
TEKNISK RAPPORT

VÄGVERKET

PERSONSÄKERHET I TUNNLAR SLUTRAPPORT, PRELIMINÄR VERSION

RAPPORT NR.

DET NORSKE VERITAS AB

Teknisk Rapport

Datum: 1999-03-23	Avd.: SEO Consulting	Projekt nr	DET NORSKE VERITAS AB Lilla Bommen 1 411 04 Göteborg Sweden Telephone.: +46 31 771 2600 Telefax.: +46 31 15 51 60
Godkänd av: -			
Klient, Uppdragsgivare: Vägverket		Klient ref Anders Håkansson	Rapport typ Teknisk
Sammandrag På uppdrag av Vägverket har utförts en litteraturgenomgång och kartläggning av redovisad och pågående vetenskaplig forskning inom området säkerhet i vägtunnlar. Här vid har • typer av olyckor och initierande händelser, som kan leda till allvarlig skada på trafikanter i vägtunnlar identifierats och beskrivits kortfattat • en genomgång av publicerade forskningsresultat gjorts, med särskild vikt lagd vid vilka olyckstyper som har behandlats • förslag till ytterligare forskning inom området formulerats			

Rapportnummer	Ämnesgrupp Riskanalys	
Rapporttitel Personsäkerhet i tunnlar Slutrapport, preliminär version		
Utförd av Per Anders Akersten		
Granskad av -		
Datum för senaste	Rev.nr.	Antal sidor
1999-03-23	Rev 1	

4 Indextermer

Trafiksäkerhet
Tunnel
Kunskapsinventering
Forskningsområde

Tillgänglighet:



Ingen distribution utan tillåtelse från ansvarig avdelning



Begränsad distribution inom DNV



Fri distribution

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	1
2. LITTERATURSÖKNING	2
2.1 Utnyttjade litteraturdatabaser	2
2.2 Utnyttjade sökprofiler	2
2.3 Sökningarnas resultat.....	2
3. FÖREKOMMANDE FAROR	3
4. FORSKNINGSAKTÖRER INOM OMRÅDET	6
4.1 Akademiska.....	6
4.2 Konsulter	6
4.3 Forskningsinstitut	6
4.4 Företag, myndigheter o dyl.....	6
4.5 Pågående projekt	7
5. RESULTATSAMMANSTÄLLNING.....	8
5.1 Identifierade forskningsinriktningar	8
5.2 Förslag till forskningsområden	9
5.3 Prioritering.....	10
6. REFERENSER.....	12

1. Inledning

Det Norske Veritas AB (DNV) har, på uppdrag av Vägverket, utfört en litteraturgenomgång och kartläggning av redovisad och pågående vetenskaplig forskning inom området säkerhet i vägtunnlar.

Arbetet har innefattat litteratursökningar, kontakt med Vägverket, litteraturgenomgång, kontakt med forskningsinstitution (motsv.) samt sammanställning av resultat.

Syftet med kartläggningen har varit att, genom en kartläggning av vilka områden forskningen har fokuserats på, ge underlag för beslut om genomförande av forskningsprojekt. Ytterligare ett syfte har varit att formulera konkreta inriktningar för delprojekt.

Detta har uppnåtts genom att

- typer av olyckor och initierande händelser, som kan leda till allvarlig skada på trafikanter i vägtunnlar, har identifierats och beskrivits kortfattat
- en genomgång av publicerade forskningsresultat har gjorts, med särskild vikt lagd vid vilka olyckstyper som har behandlats
- förslag till ytterligare forskning inom området har formulerats

På grund av studiens begränsade omfattning har en fullständig genomgång av de via literatursökningarna identifierade publicerade forskningsresultaten ej företagits, utan ett urval har gjorts. Detta urval har baserats på relevans hos respektive arbets titel samt de nyckelord som redovisats. Vidare har säkerhetsaspekter på arbete med tunnelkonstruktion ej behandlats.

2. Litteratursökning

2.1 Utnyttjade litteraturdatabaser

- Civil Engineering Database
- Compendex
- Rildok
- Science Citation Index
- Transguide (Roadline från VTI, Norska TÖI, SAAB och Dennis)
- Vägverkets biblioteksdatabas

2.2 Utnyttjade sökprofiler

Vid sökningen har mycket vida sökbegrepp använts, dock huvudsakligen begränsat till kombination av grupperna (**tunnel OR underground**) och (**risk OR safety**). Risker förknippade med andra typer av tunnlar än vägtunnlar har ej uteslutits vid litteratursökningarna men däremot i stor utsträckning gallrats bort i det fortsatta arbetet.

