkonstruktioner beträffande bergstabilitet och täthet genom injektering samt tunneldrivningsrestriktioner.

Vidare anges att förstärknings- och injekteringsdesign är projekterade för en tunneldrivning från väster via Påslag E6.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen i denna PM är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Vidare anges att injekteringslösning tas fram enligt injekteringsmetodik i dokument *E00-17-025-0000-0104, PM Typinjektering*, med specifika anpassningar till lokala förhållanden. Anpassning utförs med hänsyn till exempelvis det lokala täthetskravet, hydrogeologiska förhållanden, begränsad bergtäckning, nedsatt bergkvalitet och känslig närliggande anläggning.

Under **3.2 Hydrogeologi** anges att innan Västlänken går in i bergtunnel väster om E6/E20 passeras Mölndalsåns dalgång i betongtunnel. I dalgången finns ett mindre grundvattenmagasin som består av mäktiga glaciälviala sedimentlager och som är mycket känsligt för grundvattenuttag. Små uttag (< 1 l/s) kan resultera i ett stort (> 100 m) influensområde.

Vidare anges att sammantaget tyder utförda hydrauliska undersökningar på ett genomsläppligt ytberg med förekomst av vattenförande strukturer, förmodligen är de mest vattenförande orienterade i öst/västlig riktning med relativt brant stupning. Dessa står dock i förbindelse med flackare strukturer parallella med foliationsriktningen vilka sekundärt kan leda vatten. Detta kan leda till risk för kvarstående inläckage vid injektering i en omgång då det relativt enkelt går att träffa och täta de mer öppna öst/västliga strukturerna medan de sekundärt vattenförande flacka strukturerna är svårare att träffa och täta.

Under **5 Problemanalys** anges att den begränsade bergtäckningen ställer krav på injekteringsutförandet så att inte banbyggnaden blir skadad.

Under **7 Injektering, 7.1 Frågeställningar** anges att injektering av passage Gårdatunneln ingår inte i typinjekteringslösningarna eftersom Västlänkens bergtunnlar passerar inom Gårdatunnelns skyddszon. Detta innebär att specifik injektering ska designas. Injekteringsdesignen förutsätter att drivning sker från påslaget i östlig riktning.

Under **7.2 Krav på täthet** anges att det preliminära täthetskravet för km 461+550 – 462+200 är tätningsklass 3 enligt Miljöprövningsuppdraget. Detta medför en täthet i storleksordningen 2 l/min och 100 m tunnel.

Under **7.3 Specifik injektering, 7.3.1 Utsträckning** anges att anpassning ska utföras längs sträckning med begränsad bergtäckning, vilket innebär från påslag vid E6 och till förbi passagen under Gårdatunneln mellan km cirka 461+583 till km cirka 461+620.

Under **7.3.2 Skärm och borrhålslayout** anges att med beaktande av den begränsade bergtäckningen ska injekteringshålens längd och stick i tak begränsas på sträckan efter påslaget.

Under **7.3.4 Injekteringsutförande** anges att maximalt injekteringstryck ska begränsas med beaktande av risk för jacking av bergmassan och därmed okontrollerad spridning av injekteringsmedel.

Vidare anges att för att begränsa risk för okontrollerad spridning ska även den maximala injekteringsvolymen i takhålen reduceras.

Under **7.3.5 Kontroller** anges att före injektering vid passage Gårdatunneln ska möjligheterna att spola dräneringssystemet i Gårdatunneln undersökas. Funktion på befintligt dräneringssystem bör även kontrolleras före och efter injekteringsarbetena. Vid förekomst av stora vattenförluster (preliminärt definierat som vattenförlust överstigande 6 l/min i tre eller fler hål) alternativt fler än tre hål som avbrutits på volymkriterium bör kontrollhål övervägas vid passage av Gårdatunneln för att avgöra uppnådd täthet.

Under **8 Slutsats och föreskrifter, 8.1 Injektering** anges att med beaktande av den begränsade bergtäckningen ska injekteringshålens längd samt stick i tak reduceras enligt följande:

- Från påslag vid km 461+542 till efter passage av Gårdatunneln utförs injektering med maximalt 18 m långa borrhål.
- Vid passage av Gårdatunneln mellan km 461+583 – 461+620 ska stick i tak reduceras till 2 meter.

Vidare anges att samtliga takhål ska vid passage av Gårdatunneln vattenförlustmätas före injektering. Vattenförlustmätning ska utföras i helhål med 0,5 MPa övertryck.

- För de hål som har en vattenförlust överstigande 6 l/min (motsvarar cirka 0,7 Lu) ska injektering utföras med blandning C. (Grovtätning enligt PM Typinjektering.)
- För hål med vattenförlust överstigande 12 l/min (motsvarar cirka 1,2 Lu) ska beställaren kontaktas för beslut om åtgärd.

Vidare anges att vid passage av Gårdatunneln ska maximalt injekteringsövertryck vara 0,5 MPa i tak, 1 MPa i vägg samt 1,5 MPa i sula.

Maximal injekteringsvolym i tak ska vara 150 liter per hål (exklusive slang- och hålfyllnad). Om fler än tre hål i tak i samma skärm avbryts på volymkriterium ska beställaren kontaktas för beslut om åtgärd.

Vidare anges att det bör även finnas möjlighet att spola dräneringssystemet i Gårdatunneln före, under och efter injektering. Det ska även övervägas att utföra kontrollhål efter utförd injektering om utförda vattenförluster indikerar att det föreligger risk för konduktiva strukturer mellan tunnlarna.

Kommentar:

Trots att det under **3.2 Hydrogeologi** anges att: "Detta kan leda till risk för kvarstående inläckage vid injektering i en omgång" och att Trafikverkets krav på täthet är 2 l/min och 100 m tunnel, så anges inte att injekteringen ska utföras enligt Injekteringsklass 3 där täthetskontroll ska utföras efter injektering i två omgångar. I stället anges under **7.3.5 Kontroller** att: "Det ska även övervägas att utföra kontrollhål efter utförd injektering" etc.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen i denna PM är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Enligt TRVK Tunnel 11 ska vid projektering bl.a. anges:

- 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.

Med föreskrivet utförande och stoppkriterier är risken stor att jacking av sprickor når Gårdatunnelns skadezon vid bottensprängningen.

Denna PM ska enligt **1 Inledning, 1.1 Allmänt** vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram.

Det som anges avseende injekteringsutförande och kontroll är inte godtagbart och kan inte ligga till grund för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram.

2.8 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 8, Servicetunnel 209 Skår

Under **1 Inledning, 1.1 Allmänt** anges att denna projekteringsrapport redovisar projekteringsmetodik och verifiering av bärande huvudsystem för Servicetunnel 209 Skår.

Projekteringen avser förstärkningssystem, injektering, tunneldrivningsrestriktioner och kontroller bergtunnel.

Vidare anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och mängdning. Dessa handlingar anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning, bergdrivning, injektering och dess komponenter.

Under **2 Förutsättningar, 2.1 Underlag** anges att för typinjektering av bergkonstruktioner, se:

E00-17-025-0000-0104-Typinjektering

För krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

Diarienummer: TRV 2016/3151

Under **2.2 Antaganden och avgränsningar** anges att projektering av bergtätning styrs av täthetsklass 2 vilket innebär ett tillåtet inläckage på 2-5 l/min och 100 m tunnel.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Vidare anges att projekteringsmetodiken för injektering beskrivs närmare i dokument *E00-17-025-0000-0104-Typinjektering*.

Under **3.2 Hydrogeologi** anges att sammantaget tyder utförda hydrauliska undersökningar på att det i området vid Servicetunnel 209 Skår förekommer vattenförande strukturer, främst i ytberget men även i anslutning till zoner. Baserat på underlaget bedöms de mest vattenförande strukturerna vara orienterade i öst/västlig riktning med relativt brant stupning. Det uppspruckna ytberget i kombination med vattenförande jordlager på berg medför även att det bedöms vara en god kontakt mellan berg och jordlager.

Under **8 Injektering, 8.2 Krav på täthet** anges att det preliminära täthetskravet för Servicetunnel 209 Skår är tätningssklass 2 enligt Miljöprövningsuppdraget. Detta medför en täthet i storleksordningen 2-5 l/min och 100 meter tunnel.

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Under **8.3 Specifik injektering** anges att injektering ska utgå från framtagna injekteringsmetodik i dokument *E00-17-025-0000-0104-Typinjektering* med specifika anpassningar enligt nedan.

Under **8.3.1 Utsträckning** anges att anpassning ska utföras för förskärning och påslag samt vid passage av korsning med Servicetunnel 209 Skår, Servicetunnel 102 Almedal och Västlänkens dubbelspårstunnlar mellan km 0/235 – 0/255 i Servicetunnel 209 Skårs längdmätning.

Under **8.3.2 Ridåinjektering av förskärning** anges att för förskärning ska ridåinjektering utföras. Ridåinjektering ska utföras från där bergschakt påbörjas till förbi påslagsläge. Ridåinjektering ska utföras innan bergschakt. Med beaktande av omgivningens känslighet ska ridåinjektering av berget samordnas med tätkonstruktion för jordschakt. Detta kan t.ex. utföras genom att ridåinjekteringshål utförs kombinerat med hål för vald spontlösning.

Under **8.3.3 Botteninjektering av förskärning** anges att med beaktande av omgivningens känslighet bedöms botteninjektering krävas i schakten. Dock ska utsträckning av botteninjektering kunna justeras utgående från injekterad volym i ridåinjektering samt eventuellt karterat vatteninläckage i förskärning.

Under **8.3.4 Skärm- och borrhålslayout** anges att vid bergpåslag, km 0/052, utförs en förkortad skärm. Syftet med skärmen är att erhålla en ökad täthet i det ytliga berget. I tak reduceras sticket till 4 m med beaktande av bergtäckning. Skärmen ska inkludera ledningsrummet och sticket ska vara utanför teoretisk kontur för rummet. I sulan utförs en extra injekteringsrad med syfte att erhålla en övergång från tätning av det öppna bergschaktet.

Under **8.3.6 Injekteringsutförande** anges att inga specifika restriktioner i injekteringsutförande eller stoppkriterier krävs för Servicetunnel 209 Skår.

Under **8.3.7 Kontroller** anges att inga tillkommande kontroller med hydrauliska mätningar förutom de som anges för respektive Injekteringsklass antas krävas för Servicetunnel 209 Skår.

Under **9.1.1 Injektering** anges att injektering ska utgå från framtagen injekteringsmetodik i dokument *E00-17-025-0000-0104-Typinjektering* med specifika anpassningar för förskärning och bergpåslag.

För förskärning ska ridå- och botteninjektering utföras.

Vidare anges att ridåinjektering ska utföras enligt ”split-spacing” förfarande med beslut om mellanliggande omgångar utgående från injekterad volym. Primära ridåinjekteringshål ska utföras med ett hålavstånd på 3 meter. Kriterium för att utföra mellanliggande hål är för område med en injekterad volym överstigande 10 liter/bormeter (exklusive hål- och slangfyllnad).

Utsträckning av botteninjektering ska baseras på injekterad volym i ridåinjektering samt eventuellt karterat vatteninläckage i förskärning. Botteninjektering utförs i 5 m djupa hål från framschaktad förskärningsbotten i ett ruttmönster med c/c 2 meter.

Kommentar:

Under **8.3 Specifik injektering** anges att injektering ska utgå från framtagen injekteringsmetodik i dokument Typinjektering. Enligt dokumentet ska tätning utföras i tre Injekteringsklasser. I den fortsatta projekteringen tillämpas endast Injekteringsklass 1 och Injekteringsklass 3. Vid tillämpning av Injekteringsklass 1 har Trafikverket föreskrivit att kontroll av uppnådd täthet ska utföras i varje injekteringskärm. Om föreskriven täthet ej uppnåtts ska fortsatt injektering ske

enligt Injekteringsklass 3 där kontroll av uppnådd täthet ska utföras efter andra injekteringsomgången.

