

Säkerhetskoncept – Huvudentreprenad (EH) **E45 delen Lilla Bommen - Marieholm**

Göteborgs stad, Västra Götalands län

Förhandskopia 2015-04-10

Projektnummer: AP109654



Förhandskopia 2015-04-10

Dokumenttitel: E45 delen Lilla Bommen - Marieholm

Skapat av: [Lotta Fredholm]

Dokumentdatum: Förhandskopia 2015-04-10

Dokumenttyp: Rapport

Ärendenummer: TRV 2014/16346

Projektnummer: FS85438030/ AP109654

Version: 1.0

Publiceringsdatum: 2015-06-26

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Per Eriksson, Trafikverket

Uppdragsansvarig: Ylva Bäckman, Tyréns AB

Distributör: Trafikverket, 405 33 Göteborg, telefon: 0771-921 921

Kartmaterial: ©Lantmäteriet Medgivande I2013/0123

Innehåll

1. Inledning	4
1.1. Bakgrund	4
1.2. Syfte och mål	4
1.3. Avgränsning.....	4
1.4. Underlag	4
1.5. Styrande dokument.....	5
1.6. Arbetsprocess	6
2. Förutsättningar	8
2.1. Allmänt	8
2.2. Riskanalys.....	8
2.3. Dimensionerande förutsättningar	9
2.3.1. Utrymning och brandgasventilation.....	9
2.3.2. Möjlighet till räddningsinsats	13
2.3.3. Brandpåverkan av bärande huvudsystem	13
3. Säkerhetskoncept	15
3.1. Övergripande.....	15
3.2. Utrymningsstrategi	15
3.3. Ventilationsstrategi.....	16
3.4. Insatsstrategi.....	16
3.5. Strategi för trafikreglering, övervakning och information.....	17
3.6. Övriga säkerhetsåtgärder	17
4. Verifiering	18
5. Referenser	19

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Planerad nedsänkning med överdäckning av väg E45 sträcker sig från Stadstjänaregatan till Torsgatan. Detta innebär en cirka 420 meter lång överdäckning. I senare skede bedöms det bli aktuellt att överdäcka vägen fram till Falutorget. I det skedet kommer överdäckningen bli cirka 800 meter. Det finns även planer på att överdäcka vägen i andra riktningen. Detta skulle innebära att den aktuella överdäckningen byggs samman med den befintliga Göta Tunneln. Detta skulle innebära en tunnel på totalt cirka 2 800 meter. De två senare överdäckningarna hanteras inte i denna handling men det förekommer att val av säkerhetsnivå görs för en förväntad längre tunnel.

1.2. Syfte och mål

Säkerhetskonceptet syftar till att beskriva vilka säkerhetsåtgärder som krävs för att överdäckningen i sin helhet ska ha en tolerabel påverkan på de människor och byggnadsverk som berörs av överdäckningen. I säkerhetskonceptet ingår redovisning av styrande förutsättningar samt administrativa och tekniska förebyggande respektive skadebegränsande säkerhetsåtgärder. Målet är att säkerhetskonceptet ska ge en övergripande beskrivning av grundläggande säkerhetsprinciper och en förståelse för bakomliggande orsaker till detaljerade krav (som redovisas i andra dokument).

1.3. Avgränsning

Detta säkerhetskoncept beskriver endast övergripande strategier. Krav på utformning av brandskydd redovisas i Brandskyddsbeskrivning. Primärt avser detta säkerhetskoncept den cirka 420 meter långa överdäckningen mellan Stadstjänaregatan och Torsgatan. Säkerhetskonceptet skall dock ej omöjliggöra förlängning av överdäckning och en slutlig totallängd tunnel på cirka 2 800 meter.

1.4. Underlag

Följande dokumentation har använts som underlag för rapporten:

- Brandskyddsdokumentation, Göta Tunneln, Relationshandling 2008-08-07 upprättad av Brandskyddslaget.
- Funktionsbaserade krav och rekommendationer för brandsäkerhet i vägtunnlar (FKR-BV12), SP Rapport 2012:48 reviderad 2013-07-31

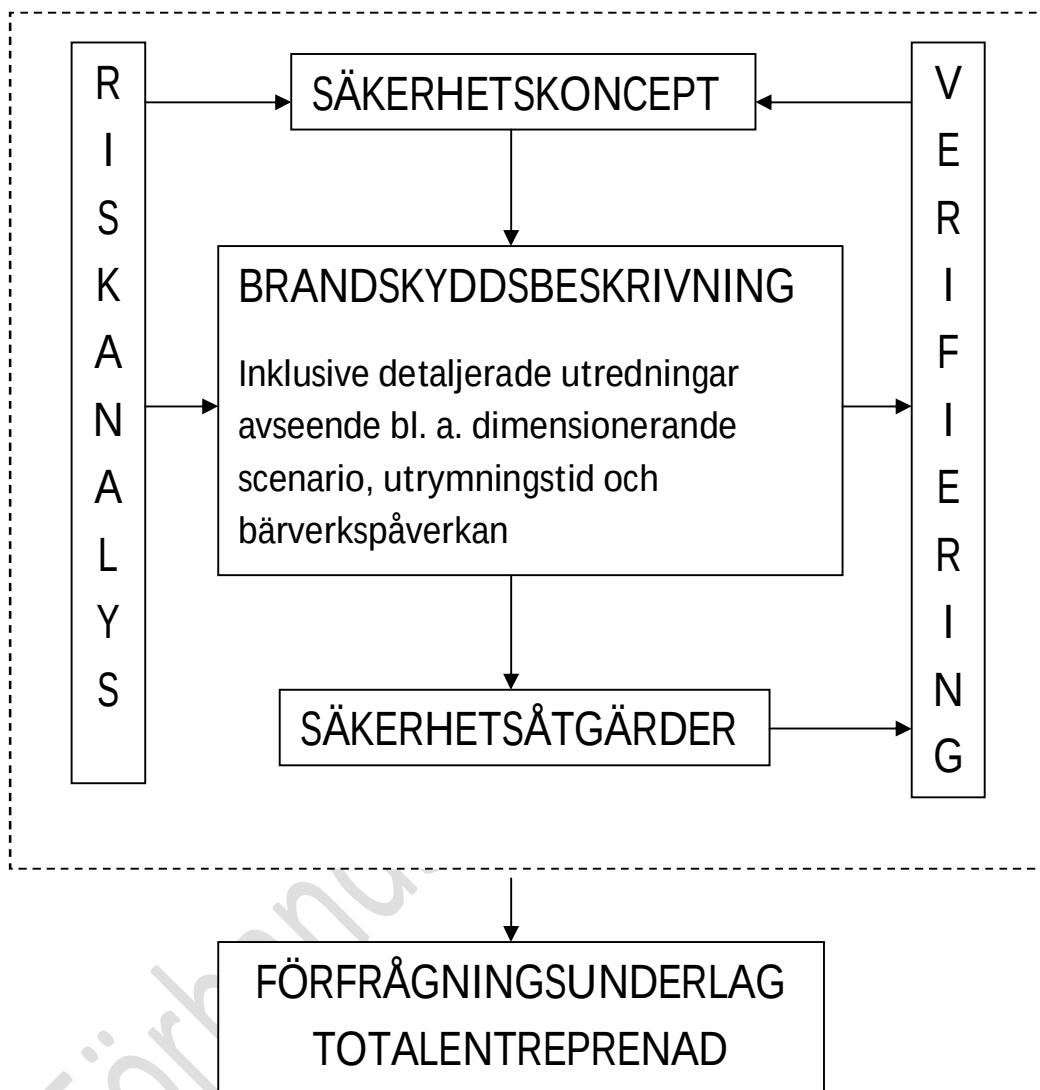
1.5. Styrande dokument

För nyprojekterade vägtunnlar över 500 m längd gäller lag (2006:418). För tunnlar under 500 m är denna lag inte styrande. Trafikverket hänvisar dock till delar i denna lag i TRVK Tunnel 11 även för tunnlar under 500 m. För tunnlar under 500 m längd generellt gäller även de föreskrifter som finns i SFS 1994:847 (Byggnadsverkslagen, BVL) och tillhörande byggnadsverksförordning, BVF (1994:11215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, mm. eftersom tunnlar omfattas av begreppet byggnadsverk. I BVL anges att: *Byggnadsverk skall uppfylla väsentliga tekniska egenskapskrav i fråga.*

Transportstyrelsen tillämpar idag de tillämpningsföreskrifter som Boverket redovisat i skriften BVT 1 (BFS 2007:11), Boverkets föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar. Boverkets byggregler (för byggnader), BBR, är dock inte tillämplig för tunnlar.

1.6. Arbetsprocess

Detta säkerhetskoncept är framtaget genom en iterativ process mellan riskanalys, utredningar och säkerhetsåtgärder. I nedanstående figur redovisas principerna för denna process.



Figur 1 Process för framtagning av säkerhetskoncept och överföring av resulterande krav till förfrågningsunderlag.

De ingående delarna i arbetsprocessen beskrivs översiktligt nedan.

Riskanalys av överdäckningen i sin helhet har genomförts i syfte att identifiera de risker förknippade med nyttjande av den planerade vägsträckan med överdäckning som behöver beaktas i säkerhetskoncept och brandskyddsbeskrivning. Specifikt har beaktats de risker som kan innebära att högre krav än de generella rekommendationer som anges i TRVK och TRVR behöver ställas.

En grundförutsättning för riskanalysarbetet är att riskerna för överdäckningen inte ska vara högre än för vägalternativ där ingen överdäckning ingår samt att riskerna förknippade med framtida bebyggelse ovanpå överdäckningen inte ska vara högre än för bebyggelse vid sidan av överdäckningen.