2.3 Sökningarnas resultat

Litteratursökningarna har gett vid handen, att en relativt begränsad mängd forskningsresultat inom området är publicerade i den vetenskapliga litteraturen. En stor del av den i praktiska sammanhang relevanta litteraturen utgörs i stället av konferensrapporter och tekniska rapporter. Vissa inom området verksamma aktörer, som a priori bedömts som mycket intressanta, har ej bidragit i någon större omfattning till mängden av vetenskapliga publikationer.

Totalt har ca 3000 artikeltitlar genomgått, varav ca 1000 bedömts som möjligen intressanta. Av dessa har ett hundratal anskaffats och genomlästs översiktligt.

3. Förekommande faror

I samband med möte vid Vägverket i januari 1999 diskuterades informellt förekommande faror. Denna diskussion, tillsammans med i litteraturen beskrivna faror, kan beskrivas med hjälp av följande preliminära översikt, som dock ej gör anspråk på att vara fullständig.

Olyckstyper

Sammanstötning mellan fordon

- Upphinnande

 - Långsamtgående fordon

 - Stillastående fordon

- Filbyte

- Anslutning

- Motriktad trafik

 - Möte

 - Backande fordon

Sammanstötning mellan fordon och fast föremål

- Tunnelvägg

- Strukturkomponenter

Sammanstötning mellan fordon och löst föremål

- Tappade eller lossnade föremål

- Lösa djur (hundar, grävlingar, rådjur etc)

- Fallande föremål

 - Istappar

 - Bergfragment

- Sabotage

Sammanstötning mellan fordon och oskyddad trafikant

- Fotgängare

- Cyklister

- Övriga (underhållspersonal, insatspersonal)

Utsläpp av gas eller vätska

- Brandfarlig

- Toxisk

- Väglagspåverkande

Brand

- Fordonsbrand

- Brand i strukturkomponenter

- Brand i serviceutrustning

Inläckage av vatten

- Blockering av utgångar

Luftkvalitet

- Rökgaser

- Låg syrehalt

- Bilavgaser

Kombinationsolyckor

- Sammanstötningar av olika slag

- Dominoförlopp (t ex hinder förorsakar kraftig inbromsning, vikning av fordonståg, seriekollision, fordonsbrand)

Orsaksexempel

Tunnelutformning

- Bredd
- Höjd
- Bergrumsform
- Lutning
- Krökning
- Vägbeläggning
- Färgsättning
- Orienteringshjälp

Väglagsförändring

- Halt slitlager
- Övergång bergtunnel/betongtunnel

Förändrade ljusförhållanden

- Mörk ingångszon
- Stroboskopeffekt
- Nedsmutsade armaturer

Förändringar i användning (avstängda körfält etc)

Underhållsarbete

Hastighetsskillnader

- Lutning
- Geometri (kurvor)

Osäkerhet, tunnelfobi

Konflikter

- Korsningar (anslutningar)

Förarbeteende

- Tunnelfobi
- Orienteringsproblem
- Lutning
- Krökningsradie

Säkerhetssystemproblem

Tekniska systems tillförlitlighet

- Systemutformning, val av ingående enheter
- Funktionsövervakning
- Redundans
- Prestandaförändringar över tid
- Konsekvenser av fel
- Underhållsmässighet
- Underhållssäkerhet
 - Tillgång till underhållspersonal
 - Tillgång till fordon
 - Tillgång till förbrukningsmaterial/reservdelar/utbytesenheter

Tekniska systems robusthet

- Skyddad placering
- Brandtålighet
- Vattentålighet
- Smutstålighet
- Emc-tålighet

Styrning, övervakning

Olycksberedskap

Incidentträning

Reaktion i skarpt läge

Ledning av räddningsinsats

Hantering av massmedia

Kommunikation

Information till trafikanter i tunnel

Information till trafikanter utanför tunnel

Radiokommunikation

Telekommunikation

Trådbunden

Trådlös

Ledning av räddningsinsats

Hantering av massmedia

Utrymning

Utrymningsvägar

Utrymningsstyrning

Folkmassebeteende

Disciplin

4. Forskningsaktörer inom området

Åtskilliga forskningsaktörer bidrar till kunskapsmängden inom området. Baserat på ett urval av ca 1000 referenser kan följande huvudaktörer nämnas. Anmärkningsvärt är, att mycket få universitetsinstitutioner redovisar någon mer omfattande forskningsverksamhet inom området. Åtskilliga andra aktörer kan förväntas bedriva arbete inom närliggande områden av trafiksäkerhet men en kartläggning härav ligger utanför ramen för det aktuella arbetet. En noggrann genomgång, t ex av de listor som tillhandahålls av Transportation Research Board, National Academy of Science, USA skulle troligen avslöja ytterligare intressanta institutioner, företag och andra organisationer med verksamhet inom området.