I dokument Typinjektering saknas beskrivning avseende ridå- och botteninjektering.

Trafikverket har för aktuell tunnel föreskrivit Tätningssklass 2 vilket innebär ett täthetskrav på 2-5 l/min och 100 m tunnel. Kravet ska vara uppfyllt såväl under utförande som i färdig anläggning.

Det i denna PM föreskrivna injekteringsutförandet i förskärningen uppfyller inte ens ett utförande enligt Injekteringsklass 1.

Tätning för att uppfylla gällande täthetskrav ska utföras som förinjektering och uppnådd täthet ska kontrolleras innan bergschakt. Att täta botten med hjälp av efterinjektering är inte fackmässigt.

Förinjektering av förskärningen utföres med injekteringshål i väggar och botten enligt Injekteringsklass 3. Täthetsresultatet kontrolleras och ska vara godkänt innan bergschakt får utföras.

Under **1.1 Allmänt** anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram.

Föreskrivet utförande kan inte vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram.

2.9 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 9, Påslag Almedal Version A

Under **1 Inledning, 1.1 Allmänt** anges att denna projekteringsrapport redovisar projekteringsmetodik och verifiering av huvudsystemets bärförmåga för dubbelspårstunnel i berg på sträckan från km 462+440 fram till och med bergpåslag Almedal vid km 462+553 i dubbelspårstunnelns längdmätning inom entreprenad Korsvägen. Projekteringen avser förstärkningssystem, injektering, kontroll och drivningrestriktioner.

Vidare anges att resultat redovisade i detta PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning och dess komponenter.

Under **2 Förutsättningar, 2.1 Underlag** anges att för typinjektering av bergkonstruktioner, se:

E00-17-025-0000-0104-Typinjektering

För krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

Diarienummer: TRV 2016/3151

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Under **3.2 Hydrogeologi** anges att sammantaget tyder utförda hydrauliska undersökningar vid påslag Almedal på ett genomsläppligt ytberg med förekomst av vattenförande strukturer, förmodligen är de mest vattenförande orienterade i öst/västlig riktning med reellt brant stupning. Dett uppspruckna ytberget i kombination med vattenförande jordlager på berg medför även att det bedöms vara en god kontakt mellan berg och jordlager.

Under **5 Problemanalys** anges att projekteringen avser tunnelstabilitet samt tätning och drivningsrestriktioner för att uppfylla omgivningskrav med avseende på grundvattensänkning, sättningar och vibrationer.

Under **7 Injektering, 7.2 Krav på täthet** anges att preliminära täthetskravet för km 462+200 – 462+550 är tätningsklass 2 enligt Miljöprovningssuppdraget. Detta medför en täthet i storleksordningen 2-5 l/min och 100 m tunnel. Dock föreligger ett ökat tätningsbehov i anslutning till bergtunnelpåslaget med beaktande av omgivningens känslighet.

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Under **7.3 Specifik injektering** anges att injektering ska utgå från framtagna injekteringsmetodik i dokument *E00-17-025-0000-0104, Typinjektering* med specifika anpassningar enligt nedan.

Under **7.3.1 Utsträckning** anges att anpassning ska utföras längs sträckning med begränsad bergtäckning vilket innebär från tunnelpåslag vid km 462+553 till cirka km 462+480.

Under **7.3.2 Skärm- och borrhålslayout** anges att med beaktande av den begränsade bergtäckningen ska injekteringshålens längd och stick i tak begränsas längs hela sträckan. I sulan utförs en extra injekteringsrad med syfte att erhålla en övergång från tätning av det öppna bergschaktet.

Under **7.3.4 Injekteringsutförande** 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 för att begränsa risk för okontrollerad spridning ska även den maximala injekteringsvolymen i takhålen reduceras. Mellan km 462+527 till km 462+502 ska maximal injekteringsvolym vara särskilt restriktivt beaktande risk för påverkan av stabiliteten för ovanliggande brostöd.

Under **7.3.5 Kontroller** anges att det föreligger inget primärt behov av kontrollhål på sträckan men om fler än tre hål i tak avbryts på volymkriterium ska kontrollhål utföras för att kontrollera erhållen täthet.

Under **8 Slutsats och rekommendationer, 8.1.1 Injektering** anges att vid bergtunnelpåslag utförs en extra injekteringsrad i sulan med 8 m långa hål med 6 m stick.

Med beaktande av den begränsade bergtäckningen ska injekteringshålens längd begränsas till maximalt 18 m längs hela sträckan. Stick i tak ska reduceras enligt följande:

- Från påslag till km 462+502 stick 2,5 m.

- Mellan km 462+502 till km 462 stick 5 m.

Maximalt injekteringsövertryck ska begränsas enligt:

- km 462+553 och km 462+502: 0,5 MPa i tak, 1 MPa i vägg samt 2,0 MPa i sula
- km 462+502 till 462+480: 1,0 MPa i tak och vägg samt 2 MPa i sula.

Maximal injekteringsvolym (exklusive slang- och hålfyllnad i takhålen) reduceras enligt:

- km 462+553 till 462+527 max 200 liter per hål.
- km 462+527 till 462+502 max 125 liter per hål.

Om tre eller fler hål i samma del av skärmen avbryts på volymkriterium ska resterande hål utföras med blandning 3.

Kommentar:

Trots att det under **7.2 Krav på täthet** anges att kravet är 2-5 l/min och 100 m tunnel, med tillägget att det föreligger ett ökat tätningsbehov i anslutning till bergtunnelpåslaget med beaktande av omgivningens känslighet, så anges inte att injekteringen ska utföras enligt Injekteringsklass 3 där täthetskontroll ska utföras efter injektering i två omgångar.

I stället anges under **7.3.5 Kontroller** att det föreligger inget primärt behov av kontrollhål på sträckan.

Trafikverket har föreskrivit att där injektering utförs enligt Injekteringsklass 1 vid Täthetsklasserna 2 och 3 ska kontroll av uppnådd täthet utföras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska fortsatt injektering utföras genom tillämpning av Injekteringsklass 3.

Vad som anges under utförande och kontroll är inte godtagbart som underlag för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram.

2.10 Sammanfattande kommentarer

I granskade Tekniska PM Bergteknik anges under **1 Inledning 1.1 Allmänt** att redovisade resultat ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning, bergdrivning, injektering och dess komponenter.

Under **2 Förutsättningar, 2.1 Underlag** anges att för krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

För injektering av bergtunnlar hänvisas till PM Typinjektering.

Med undantag för Bilaga 2 och Bilaga 6 anges preliminärt täthetskrav enligt ansökan om tillstånd enligt miljöbalken.

Däremot nämns inte att Trafikverket för samtliga delsträckor ställt täthetskrav som projekteringsförutsättning.

De "preliminära täthetskrav" som angivits överensstämmer med Trafikverkets täthetskrav som gäller som projekteringsförutsättning.

Men i granskade Tekniska PM Bergteknik, som anges vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, lämnas föreskrifter om injekteringsutförande som inte beaktar angivna täthetsklasser. Där angivna krav är Täthetsklass 2 och Täthetsklass 3 föreskrives ett utförande enligt Injekteringsklass 1 i stället för Injekteringsklass 3, som enligt dokument Typinjektering ska tillämpas (Injekteringsklass 2 har inte kunnat verifieras i undersökningarna).

Trafikverket har lämnat projekteringsförutsättningar för bergtunnlar/bergstationer vad avser täthetskrav. Kraven har ställts i form av tre täthetsklasser (TK):

TK1 – lägst krav innebär en tillåten inläckning av 5-8 l/min och 100 m tunnel.

TK2 – medelkrav innebär en tillåten inläckning av 2-5 l/min och 100 m tunnel.

TK3 – högst krav innebär en tillåten inläckning av 2 l/min och 100 m tunnel.

Det är synnerligen anmärkningsvärt att föreskrifter för projektering av ritningar, beskrivningar och kontrollprogram inte beaktar Trafikverkets täthetskrav med till dessa, enligt PM Typinjektering, kopplade injekteringsklasser och utförande av tätningsarbetet.

Det är lika anmärkningsvärt att inget nämns om de observationer och kontroller som ska ligga till grund för bedömning av successivt uppnådd och slutligt täthet (TRVK Tunnel 11).

Föreskrivet injekteringsutförande kan inte vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram.

3 Granskningskommentarer till Bergteknisk prognos Version B

I handlingen Bergteknisk prognos anges under **1 Inledning**, 1.1 Syfte och mål att:

Målet med den bergtekniska prognosen är att utifrån prognosticerade bergtekniska förhållanden redovisa valda bergklasser, bergkvalitetsklasser, typpförstärkningslösningar och typinjekteringslösningar för bergförlagda konstruktionsdelar under jord. I föreliggande dokument redovisas bergtekniska förhållanden som utgör underlag för dimensionering förstärkning. Resultaten i föreliggande rapport syftar till att utgöra ett kalkylerbart underlag för anbudsräkning.

Under 1.2 Objekt anges att:

Denna rapport omfattar konstruktionsdelar i berg som sträcker sig från km 459+000 entreprenadgräns E04 Haga-E05 Korsvägen till km 462+553 Påslag Almedal, se Figur 1. Samtliga kilometerangivelser i föreliggande rapport som avser spårtunnel utgår från huvudlängdmätning för spår 22.

Entreprenad Korsvägen omfattas av följande delsträckor:

- *Dubbelspårstunnel från km 460+000 – 460+600*
- *Station Korsvägen, inklusive västra- och östra trumpet till dubbelspårstunnel vid Påslag Liseberget Öst km 460+600 – 461+280*
- *Dubbelspårstunnel från km Påslag E6 till Påslag Almedal km 461+542 – 462+553*

Entreprenad Korsvägen är förlagd i berg mellan längdmätning km 460+000 – 460+996, 461+115 – 461+280 och 461+542 – 462+553. Servicetunnlarna är helt förlagda i berg.

Förutom ovan beskrivna tunneldelar ingår följande servicetunnlar och övriga utrymmen i entreprenaden:

- *Servicetunnel (101) Haga–Korsvägen parallell*
- *Servicetunnel (102) Almedal parallell*
- *Servicetunnel (206) Korsvägen*
- *Servicetunnel (207) Liseberget*
- *Servicetunnel (208) Liseberget parallell*
- *Servicetunnel (209) Skår*
- *Tvårtunnel 303, 304, 306, 307 och 308*
- *Entré/Uppgång, Ventilationsschakt, Tryckutjämningsschakt, Fläktstation, Fläktrum, Mediekulvert, Brandgaskanaler, Pumpstationer, Vändplats, Uppställningsplats, Teknikplats, Mötesplats och ledningsrum*

Under 2 Underlag och avgränsning anges:

2.1 Underlag

- *Dokument E05-17-025-0700-0005 – Förundersökningsrapport, Bergteknik, underlaget omfattas även av tillhörande 3D-modeller listade i dokument E05-17-013-0700-0112, Bilaga 12 Modellfilsförteckning och modeller.*
- *3D-modell E05-50GT-V1-0000-0003, Geoteknik 3D Tolkad bergyta*
- *E04-17-V2-0000-0900, Mastermodell Haga*

2.2 Avgränsningar

I denna PM redovisas enbart prognosticerad omfattning av typlösningar. Anpassade förstärknings- och injekteringslösningar redogörs för i dokument E05-00-010-0000-0005, Teknisk beskrivning Bergtunnel. För ritningar till sådana lösningar, se dokument E05-17-020-

0000-0001, Ritningsförteckning Bergteknik. Denna PM visar dock vilka tunnelsträckor/bergutrymmen som omfattas av anpassade förstärknings- och injekteringslösningar. Förinjektering och förbultning redovisas i Teknisk beskrivning bergtunnel och på ritningar.

Kommentar:

Som framgår av refererad text är det typlösningar som redovisas. Anpassade injekteringslösningar redogörs för i Teknisk beskrivning Bergtunnel. För ritningar till sådana lösningar hänvisas till Ritningsförteckning, Bergteknik. Dock visas vilka tunnelavsnitt/bergutrymmen som omfattas av anpassade injekteringslösningar.