Säkerhetskonceptet syftar till att beskriva vilka säkerhetsåtgärder som krävs för att överdäckningen i sin helhet ska ha en tolerabel påverkan på de människor och byggnadsverk som berörs av överdäckningen. I säkerhetskonceptet ingår redovisning av styrande förutsättningar samt administrativa och tekniska förebyggande respektive skadebegränsande säkerhetsåtgärder.

Brandskyddsbeskrivningen syftar till att beskriva de krav som ställs på brandskyddsåtgärder samt att ange vilka andra säkerhetsåtgärder som krävs. Exempel på andra *säkerhetsåtgärder* kan t.ex. vara krav avseende trafikstyrning. I brandskyddsbeskrivningen ska framgå hur krav enligt de styrande dokumenten enligt 1.5 ska beaktas.

I *verifieringen* värderas samtliga erfordrade brand- och säkerhetsåtgärder och dess kapacitet att uppfylla säkerhetskoncept och krav enligt riskanalys. Vid behov kan förändringar av säkerhetskonceptet då krävas och ett nytt processvarv får då startas.

Efter genomförd verifiering sker överlämning av de krav som ska gälla för utförandet av totalentreprenaden. I processbilden redovisas detta som *förfrågningsunderlag totalentreprenad*.

Inom ramen för totalentreprenaden kommer sedan en motsvarande process att krävas för att på detaljnivå verifiera att utformningen av överdäckningen ger en tolerabel risk.

2. Förutsättningar

2.1. Allmänt

En förutsättning för detta säkerhetskoncept är att köbildning normalt ej förväntas i tunneln. Kö kan dock uppstå vid speciella trafiksituationer vilket har beaktats.

Byggnader ska byggas ovanpå överdäckningen vilket ställer krav på tunnelns bärförmåga även efter en brand.

2.2. Riskanalys

Följande initiala händelser med betydelse för tunnelsäkerheten identifieras i riskanalysen.

- 1a Brand i fordon
- 1b Brand i installationer mm
- 1c Brand i fordon vid kö
- 1d Brand i fordon med alternativt bränsle (gas mm)
- 1e Brand pga uppsåt

För ovanstående händelser redovisas i riskanalysen de skadehändelser eller dessa kan få uppdelat på påverkan på tunnelkonstruktion, trafikanter, räddningstjänst, omgivning, operatörer och driftpersonal enligt nedan.

Påverkan på tunneln

- 2a Förstörda ledningar och installationer
- 2b Försämrade bärförmåga

Trafikanter

- 3a Nedfallande föremål och inredning
- 3b Brandgaser (toxiska och varma)

Räddningstjänsten

- 4a Nedfallande föremål och inredning
- 4b Försämrade bärförmåga
- 4c Brandgaser (toxiska och varma)

Beroende av operatörer, system och tekniska säkerhetshöjande åtgärder

- 5a Brister i trafikövervakning och trafikstyrning
- 5b Felfunktion hos tekniska säkerhetshöjande åtgärder

Påverkan på omgivningen

6a Brandgasers påverkan på tredje man

6b Konstruktionens bärförmåga

6c Samhällsbelastning vid avbrott

Övrigt

7a Underhållspersonals säkerhet

Ovanstående händelser värderas i riskanalysen i en riskmatris. Denna riskmatris återges nedan. Risker märkta med * är konsekvensbedömda utan hänsyn till åtgärder.

Frekvens-
klass

E					
D		1a	1a*		
C			1c*, 1e	1e*	
B		5a, 7a, 6a, 1c	5b, 4a*, 1b, 3a, 3c, 3b	7a*, 3a*, 3c*	3b*, 1b*
A			1d, 1f, 6b	4c*	6b*, 4b*, 1d*, 1f*
	L1	L2	L3	L4	L5
	Konsekvens- klass				

2.3. Dimensionerande förutsättningar

2.3.1. Utrymning och brandgasventilation

Dimensioneringen utgår från ett huvudscenario, vilket sedan utsätts för flertalet känslighetsanalyser. Huvudscenariot omfattar händelser som innebär en allvarlig (s.k. värsta troliga) brand där alla brandskyddsinstallationer och övriga tekniska system fungerar som avsett. Känslighetsanalysen omfattar en grupp av scenarier där de tekniska system görs otillgängliga var för sig, eller där andra förutsättningar relaterade till brandförlopp och utrymning förändras på ett negativt sätt.

När säkerheten utvärderas för huvudscenariot i tunneln ska utrymning kunna ske under mycket goda förhållanden. Det innebär att personer ska kunna lämna tunneln med god förmåga att orientera sig och utan att exponeras för några direkta mängder rök. I känslighetsanalyserna samt för scenarier i ramperna, tillåts personer påverkas av

branden på ett annat sätt genom att de dels kommer utrymma i tätare rök och att de även exponeras för toxiska brandgaser och värme. Förhållandena ska dock aldrig vara sådana att personerna förlorar sin förmåga att hitta ut.

Nedan redovisas dimensionerande scenarion för säker utrymning.

Scenario 1, i huvudtunnel	Huvudscenario
Brandförlopp:	Maximal effekt: 30 MW (buss) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Brandgasventilation:	Ja
Utrymning:	100 personer per 100 m tunnel Ingen köbildning nedströms branden
Scenario 1A	Känslighetsanalys: Allvarligare brandförlopp
Brandförlopp:	Maximal effekt: 100 MW (lastbil) Tillväxthastighet: 0,19 kW/s ²
Brandgasventilation:	Ja
Utrymning:	100 personer per 100 m tunnel Ingen köbildning nedströms branden
Scenario 1B	Känslighetsanalys: Högre personbelastning
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Brandgasventilation:	Ja
Utrymning:	160 personer per 100 m tunnel Ingen köbildning nedströms branden
Scenario 1C	Känslighetsanalys: Köbildning
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Brandgasventilation:	Ja
Utrymning:	100 personer per 100 m tunnel Köbildning nedströms branden
Scenario 1D	Känslighetsanalys: Ingen brandgasventilation

Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ² Placering: Mitt i tunneln
Brandgasventilation:	Nej
Utrymning:	100 personer per 100 m tunnel Ingen köbildning nedströms branden
Scenario 1E	Känslighetsanalys: Inget utrymningslarm
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Brandgasventilation:	Ja
Utrymning:	100 personer per 100 m tunnel Ingen köbildning nedströms branden Utrymningslarmet aktiveras inte
Scenario 2, i påfartsramp	Huvudscenario
Brandförlopp:	Maximal effekt: 100 MW (lastbil) Tillväxthastighet: 0,19 kW/s ²
Utrymning:	100 personer i rampen Ingen köbildning nedströms branden
Scenario 2A	Känslighetsanalys: Högre personbelastning
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Utrymning:	160 personer i rampen Ingen köbildning nedströms branden
Scenario 2B	Känslighetsanalys: Inget utrymningslarm

Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Utrymning:	100 personer i rampen Utrymningslarmet aktiveras inte Ingen köbildning nedströms branden
Scenario 3, i avfartsramp	Huvudscenario
Brandförlopp:	Maximal effekt: 100 MW (lastbil) Tillväxthastighet: 0,19 kW/s ²
Utrymning:	80 personer i rampen Köbildning nedströms branden under kort tid (1-1,5 min)
Scenario 3A	Känslighetsanalys: Högre personbelastning
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Utrymning:	130 personer i rampen Köbildning nedströms branden under kort tid (1-1,5 min)
Scenario 3B	Känslighetsanalys: Köbildning
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Utrymning:	80 personer i rampen Köbildning nedströms branden
Scenario 3C	Känslighetsanalys: Inget utrymningslarm
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Utrymning:	80 personer i rampen Köbildning nedströms branden under kort tid (1-1,5 min) Utrymningslarmet aktiveras inte

2.3.2. Möjlighet till räddningsinsats

När möjligheten till räddningsinsats utvärderas beaktas endast ett huvudscenario. Möjligheten till räddningsinsats bedöms som god om det finns förutsättningar att skapa en brandgasfri miljö uppströms branden. Räddningstjänsten kan då angripa branden under trygga förhållanden och genomföra en effektiv räddningsinsats. Möjligheten till räddningsinsats har endast studerats för huvudtunneln. Kriterie för möjlighet till insats är att brandgaser uppströms branden ska begränsas till ett område på c:a 10 m från branden. Nedan redovisas dimensionerande scenarion för räddningstjänstens insats.

Scenario 4	Huvudscenario
Brandförlopp:	Maximal effekt: 100 MW (lastbil) Tillväxthastighet: 0,19 kW/s ²
Brandgasventilation:	Ja, ökas vid ankomst

2.3.3. Brandpåverkan av bärande huvudsystem

Det bärande huvudsystemet ska dimensioneras för att undvika kollaps vid en allvarlig brandpåverkan. Tunneln beaktas som raskänslig då byggnader avses placeras ovanpå överdäckningen. Betong som utsätts för temperatur över 500 °C anses förlora sin hållfasthet. Dimensionering fastställer hur långt in i tak och väggar som denna temperatur överskrids. Nedan redovisas dimensionerande scenarion för brandpåverkan av bärande huvudsystem.

Scenario 5, huvudtunnel	Huvudscenario
Brandförlopp:	HC-kurvan Avsvalning 600 °C/h
Brandgasventilation:	Nej
Scenario 5A	Känslighetsanalys: FKR-BV12
Brandförlopp:	Maximal effekt 100 MW Energiinnehåll: 1000 GJ Avsvalning 600 °C/h
Brandgasventilation:	Ja

Scenario 5B	Känslighetsanalys: FKR-BV12 Ingen brandgasventilation
Brandförlopp:	Maximal effekt 100 MW Energiinnehåll: 500 GJ Avsvalning 600 °C/h
Brandgasventilation:	Nej

Förhandskopia 2015-04-10

3. Säkerhetskoncept

3.1. Övergripande

De dimensionerande förutsättningarna för säkerhetskonceptet gör sammantaget att det finns ett stort behov av att verifiera att uppfyllande av krav enligt BVT1 och TrVK tillsammans ger en tillfredsställande säkerhetsnivå.