4.1 Akademiska

- Underground Space Center, University of Minnesota, USA
- University of Dundee, UK

4.2 Konsulter

Agniconsult, UK

COWI-Consult, Danmark

D'Appolonia S.p.A., Genua, Italien

Det Norske Veritas, Hövik, Norge och Göteborg, Sverige

Electrowatt Engineering Services, Zürich, Schweiz

Ernst Basler & Partners AG, Schweiz

Mott MacDonald, UK

Parsons, Brinckerhoff, Quade & Douglas, Inc., USA

Securiton AG, Zollikofen, Schweiz

Södra Länken Konsulterna (SLK), Sverige

Trafitec A/S, Oslo, Norge

WS Atkins, UK

Öresund Link Consultants, Nederländerna;

4.3 Forskningsinstitut

Centre d'Etudes des Tunnels (CETU), Bron, Frankrike

INERIS (Institut national de l'environnement industriel et des risques), Verneuil-en-Halatte, Frankrike

Institute for Road Safety Research SWOV, Leidschendam, Nederländerna

VTI - Statens väg- och transportforskningsinstitut, Linköping, Sverige;

4.4 Företag, myndigheter o dyl

Austrian Federal Railways, Österrike

Danish State Railways

Eurotunnel, Folkestone, UK

Fuji Electric Co, Japan

Japan Highway Public Corp., Japan

Mersey Tunnels, UK

Metropolitan Expressway Public Corp., Japan

Norwegian Public Roads Administration, Norge

Stockholms Brandförsvar, Sverige

the Great Belt Link Ltd., Danmark

TNO (Dutch Organization for Applied Scientific Research), Apeldoorn, Nederländerna

Vägverket, Sverige

Öresundskonsortiet, Köpenhamn, Danmark;

Ett samarbete äger rum mellan OECDs Road Transport and Intermodal Linkage Research Programme (RTR) och World Road Association (PIARC) inom ett utvecklingsprojekt avseende "Transport of dangerous goods through road tunnels". Från Sveriges sida deltar Räddningsverket i OECDs arbete och Vägverket i PIARCs. Se Gell (1999).

4.5 Pågående projekt

Som framgår ovan har OECD och PIARC ett omfattande arbete med inriktning mot hantering av risker i samband med transport av farligt gods i tunnlar. Andra projekt, som har lett till omfattande utredningar och forskningsresultat är t ex Channel Tunnel, Öresundsprojektet och Ringenprojektet i Stockholm, vilket också framgår av aktörslistan ovan.

5. Resultatsammanställning

5.1 Identifierade forskningsinriktningar

Inte helt oväntat domineras den publicerade forskningen av aspekter på transporter av farligt gods. I många riskanalyser begränsas studiet nästan helt till denna enda aspekt, vilket leder till att övriga riskaspekter behandlas mycket översiktligt. Mot bakgrund av den översiktliga beskrivningen av faror i samband med vägtunneltrafik kan åtskilliga kunskapsluckor befaras. Från de referenser, som redovisas i denna rapport, hämtas följande exempel på forskningsinriktningar:

Studium av beteende

Risker för felhandlande hos operatörer/trafikledare

Mänskliga reaktioner utifrån modern beteendevetenskaplig teori, t ex för att komma tillrätta med tunnelfobi

Tunnelfobier, förstärkning i samband med trafikstockningar och olyckor

Beteende hos evakuerande personer, "Crowd behavior"

Beteendestudier genom användning av körsimulator

Påverkan av hastighetsval

Egenskaper hos teknisk utrustning

Gränssnittidentifiering (fysisk, funktionsmässig, informationsmässig)

Branddetekteringsprinciper, utrustning, utnyttjande, tillförlitlighet, typer (rökdek, värmedek, prestandakrav etc)

Nödutgångar, uppmärkning

Organisationsrelaterade frågor

Drift och organisation vid räddningsinsatser, beteendeforskning

Hjälpmedel, t ex checklistor, för insatsplanering

Planering, beslutsfattande

Beslutsfattande, med hänsyn tagen till individuella kravprofiler (lokala kravprofiler)

Anpassning efter lokala förhållanden

Särbehandling av urbana tunnlar och tunnlar för lantisar - identifiering av krav

Kartläggning av krav från olika intressenter, qfd

Särskilda händelsetyper

Bränder (Aspekter på brand och brandskydd i tunnlar har tagits upp och beskrivits i en av BRANDFORSK initierad litteraturstudie, se Ingason m fl ,1997).