Under **6 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.

Följande tre injekteringsklasser har utarbetas:

- Injekteringsklass I Avser områden med medelstrikta till mindre strikta krav på inläckage samt områden utan större vattenförande zoner. Injektering utförs i en omgång med cementbaserat injekteringsmedel och behovsstyrd komplettering.*
- Injekteringsklass II Avser områden med genomsläppligt berg och vattenförande zoner där det finns risk för kvarstående stora inläckage. Injektering utförs i två omgångar med cementbaserat injekteringsmedel.*
- Injekteringsklass III 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.*

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 40 - Tabell 55 redovisas applicering av injekteringsklasser i de olika konstruktionsdelarna.

Kommentar:

Trafikverket har som projekteringsförutsättning angivit täthetskrav för samtliga delsträckor och berganläggningar inom Entreprenad Korsvägen. Tätningsskraven har redovisats i tre täthetsklasser med angivande av innebörd av täthetsbehov.

Tätningsskrav	Innebörd av tätningsskrav
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

I den bergtekniska prognosen ingår enligt ovan Injekteringsklass I där täthetskravet inte är så högt och Injekteringsklass III där täthetskravet är högt. I Injekteringsklass I utföres en injekteringsomgång medan injekteringen i Injekteringsklass III ska utföras i minst två injekteringsomgångar. Innebörden är att det krävs mer omfattande injekteringsåtgärder där täthetskravet är högt än där täthetskravet är relativt lågt.

Under **6 Injektering** anges vidare att:

I Tabell 40 - Tabell 55 redovisas applicering av injekteringsklasser i de olika konstruktionsdelarna.

6.1 Dubbelspårstunnel Haga – Korsvägen, Östra trumpet - Påslag Liseberget Öst

Tabell 42 Injekteringsklasser i dubbelspårstunnel km 460+000 – 461+280

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
460 + 000	460 + 100	-	IK I
460 + 100	460 + 260	-	IK III
460 + 260	460 + 280	-	IK I
460 + 280	460 + 360	Inom skyddszon för befintlig UM-anläggning	Anpassad injektering
460 + 360	460 + 600	-	IK I
461 + 240	461 + 280	-	IK III

6.2 Station Korsvägen

6.2.1 Spårrområde och Servicetunnel

Denna del omfattar inklusive östra- och västra trumpet samt mellanplan och Servicetunnel (101) Haga- Korsvägen parallell

Tabell 43 Injekteringsklasser i Station Korsvägen – vid spårrområde och Servicetunnel (101) Haga-Korsvägen parallell

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
460 + 600	460 + 976	-	Anpassad injektering
461 + 216	461 + 240	-	Anpassad injektering
1 / 333	1 / 527	-	Anpassad injektering

6.2.2 Utanför spårrområde

Denna del omfattar Tryckutjämnings- och uteluftsschakt Liseberget samt övriga anläggningsdelar (se Tabell 14-Tabell 30 för anläggningsnamn)

Tabell 44 Injekteringsklasser i Tryckutjämnings- och uteluftschakt Liseberget

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 000	0 / 027		IK I
0 / 027	0 / 040		Anpassad injektering
0 / 040	0 / 067		IK I

Tabell 45 Injekteringsklasser i övriga anläggningsdelar utanför spår område vid Station Korsvägen

Anläggningsnamn	Kommentar	Injekteringsklass
Samtliga anläggningsdelar i Tabell 14 – Tabell 30	-	Anpassad injektering

6.3 Dubbelspårstunnel Påslag E6 – Påslag Almedal

Tabell 46 Injekteringsklasser i dubbelspårstunnel, km 461+542 – 462+553

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
461 + 542	461 + 570	Inom skyddszone för befintlig UM-anläggning	Anpassad injektering
461 + 570	461 + 620	-	Anpassad injektering
461 + 620	461 + 690	-	IK I
461 + 690	462 + 150	-	IK III
462 + 150	462 + 400	-	IK I
462 + 400	462 + 480	-	IK III
462 + 480	462 + 553	Begränsad bergtäckning	Anpassad injektering

6.4 Servicetunnel (101) Haga-Korsvägen parallell

Tabell 47 Injekteringsklasser i Servicetunnel (101) Haga-Korsvägen parallell

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 718	0 / 822	-	IK I
0 / 822	0 / 982	-	IK III
0 / 982	1 / 002	-	IK I
1 / 002	1 / 082	Inom skyddszone för befintlig UM-anläggning	Anpassad injektering
1 / 082	1 / 333	-	IK I
1 / 333	1 / 527	-	Anpassad injektering

6.5 Servicetunnel (206) Korsvägen

Tabell 48 Injekteringsklasser i Servicetunnel (206) Korsvägen

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 042	0 / 056	Begränsad bergtäckning	Anpassad Injektering
0 / 056	0 / 100	-	IK I
0 / 100	0 / 300	-	IK III
0 / 300	0 / 560	-	IK I

6.6 Servicetunnel (207) Liseberget

Tabell 49 Berg- och Injekteringsklasser i Servicetunnel (207) Liseberget

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 018	0 / 045	Begränsad bergtäckning	Anpassad injektering
0 / 045	0 / 333	-	IK I

6.1 Servicetunnel (208) Liseberg parallell

Tabell 50 Injekteringsklasser för servicetunnel (208) Liseberg parallell

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 007	0 / 075	-	IK I

6.2 Servicetunnel (102) Almedal parallell

Tabell 51 Berg- och Injekteringsklasser för Servicetunnel (102) Almedal parallell

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 502	0 / 576	-	IK I
0 / 576	1 / 057	-	IK III
1 / 057	1 / 305	-	IK I
1 / 305	1 / 387	-	IK III

6.3 Servicetunnel (209) Skår

Tabell 52 Injekteringsklasser i Servicetunnel (209) Skår

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 052	0 / 072	Begränsad bergtäckning	Anpassad injektering
0 / 072	0 / 261	-	IK I

6.4 Tvärtunnel 303

Tabell 53 Injekteringsklasser i Tvärtunnel 303

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 004	0 / 033	-	IK III

6.5 Tvärtunnel 304

Tabell 54 Injekteringsklasser i Tvärtunnel 304

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 004	0 / 033	-	IK I

6.6 Tvärtunnel 306

Tabell 55 Injekteringsklasser i Tvärtunnel 306

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 004	0 / 033	-	IK I

6.7 Tvärtunnel 307

Tabell 56 Injekteringsklasser i Tvärtunnel 307

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 004	0 / 033	-	IK III

6.8 Tvärtunnel 308

Tabell 57 Injekteringsklasser i Tvärtunnel 308

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 004	0 / 033	-	IK III

Kommentar:

Trafikverket har inte angivit lägst täthetskrav TK1 (5-8 l/min, 100 m tunnel) längs någon sektionssträcka. TK3 (2 l/min, 100 m tunnel) har angivits för närmare 80 % av sektionssträckorna och resten har angivits som TK2 (2-5 l/min, 100 m tunnel). Enligt PM Typinjektering utföres Injekteringsklass III vid Täthetsklass 3.

Av Tabellerna 42-57 framgår att den bergtekniska prognosen upprättats utan att beakta de täthetskrav Trafikverket angivit som projekteringsförutsättning. Längs stora delar av sträckan anger prognosen att Injekteringsklass I och anpassad Injekteringsklass I ska utföras. Innebörden av prognosen är att en injekteringsomgång räcker för att uppfylla täthetskraven 2 l/min, 100 m tunnel och 2-5 l/min, 100 m tunnel.

Den upprättade bergtekniska prognosen vad avser Injekteringsklass är inte trovärdig med hänsyn till Trafikverkets täthetskrav.

I dokument *Redogörelse för metod i bergteknisk prognos* anges i avsnitt 6 Val av injekteringsklass:

Val av injekteringsklasser baseras på utförda hydrogeologiska undersökningar vilka redovisas i dokument E05-17-025-0700-0005, Förundersökningsrapport, Bergteknik, 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 Bergteknisk prognos). 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 kommer med stor sannolikhet att behöva utföras i två eller fler injekteringsomgångar och inte i en injekteringsomgång (IK I).

Den Bergtekniska prognosen avseende injektering utgör visserligen ett kalkylerbart underlag men med kraftigt underskattade mängder.

Enligt styrande dokument TRVK Tunnel 11 ska vid projektering bl.a. anges:

- 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.

Med utförande av Injekteringsklass III inom de avsnitt där täthetskravet är TK2 och TK3 så ingår i Injekteringsklass III att efter två injekteringsomgångar utföra kontrollhål med vattenförlustmätning för att kontrollera om täthetskravet är uppfyllt. Om inte kravet är uppfyllt utförs kompletterande injektering följt av täthetskontroll.

Trafikverket har därför beslutat att när injekteringen utförs enligt Injekteringsklass I, med en injekteringsomgång, ska kontrollhål och vattenförlustmätning utföras för att kontrollera uppnådd täthet. Är inte täthetskravet uppfyllt så övergår utförandet i Injekteringsklass III med en andra injekteringsomgång följt av kontroll enligt ovan.

4 Granskningskommentarer till Teknisk Beskrivning Bergtunnel, Version: B

4.1 BBC.14 Hydrogeologisk undersökning

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 B 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 B 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.

4.2 CBC Bergschakt

Under **CBC Bergschakt**, 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. Beskrivning av åtgärder saknas.

Under **CBC.611** anges att:

Tunneldrivning får utföras till max 150 m från ej färdigställt mätdike. Mätdiket ska vara färdigställt för kontinuerlig mätning innan fortsatt tunneldrivning får utföras. Föreskrivet funktionskrav för del i totalentreprenad framgår av dokument Teknisk Beskrivning Mark och Anläggning, E04-00-010-0000-0002.

Kommentar:

Avståndet 150 m är orimligt med hänsyn till att mätning av inläckande vatten måste utföras i takt med framdrift och utförda tätningståtgärder. Ett mätdike vid tullgräns måste utföras och vara i funktion så snart tunneldrivningen passerat läget för diket. Tunneldrivning får utföras max 50 m från ej färdigställt dike.

I Tekniskt PM Bergteknik anges att:

Resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning, bergdrivning, injektering och dess komponenter.

Föreskriven teknisk lösning för mätdike ska framgå av Teknisk beskrivning Bergtunnel och ej genom hänvisning till Teknisk beskrivning Mark och Anläggning.

Lägen för mätdiken ska framgå av bygghandlingarna. Mätdiken måste finnas i gräns mellan sträckor med olika täthetskrav, annars är det omöjligt att kontrollera om täthetskraven uppfyllts.

Mätning av inläckande vatten är en viktig del i det Kontrollprogram som ska ingå i Bygghandlingarna.

4.3 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 tätningsresultatet och medför stor risk för skadlig omgivningspåverkan.

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 tätnings effekt.

Injekteringsutrustning omfattar också blandare (kolloidkvarn) med hög dispergeringseffekt, 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 tätningsresultat och bör undvikas.

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

Under rubriken "Utförandekrav" avseende Borrning för injektering anges att:

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

Kommentar:

Det måste anges vilka borrhålsavvikelse som gäller.

Under "Kontroll av borrhålsavvikelse" anges:

Om krav på tillåten hålavvikelse ej uppfylls kan beställaren besluta om utökad kontroll och/eller kortare borrhåls längder tills entreprenören kan visa att angiven tolerans kan innehållas.

Kommentar:

Det saknas föreskrifter om vilka borrhålsavvikelse som maximalt kan tillåtas.

Under rubriken Vattenförlustmätning anges att:

Vattenförlustmätning efter injektering ska utföras vid:

- områden med särskilt täthetskrav

- *utökad kontroll t.ex. vid utvärdering av inledande injektering eller uppföljning av injekteringsutförande*

Kommentar:

Alla områden omfattas av särskilda täthetskrav (Trafikverkets täthetskrav). Vad menas med särskilt täthetskrav? Avses TK2 och TK3? Vad innebär utökad kontroll?