Överdäckningen är utformad med parallella tunnelrör för respektive körriktning. Detta ger förutsättningar för personer att själva utrymma till angränsande tunnelrör om en olycka skulle inträffa samt möjliggöra för räddningstjänsten att göra en insats.

Överdäckningen innehåller även två (2) påfartsramper och två (2) avfartsramper. Medellutningen för dessa ramper är ca 5%.

3.2. Utrymningsstrategi

Grundläggande utrymningsstrategi är att självutrymning skall kunna ske innan kritiska förhållanden erhålls för dimensionerande scenarion enligt 2.3.1. Utrymning sker via tvärförbindelser mellan de två parallella tunnelrören samt utrymning via tunnelmynningar. Avståndet mellan tvärförbindelserna (utrymningsvägar) är ca 90 m. Respektive parallellt tunnelrör anses som säker flyktplats. Handikappanpassning sker av dörrar och gångvägar till säker flyktplats. Ramperna utryms antingen via utrymningsvägar eller via tunnelmynning. Longitudinell brandgasventilation i huvudtunnelrör används för att säkerställa att utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppstår (se 3.3).

Utrymning från ramperna ska kunna ske utan brandgasventilation. Vid brand på avfartsramperna ska utrymning ske nedåt via huvudtunnelrör, via tunnelmynning samt via utrymningsvägar direkt från ramp. I ramperna överskrider kriteriet avseende siktförhållanden enligt råd i TRVR 11 (sikt mindre än 10 m) mycket snabbt vid brand eftersom volymen är förhållandevis liten. Den lilla volymen gör samtidigt att behovet av goda siktförhållanden är mindre. För att beakta detta har längsta acceptabla avstånd till utrymningsväg fastställs utifrån beräkning av FED-värde. Detta innebär att säker utrymning påvisas genom att beräkna att varje enskild individ hinner förflytta sig till en säker plats innan de faller i medvetslöshet. Vid beräkning av FED-värdet tas hänsyn till var i tunneln individen befinner sig vid olika tidpunkter och vilken ackumulerad dos av toxicitet de utsätts för. Gånghastigheten påverkas också beroende på vilken ackumulerad dos av toxicitet de utsätts för.

Eftersom en brand inne i ramperna leder till dålig sikt i ett tidigt skede är det viktigt att de utrymmande snabbt kan finna en gångväg så att de kan följa väggen till en utrymningsväg. Då ramperna endast har ett körfält kan detta säkerställas genom att införa säkerhetshöjande åtgärder i form av belysta gångvägar och ledstänger. Konceptet med FED-värden i ramperna kan jämföras med kriterier för en järnvägstunnel där det är ok att vistas 15 minuter i en miljö där sikten understiger 3 meter (jämfört med 10 m enligt TRVR).

I syfte att minimera påverkan på tunnel vid brand i teknikutrymmen och vice versa är teknikutrymmen utformade som separata brandceller. Utrymningsstrategi från teknikutrymmen är att de utryms via två separata trappor direkt till det fria i marknivå.

Erfordrade säkerhetsåtgärder är förutom brandgasventilation, trafikstyrning och information till bilister tex bommar, brand- och utrymningslarm, nödbelysning, vägledande markering och nödgångbanor.

3.3. Ventilationsstrategi

Longitudinell brandgasventilation i huvudtunnelrör används för att säkerställa att utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppstår. En grundförutsättning för att detta ska möjliggöra säker utrymning är att trafiken kan förväntas flyta i minst 5 km/h.

Ventilationsstrategi i ramperna består av självdrag. Dels beror detta på att effekten av brandgasventilation inte utesluter behov av andra säkerhetsåtgärder för att säkerställa utrymningen och dels beror det på att ogynnsamma effekter kan uppstå vid fläktstart på grund av den turbulens som då uppstår.

För avfartsramperna innebär detta att vid en brand på rampen kan brandgaserna kan förväntas stiga uppåt mot tunnelmynning. För påfartsramper kan brandgaser även förväntas följa med den luftström som trafiken skapar nedåt mot respektive huvudtunnelrör. Ramperna är dock så placerade att detta inte bedöms innebära någon risk för miljön i huvudtunnlarna.

3.4. Insatsstrategi

Räddningstjänsten kan förväntas vara på plats inom 10 minuter. Insats kan göras från ej brandutsatt tunnelrör via tvärförbindelser. Avståndet mellan tvärförbindelser är ca 90 m.

Den longitudinella brandgasventilationen skapar förutsättningar för räddningstjänsten att ta sig fram till branden i rökfri miljö.

Exempel på åtgärder som krävs för att möjliggöra räddningsinsats är:

- Möjlighet till överfart för räddningsfordon enligt överenskommelse med räddningstjänsten.
- Brandposter i brandpostskåp installeras i tunneln i anslutning till utrymningsvägarna (tvärtunnlarna) med totala flödet 2500 l/min.
- Tomrör mellan olika tunnelrör vid utrymningsvägar (tvärtunnlar) anordnas.
- Brandmanöverskåp med utrustning för att kunna styra ventilationsutrustning vid brand, placeras i anslutning till tunnelmynningarna.
- Bommar (ej passerbara) vid infarter till huvudtunnel samt vid påfartsramper krävs för att säkerställa räddningstjänstens säkerhet.
- Möjlighet till manuell aktivering av ökat ventilationsflöde
- Reversibla fläktar

3.5. Strategi för trafikreglering, övervakning och information

Trafikregleringen skall ha sådan förmåga att trafiken nedströms branden normalt skall kunna avvecklas så att trafikanter där inte berörs av brandgaser. Trafikverkets Trafik-InformationCentral (TIC) skall ha sådana informations- och varningssystem till sitt förfogande att trafikanterna säkert kan nås av information om beordrad utrymning exempelvis via radiomeddelande och variabla skyltar.

Exempel på information och övervakning som krävs för att möjliggöra ovan nämnda trafikreglering är:

- *Informationstavlor* Placeras i anslutning till tillfarter och ger möjlighet att leda om trafik.
- *Omställbara vägvisningsskyltar* Ger TIC möjligheter att under kontrollerade former leda bort trafik från tunnelsystemet.
- *Omställbara hastighetsskyltar* Ger TIC möjligheter att vid mindre störningar sänka hastigheten och minska risken för olyckor.
- *Omställbara körfältssignaler* Ger TIC möjligheter att vid mindre störningar stänga av visst körfält och minska risken för olyckor.
- *TV-kameror/videoupptagningar* Verifierar incidenter, olyckor samt möjliggör visuell övervakning. Videoupptagningar möjliggör att se vad som hänt omedelbart efter tidpunkten för detektering.
- *Passagekontroll* Övervakar att endast behörig personal befinner sig i tunnelns driftutrymmen. Kontrollpassagesystemet övervakar också utrymningsvägarnas dörrar.
- *Ködetektering* Registrerar långsamtgående kö.
- *Incidentvarningssystem* Registrerar stillastående fordon.
- *Hastighetsövervakning* Registrerar hastighet på fordon.
- *Siktmätning* Registrerar sikten i tunneln.
- *Bommar* Vid mynningar och påfartsramper för att säkerställa en säker räddningstjänstinsats och för att snabbt kunna leda bort trafiken från tunneln i samband med avstängning.

3.6. Övriga säkerhetsåtgärder

Behov av övriga säkerhetsåtgärder fastställs inom ramen för verifieringen av säkerhetskoncepetet och krav på utformning redovisas i brandskyddsdokumentation.

4. Verifiering

Föreliggande säkerhetskoncept är verifierat i:

- Analytisk verifiering av utrymningssäkerheten samt brandgasventilation - Huvudentreprenad, E45 delen Lilla Bommen-Marieholm
- Analys av bärförmåga och värmeinträngning-Huvudentreprenad, E45 delen Lilla Bommen-Marieholm

Ovanstående verifieringar är genomförda i syfte att hitta en möjlig lösning. Andra lösningar kan därmed förekomma. Vid verifiering av framtida detaljutformning skall dimensionerande förutsättningar enligt detta säkerhetskoncept, kap 2.3, användas.

Förhandskopia 2015-04-10

5. Referenser

Trafikverket (2011), *TRVK Tunnel 11 trafikverkets tekniska krav i Tunnel*, TRV publ nr 2011:087

Förhandskopla 2015-04-10

Förhandskopia 2015-04-10



TRAFIKVERKET

Trafikverket, 405 33 Göteborg
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010- 123 50 00

www.trafikverket.se

Risikanalys

Tunnelsäkerhet – Huvudentreprenad (EH)

E45 delen Lilla Bommen - Marieholm

Göteborgs stad, Västra Götalands län

Förhandskopia 2015-04-10

Projektnummer: AP109654



FÖRHANDSKOPIA 2015-04-10

Dokumenttitel: E45 delen Lilla Bommen - Marieholm

Skapat av: [Cecilia Sandström]

Dokumentdatum: Förhandskopia 2015-04-10

Dokumenttyp: Rapport

Ärendenummer: TRV 2014/16346

Projektnummer: FS85438030/ AP109654

Version: 1.0

Publiceringsdatum: 2015-06-26

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Per Eriksson, Trafikverket

Uppdragsansvarig: Ylva Bäckman, Tyréns AB

Distributör: Trafikverket, 405 33 Göteborg, telefon: 0771-921 921

Kartmaterial: ©Lantmäteriet Medgivande I2013/0123

Innehåll

1. Inledning	5
1.1. Bakgrund.....	5
1.2. Syfte.....	5
1.3. Avgränsning	6
1.4. Tillhörande utredningar.....	6
1.5. Metod och genomförande	7
1.6. Krav på riskanalys	7
2. Förutsättningar.....	9
2.1. Köbildning.....	9
2.2. Farligt gods.....	9
2.3. Uppföljning av tidigare riskanalyser.....	9
2.4. Riskvärdering.....	9
3. Riskidentifiering avseende brand.....	12
4. Inledande analys.....	14
4.1. Brands uppkomst –initiala händelser.....	14
4.2. Påverkan på tunneln	15
4.3. Utrymmande trafikanter	15
4.4. Räddningstjänstens insats	15
4.5. Beroende av operatörer, system och tekniska säkerhetshöjande åtgärder	16
4.6. Påverkan på omgivningen.....	16
4.7. Påverkan på andra skyddsobjekt	18
4.8. Resultat av grovanalysen.....	18
5. Fördjupade analyser	20
5.1. Utrymning och brandgasventilation	20
5.1.1. Säkerhet vid utrymning för trafikanter	20
5.1.2. Möjlighet till räddningsinsats	24
5.1.3. Tunnelkonstruktion.....	24
5.1.4. Ledningar	25
6. Osäkerheter	26
7. Åtgärder.....	27