Under rubriken Vattenförlustmätning anges vidare 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 tätningåtgärder som ska vidtagas.

Under rubriken Kontroll, Förundersökning av injekteringsmedel anges att:

För att påvisa repeterbarhet av uppnådda egenskaper och riktvärden ska minst två (2) separata blandningar utföras för respektive blandning (recept).

I dokument Typinjektering; Designunderlag injekteringsmedel anges:

Detta innebär att utgående från kravställen gällande erforderlig inträngningsförmåga, erforderlig inträngningslängd samt hållfasthetskrav ska rammar upprättas för designen. Ramarna ska innehålla riktvärden för injekteringsmedlens egenskaper.

Kommentar:

AV citerad text framgår att ramarna ska innehålla riktvärden för injekteringsmedlens egenskaper. Riktvärden för olika egenskaper ska anges.

I Tabell TB CDD.1/1 Kontroller vid förundersökning redovisas Filtreringsstabilitet, som är en viktig egenskap, för att kunna uppnå ett bra tätningresultat. Under Utvärderingskriterium ska anges att prov ska ligga inom riktvärden.

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.

4.4 CDD.11 Förinjektering

Under rubriken 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 av varje hål utföres multihålsinjektering endast vid hål med samband.

Att injektera hål med samband när ledig utgång finns medför att tätnings-effekten blir dålig och ska undvikas.

Under rubriken Injekteringstryck anges att:

Injektering ska efter uppnådd hålfyllnad inledas med ett högt flöde tills angivet injekterings-övertryck (designtryck) uppnåts. 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, hur den ska göras, ska framgå av kontrollprogram.

Under Injekteringsklass 1 anges:

Beslut avseende justering av injekteringsförfarande ska tas baserat på resultat av inflödesmätningar i sonderingshål. Vid inflöde över gränsvärde ska injektering utföras enligt Injekteringsklass 2.

Kommentar:

Trafikverket har beslutat om ett ändrat utförande och kontroll av systematisk förinjektering. Detta innebär att på sträckor där inte Injekteringsklass 3 föreskrivits, ska injekteringen starta med Injekteringsklass 1. Tätningresultatet kontrolleras med hjälp av kontrollhål. Visar hålen att täthetskravet inte uppfyllts utföres en andra injekteringsomgång och utförandet går över i Injekteringsklass 3 med tillhörande kontrollhål, efter andra omgångens injektering.

Texten under rubriken Injekteringsklass 1 behöver ses över.

Under rubriken Kompletterande hål/omgång anges:

I områden med särskilda täthetskrav ska beslut om kompletterande omgång tas baserat på vattenförlustmätningar i kontrollhål.

Kommentar:

Som anförts ovan i kommentar till Vattenförlustmätning omfattas alla områden av särskilda täthetskrav (Trafikverkets täthetskrav). I det ändrade utförandet av systematisk förinjektering är kontrollhål ett viktigt medel att säkerställa att täthetskraven uppfylls.

Mot denna bakgrund bör texten om kompletterande hål utgå, då angivna kriterier inte är relevanta i det av Trafikverket ändrade injekteringsutförandet.

Under rubriken Injekteringsklass 3 anges under Kompletterande hål/omgång att:

Beslut om kompletterande hål efter den andra omgången tas av beställaren baserat uppmätt täthet i kontrollhål och/eller antal hål i andra omgången [etc]

Vidare anges att:

Kompletterande hål utförs mellan tidigare utförda injekteringshål inom det område som ska kompletteras och anvisas av beställaren.

Beslut om kompletterande hel omgång ska tas utgående från resultat i kontrollhål alternativt om antalet kompletterande hål överstiger 25% av antalet hål i inledande omgång.

Kommentar:

I det ändrade utförandet av systematisk förinjektering är kontrollhålens funktion att säkerställa att täthetskraven uppfylls. Om kontrollhålerna inte visar att täthetskravet enligt uppsatta kriterier är uppfyllt, utföres en kompletterande omgång.

Mot denna bakgrund bör texten ses över och vad som anges beträffande kompletterande hål tas bort. Det är inte beställaren som ska kallas för att fatta beslut, utan det ska framgå av Teknisk Beskrivning vad entreprenören ska göra vid olika utfall i kontrollhålerna vid aktuellt täthetskrav.

Under rubriken Uppföljning av kriterier för kompletterande hål/omgång anges att:

Beställaren anvisar om mätning för denna uppföljning och anvisar om eventuellt förändrade kriterier utgående från resultat av utvärdering.

Kommentar:

Vad är det för mätning som ska utföras?

Under rubriken Anpassat injekteringsutförande anges att:

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

Permanent gavel ska injekteras med hål i gaveln. Injekteringshållängd minst 6 m förbi gavelläge med hålavstånd max 5 meter.

Kommentar:

I dokumentet Typinjektering anges att typinjekteringslösningar ska ligga till grund för injekteringsprojektering för att uppnå ställda krav på täthet. Skärmar med typinjektering för ändamålet är Injekteringsklass 1 och Injekteringsklass 3. Anpassning av skärmarna kan omfatta skärmlängd, stickmått mm. Skärmarna omsluter planerad bergschakt och tätningen ska utföras som förinjektering. Bergschakt får ske först sedan kontrollhål visat att gällande täthetskrav är uppfyllt.

Injekterings-skärm avslutas inte vid permanent gavel utan fortsätter med längd för överlapp. Extra hål innanför teoretisk kontur i sista skärmen kan ingå i skärmen.

Anpassat injekteringsutförande anges för:

Sekretessanläggning 408, Passage Gårdatunneln, Bergtunnelpåslag E6, Bergtunnelpåslag Almedal, Pumpstation Gårda, Station Korsvägen inklusive Västra Stationsrummet, Servicetunnel 101, Mellanplan, Fläktrum, Östra Trumpeten och Uppgång Renströmsparken, Servicetunnel Korsvägen, Servicetunnel Liseberget och Servicetunnel Skår.

Det anges att anpassad injektering för Sekretessanläggning 408, Passage Gårdatunneln, Servicetunnel 101, Servicetunnel Korsvägen, Servicetunnel Liseberget och Servicetunnel Skår ska baseras på Injekteringsklass 1.

Anpassad injektering för Bergtunnelpåslag E6, Bergtunnelpåslag Almedal och Station Korsvägen ska baseras på Injekteringsklass 3.

Kommentar:

Att anpassad injektering baseras på Injekteringsklass 1 innebär att skärmen injekteras i en omgång. Uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om gällande täthetskrav ej är uppfyllt utföres en andra injekteringsomgång och tätning utförandet går över i Injekteringsklass 3. Detta innebär att kontroll av uppnådd täthet utföres efter andra omgångens injektering, vilket kan leda till ytterligare en injekteringsomgång.

Att anpassad injektering baseras på Injekteringsklass 3 innebär att skärmen injekteras i två omgångar varefter kontroll av uppnådd täthet utföres, vilket kan leda till ytterligare en injekteringsomgång.

Texten i TB kompletteras och förtydligas.

Under Station Korsvägen anges att:

Vid bergschakt i sekvenser, t.ex. flera pallar eller genom drivning med pilot och strossning ska berg som inte ska schaktas inom 1 månad förinjekteras.

Kommentar:

Inget berg får schaktas innan omslutande förinjektering utförts och kontroll visat att gällande täthetskrav uppfyllts..

Under Station Korsvägen anges vidare att:

Vid drivning av central pilotunnel ska minst sex (6) kontrollhål per skärm utföras. För övriga delar ska minst fyra (4) kontrollhål per skärm utföras.

Kommentar:

En täthetskontroll med aktuella areor måste omfatta betydligt fler kontrollhål än vad som anges för kontroll av skärm. Bara kontroll av täthet i botten av central pilotunnel kräver minst fem (5) kontrollhål och kontroll av botten inom övriga delar minst tre (3) kontrollhål.

Under Mellanplan och Fläktrum beskrivs ett tätning utförande med ridåinjektering och botteninjektering.

Kommentar:

Under Mellanplan och Fläktrum beskrivet tätning utförande motsvarar inte ens tätning i Injekteringsklass 1 och än mindre angiven Injekteringsklass 3 med minst två omslutande injekteringsomgångar i varje skärm. Angivet utförande strider mot dokument Typinjektering och är oacceptabelt.

Under Kontroll av erhållen täthet anges att:

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

Kommentar:

Var, när och hur?

Detta ska framgå av Kontrollprogram.

Under Kontrollhål anges att:

Kompletterande injekteringshål ska utföras då vattenförlust överstiger 2,5 l/min (vid 1 MPa vattenförlustövertryck).

Kompletterande hel injekteringsomgång ska utföras då ett av följande kriterier infaller:

- *Vattenförlust överstiger 2,5 l/min (vid 1 MPa vattenförlustövertryck) i minst hälften av kontrollhålen.*
- *En total vattenförlust överstigande totalt 10 l/min i samtliga kontrollhål*

Kommentar:

I vilken täthetsklass och vid vilken borrhålslängd gäller redovisade kriterier?

I dokument Typinjektering anges under Injekteringsklass 3 (som utföres vid täthetskrav 2 l/min, 100 m tunnel) att:

Kompletterande injekteringsomgång ska utföras enligt följande preliminära krav:

- *Vid vattenförlust överstigande 0,5 l/min per hål (vid vattenförlustövertryck på 1 MPa) i två eller fler kontrollhål.*
- *Vid en total vattenförlust överstigande 2 l/min (vid vattenförlustövertryck på 1 MPa) i samtliga kontrollhål.*

Kriterier för godkänd tätning i de tre täthetsklasserna måste redovisas och anges i Lugeon.

Redovisat antal kontrollhål per skärm i spårtunnlar, servicetunnlar och pilottunnlar är för litet för att resultaten ska visa om täthetskrav har uppfyllts eller om ytterligare injekteringsomgång ska utföras.

Texten revideras och kompletteras.

Vidare anges under Kontrollhål att:

Kontrollhål ska utföras inom Injekteringsklass 3 samt inom områden med särskilda täthetskrav inom övriga injekteringsklasser. Kontrollhål ska även utföras enligt särskild beställning för utvärdering av injekteringskoncept eller för förhöjd uppföljning vid misstanke om bristande uppnådd täthet.

Kontrollhål ska utföras innanför teoretisk bergkontur.

Kontrollhål ska vattenförlustmätas med 1 MPa övertryck under minst 3 minuter med konstant flöde. Resultat redovisas som vattenförlust angivet med liter per minut och angivet tryck.

Kommentar:

Med undantag av Injekteringsklass 3 ska kontrollhål utföras efter varje injekteringsomgång för att kontrollera om tätningsresultatet uppfyller täthetskravet i aktuell tätningsklass eller om en ny injekteringsomgång ska utföras. Trafikverket har angivit gällande täthetskrav för alla ingående delar av entreprenaden.

Syftet med kontrollhålen är att kontrollera tätheten på den injekterade zon som omger planerad bergschakt. Kontrollhålen ska därför utföras i den tätade zonen och inte innanför teoretisk bergkontur.

Resultat av vattenförlustmätningar i kontrollhål ska redovisas i Lugeon, så att resultatet direkt kan jämföras med täthetskriterier i Lugeon i aktuell täthetsklass.

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

Likaså saknas tullgränser för tätning.

4.5 CDD.14 Ridåinjektering

Under Borrning för injektering anges:

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.

Kontrollmätning och dokumentation av att borrhål kan utföras inom angiven tolerans ska utföras på begäran av beställaren.

Kommentar:

Det är entreprenören som ska visa att borrhålen är utförda inom angiven tolerans.

Det räcker att ange en borttolerans där maximal avvikelse är 3 % av hållängden.

Det anges ej att underkända hål ska ersättas med nya hål.

Under "Injekteringsteknik" anges att:

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 i Injekteringsklass 3 ska kontroll av uppnådd täthet utföras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning.

Vid utförande i Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras efter första omgången. Om täthetskravet ej är uppfyllt övergår utförandet med en andra injekteringsomgång enligt Injekteringsklass 3 följt av kontroll av uppnådd täthet.

4.6 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:

Projektören, inte beställaren, ska föreskriva åtgärder med hänsyn till täthetsbehov och vilka kontroller och åtgärder som ska utföras för att verifiera att gällande täthetskrav är uppfyllt.

Under "Ridåinjektering vertikala schakt" anges att:

Injektering ska utföras med nivåinjektering. Maximal injekterad sektionlängd, tryck, injekteringstid och max injekteringsvolym ska anpassas till bergtäckning enligt Tabell TB CDD.141/2.

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?

Hur kontrolleras att täthetskravet är uppfyllt i Injekteringsklass 3?

Beställaren ska inte besluta något om Omgång 3. Projektören, inte beställaren, ska föreskriva åtgärder med hänsyn till täthetsklass och vilka kontroller som ska utföras för att verifiera att erforderlig tätning utförts.

Under "Botteninjektering förskärning" anges att:

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?

Botteninjektering är efterinjektering och kan ej ersätta förinjekteringskärm enligt Typlösning.

”Ridåinjektering vid mätdike”

Kommentar:

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

5 Granskningskommentarer till Ritningar Injektering

5.1 Blad 011 Typinjektering Injekteringsklass 1

I dokument PM Typinjektering föreskrivs sondering för att identifiera mer vattenförande sträckor. Där sonderingen visar inflöde över angivna gränser föreskrivs att injektering ska utföras i två omgångar enligt Injekteringsklass 2.

Eftersom ett utförande enligt Injekteringsklass 2 inte längre är motiverat, utföres förinjektering enligt Injekteringsklass 1 respektive Injekteringsklass 3.

Efter injektering i en omgång enligt Injekteringsklass 1 har Trafikverket föreskrivit att uppnådd täthet enligt gällande täthetskrav på sträckan (Täthetsklass) ska kontrolleras. Om täthetskravet ej är uppfyllt utföres en andra injekteringsomgång enligt Injekteringsklass 3 följt av kontroll av uppnådd täthet med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning.

A ovanstående följer att sonderingshål utgår och att Förklaringar och Föreskrifter arbetsgång uppdateras. "Eventuellt kompletterande hål" utgår i text och i Typsektion och kontroll ska utföras. Det ska anges att om kontrollhålen visar att täthetskravet ej uppfyllts övergår utförande i Injekteringsklass 3.

Kontroll av uppnådd täthet ska ske med kontrollhål i den omslutande tätskärmen och ej med kontrollhål innanför teoretisk sektion. Hålens läge ska framgå av typsektionerna. Hålens längd 3 m kortare än injekteringshål.

Vid parallell dubbelspårs- och servicetunnel ska båda tunnlarna injekteras runt hela tvärsnittet.

5.2 Blad 012 Typinjektering Injekteringsklass 2

Ritningen utgår.

5.3 Blad 013 Typinjektering Injekteringsklass 3

Under Förklaringar och Föreskrifter samt i Typsektion utgår "eventuellt kompletterande injekteringshål". Kontrollhål ska utföras. Om täthetskravet ej är uppfyllt utföres en kompletterande injekteringsomgång.

Under Föreskrifter anges:

Kontroll av uppnådd täthet ska ske med kontrollhål i den omslutande tätskärmen och ej med kontrollhål innanför teoretisk sektion. Hålens läge ska framgå på typsektionerna. Hålens längd 3 m kortare än injekteringshål.

Vid parallell dubbelspårs- och servicetunnel ska båda tunnlarna injekteras runt hela tvärsnittet.

5.4 Blad 701 Anpassad sträcka, Spårtunnel

Ritningen kompletteras med kontrollhål i sektion och under Förklaringar och Föreskrifter.

Punkterna 6 och 7 i arbetsgång utgår och ersättes av 6. Kontroll av täthet.

Täthetskrav anges som Täthetsklass och l/min och 100 m tunnel, samt kriterium för godkänd täthet i Lugeon.

Vidare ska anges att vid icke godkänt täthetskrav ska fortsatt injektering utföras enligt Injekteringsklass 3 med angivande av stickmått.

Båda tunnlarna ska injekteras runt hela tvärsnittet.

5.5 Blad 110 Station Korsvägen, Tullgränser

5.6 Blad 510 Servicetunnel 206 Korsvägen, Påslag

Enligt dokument Typinjektering ska förinjektering utföras för att uppnå ställda täthetskrav. Vidare anges att typinjekteringslösningarna ska ligga till grund för injekteringsprojektering.

Det redovisas ingen typinjekteringslösning för ridå- och botteninjektering i dokument Typinjektering. Det som redovisas på ritningen som botteninjektering är efterinjektering och inte förinjektering.

Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket innebär ett tillåtet inläckage på 2 l/min och 100 m tunnel. Vid Täthetsklass 3 ska tätningen enligt dokument Typinjektering utföras i Injekteringsklass 3.

Den på ritningen föreskrivna tätningen motsvarar inte ens Injekteringsklass 1 och anger inte heller hur kontroll ska utföras för att säkerställa att täthetskravet är uppfyllt.

Genom att utföra tätning av förskärning med skärmar omfattande väggar och botten och utförande enligt Injekteringsklass 3 med tillhörande täthetskontroll säkerställs att täthetskravet uppfylls.

Vid motsvarande utförande med Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras efter första injekteringsomgången. Om täthetskravet ej uppfylls fortsätter tätningsutförande enligt Injekteringsklass 3.

Ny ritning, visande förinjektering enligt dokument Typinjektering, ska tas fram. På ritningen ska anges gällande täthetskrav samt kriterium för godkänd tätning i Lugeon.

Vidare ska lägen för kontrollhål visas samt anges vilka åtgärder som ska vidtagas om täthetskrav ej är uppfyllt.

5.7 Blad 511 Servicetunnel 206 Korsvägen

Ritningen visar ett injekteringsutförande enligt Injekteringsklass 1 med eventuellt kompletterande injekteringshål. I Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras.

Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket ska anges på ritningen tillsammans med kriterium för godkänd täthet i Lugeon.

Vidare ska anges vilka åtgärder som ska vidtagas vid ej godkänd täthet.

Botteninjektering i profilen och "Ev. kompletterande injekteringshål" i Förklaringar och i sektion A-A tas bort.

5.8 Blad 520 Servicetunnel 207 Liseberget, Påslag

Enligt dokument Typinjektering ska förinjektering utföras för att uppnå ställda täthetskrav. Vidare anges att typinjekteringslösningarna ska ligga till grund för injekteringsprojektering.

Det redovisas ingen typinjekteringslösning för ridå- och botteninjektering i dokument Typinjektering. Det som redovisas på ritningen som botteninjektering är efterinjektering och inte förinjektering.

Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket innebär ett tillåtet inläckage på 2 l/min och 100 m tunnel. Vid Täthetsklass 3 ska tätningen enligt dokument Typinjektering utföras i Injekteringsklass 3.

Den på ritningen föreskrivna tätningen motsvarar inte ens Injekteringsklass 1 och anger inte heller hur kontroll ska utföras för att säkerställa att täthetskravet är uppfyllt.

Genom att utföra tätning av förskärning med skärmar omfattande väggar och botten och utförande enligt Injekteringsklass 3 med tillhörande täthetskontroll säkerställs att täthetskravet uppfylls.

Vid motsvarande utförande med Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras efter första injekteringsomgången. Om täthetskravet ej uppfylls fortsätter tätningsutförande enligt Injekteringsklass 3.

Ny ritning, visande förinjektering enligt dokument Typinjektering, ska tas fram. På ritningen ska anges gällande täthetskrav samt kriterium för godkänd tätning i Lugeon.

Vidare ska lägen för kontrollhål visas samt anges vilka åtgärder som ska vidtagas om täthetskrav ej är uppfyllt.

5.9 Blad 521 Servicetunnel 207 Liseberget

Ritningen visar ett injekteringsutförande enligt Injekteringsklass 1 med eventuellt kompletterande injekteringshål. I Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras.

Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket ska anges på ritningen tillsammans med kriterium för godkänd täthet i Lugeon.

Vidare ska anges vilka åtgärder som ska vidtagas vid ej godkänd täthet.

Botteninjektering i profilen och "Ev. kompletterande injekteringshål" i Förklaringar och i sektion A-A tas bort.

Påslag tas bort i stämpeln.

5.10 Blad 571 Station Korsvägen, Påslag Liseberget i öst

Ritningen är ofullständig och något svårtolkad. I Föreskrifter anges tre pilottunnlar. Sektion A-A visar tre enheter inom teoretisk sektion. Alla kan inte vara pilottunnlar. Om central pilot utförs först ska den förinjekteras så att den omslutes av en tätzon som uppfyller gällande täthetskrav. Före uttag av sidostrossarna ska dessa injekteras enligt Föreskrifter och uppfylla gällande täthetskrav.

Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket innebär 2 l/min och 100 m tunnel. Detta innebär att Injekteringsklass 3 ska tillämpas. Injektering utförs i två omgångar följt av kontroll av uppnådd täthet med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Vilka stickmått gäller för omgång 2? Hur många kontrollhål ska utföras och var? Vilket kriterium i Lugeon gäller för godkänd täthet i kontrollhål? Vilket kriterium gäller för att utföra ytterligare en injekteringsomgång?

Ritningen måste förtydligas med angivande av täthetsklass och kriterium för godkänd täthet i Lugeon, och kompletteras med en beskrivning av utförande och åtgärder när uppnådd täthet ej är godkänd.

5.11 Blad 580 Station Korsvägen, Östra trumpeten

Allt som framgår av ritningen är teoretisk injekterad zon och temporär injektering. Vad menas med temporär injektering?

Täthetsklass, täthetskriterier, injekteringsklass, kontrollhål, kontroll av uppnådd tätning, injekteringsutförande vid en andra injekteringsomgång och åtgärder vid ej uppfyllt täthetskrav saknas.

Ritningen måste kompletteras med utförliga föreskrifter som minst innehåller vad som saknas enligt ovan.

5.12 Blad 591 Station Korsvägen

Allt som framgår av ritningen är teoretisk injekterad zon och temporär injektering. Vad menas med temporär injektering?

Täthetsklass, täthetskriterier, injekteringsklass, kontrollhål, kontroll av uppnådd tätning, injekteringsutförande vid en andra injekteringsomgång och åtgärder vid ej uppfyllt täthetskrav saknas.

Ritningen måste kompletteras med utförliga föreskrifter som minst innehåller vad som saknas enligt ovan.

5.13 Blad 600 Tryckutjämnings- och uteluftsschakt Liseberg

Täthetsklass 3 gäller vilket vid typinjektering innebär Injekteringsklass 3. I denna klass utförs första injekteringsomgången med ett hålspetsavstånd på $\leq 2,5$ m.

Mot denna bakgrund hade det varit rimligt med ett hålavstånd på 2,5 m i första injekteringsomgången och motsvarande hålavstånd i andra injekteringsomgången. Tveksam nytta av att utföra andra injekteringsomgången i sektioner.

Hur kontrolleras uppnådd täthet efter andra injekteringsomgången? Kriterier för godkänd täthet?

Injekteringsstryck och max injekteringsvolym?

Ritningen måste kompletteras med täthetskrav, kriterium i Lugeon för godkänd täthet samt föreskrifter och kontroll för injekteringsutförandet.

5.14 Blad 611 Station Korsvägen, Påslag Landeriet

Allt som framgår av ritningen är teoretisk injekterad zon och temporär injektering. Vad menas med temporär injektering?

Täthetsklass, täthetskriterier, injekteringsklass, kontrollhål, kontroll av uppnådd tätning, injekteringsutförande vid en andra injekteringsomgång, åtgärder vid ej uppfyllt täthetskrav saknas.

Ritningen måste kompletteras med utförliga föreskrifter som minst innehåller vad som saknas enligt ovan.

5.15 Blad 620 Station Korsvägen, Stationsrum

Allt som framgår av ritningen är teoretisk injekterad zon och temporär injektering. Vad menas med temporär injektering?