7.1.	Utrymningssäkerhet.....	27
7.2.	Bärförmåga vid brand	27
7.3.	Teknikutrymme.....	27
7.4.	Räddningstjänstens insats	27
7.5.	Trafikstyrning.....	27
7.6.	Bommar.....	28
7.1.	Avsaknad av fast släcksystem	28
8.	Slutsats	29
9.	Referenser.....	30
9.1.1.	Projektinterna referenser	30

FÖRHANDSKOPIA 2015-04-10

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Planerad nedsänkning med överdäckning av väg E45 sträcker sig från Stadstjänaregatan till Torsgatan. Detta innebär en cirka 420 meter lång överdäckning. I senare skede bedöms det bli aktuellt att överdäcka vägen fram till Falutorget. I det skedet kommer överdäckningen bli cirka 800 meter. Det finns även planer på att överdäcka vägen i andra riktningen, i riktning mot Götatunneln. Detta skulle innebära att den aktuella överdäckningen byggs samman med den befintliga Götatunneln. Detta skulle innebära en tunnel på totalt cirka 2 800 meter. De två senare överdäckningarna hanteras inte uttömmande i denna utredning, även om vissa risker berörs.

Tunneln utformas för att ge möjlighet till bebyggelse på överdäckning.

Entreprenören ska upprätta en fördjupad och fortsatt riskanalys, då detta är angett som ett så kallat byggherreval enligt TRVK Tunnel. Till den framtida riskanalysen kan föreliggande utredning utgöra grund.

1.2. Syfte

Enligt TRVR Tunnel gäller följande:

”Syftet med riskanalysen är att identifiera och kvantifiera risker för att kunna eliminera eller reducera dem samt att jämföra olika alternativ vid beslut om åtgärder i investeringsskedet eller driftskedet.”

Riskanalys av överdäckningen har genomförts främst i syfte att identifiera och värdera de risker förknippade med nyttjande av den planerade vägsträckan med överdäckning som behöver beaktas i säkerhetskoncept och brandskyddsbeskrivning.

En grundförutsättning för riskanalysarbetet är att riskerna för överdäckningen inte ska vara högre än för vägalternativ där ingen överdäckning ingår samt att riskerna förknippade med framtida bebyggelse ovanpå överdäckningen inte ska vara högre än för bebyggelse vid sidan av överdäckningen.

Denna analys ämnar ligga till grund för fortsatt arbete med riskanalys och identifierade risker.

TRVR Tunnel (103.3.1) anger att riskanalyser ska genomföras för att bestämma:

- behov av trafikövervaknings- trafikinformations- och trafikstyrningssystem
- dessas påverkan på val av typsektion
- kompletterande säkerhetsutrustning
- påverkan av längslutningar större än 3%
- behov av säkerhetshöjande åtgärder om körfältsbredden är mindre än 3,5 m och trafik med tunga fordon är tillåten
- olyckslaster
- dimensionerande brandeffekt
- om fasta släcksystem ska installeras
- val av ventilationssystem
- om skiljevägg måste utföras

Enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar (BFS 2007:11 BVT 1) gäller följande angående syfte:

”De säkerhetsåtgärder som skall vidtas skall grundas på en systematisk bedömning av systemets samtliga aspekter: infrastruktur, drift, trafikanter och fordon. Följande parametrar skall ingå i bedömningen:

- tunnellängd,
- antal tunnelrör,
- antal körfält och körfältens bredd,
- tunnelns tvärsnittsgeometri,
- vertikal och horisontell linjeföring,
- enkelriktad eller dubbelriktad trafik,
- trafikflöde (inklusive fördelning över dygnet),
- hastighet
- risk för trafikstockningar (dagliga eller säsongsbetingade),
- procentandel tunga lastbilar,
- procentandel och typ av transporter av farligt gods,
- tunnelns konstruktionstyp
- tid innan räddningsstyrkorna når fram och deras samlade förmåga att göra en insats,
- tillfartsvägarnas karakteristika samt
- geografiska och meteorologiska förutsättningar.

Om en tunnel har en speciell utformning när det gäller dessa parametrar, skall en riskanalys genomföras för att fastställa om ytterligare säkerhetsåtgärder eller extra utrustning behövs för att säkerställa säkerhetsnivån i tunneln. I riskanalysen skall hänsyn tas till möjliga olyckor som kan inträffa under trafikdrift och som klart påverkar säkerheten för trafikanterna i en tunnel.”

1.3. Avgränsning

Inom ramen för totalentreprenaden kommer en motsvarande process att krävas för att på detaljnivå verifiera att utformningen av överdäckningen ger en tolerabel risk.

Risker under byggtiden hanteras inte i denna riskanalys, utan skall hanteras separat via upprättade byggriskanalyser och säkerhetsrutiner specificerade för byggskedet.

Det finns specifika aspekter avseende exempelvis utformning och trafikstyrning som inte är fastställda i detta skede, varför kompletterande analyser behöver genomföras i senare skede. Fortsatt arbete med riskanalys är angivet som ett byggherreval.

I och med att förfrågningsunderlag till totalentreprenad tas fram ställs ett flertal funktionskrav, vilka inte utreds vidare.

Aktuell analys behandlar inte projektrisker, byggskedet eller arbetsmiljö.

1.4. Tillhörande utredningar

Följande dokumentation utgör del av arbetet med riskanalysen:

- Brandskyddsbeskrivning
- Säkerhetskoncept

- Analytisk verifiering av utrymningssäkerheten samt brandgasventilation
- Analys av bärförmåga och värmeinträngning

1.5. Metod och genomförande

Risikanalysen genomförs i form av en grovanalys, vilken har kompletteras med kvantitativa beräkningar i form av fördjupade analyser av konsekvenser/åtgärdsbehov. Riskanalysen innehåller en strukturerad och systematisk analys av risker. Följande moment genomförs:

- Riskidentifiering
- Uppskattning av sannolikheten för de olika scenarierna
- Uppskattning av och diskussion kring konsekvenserna av de olika scenarierna
- Värdering av riskerna utan åtgärder
- Åtgärder rekommenderas eller kravställs, efter behov (ofta hanterat i Brandskyddsbeskrivning). Höga risker innebär fördjupad analys samt åtgärder
- Ytterligare värdering av de risker som åtgärder vidtagits för

1.6. Krav på riskanalys

En riskanalys ska genomföras för aktuell tunnelklass (TA), enligt TRV 2014/7297 samt enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar (BFS 2007:11 BVT 1).

Innehåll i riskanalys, enligt TRVR	Kommentar
Risikanalysen bör dels visa risk vid tunnelns utförande och dels risk 20 år efter tunnelns öppnande.	Aktuell analys behandlar enbart risk efter tunnelns öppnande. Byggskedet är ännu ej utrett.
I kostnader för sak- och miljöskada räknas även kostnader för samhället eller tredje man in. Exempel på sådana kostnader är - kostnader för trafikavbrott, - kostnader för återuppbyggnad, - kostnader för skada på en annan anläggning och - kostnader för produktionsbortfall.	Ja, till stor del
Risikanalysen bör ange sannolikheter....	Ja
...för tänkbara olyckor samt deras konsekvenser och...	Ja
även omfatta risker i samband med tunnelns utförande.	Byggskedet behandlas ej.
Ingångsdata, referensobjekt och beräkningsmodeller dokumenteras.	Ja, mycket utförliga analyser har utförts inom ett flertal områden (bärförmåga, utrymning, rökfyllnad osv).

En riskanalys gör det möjligt att - uppskatta olyckskonsekvenser med beaktande av valt säkerhetskoncept, - identifiera de största bidragen till den totala risken, - uppskatta den totala risken och - jämföra nyttan med kostnaden för alternativa riskreducerande lösningar.	Ja, till stor del.
I riskanalysen studeras i följande fall explosionsriskerna särskilt och lastförutsättningarna justeras eventuellt:	Ja, konstruktör har bedömt att viss explosionslast klaras med befintlig utformning. Transport av farligt gods är ej tillåten. Några beräkningar genomförs inte i detta skede.
- om speciella slag av farligt gods ska transporteras i tunneln	Ej aktuellt
- om personriskerna är speciellt stora, t.ex. vid tunnel som ansluter till annat byggnadsverk där människor stadigvarande vistas	Ja, analys av bärförmåga har gjorts.
om konsekvenserna av en lokal skada är speciellt stora, t.ex. tunnel under vatten eller där tunneln utgör den enda vägförbindelsen.	Ej aktuellt
konsekvenserna av en lokal skada är speciellt stora, t.ex. en tunnel belägen i fritt vatten eller en tunnel med liten bergtäckning.	Ej aktuellt
Innehåll i riskanalys enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar (BFS 2007:11 BVT 1)	
I riskanalysen skall hänsyn tas till möjliga olyckor som kan inträffa under trafikdrift och som klart påverkar säkerheten för trafikanterna i en tunnel.	Ja

2. Förutsättningar

Analysen har utförts parallellt med pågående arbete med tunnelns utformning, och ett flertal förutsättningar kring höjder, lutningar etc har varit grund för utredningar inom tunnelsäkerhet. I detta avsnitt lyfts några förutsättningar fram som är av särskild vikt.