Täthetsklass, täthetskriterier, injekteringsklass, kontrollhål, kontroll av uppnådd tätning, injekteringsutförande vid en andra injekteringsomgång, åtgärder vid ej uppfyllt täthetskrav saknas.

Ritningen måste kompletteras med utförliga föreskrifter som minst innehåller vad som saknas enligt ovan.

5.16 Blad 640 Station Korsvägen, Fläktrum

Enligt dokument Typinjektering ska förinjektering utföras för att uppnå ställda täthetskrav. Vidare anges att typinjekteringslösningarna ska ligga till grund för injekteringsprojektering.

Det redovisas ingen typinjekteringslösning för ridå- och botteninjektering i dokument Typinjektering.

Det som redovisas på ritningen som botteninjektering är efterinjektering och inte förinjektering.

Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket innebär ett tillåtet inläckage på 2 l/min och 100 m tunnel. Vid Täthetsklass 3 ska tätningen enligt dokument Typinjektering utföras i Injekteringsklass 3. I varje skärm ska injektering utföras i minst två omgångar. Injekteringen ska i varje omgång skapa en omslutande tätzon kring planerad bergschakt.

Injekteringen på ritningen är inte omslutande och omfattar endast tak och övre del av vägg. Ingen tätning utföres av botten.

Det föreskrivna tätningsutförandet kan omöjligt resultera i att täthetskravet uppfylls. På ritningen redovisas heller inte hur kontroll av uppnådd täthet ska utföras.

Det föreskrivna tätningsutförandet är oacceptabelt.

En ny ritning med tätningsutförande baserat på omslutande förinjekteringsskärmar enligt Typinjektering måste tas fram. Täthetskrav och kriterium i Lugeon för godkänd täthet ska framgå av ritningen.

5.17 Blad 650 Station Korsvägen, Mellanplan

Enligt dokument Typinjektering ska förinjektering utföras för att uppnå ställda täthetskrav. Vidare anges att typinjekteringslösningarna ska ligga till grund för injekteringsprojektering.

Det redovisas ingen typinjekteringslösning för ridå- och botteninjektering i dokument Typinjektering.

Det som redovisas på ritningen som botteninjektering är efterinjektering och inte förinjektering.

Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket innebär ett tillåtet inläckage på 2 l/min och 100 m tunnel. Vid Täthetsklass 3 ska tätningen enligt dokument Typinjektering utföras i Injekteringsklass 3. I varje skärm ska injektering utföras i minst två omgångar. Injekteringen ska i varje omgång skapa en omslutande tätzon kring planerad bergschakt.

Injekteringen på ritningen är inte omslutande och omfattar endast tak och övre del av vägg. Ingen tätning utföres av botten.

Det föreskrivna tätningsutförandet kan omöjligt resultera i att täthetskravet uppfylls. På ritningen redovisas heller inte hur kontroll av uppnådd täthet ska utföras.

Det föreskrivna tätningsutförandet är oacceptabelt.

En ny ritning med tätningsutförande baserat på omslutande förinjekteringsskärmar enligt Typinjektering måste tas fram. Täthetskrav och kriterium i Lugeon för godkänd täthet ska framgå av ritningen.

5.18 Blad 660 Station Korsvägen, Uppgång Renströmsparken

Ritningen är svårtolkad. Enligt Föreskrifter utförs injektering av botten som förinjekteringskärm från tunnel. Vad ska alla botteninjekteringshål användas till? Ridåinjektering av väggar kan med fördel ersättas av att väggar i schaktet förinjekteras med skärm i Injekteringsklass 3. Kontroll av uppnådd täthet, i såväl botten som väggar, kan då ske med hjälp av kontrollhål i skärmen.

Kontroll av uppnådd täthet redovisas ej på ritningen.

Var ligger Sektion A-A?

Ritningen behöver göras om med beaktande av att ridå- och botteninjektering ej nämns i dokument Typinjektering. Vid projektering av tätningsåtgärder ska enligt dokumentet dessa baseras på framtagna typinjekteringar. Täthetskrav och kriterium i Lugeon för godkänd täthet ska framgå av ritningen.

5.19 Blad 670 Station Korsvägen, Västra trumpeten

Allt som framgår av ritningen är teoretisk injekterad zon.

Täthetsklass, täthetskriterier, injekteringsklass, kontrollhål, kontroll av uppnådd tätning, injekteringsutförande vid en andra injekteringsomgång, åtgärder vid ej uppfyllt täthetskrav saknas.

Ritningen måste kompletteras med utförliga föreskrifter som minst innehåller vad som saknas enligt ovan.

5.20 Blad 680 Station Korsvägen, Tryckutjämningschakt väst

Täthetsklass 3 gäller vilket vid typinjektering innebär Injekteringsklass 3. I denna klass utförs första injekteringsomgången med ett hålspetsavstånd på $\leq 2,5$ m.

Mot denna bakgrund hade det varit rimligt med ett hålavstånd på 2,5 m i första injekteringsomgången och motsvarande hålavstånd i andra injekteringsomgången. Tveksam nytta av att utföra andra injekteringsomgången i sektioner.

Hur kontrolleras uppnådd täthet efter andra injekteringsomgången? Kriterier för godkänd täthet?

Injekteringsstryck och max injekteringsvolym?

Ritningen måste kompletteras med täthetskrav, kriterium i Lugeon för godkänd täthet samt föreskrifter och kontroll för injekteringsutförandet.

5.21 Blad 540 Passage under Gårdatunneln

Ritningen visar ett injekteringsutförande enligt Injekteringsklass 1. I Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras.

Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket ska anges på ritningen tillsammans med kriterium för godkänd täthet i Lugeon.

Vidare ska anges vilka åtgärder som ska vidtagas vid ej godkänd täthet.

Botteninjektering i profilen tas bort.

5.22 Blad 550 Servicetunnel 209 Skår, Påslag

Trafikverket har för aktuell tunnel föreskrivit Täthetsklass 2 vilket innebär ett täthetskrav på 2-5 l/min och 100 m tunnel. Kravet ska vara uppfyllt såväl under utförande som i färdig anläggning.

Föreskrivet injekteringsutförande i förskärningen uppfyller inte ens Injekteringsklass 1.

Tätning för att uppfylla gällande täthetskrav ska utföras som förinjektering och uppnådd täthet ska kontrolleras innan bergschakt. Att täta botten med hjälp av efterinjektering är inte fackmässigt.

Förinjektering utföres med injekteringshål i väggar och botten enligt Injekteringsklass 3. Täthetsresultatet ska vara kontrollerat och godkänt innan bergschakt får ske.

Ny ritning ska tas fram.

5.23 Blad 551 Servicetunnel 209 Skår

Ritningen visar ett injekteringsutförande enligt Injekteringsklass 1 med eventuellt kompletterande injekteringshål. I Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras.

Täthetskrav är Täthetsklass 2 vilket ska anges på ritningen tillsammans med kriterium för godkänd täthet i Lugeon.

Vidare ska anges vilka åtgärder som ska vidtagas vid ej godkänd täthet.

Botteninjektering i profilen, "Eventuellt kompletterande hål" i Förklaringar och i sektion A-A, tas bort.

5.24 Blad 560 Påslag Almedal

Ritningen visar att skärmar med två injekteringsomgångar ska utföras.

Täthetskrav är Täthetsklass 2. Tätningen utförs enligt Injekteringsklass 3.

Ritningen kompletteras med Täthetsklass och Injekteringsklass.

Kontrollhål ska redovisas i sektionerna och kriterium för godkänd täthet i Lugeon ska anges. Åtgärd om inte godkänd täthet uppnås efter två injekteringsomgångar ska redovisas.

6 Sammanfattande kommentarer till Tekniskt PM, Bergteknik, Bergteknisk prognos, Teknisk beskrivning och ritningar

I granskade Tekniska PM Bergteknik anges under **1 Inledning, 1.1 Allmänt** att redovisade resultat ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, material-egenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning, bergdrivning, injektering och dess komponenter.

Under **2 Förutsättningar, 2.1 Underlag** anges att för krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

För injektering av bergtunnlar hänvisas till PM Typinjektering.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Däremot nämns inte att Trafikverket för samtliga delsträckor ställt täthetskrav som projekteringsförutsättning.

I granskade Tekniska PM Bergteknik, som anges vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, lämnas föreskrifter om injekteringsutförande, som inte beaktar angivna täthetsklasser.

Inte heller beaktas TRVK Tunnel 11. Enligt dokumentet ska vid projektering av tätning bl.a. anges:

- 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.

Det som anges avseende injekteringsutförande och kontroll kan sålunda inte ligga till grund för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram.

Av granskad Bergteknisk prognos framgår att den bergtekniska prognosen upprättats utan att beakta de täthetskrav Trafikverket angivit som projekteringsförutsättning.

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 kommer med stor sannolikhet att behöva utföras i två eller fler injekteringsomgångar och inte i en injekteringsomgång (IK 1).

Den Bergtekniska prognosen avseende injektering utgör visserligen ett kalkylerbart underlag men med kraftigt underskattade mängder.

Granskad Teknisk Beskrivning Bergtunnel har upprättats utan att beakta Trafikverkets täthetskrav och kontrollkrav i TRVK Tunnel 11. Detsamma gäller framtagna ritningar.

Ändringslogg

Version	Datum	Ändring	Godkänt av

Bilaga: GK3 Granskningsprotokoll

Entreprenad: E05	Delområde: Korsvägen	Datum: 2017-04-12
Skede: FU	Ämnesområde: Tätning	
Delprojektledare:	Granskat av: Kai Palmqvist	Befattning:

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
01	7.5.1	Tabell 26 – 42	Av tabellerna framgår att den bergtekniska prognosen upprättades utan att beakta Trafikverkets täthetskrav.	2		
02	6.6.1.1	BBC.14	I TB saknas beskrivning över var, när och hur inläckande vatten ska mätas.	3		
03	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		
04	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		
05	6.6.1.1	CBC.611	Föreskrift saknas om vilka åtgärder som ska vidtagas vid inläckande vatten i salvhål.	2		
06	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.	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
07	6.6.1.1	CDD.1	<p>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.”</p> <p>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.</p>	2		
08	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		
09	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) enligt riktvärden.</p>	2		
10	6.6.1.1	CDD.1	<p>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.”</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>	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			Det är därför viktigt att injekteringsutförandet tidigt utvärderas med avseende på tecken på skadlig jacking, stoppkriterier, maxvolym och tätningresultat. Krav på utvärdering och hur den ska göras ska framgå av Kontrollprogram.			
11	6.6.1.1	CDD.1	Trafikverket har beslutat om ett ändrat utförande och kontroll av förinjektering. Detta innebär att där inte Injekteringsklass 3 föreskrivits, ska injekteringen starta med Injekteringsklass 1. Tätningresultatet kontrolleras med hjälp av kontrollhål. Visar hålen att täthetskravet inte uppfyllts utföres en andra injekteringsomgång och utförandet går över i Injekteringsklass 3 med tillhörande kontrollhål, efter andra omgångens injektering. Detta innebär att vad som skrivs om kompletterande hål/omgång baserat på designtryck inte uppnåtts etc inte längre gäller och ska utgå.	2		
12	6.6.1.1	CDD.1	Under "Anpassat injekteringsutförande" anges för flera av anläggningarna att injektering ska baseras på Injekteringsklass 1. Att anpassad injektering baseras på Injekteringsklass 1 innebär att skärmen injekteras i en omgång. Uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om gällande täthetskrav ej är uppfyllt utföres en andra injekteringsomgång och tätning utförandet går över i Injekteringsklass 3. Detta innebär att kontroll av uppnådd täthet utföres efter andra omgångens injektering, vilket kan leda till ytterligare en injekteringsomgång. Att anpassad injektering baseras på Injekteringsklass 3 innebär att skärmen injekteras i två omgångar varefter kontroll av uppnådd täthet utföres, vilket kan leda till ytterligare en injekteringsomgång. Texten i TB ska kompletteras och förtydligas.	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
1a	6.6.1.1	CDD.1	Under "Station Korsvägen" anges att vid bergschakt i sekvenser, t.ex. flera pallar eller genom drivning med pilot och strossning, ska berg som inte schaktas inom 1 månad förinjekteras. <u>Inget berg får schaktas innan omslutande förinjektering utförts och kontroll visat att gällande täthetskrav uppfyllts.</u>	2		
14	6.6.1.1	CDD.1	Under "Station Korsvägen" anges vidare att vid drivning av central pilottunnel ska minst sex (6) kontrollhål per skärm utföras. För övriga delar ska minst fyra (4) kontrollhål per skärm utföras. En täthetskontroll med aktuella areor måste omfatta betydligt fler kontrollhål än vad som anges för kontroll av skärm. Bara kontroll av täthet i botten av central pilottunnel kräver minst fem (5) kontrollhål och kontroll av botten inom övriga delar minst tre (3) kontrollhål.	2		
15	6.6.1.1	CDD.1	Under "Mellanplan" och "Fläktrum" beskrivs ett tätningsutförande med ridåinjektering och botteninjektering. Beskrivet tätningsutförande motsvarar inte ens tätning i Injekteringsklass 1 och än mindre angiven Injekteringsklass 3 med minst två omslutande injekteringsomgångar i varje skärm. <u>Angivet tätningsutförande strider mot dokument Typinjektering och är oacceptabelt.</u>	2		
16	6.6.1.1	CDD.1	Under "Kontroll av erhållen täthet" anges att kontroll av erhållen täthet ska utföras genom mätning av inläckning. Kontrollprogram som anger var, när och hur mätning ska utföras saknas.	3		
17	6.6.1.1	CDD.1	Under "Kontrollhål" anges att kompletterande injekteringshål ska utföras då vattenförlust överstiger 2,5 l/min (vid 1 MPa vattenförlusttryck). Kompletterande hel injekteringsomgång etc. Det anges ej i vilken täthetsklass och vid vilken borrhålslängd angivna kriterier gäller.	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			<p>Kriterier för godkänd tätning måste redovisas för de tre täthetsklasserna och anges i Lugeon.</p> <p>Angivna antal kontrollhål per skärm i spårtunnlar, servicetunnlar och pilottunnlar är för litet för att resultaten ska kunna visa om täthetskraven har uppfyllts eller om ytterligare injekteringsomgång ska utföras.</p>			
18	6.6.1.1	CDD.1	<p>Det anges att kontrollhål ska utföras inom Injekteringsklass 3 samt inom områden med särskilda täthetskrav inom övriga injekteringsklasser etc.</p> <p>Varje område har ett särskilt täthetskrav, angivet av Trafikverket.</p> <p>Med undantag av Injekteringsklass 3 ska enligt Trafikverket kontrollhål utföras efter varje injekteringsomgång.</p> <p>Kontrollhål ska utföras i den tätade zonen och <u>ej</u> innanför teoretisk bergkontur.</p> <p>Resultat av vattenförlustmätningar ska redovisas i Lugeon, så att resultatet direkt kan jämföras med täthetskriterier i Lugeon i aktuell tätningsklass.</p>	2		
19	6.6.1.1	CDD.1	<p>Under "Kontroll av borrhålsavvikelse" anges att om krav på tillåten hålavvikelse ej uppfylls etc.</p> <p>Det saknas föreskrifter om vilka borrhålsavvikelser som maximalt kan tillåtas.</p>	2		
20	6.6.1.1	CDD.14	<p>Under "Ridåinjektering" anges maximalt tillåtna borrhålsavvikelser.</p> <p>Kontrollmätning och dokumentation av att borrhål kan utföras inom angiven tolerans ska utföras på begäran av beställaren.</p> <p>Det är entreprenören som ska visa att borrhålen är utförda inom angiven tolerans.</p> <p>Det räcker att ange en borrhåls tolerans där maximal avvikelse är 3 % av hållängden.</p> <p>Det anges ej att underkända hål ska ersättas med nya.</p>	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
21	6.6.1.1	CDD.14	<p>Under "Injekteringsteknik" anges att ridåinjektering ska utföras enligt split spacing-förfarande etc.</p> <p>Vid utförande i Injekteringsklass 3 ska kontroll av uppnådd täthet, efter andra injekteringsomgången, utföras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning.</p> <p>Vid utförande i Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras efter första injekteringsomgången. Om täthetskravet ej är uppfyllt övergår utförandet till en andra injekteringsomgång enligt Injekteringsklass 3, följt av kontroll av uppnådd täthet.</p>	2		
22	6.6.1.1	CDD.141	<p>Under "Ridåinjektering förskärning" anges att: "Omfattning beslutas av beställaren. Beslut om eventuell Omgång 3 tas av beställaren baserat på injekteringsmedelsåtgång i Omgång 2."</p> <p>Projektören, inte beställaren, ska föreskriva åtgärder med hänsyn till täthetsbehov och vilka kontroller som ska utföras för att verifiera att gällande täthetskrav är uppfyllt.</p>	2		
23	6.6.1.1	CDD.141	<p>Under "Ridåinjektering vertikala schakt" anges bl.a. att injektering ska utföras med nivåinjektering.</p> <p>Var finns kopplingen i föreskrivet utförande med gällande täthetskrav och Injekteringsklass?</p> <p>Hur kontrolleras att täthetskravet är uppfyllt i Injekteringsklass 3?</p> <p>Beställaren ska inte besluta något om Omgång 3. Projektören, inte beställaren, ska föreskriva åtgärder med hänsyn till täthetsklass och vilka kontroller som ska utföras för att verifiera att erforderlig tätning utförts.</p>	2		
24	6.6.1.1	CDD.141	<p>Under "Botteninjektering förskärning" anges att omfattning av botteninjektering beslutas av beställaren utgående från injekterad volym i ridåinjektering och eventuellt karterat inläckage i förskärning.</p> <p>Det är projektören och inte beställaren som föreskriver åtgärder.</p>	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			Botteninjektering är efterinjektering och kan ej ersätta förinjekterings-skärm enligt dokument Typinjektering.			
25	6.6.1.1	CDD.141	Ridåinjektering vid mätdike. Beskrivning av utförande av mätdike saknas.	2		
26	6.8.1.1	Blad 011	Efter injektering i en omgång enligt Injekteringsklass 1 har Trafikverket föreskrivit att uppnådd täthet enligt gällande täthetskrav på sträckan (Täthetsklass) ska kontrolleras. Om täthetskravet ej är uppfyllt utföres en andra injekteringsomgång enligt Injekteringsklass 3, följt av kontroll av uppnådd täthet. Kontroll av uppnådd täthet ska ske med kontrollhål i den omslutande tätskärmen och ej med kontrollhål innanför teoretisk sektion. Hålens läge ska framgå av typsektionerna. Vid parallell dubbelspårs- och servicetunnel ska båda tunnlarna injekteras runt hela tvärsnittet. Text och ritning uppdateras.	2		
27	6.8.1.1	Blad 013	Kontrollhål ska utföras. Om täthetskravet ej är uppfyllt utföres en kompletterande injekteringsomgång. Kontroll av uppnådd täthet ska ske med kontrollhål i den omslutande tätskärmen och ej med kontrollhål innanför teoretisk sektion. Hålens läge ska framgå av typsektionerna. Vid parallell dubbelspårs- och servicetunnel ska båda tunnlarna injekteras runt hela tvärsnittet. Text och ritning uppdateras.	2		
28	6.8.1.1	Blad 701	Ritningen kompletteras med kontrollhål i sektion och under Förklaringar och Föreskrifter. Punkterna 6 och 7 i arbetsgång utgår och ersätts av 6. Kontroll av täthet. Täthetskrav anges som Täthetsklass och 1/min och 100 m tunnel, samt kriterium för godkänd täthet i Lugeon.	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			Vidare ska anges att vid icke godkänt täthetskrav ska fortsatt injektering utföras enligt Injekteringsklass 3 med angivande av stickmått. Båda tunnarna ska injekteras runt hela tvärsnittet.			
29	6.8.1.1	Blad 510	<p>Enligt dokument Typinjektering ska förinjektering utföras för att uppnå ställda täthetskrav. Vidare anges att typinjekteringslösningarna ska ligga till grund för injekteringsprojektering.</p> <p>Det redovisas ingen typinjekteringslösning för ridå- och botteninjektering i dokument Typinjektering. Det som redovisas på ritningen som botteninjektering är efterinjektering och inte förinjektering.</p> <p>Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket innebär ett tillåtet inläckage på 2 l/min och 100 m tunnel. Vid Täthetsklass 3 ska tätningen enligt dokument Typinjektering utföras i Injekteringsklass 3.</p> <p>Den på ritningen föreskrivna tätningen motsvarar inte ens Injekteringsklass 1 och anger inte heller hur kontroll ska utföras för att säkerställa att täthetskravet är uppfyllt.</p> <p>Genom att utföra tätning av förskärning med skärmar omfattande väggar och botten och utförande enligt Injekteringsklass 3 med tillhörande täthetskontroll säkerställs att täthetskravet uppfylls.</p> <p>Vid motsvarande utförande med Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras efter första injekteringsomgången. Om täthetskravet ej uppfylls fortsätter tätningsutförande enligt Injekteringsklass 3.</p> <p>Ny ritning, visande förinjektering enligt dokument Typinjektering, ska tas fram. På ritningen ska anges gällande täthetskrav samt kriterium för godkänd tätning i Lugeon.</p> <p>Vidare ska lägen för kontrollhål visas samt anges vilka åtgärder som ska vidtagas om täthetskrav ej är uppfyllt.</p>	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
30	6.8.1.1	Blad 511	<p>Ritningen visar ett injekteringsutförande enligt Injekteringsklass 1 med eventuellt kompletterande injekteringshål. I Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras.</p> <p>Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket ska anges på ritningen tillsammans med kriterium för godkänd täthet i Lugeon.</p> <p>Vidare ska anges vilka åtgärder som ska vidtagas vid ej godkänd täthet.</p> <p>Botteninjektering i profilen och "Ev. kompletterande injekteringshål" i Förklaringar och i sektion A-A tas bort.</p>	2		
31	6.8.1.1	520	<p>Enligt dokument Typinjektering ska förinjektering utföras för att uppnå ställda täthetskrav. Vidare anges att typinjekteringslösningarna ska ligga till grund för injekteringsprojektering.</p> <p>Det redovisas ingen typinjekteringslösning för ridå- och botteninjektering i dokument Typinjektering. Det som redovisas på ritningen som botteninjektering är efterinjektering och inte förinjektering.</p> <p>Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket innebär ett tillåtet inläckage på 2 l/min och 100 m tunnel. Vid Täthetsklass 3 ska tätningen enligt dokument Typinjektering utföras i Injekteringsklass 3.</p> <p>Den på ritningen föreskrivna tätningen motsvarar inte ens Injekteringsklass 1 och anger inte heller hur kontroll ska utföras för att säkerställa att täthetskravet är uppfyllt.</p> <p>Genom att utföra tätning av förskärning med skärmar omfattande väggar och botten och utförande enligt Injekteringsklass 3 med tillhörande täthetskontroll säkerställs att täthetskravet uppfylls.</p> <p>Vid motsvarande utförande med Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras efter första injekteringsomgången. Om täthetskravet ej uppfylls fortsätter tätningsutförande enligt Injekteringsklass 3.</p>	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			<p>Ny ritning, visande förinjektering enligt dokument Typinjektering, ska tas fram. På ritningen ska anges gällande täthetskrav samt kriterium för godkänd tätning i Lugeon.</p> <p>Vidare ska lägen för kontrollhål visas samt anges vilka åtgärder som ska vidtagas om täthetskrav ej är uppfyllt.</p>			
32	6.8.1.1	Blad 521	<p>Ritningen visar ett injekteringsutförande enligt Injekteringsklass 1 med eventuellt kompletterande injekteringshål. I Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras.</p> <p>Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket ska anges på ritningen tillsammans med kriterium för godkänd täthet i Lugeon.</p> <p>Vidare ska anges vilka åtgärder som ska vidtagas vid ej godkänd täthet. Botteninjektering i profilen och "Ev. kompletterande injekteringshål" i Förklaringar och i sektion A-A tas bort. Påslag tas bort i stämpeln.</p>	2		
33	6.8.1.1	Blad 571	<p>Ritningen är ofullständig och något svårtolkad. I Föreskrifter anges tre pilottunnlar. Sektion A-A visar tre enheter inom teoretisk sektion. Alla kan inte vara pilottunnlar. Om central pilot utförs först ska den förinjekteras så att den omslutes av en tätzon som uppfyller gällande täthetskrav. Före uttag av sidostrossarna ska dessa injekteras enligt Föreskrifter och uppfylla gällande täthetskrav.</p> <p>Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket innebär 2 l/min och 100 m tunnel. Detta innebär att Injekteringsklass 3 ska tillämpas. Injektering utförs i två omgångar följt av kontroll av uppnådd täthet med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Vilka stickmått gäller för omgång 2? Hur många kontrollhål ska utföras och var? Vilket kriterium i Lugeon gäller för godkänd täthet i kontrollhål?</p> <p>Vilket kriterium gäller för att utföra ytterligare en injekteringsomgång?</p>	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			Ritningen måste förtydligas med angivande av täthetsklass och kriterium för godkänd täthet i Lugeon, och kompletteras med en beskrivning av utförande och åtgärder när uppnådd täthet ej är godkänd.			
34	6.8.1.1	Blad 580	Allt som framgår av ritningen är teoretisk injekterad zon och temporär injektering. Vad menas med temporär injektering? Täthetsklass, täthetskriterier, injekteringsklass, kontrollhål, kontroll av uppnådd tätning, injekteringsutförande vid en andra injekteringsomgång och åtgärder vid ej uppfyllt täthetskrav saknas. Ritningen måste kompletteras med utförliga föreskrifter som minst innehåller vad som saknas enligt ovan.	2		
35	6.8.1.1	Blad 591	Allt som framgår av ritningen är teoretisk injekterad zon och temporär injektering. Vad menas med temporär injektering? Täthetsklass, täthetskriterier, injekteringsklass, kontrollhål, kontroll av uppnådd tätning, injekteringsutförande vid en andra injekteringsomgång och åtgärder vid ej uppfyllt täthetskrav saknas. Ritningen måste kompletteras med utförliga föreskrifter som minst innehåller vad som saknas enligt ovan.	2		
36	6.8.1.1	Blad 600	Täthetsklass 3 gäller vilket vid typinjektering innebär Injekteringsklass 3. I denna klass utförs första injekteringsomgången med ett hålpetsavstånd på $\leq 2,5$ m. Mot denna bakgrund hade det varit rimligt med ett hålavstånd på 2,5 m i första injekteringsomgången och motsvarande hålavstånd i andra injekteringsomgången. Hur kontrolleras uppnådd täthet efter andra injekteringsomgången? Kriterier för godkänd täthet? Injekteringstryck och max injekteringsvolym?	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			Ritningen måste kompletteras med täthetskrav, kriterium i Lugeon för godkänd täthet samt föreskrifter och kontroll för injekteringsutförandet.			
37	6.8.1.1	Blad 611	<p>Allt som framgår av ritningen är teoretisk injekterad zon och temporär injektering. Vad menas med temporär injektering?</p> <p>Täthetsklass, täthetskriterier, injekteringsklass, kontrollhål, kontroll av uppnådd tätning, injekteringsutförande vid en andra injekteringsomgång, åtgärder vid ej uppfyllt täthetskrav saknas.</p> <p>Ritningen måste kompletteras med utförliga föreskrifter som minst innehåller vad som saknas enligt ovan.</p>	2		
38	6.8.1.1	Blad 620	<p>Allt som framgår av ritningen är teoretisk injekterad zon och temporär injektering. Vad menas med temporär injektering?</p> <p>Täthetsklass, täthetskriterier, injekteringsklass, kontrollhål, kontroll av uppnådd tätning, injekteringsutförande vid en andra injekteringsomgång, åtgärder vid ej uppfyllt täthetskrav saknas.</p> <p>Ritningen måste kompletteras med utförliga föreskrifter som minst innehåller vad som saknas enligt ovan.</p>	2		
39	6.8.1.1	Blad 640	<p>Enligt dokument Typinjektering ska förinjektering utföras för att uppnå ställda täthetskrav. Vidare anges att typinjekteringslösningarna ska ligga till grund för injekteringsprojektering.</p> <p>Det redovisas ingen typinjekteringslösning för ridå- och botteninjektering i dokument Typinjektering.</p> <p>Det som redovisas på ritningen som botteninjektering är efterinjektering och inte förinjektering.</p> <p>Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket innebär ett tillåtet inläckage på 2 l/min och 100 m tunnel. Vid Täthetsklass 3 ska tätningen enligt dokument Typinjektering utföras i Injekteringsklass 3. I varje skärm ska injektering</p>	2		