2.1. Köbildning

Återkommande köbildningen förekommer inte, detta är en förutsättning för arbetet med tunnelsäkerhet.

Trafikanalysen har genomförts som visar att den framtida trafiksituationen, med prognostiserad trafik (inklusive tillkommande exploateringar) och förbättringsåtgärder (planskildhet vid Falutorget och borttagning av trafikljus ut mot E 6) inte kommer att ge upphov till återkommande köbildning. Köbildning kan dock ske vid speciella situationer, såsom vid en olycka. Av denna anledning har köbildningen inte utgjort del av det huvudscenario som studerats i analysen avseende utrymning och brandgasventilation, utan istället hanterats som en del av känslighetsanalysen. Detta innebär att köbildning beaktats, men enbart i kombination med en bilbrand (10MW).

Trafikregleringen skall ha sådan förmåga att trafiken nedströms branden normalt skall kunna avvecklas så att trafikanter där inte berörs av brandgaser. Trafikregleringen sker genom trafikledningscentral, informationstavlor, omställbara körfältssignaler, bommar, detekteringssystem för stillastående fordon och tv-övervakning.

Säkerhetskonceptet och analyserna har utgått från att trafiken kan styras på ett sådant sätt att hastigheten över 5 km/h. Fordonen nedströms olyckan/branden förväntas kunna köra ut ur tunneln.

2.2. Farligt gods

Det förutsätts att tunneln tilldelas tunnelklass E avseende farligt gods.

2.3. Uppföljning av tidigare riskanalyser

Inga riskanalyser avseende tunnelsäkerhet har tidigare genomförts. Till detaljplaneskedet för överliggande överdäckning har en riskbedömning tagits fram: Övergripande riskbedömning för detaljplan, upprättad av WSP, daterad 2014-11-21

2.4. Riskvärdering

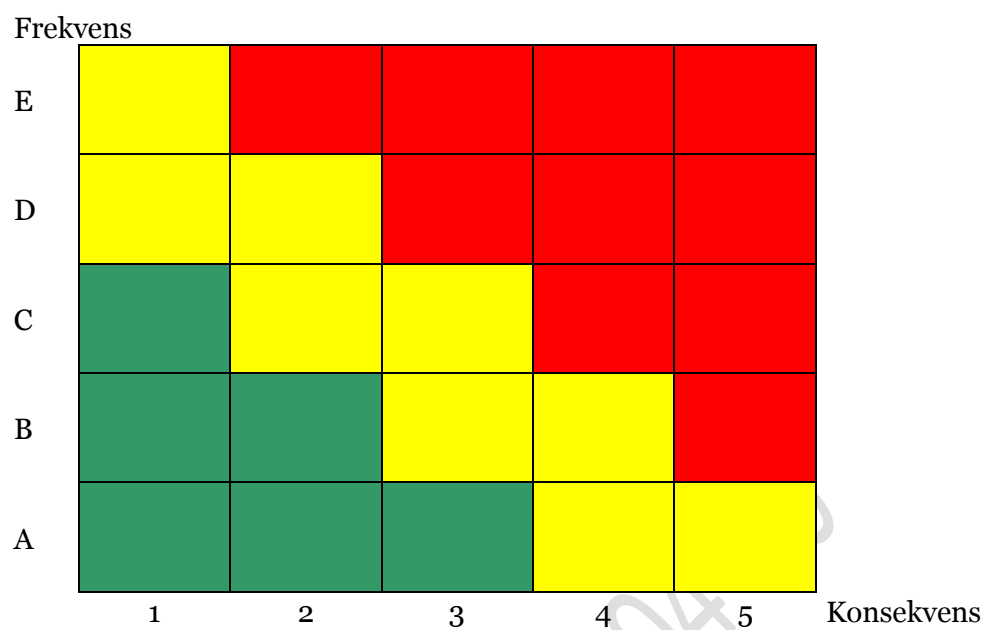
I samband med att risker identifierats med grovanalysen görs en bedömning av sannolikhet och konsekvens. Definitionerna för bedömning av sannolikhet är hämtade från Handbok i kommunal riskanalys inom räddningstjänsten, SRV (Davidsson, 2003).

Tabell 1 **Klasser för bedömning av konsekvenser avseende personskada/liv, egendom och miljö**

Klass	Konsekvens för liv	Konsekvens egendom	Konsekvens miljö
1	Övergående lindriga obehag	< 100 000 kr	Ingen sanering, liten utbredning
2	Enstaka skadade, varaktiga obehag	100 000-1 miljon kr	Enkel sanering, liten utbredning
3	Enstaka svårt skadade, svåra obehag	1-5 miljoner kr	Enkel sanering, stor utbredning
4	Enstaka dödsfall, flera svårt skadade	5-20 miljoner kr	Svår sanering, liten utbredning
5	Flera dödsfall, 10-tals svårt skadade	>20 miljoner kr	Svår sanering, stor utbredning

Tabell 2 **Klasser för bedömning av sannolikhet (*enligt innebörd föreslagna i Riskanalys Drift, Marieholmstunneln, 2012)**

Klass	Benämning	Frekvens	Innebörd för aktuellt projekt*
A	Liten sannolikhet	<1 gång/ 1000 år	Händelsen med den uppskattade konsekvensen bedöms inte inträffa under tunnelns livslängd
B		1 gång / 100-1000 år	Händelsen med den uppskattade konsekvensen kommer troligen inte att inträffa under tunnelns livslängd
C	Sannolik	1 gång/10-100 år	Troligt att händelsen med den uppskattade konsekvensen inträffar under tunnelns livslängd
D		1 gång / 1-10 år	Mycket troligt att händelsen med den uppskattade konsekvensen inträffar flera gånger under tunnelns livslängd
E	Mycket sannolik	>1 gång/år	Händelsen med den uppskattade konsekvensen kommer att inträffa regelbundet under tunnelns livslängd



Figur 1

Riskmatris

3. Riskidentifiering avseende brand

Identifierade risker har strukturerats i olika grupper, se nedan. Risker har identifierats vid möten, under projektering, vid systematisk genomgång av händelseförlopp samt genom litteraturstudier.

Först beskrivs risker relaterade till brands uppkomst. Därefter beskrivs risker relaterade till skyddsvärden, såsom utrymmande människor och tunnelkonstruktion. De sistnämnda är konsekvenser av en brand, men utgör även risker.

	Brands uppkomst –initiala händelser
1a	Brand i fordon
1b	Brand i installationer mm
1c	Brand i fordon vid kö
1d	Brand i fordon med alternativt bränsle (gas mm)
1e	Brand pga uppsåt
1f	Explosion, exempelvis orsakad av gasbuss
	Påverkan på tunneln
2a	Förstörda ledningar och installationer
2b	Försämrade bärförmåga
	Trafikanter
3a	Nedfallande föremål och inredning
3b	Brandgaser (toxiska och varma)
	Räddningstjänsten
4a	Nedfallande föremål och inredning
4b	Försämrade bärförmåga
4c	Brandgaser (toxiska och varma)
	Beroende av operatörer, system och tekniska säkerhetshöjande åtgärder
5a	Brister i trafikövervakning och trafikstyrning
5b	Felfunktion hos tekniska säkerhetshöjande åtgärder
	Påverkan på omgivningen
6a	Brandgasers påverkan på tredje man
6b	Konstruktionens bärförmåga
6c	Samhällsbelastning vid avbrott

	Påverkan på andra skyddsobjekt
7a	Underhållspersonals säkerhet

FÖRHANDSKOPIA 2015-04-10

4. Inledande analys

Nedan beskriv risker utifrån de grupper som risker grupperades i under föregående kapitel.

4.1. Brands uppkomst –initiala händelser

	Brands uppkomst – initiala händelser
1a	Brand i fordon
1b	Brand i installationer mm
1c	Brand i fordon vid kö
1d	Brand i fordon med alternativt bränsle (gas mm)
1e	Brand pga uppsåt
1f	Explosion, exempelvis orsakad av gasbuss

Brand kan uppstå i trafikanter fordon, i servicefordon samt i installationer. Bränder i fordon bedöms starta till följd av defekt (t.ex. överhettade bromsar) eller trafikolycka. En brand kan också ha haft sin initiala fas under transport på annan sträcka, och rökutveckling upptäcks vid senare tillfälle, exempelvis i aktuell tunnel.

Utredning av trafiksäkerhet har genomförts, se Trafiksäkerhetsanalys.

De förutsättningar för trafiksäkerheten som är speciella för aktuell tunnel är:

- Ramper med viss lutning (medellutningen är ca 5 %).
Ramper innebär en mer komplicerad trafikmiljö samt kan även ge upphov till viss halka, i vissa väder.
- Vid tunnelns östra mynning finns en problematik med att tre körfält minskar till två st., vilket innebär filbyte.
- Hastigheten är förhållandevis låg.

En trafikolycka kan leda till en brand, vilket utreds vidare med avseende på utrymning och behov av brandgasventilation. En trafikolycka kan t.ex. utgöras av en upphinnandeolycka eller orsakas av en sammanstötning mellan fordon, t.ex. pga stillastående eller långsamtgående fordon. Dubbelriktad trafik förekommer inte under driftsskedet. Trafiksäkerhet utreds inte vidare i denna analys.

Viss explosion kan orsakas av gasbuss. Transport av farligt gods är ej tillåten. Befintlig utformning innebär att viss explosionslast klaras. Några beräkningar genomförs inte i detta skede, men en erfarenhetsmässig bedömning från andra projekt är att explosion i gasbuss innebär en mindre påverkan än de stora bränder som utreds vidare.

Vindförhållanden kan påverka spridningen av brandgaser och ska beaktas vid beräkning av brandförlopp och brandgasspridning.

Konsekvenser av brand utreds i:

- Analytisk verifiering av utrymningssäkerheten samt brandgasventilation
- Analys av bärförmåga och värmeinträngning

Identifierade risker har riskbedömts, se 4.8.

4.2. Påverkan på tunneln

	Påverkan på tunneln
2a	Förstörda ledningar och installationer
2b	Försämrade bärförmåga ger upphov till ras

Ledningar och installationer som krävs för att upprätthålla funktionen hos de brandtekniska installationerna behöver vara skyddade på sådant vis att exempelvis brandgasventilationen säkerställs. Kravs avseende ledningars och kablers förläggning redovisas i brandskyddsbeskrivning.

Konsekvenser av brand utreds i:

- Analytisk verifiering av utrymningssäkerheten samt brandgasventilation
- Analys av bärförmåga och värmeinträngning

Identifierade risker har riskbedömts, se 4.8.

4.3. Utrymmande trafikanter

	Utrymmande trafikanter
3a	Nedfallande föremål och inredning
3b	Brandgaser (toxiska och varma)
3c	Påverkan på utrymmande vid brand påverkan på ledningar

För att människor ska kunna utrymma säkert krävs att inredning och andra föremål inte kan falla ned, att människor inte utsätts för ohälsosamma doser av brandgaser samt att brandgasfläktar förhindrar att brandgaser sprider sig till delar av tunneln där de förvärrar utrymningssituationen.

Ledningar med fjärrkyla, fjärrvärme, avlopp och vatten önskas i tunnelkonstruktionen. Vid en brand i tunneln kan ledningarnas innehåll läcka ut, och förvärra situationen för utrymmande trafikanter i och med förekomst av ånga mm. Framförallt fjärrvärme är temperaturkänslig. Tryckökningen som sker då vattnet i ledningen övergår till ånga är markant, och för att undvika detta kan man med ett konservativt antagande begränsa temperaturpåverkan vid dessa rör till max 100 °C, och därmed förhindra att vattnet i ledningen kokar. Detta utreds vidare, se avsnitt 5.

Konsekvenser av brand utreds i analytisk verifiering av utrymningssäkerheten samt brandgasventilation.

Identifierade risker har riskbedömts, se 4.8.

4.4. Räddningstjänstens insats

	Räddningstjänsten
4a	Nedfallande föremål och inredning
4b	Försämrade bärförmåga
4c	Brandgaser (toxiska och varma)

Krav ställs på att inredning inte kan falla ner, se Brandskyddsbeskrivning.

Tunnelväggarna kommer att försees med kakel och kakel kan explodera vid höga temperaturer. Dessa temperaturer kommer dock att uppnås efter att utrymning skett och räddningstjänsten kan inte göra insats vid dessa temperaturer, det vill säga inte heller de kommer att påverkas.

Insats kan göras via tvärförbindelser. Avståndet mellan tvärförbindelser är ca 90 m.

Exempel på åtgärder som krävs för att möjliggöra räddningsinsats är:

- Möjlighet till överfart för räddningsfordon enligt överenskommelse med räddningstjänsten.
- Brandposter i brandpostskåp installeras i tunneln i anslutning till utrymningsvägarna (tvärtunnlarna) med totala flödet 2500 l/min.
- Tomrör mellan olika tunnelrör vid utrymningsvägar (tvärtunnlar) anordnas.
- Brandmanöverskåp med utrustning för att kunna styra ventilationsutrustning vid brand, placeras i anslutning till tunnelmynningarna.
- Bommar (ej passerbara) vid infarter till huvudtunnel samt vid påfartsramper krävs för att säkerställa räddningstjänstens säkerhet.

Bärförmågan har analyserats, se 5.1.3. Brandgasventilation för räddningstjänstens insats har analyserats, se 5.1.2.

Identifierade risker har riskbedömts, med och utan åtgärder, se 4.8.

4.5. Beroende av operatörer, system och tekniska säkerhetshöjande åtgärder

	Beroende av operatörer, system och tekniska säkerhetshöjande åtgärder
5a	Brister i trafikövervakning och trafikstyrning (mänskligt fel)
5b	Felfunktion hos tekniska säkerhetshöjande åtgärder (tekniskt fel)

De system som ska aktiveras, såsom brandgasventilation, ska styras automatiskt, se Brandskyddsbeskrivning, vilket ger ett mindre beroende av operatörer.

De tekniska säkerhetshöjande åtgärder som installeras i tunneln ställer krav på drift och underhåll. För att undvika försvårande omständigheter och eventuella brister har en likhet med befintliga tunnlar eftersträfvats. Befintlig driftsorganisation har erfarenhet av liknande tunnlar, vilket ökar sannolikheten för att drift och underhåll sker korrekt.

Kombinationer av skyddsåtgärder som finns för att hantera felhändelser ska finnas, se Brandskyddsbeskrivning, t.ex. redundans i kraftmatning.

Att säkerhetshöjande åtgärder felfungerar vid brand är en risk. Denna ska tas hänsyn till.

Identifierade risker har riskbedömts, se 4.8.

4.6. Påverkan på omgivningen

	Påverkan på omgivningen
6a	Brandgasers påverkan på tredje man
6b	Konstruktionens bärförmåga

Bebyggelse ovanpå överdäckning

Överdäckningen planeras med bebyggelse. Dess utformning är inte fastställd.

På följande sätt kan en olycka i tunneln påverka bebyggelsen på överdäckningen:

- Brand ger försämrade bärförmåga, vilket innebär risk för ras. Bärförmåga utreds i fördjupad analys. Verifiering av bärverk genomförs genom att säkerställa bärverkets förmåga att hantera ett fullständigt brandförlopp. Även känslighetsanalys genomförs. Se 5.1.3.
- Brandgaser (toxiska/ohälsosamma samt varma) sprids via tunnelmynningar och rampmynningar (samt eventuella framtida alternativa lösningar). Se 5.1.4.

Brand ovan tunnel bedöms vara ett betydligt mindre allvarligt scenario än brand i tunnel, och någon påverkan utöver den som hanteras i analys av bärverksförmåga uppstår inte. Dvs om en långvarig brand i tunneln inte kan påverka bebyggelsen på överdäckningen bedöms inte en brand i ovanliggande bebyggelse kunna påverka tunneln.

Problematiken med utströmmande brandgaser från rampmynningar och tunnelöppningar bedöms kunna åtgärdas genom att ett visst avstånd upprätthålls eller att krav eventuellt ställs på fönster (brandtekniskt klassade) samt att ventilation i åtminstone flerbostadshus utförs avstängningsbart. Riskbedömning för detaljplan beskriver och hanterar dessa frågor. Bebyggelsens utformning är inte känd, men preliminära skisser ger att det finns ett avstånd mellan mynningar och fasader, då lokalator ger en buffertzon. Eventuellt är detta inte fallet vid samtliga rampmynningar. Något exakt behov av avstånd har inte utretts. Behov av avstånd beror på typ av bebyggelse, höjd på fönster, eventuella krav på fasad som kan ge förkortat avstånd etc.

Problematiken med utströmmande brandgaser bedöms översiktligt vara lösbart, och utgör framförallt (efter genomförda åtgärder) en belastning för räddningstjänst och orsakar oro, snarare än utgöra risk för att människor ska omkomma. Barn och känsliga individer är mer utsatta än vuxna.

Frågan riskbedöms, se 4.8, med och utan åtgärder, men utreds inte vidare.

Omgivningen i övrigt

I tunnelns omgivning återfinns mestadels bebyggelse samt infrastruktur. Vid en brand i tunneln kan brandgaser påverka, vilket framförallt bedöms utgöra en risk för den kollektivtrafik som planeras gå på bro väster om Hisingsbron. Även övrigt vägnät kan påverkas av brandgaser, exempelvis vid rampmynningar.

Trafik på kollektivtrafikbron bör kunna stängas av vid en brand i tunneln, för att undvika att resenärer exponeras för brandgaser. Avseende bron bärförmåga vid en brand på E45 eller vid utströmmande brandgaser är situationen inte värre än nuvarande situation (då kollektivtrafikbron projekterats utan hänsyn till tunnel) och ytterligare hänsyn behöver ej tas. Det är dock lämpligt att verifiera att brand under bron har beaktats vid dess projektering.

Några intilliggande riskkällor med påverkan på tunneln har ej identifierats. Drivmedelsstationer finns ej i direkt anslutning till tunneln. Frågan riskbedöms, men utreds inte vidare.

Samhällsbelastning vid avbrott

Vid en olycka i tunneln kan samhället i stort påverkas i och med att det uppstår en belastning på intilliggande vägnät. Det bedöms finnas goda möjligheter till viss omledning, även om vägnätet inte är dimensionerat för detta. Omledningsvägar är inte utrett vidare.

Efter en brand i tunneln behöver återställning ske. Genom användandet av brandskivor minskas tiden för återställning, då dessa kan bytas ut, vilket tar kortare tid än att återställa påverkad betong. Frågan riskbedöms, se 4.8, men utreds inte vidare.

4.7. Påverkan på andra skyddsobjekt

	Övrigt
7a	Underhållspersonals säkerhet vid brand

Vid brand i tunneln ska utrymningslarm även aktiveras i biutrymmen. Utrymningsssäkerhet har beaktats för dessa utrymmen, och krav på utrymningsvägar etc har ställts, se Brandskyddsbeskrivning.

Frågan riskbedöms, se 4.8, med och utan åtgärder (se Brandskyddsbeskrivning).

4.8. Resultat av grovanalysen

Baserat på de värderingar som gjorts i grovanalysen visas respektive identifierad skadehändelse i riskmatriserna nedan. Risker märkta med * är konsekvensbedömda utan hänsyn till åtgärder. Samtliga risker som värderats som röda, dvs ”höga”, behandlas i fördjupade analyser och åtgärder. Även några ytterligare risker har reducerats med åtgärder. Endast de risker med konsekvenser för egendom eller miljö återfinns i Figur 3.