Nr	Handlings- nummer	Del	Kommentar	Klassifi- cering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			<p>utföras i minst två omgångar. Injekteringen ska i varje omgång skapa en omslutande tätzon kring planerad bergschakt.</p> <p>Injekteringen på ritningen är inte omslutande och omfattar endast tak och övre del av vägg. Ingen tätning utföres av botten.</p> <p>Det föreskrivna tätningsutförandet kan omöjligt resultera i att täthetskravet uppfylls. På ritningen redovisas heller inte hur kontroll av uppnådd täthet ska utföras.</p> <p>Det föreskrivna tätningsutförandet är oacceptabelt.</p> <p>En ny ritning med tätningsutförande baserat på omslutande förinjekterings-skärmar enligt Typinjektering måste tas fram.</p> <p>På ritningen ska anges Täthetsklass samt kriterium i Lugeon för godkänd täthet.</p>			
40	6.8.1.1	Blad 650	<p>Enligt dokument Typinjektering ska förinjektering utföras för att uppnå ställda täthetskrav. Vidare anges att typinjekteringslösningarna ska ligga till grund för injekteringsprojektering.</p> <p>Det redovisas ingen typinjekteringslösning för ridå- och botteninjektering i dokument Typinjektering.</p> <p>Det som redovisas på ritningen som botteninjektering är efterinjektering och inte förinjektering.</p> <p>Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket innebär ett tillåtet inläckage på 2 l/min och 100 m tunnel. Vid Täthetsklass 3 ska tätningen enligt dokument Typinjektering utföras i Injekteringsklass 3. I varje skärm ska injektering utföras i minst två omgångar. Injekteringen ska i varje omgång skapa en omslutande tätzon kring planerad bergschakt.</p> <p>Injekteringen på ritningen är inte omslutande och omfattar endast tak och övre del av vägg. Ingen tätning utföres av botten.</p>	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			<p>Det föreskrivna tätningsutförandet kan omöjligt resultera i att täthetskravet uppfylls. På ritningen redovisas heller inte hur kontroll av uppnådd täthet ska utföras.</p> <p>Det föreskrivna tätningsutförandet är oacceptabelt.</p> <p>En ny ritning med tätningsutförande baserat på omslutande förinjekterings-skärmar enligt Typinjektering måste tas fram.</p> <p>På ritningen ska anges Täthetsklass samt kriterium i Lugeon för godkänd täthet.</p>			
41	6.8.1.1	Blad 660	<p>Ritningen är svårtolkad. Enligt Föreskrifter utförs injektering av botten som förinjekterings-skärm från tunnel. Vad ska alla botteninjekterings-hålen användas till? Ridåinjektering av väggar kan med fördel ersättas av att väggar i schaktet förinjekteras med skärm i Injekteringsklass 3.</p> <p>Kontroll av uppnådd täthet, i såväl botten som väggar, kan då ske med hjälp av kontrollhål i skärmen.</p> <p>Kontroll av uppnådd täthet redovisas ej på ritningen. Var ligger Sektion A-A?</p> <p>Ritningen behöver göras om med beaktande av att ridå- och botteninjektering ej nämns i dokument Typinjektering. Vid projektering av tätningsåtgärder ska enligt dokumentet dessa baseras på framtagna typinjekteringar.</p> <p>Täthetskrav och kriterium i Lugeon för godkänd täthet ska framgå av ritningen.</p>	2		
42	6.8.1.1	Blad 670	<p>Allt som framgår av ritningen är teoretisk injekterad zon.</p> <p>Täthetsklass, täthetskriterier, injekteringsklass, kontrollhål, kontroll av uppnådd tätning, injekteringsutförande vid en andra injekteringsomgång, åtgärder vid ej uppfyllt täthetskrav saknas.</p>	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			Ritningen måste kompletteras med utförliga föreskrifter som minst innehåller vad som saknas enligt ovan.			
43	6.8.1.1	Blad 680	<p>Täthetsklass 3 gäller vilket vid typinjektering innebär Injekteringsklass 3. I denna klass utförs första injekteringsomgången med ett hålspetsavstånd på $\leq 2,5$ m.</p> <p>Mot denna bakgrund hade det varit rimligt med ett hålavstånd på 2,5 m i första injekteringsomgången och motsvarande hålavstånd i andra injekteringsomgången.</p> <p>Hur kontrolleras uppnådd täthet efter andra injekteringsomgången? Kriterier för godkänd täthet? Injekteringsstryck och max injekteringsvolym?</p> <p>Ritningen måste kompletteras med täthetskrav, kriterium i Lugeon för godkänd täthet samt föreskrifter och kontroll för injekteringsutförandet.</p>	2		
44	6.8.1.1	Blad 540	<p>Ritningen visar ett injekteringsutförande enligt Injekteringsklass 1. I Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras.</p> <p>Täthetskrav är Täthetsklass 3 vilket ska anges på ritningen tillsammans med kriterium för godkänd täthet i Lugeon. Vidare ska anges vilka åtgärder som ska vidtagas vid ej godkänd täthet.</p> <p>Botteninjektering i profilen tas bort.</p>	2		
45	6.8.1.1	Blad 550	<p>Trafikverket har för aktuell tunnel föreskrivit Täthetsklass 2 vilket innebär ett täthetskrav på 2-5 l/min och 100 m tunnel. Kravet ska vara uppfyllt såväl under utförande som i färdig anläggning. Injekteringsklass 3 gäller.</p> <p>Föreskrivet injekteringsutförande i förskärningen uppfyller inte ens Injekteringsklass 1.</p> <p>Tätning för att uppfylla gällande täthetskrav ska utföras som förinjektering och uppnådd täthet ska kontrolleras innan bergschakt.</p>	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			Att täta botten med hjälp av efterinjektering är inte fackmässigt. Förinjektering utföres med injekteringshål i väggar och botten enligt Injekteringsklass 3. Täthetsresultatet ska vara kontrollerat och godkänt innan bergschakt får ske. Ny ritning ska tas fram.			
46	6.8.1.1	Blad 551	Ritningen visar ett injekteringsutförande enligt Injekteringsklass 1 med eventuellt kompletterande injekteringshål. I Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras. Täthetskrav är Täthetsklass 2 vilket ska anges på ritningen tillsammans med kriterium i Lugeon för godkänd täthet. Vidare ska anges vilka åtgärder som ska vidtagas vid ej godkänd täthet. Botteninjektering i profilen, ”Eventuellt kompletterande hål” i Förklaringar och i sektion A-A, tas bort.	2		
47	6.8.1.1	Blad 560	Ritningen visar att skärmar med två injekteringsomgångar ska utföras. Täthetskrav är Täthetsklass 2. Tätningen utföres enligt Injekteringsklass 3. Ritningen kompletteras med Täthetsklass och Injekteringsklass. Kontrollhål ska redovisas i sektionerna och kriterium för godkänd täthet i Lugeon ska anges. Åtgärd om inte godkänd täthet uppnås efter två injekteringsomgångar ska beskrivas.	2		

* 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