Frekvens-
klass

E					
D		1a	1a*		
C			1c*, 1e	1e*	
B		5a, 7a, 6a, 1c	5b, 4a*, 1b, 3a, 3c, 3b	7a*, 3a*, 3c*	3b*, 1b*
A			1d, 1f, 6b	4c*	6b*, 4b*, 1d*, 1f*
	1	2	3	4	5

Konsekvens-
klass, liv

Figur 2 Riskmatris avseende liv

Frekvens-
klass

E					
D					
C					
B		6c*	6c		
A					
	1	2	3	4	5

Konsekvens-
klass,
egendom,miljö

Figur 3 Riskmatris avseende egendom, miljö

5. Fördjupade analyser

Nedan redogörs kort för de fördjupade analyser som genomförts:

- Analytisk verifiering av utrymningssäkerheten samt brandgasventilation. Denna analys behandlar utrymmande trafikanter samt räddningstjänstens insats.
- Analys av bärförmåga och värmeinträngning. Denna analys behandlar, förutom bärförmåga och värmeinträngning, även påverkan på ledningar.

5.1. Utrymning och brandgasventilation

Huvudscenariot omfattar händelser som innebär en allvarlig (s.k. värsta troliga) brand där alla brandskyddsinstallationer och övriga tekniska system fungerar som avsett. Känslighetsanalysen omfattar en grupp av scenarier där de tekniska system görs otillgängliga var för sig, eller där andra förutsättningar relaterade till brandförlopp och utrymning förändras på ett negativt sätt.

Brand som anläggs uppsåtligt har inte större konsekvenser än de som kan förväntas uppstå i lastbil. Kameraövervakning möjliggör upptäckt av sådan brand, samt annat sabotage.

5.1.1. Säkerhet vid utrymning för trafikanter

Utrymning ska ske till motsatt tunnelröret. För att säkerställa att det andra tunnelröret förblir en säker plats används reverserade fläktar och eventuellt en "näsa" (mur) för att hindra att brandgaser strömmar in i detta rör. För att hindra att brandgaser tränger in vid utrymningsdörrar används dubbla dörrar (sluss) samt övertryckssättning.

Fönster i utrymningsväg samt tydliga meddelanden om att utrymning ska ske via utrymningsväg och att motsatt rör är en säker plats ger ökad trygghet. Ledstänger föreslås (ställs krav på) i de fall analyser har visat att sikten kan bli försämrad.

Huvudtunneln har alltid ett utrymme om minst 1,2 m på höger sida samt minst 0,9 m på vänster sida (vägren samt utrymme för utrymmande trafikanter). Det finns goda möjligheter till förflyttning till utrymningsväg.

Resenärer i bussar har beaktats, och tid för deras utrymning har studerats i analyser.

När säkerheten utvärderas för huvudscenariot i tunneln ska utrymning kunna ske under mycket goda förhållanden. Det innebär att personer ska kunna lämna tunneln med god förmåga att orientera sig och utan att exponeras för några direkta mängder rök. I känslighetsanalyserna samt för scenarier i ramperna, tillåts personer påverkas av branden på ett annat sätt genom att de dels kommer utrymma i tätare rök och att de även exponeras för toxiska brandgaser och värme. Förhållandena ska dock aldrig vara sådana att personerna förlorar sin förmåga att hitta ut. Följande indata och förutsättningar är gemensamma för samtliga scenarier:

Brandförloppet:

- Effektivt värmevärde: 25 MJ/kg.
- Sotproduktion: 0,1 g/g.

- CO-produktion: 0,1 g/g.
- CO₂-produktion: 2,5 g/g.

Brandgasventilation (i huvudtunneln):

- Aktivering inom 2 min.
- Branden slår ut en fläktgrupp, vilket gör att 4 av 5 fläktgrupper antas fungera.
- Luftflöde: 28 m³/s per fläktgrupp.

Utrymningsförloppet:

- Utrymningslarm aktiverar inom 4 min.
- Utrymningsvägen närmst branden förutsätts blockeras av branden.
- Köbildningen sker alltid uppströms branden.

Kriterier för kritisk påverkan:

- Huvudscenario i tunneln: Siktsträcka 10 m
- Känslighetsanalyser i tunneln och scenarier i ramperna: FED < 0,3.

Scenarier i huvudtunneln

Scenario 1	Huvudscenario
Brandförlopp:	Maximal effekt: 30 MW (buss) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Brandgasventilation:	Ja
Utrymning:	100 personer per 100 m tunnel Ingen köbildning nedströms branden
Scenario 1A	Känslighetsanalys: Allvarligare brandförlopp
Brandförlopp:	Maximal effekt: 100 MW (lastbil) Tillväxthastighet: 0,19 kW/s ²
Brandgasventilation:	Ja
Utrymning:	100 personer per 100 m tunnel Ingen köbildning nedströms branden
Scenario 1B	Känslighetsanalys: Högre personbelastning
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Brandgasventilation:	Ja
Utrymning:	160 personer per 100 m tunnel Ingen köbildning nedströms branden
Scenario 1C	Känslighetsanalys: Köbildning
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Brandgasventilation:	Ja
Utrymning:	100 personer per 100 m tunnel Köbildning nedströms branden
Scenario 1D	Känslighetsanalys: Ingen brandgasventilation
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ² Placering: Mitt i tunneln
Brandgasventilation:	Nej
Utrymning:	100 personer per 100 m tunnel Ingen köbildning nedströms branden
Scenario 1E	Känslighetsanalys: Inget utrymningslarm
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Brandgasventilation:	Ja
Utrymning:	100 personer per 100 m tunnel Ingen köbildning nedströms branden Utrymningslarmet aktiveras inte

Scenarier i påfartsrampen

Scenario 2	Huvudscenario
Brandförlopp:	Maximal effekt: 100 MW (lastbil) Tillväxthastighet: 0,19 kW/s ²
Utrymning:	100 personer i rampen Ingen köbildning nedströms branden
Scenario 2A	Känslighetsanalys: Högre personbelastning
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Utrymning:	160 personer i rampen Ingen köbildning nedströms branden
Scenario 2B	Känslighetsanalys: Inget utrymningslarm
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Utrymning:	100 personer i rampen Utrymningslarmet aktiveras inte Ingen köbildning nedströms branden

Scenarier i avfartsrampen

Scenario 3	Huvudscenario
Brandförlopp:	Maximal effekt: 100 MW (lastbil) Tillväxthastighet: 0,19 kW/s ²
Utrymning:	80 personer i rampen Köbildning nedströms branden under kort tid (1-1,5 min)
Scenario 3A	Känslighetsanalys: Högre personbelastning
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Utrymning:	130 personer i rampen Köbildning nedströms branden under kort tid (1-1,5 min)
Scenario 3B	Känslighetsanalys: Köbildning
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Utrymning:	80 personer i rampen Köbildning nedströms branden
Scenario 3C	Känslighetsanalys: Inget utrymningslarm
Brandförlopp:	Maximal effekt: 10 MW (personbil) Tillväxthastighet: 0,047 kW/s ²
Utrymning:	80 personer i rampen Köbildning nedströms branden under kort tid (1-1,5 min) Utrymningslarmet aktiveras inte

5.1.2. Möjlighet till räddningsinsats

När möjligheten till räddningsinsats utvärderas beaktas endast ett huvudscenario. Möjligheten till räddningsinsats bedöms som god om det finns förutsättningar att skapa en brandgasfri miljö uppströms branden. Räddningstjänsten kan då angripa branden under trygga förhållanden och genomföra en effektiv räddningsinsats. Möjligheten till räddningsinsats har endast studerats för huvudtunneln. Följande indata och förutsättningar används:

Brandförloppet:

- Effektivt värmevärde: 25 MJ/kg.
- Sotproduktion: 0,1 g/g.
- CO-produktion: 0,1 g/g.
- CO₂-produktion: 2,5 g/g.

Brandgasventilation (i huvudtunneln):

- Aktivering inom 2 min.
- Branden slår ut en fläktgrupp, vilket gör att 4 av 5 fläktgrupper antas fungera.
- Luftflöde: Initial 28 m³/s per fläktgrupp. Kan ökas till 60 m³/s per fläktgrupp.

Kriterier för kritisk påverkan:

- Utbredningen av brandgaser uppströms branden ska begränsas till ett område på c:a 10 m från branden.

Scenarier i huvudtunneln

Scenario 4	Huvudscenario
Brandförlopp:	Maximal effekt: 100 MW (lastbil) Tillväxthastighet: 0,19 kW/s ²
Brandgasventilation:	Ja

Bärförmåga och temperaturinträngning

5.1.3. Tunnelkonstruktion

En konservativ tumregel är att betong förlorar sin hållfasthet helt runt 500 °C , på grund av dess materialegenskaper. Ett annat framträdande problem med brandutsatt betong är spjälkning. Spjälkning kan blottlägga armeringsjärn och drastiskt försämra hållfastheten i konstruktionen. Detta kan i sin tur påverka tunnelns konstruktion, utrymmande trafikanter, räddningstjänsten vid pågående insats samt bebyggelse ovanpå.

För att analysera vilka temperaturer som kan uppstå vid olika scenarion i tunneln har värmefflödesanalyser på de olika vägg- och taktjocklekarna genomförts med hjälp av programmet TASEF. De analyserade konstruktionsdelarna tar endast upp förslag till lösningar på brandskydd, andra sätt att skydda konstruktionen kan förekomma. De brandkurvor som används knyter an till krav i TRVK Tunnel 11 som anger att konstruktionen skall bibehålla sin funktion i minst 180 min samt avsvälning med 600°C per timme.

Taket analyserades i TASEF där en tjocklek på 1500 mm ansattes utifrån preliminära konstruktionsritningar. Inga antaganden kring placering av armeringsjärn eller tjocklek på betongtäcksikt är gjorda i detta skede. Betongkvaliteten antas vara normalpresterande betong C35/45 med 0 % fukthalt. 0 % fukthalt ses som ytterst konservativt då vatten som förångas kräver energi, dvs. kyler betongen, vilket i sin tur ger en mindre

uppvärmning i betongen. I verkligheten är aldrig betong helt torr, framförallt inte i en vägtunnel.

På grund av rådande scenario antas väggarna anta samma temperatur som taket vid brand. Detta innebär att respektive brandkurva medför samma inträngningsdjup i väggarna som i taket förutsatt att samma betongkvalité används. Detta antagande ses som konservativt och kan utredas ytterligare vid behov i ett senare skede.

Enligt värmeanalyserna fortsätter värmeinträngningen även efter att brandkurvorna övergått till avsvlningsfas, och den högsta temperaturen uppnås ca: 200 min efter brandens utbrott under givna förutsättningar. 500 °C isotermin ligger då ca 50-60mm in i materialet i värsta fallet, och det är således den uppvärmningen man bör motverka för att bibehålla hållfasthet i både betong och armeringsjärn. Det är tydligt i analyserna att det är långa brandförlopp som ger störst reduktion i hållfasthet jämfört med snabba, mer intensiva, brandförlopp med högre temperaturer.

Nya drivmedel används numera i allt större utsträckning, såsom LPG, vätgas och elbilar (batterier). I och med att tunneln dimensioneras för ett fullt brandförlopp med avseende på bärförmåga bedöms genomförda analyser täcka även framtida bränslen (inom överskådlig tid). Det är tydligt i den fördjupade analysen att det är långa brandförlopp som ger störst reduktion i hållfasthet jämfört med snabba, mer intensiva, brandförlopp med högre temperaturer.

Aktuell utformning av tunneln uppfyller ovanstående krav. Fortsatt arbete ska säkerställa att även detaljutformningen av tunneln uppfyller dessa krav.

5.1.4. Ledningar

Ledningar med fjärrkyla, fjärrvärme, avlopp och vatten önskas i tunnelkonstruktionen. För att dessa inte ska påverka utrymmande trafikanter i händelse av brand samt att ett läckage inte ska påverka tunneln bedöms följande åtgärder krävas:

- Avstängningsmöjlighet ska finnas
- Läckage ska kunna upptäckas. Någon form av larm bör finnas.
- Rör ska vara dubbelmantlade.
- Ledningar ska skyddas mot brand genom att uppföras i REI 90.

Andra åtgärder kan ge motsvarande resultat. Frågan är inte detaljutredd.

I vissa delar av tunneln består taket av vägbroar där det ska löpa rörledningar. En av dessa ledningar är fjärrvärme, vilken är temperaturkänslig. Tryckökningen som sker då vattnet i ledningen övergår till ånga är markant, och för att undvika detta kan man med ett konservativt antagande begränsa temperaturpåverkan vid dessa rör till max 100 °C, och därmed förhindra att vattnet i ledningen kokar.

Broarna analyseras med avseende på hur långt in i tvärsnittet temperaturen uppnår 100 °C. HC kurvan inklusive avsvlningsfas medför att 100 °C uppnås 280 mm in i materialet, räknat från underkant. Detta inträngningsdjup uppnås efter ca: 600 min

6. Osäkerheter

De kvalitativa bedömningarna av riskerna som gjorts är grova och osäkerheterna i riskanalysen relativt omfattande. Dock har en konservativ uppskattning av riskernas omfattning gjorts för att inte underskatta riskerna.

Felfunktioner i de tekniska system som tunneln kommer att utrustas med är ej behandlade i detalj. Mänskligt beteende hos utrymmande trafikanter är också svårt att förutse.

I utförda beräkningar har osäkerheter behandlats separat.

FÖRHANDSKOPIA 2015-04-10

7. Åtgärder

Nedan redogörs för de säkerhetshöjande åtgärder som arbetet med tunnelsäkerhet gett upphov till. Samtliga åtgärder hanteras även i andra dokument, såsom i Brandskyddsbeskrivningen. Nedanstående är enbart en förkortad genomgång av de åtgärder som vidtas.

7.1. Utrymningssäkerhet

Analytisk verifiering av utrymningssäkerhet har resulterat i ett flertal åtgärder som är en förutsättning för att utrymning ska ske på ett säkert sätt, t.ex.:

- Avstånd mellan tvärförbindelserna (utrymningsvägar) är ca 90 m.
- Krav på aktivering av fläktar inom 2 min efter brands uppkomst.
- Krav på flätkapacitet om 28 m³/s under utrymning samt 60 m³/s vid räddningstjänstens insats. Angivelsen avser kapacitet vid ett antal specificerade positioner, dvs kapaciteten kan fördelas på flera fläktar.
- Ramperna utryms antingen via utrymningsvägar eller via tunnelmynning. Denna fråga är ej löst till fullo, då rampernas utformning inte är fastställd.
- Belysta gångvägar och ledstänger (infällda).

7.2. Bärförmåga vid brand

Aktuell utformning av tunneln innebär att bärförmågan är beaktad. Fortsatt arbete ska ske, för att säkerställa att även detaljutformningen av tunneln uppfyller dessa krav.

För att skydda betongen från spjälkning kan brandskivor användas, men det är också möjligt att uppföra tunneln utan brandskivor. Brandskivorna kan efter eventuell brand bytas, vilket är svårare med skadad betong. Återställningstiden och avbrott i trafiken minskar därmed. Åtgärden bedöms vara lämplig, men är inte ett krav, utan endast en rekommendation utifrån riskanalysens perspektiv.

7.3. Teknikutrymme

Installationsutrymmen (kulvertar) och driftutrymmen utformas så att brandspridning till trafikutrymmen förhindras, enligt krav i brandskyddsbeskrivning (BSB).

7.4. Räddningstjänstens insats

Åtgärder som möjliggör insats är exempelvis brandvatten, brandgasventilation med hög kapacitet och mynningsskåp med utökade möjligheter till styrning.

För att undvika missuppfattningar vid insats finns kamera vid mynningsskåp. Dörrar till tvärförbindelser är även numrerade.

7.5. Trafikstyrning

Trafikstyrning behöver ske för att ett flertal förutsättningar för säkerhetsarbetet ska vara giltigt. Viktiga funktioner:

- *Ködetektor på aufartsramp*, med syfte att undvika att en ”kö-svans” sträcker sig ut på E45. Vid stående trafik längst ned i rampen sker styrning så att trafiksignal ger grönt för trafik på rampen, och rött för lokalgators trafik.

- *Informationstavlor* Placeras i anslutning till tillfarter och ger möjlighet att leda om trafik.
- *Omställbara vägvisningsskyltar* Ger TIC möjligheter att under kontrollerade former leda bort trafik från tunnelsystemet.
- *Omställbara hastighetsskyltar* Ger TIC möjligheter att vid mindre störningar sänka hastigheten och minska risken för olyckor.
- *Omställbara körfältssignaler* Ger TIC möjligheter att vid mindre störningar stänga av visst körfält och minska risken för olyckor.
- *TV-kameror/videoupptagningar* Verifierar incidenter, olyckor samt möjliggör visuell övervakning. Videoupptagningar möjliggör att se vad som hänt omedelbart efter tidpunkten för detektering.
- *Passagekontroll* Övervakar att endast behörig personal befinner sig i tunnelns driftutrymmen. Kontrollpassagesystemet övervakar också utrymningsvägarnas dörrar.
- *Ködetektering* Registrerar långsamtgående kö.
- *Incidentvarningssystem* Registrerar stillastående fordon.
- *Hastighetsövervakning* Registrerar hastighet på fordon.
- *Siktmätning* Registrerar sikten i tunneln.

7.6. Bommar

Bommar, istället för enbart signaler, säkerställer att räddningstjänsten har möjlighet att komma fram i motsatt tunnelrör. Förekomst av bommar ger utökat skydd, utöver kravnivån. Ej passerbara bommar placeras på samtliga möjliga infarter/påfarter för att säkerställa stopp av trafik,.

7.1. Avsaknad av fast släcksystem

Fast släcksystem kommer inte att installeras.

Enligt TRVR ska: "Ett fast brandbekämpningssystem installeras om detta...medför uppenbart ökad personsäkerhet i tunneln eller om det är en förutsättning för bärförmågan vid brand." (TRVR B.3.5).

Ett fast släcksystem bedöms ge begränsad nytta vid de brandscenarion som studerat. Detta beror på att brandens storlek vid förväntad aktivering och effekt av släcksystemet är så pass stor att tiden till kritiska förhållanden inte påverkas alls eller bara marginellt.. Ett fast släcksystem bedöms därför främst kunna minska behovet av flätkapacitet vid räddningstjänstens insats, vilket inträffar efter genomförd utrymning. För närvarande har flätkapacitet dimensionerats utan hänsyn till fast släcksystem. Inte heller för bärförmågan behövs ett fast släcksystem i enlighet med verifierande beräkningar.

8. Slutsats

Ett mycket stort antal säkerhetshöjande åtgärder vidtas, både krav från regelverk och åtgärder utöver regelverk. De scenarier som bedömts vara representativa klaras i samtliga fall, det vill säga människor kan utrymma i tid, räddningstjänsten kan göra insats samt bärförmåga bibehålls. Detta görs möjligt genom att åtgärder genomförs.

FÖRHANDSKOPIA 2015-04-10

9. Referenser

Cowi (2012), *Risikanalys Drift, Marieholmstunneln*, dokumentnummer 4C240002

Davidsson/Räddningsverket (2003), *Handbok för riskanalys*, ISBN 91-7253-178-9

FÖRHANDSKOPIA 2015-04-10

Förhandskopierad 2015-04-10



TRAFIKVERKET

Trafikverket, 405 33 Göteborg
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010- 123 50 00

www.trafikverket.se