Olyckor med anknytning till transport av farligt gods

Påkörning av fartyg alternativt påverkan av sjunkande fartyg

Tunnelutformning

Väggstruktur, horisontella och vertikala mönster för att ge en visuell referensram för att underlätta läges- och hastighetsuppfattning

Utformning av tunnelmynningar

Utformning av belysningssystem

5.2 Förslag till forskningsområden

Övergripande studier

Studium av tunnelsäkerhet på systemnivå, utgående från en detaljerad sammanställning av olika intressenters behov / krav.

Identifiering av gränssnitt, fysiska, funktionsmässiga såväl som informationsmässiga.

Utveckling av ett system för insamling och utnyttjande av information om såväl inträffade olyckor som observerade eller rapporterade incidenter.

Studium av beteende

Operatörsfel, ledningsfel

Mänskliga reaktioner utifrån modern beteendevetenskaplig teori, t ex för att komma tillrätta med tunnelfobi. Sätt att påverka berörda trafikanter.

Tunnelfobier, förstärkning i samband med trafikstockningar och olyckor. Studium av konsekvenser av inträffade händelser. Intervjuundersökningar, jfr SveBeFo-s studie.

Beteende hos evakuerande personer, "Crowd behavior"

Beteendestudier genom användning av körsimulator med koppling till tunnelutformning. Effekter av olika mönster på tunnelvägg / körbana.

Möjligheter till påverkan av hastighetsval, via information, övervakning eller annat.

Egenskaper hos teknisk utrustning

Studium av tillförlitlighet och robusthet för teknisk utrustning, utnyttjad för övervakning, trafikledning och insatsledning.

Branddetekteringsprinciper, utrustning, utnyttjande, tillförlitlighet, typer (rökdek, värmedek, prestandakrav etc)

Principer för uppmärkning av nödutgångar, med utgångspunkt från studier av beteende hos grupper av människor under stress.

Organisationsrelaterade frågor

Drift och organisation vid räddningsinsatser, beteendeforskning

Hjälpmedel, t ex checklistor, för insatsplanering

Studium av möjligheten att under störda tekniska förhållanden utföra de åtgärder som föreskrivs i STF.

Planering, beslutsfattande

Beslutsfattande, med hänsyn tagen till individuella kravprofiler (lokala kravprofiler)

Anpassning efter lokala förhållanden

Studium av för- och nackdelar med regelsystem, anpassade efter tunneltyp (främst indelning i "stadstunnlar" och "landsbygdstunnlar".)

Kartläggning av krav från olika intressenter för olika typer av tunnlar. En QFD-liknande ansats har skymtat i litteraturen. (QFD - koncentrerad produkt- och processplanering)

Tunnelutformning

Studium av olika utformningar av väggstruktur, för att ge en användbar visuell referensram för att underlätta läges- och hastighetsuppfattning. Såväl fullskaleförsök som simulatorförsök kan vara aktuella.

Utformning av tunnelmynningar med avseende på utformning, egenskaper hos vägbana samt belysning.

5.3 Prioritering

Problemet att besluta om vilka forskningsprojekt som i första hand ska tilldelas resurser, har många dimensioner.

Prioritering av forskningsprojekt kan göras med utgångspunkt från många olika kriterier, såsom

- förväntad effekt på personsäkerhet
- förväntad nytta för Vägverket i samband med planering
- politisk acceptans
- förmodad tidsåtgång
- tillgång till kompetenta forskare/utredare
- ambitionsnivå vad gäller vetenskaplig kvalitet
- ambitionsnivå vad gäller snabb omsättning i praktiken

Det är högst osannolikt att samtliga kriterier skulle ge samma rangordning av ett antal forskningsprojekt, varför en sammanvägning måste företas. Ett sådant flerkriteriebeslutsproblem

utgör i sig en mindre forskningsuppgift, varför denna rapport ej innehåller en slutgiltig prioritering av de framtagna förslagen till forskningsområden.

Med fokus på kriterierna

- förväntad effekt på personsäkerhet
- förväntad nytta för Vägverket i samband med planering

kan en subjektiv sammanvägning ge följande högre prioriterade forskningsinriktningar:

- Studium av tunnelsäkerhet på systemnivå, utgående från en detaljerad sammanställning av olika intressenters behov / krav.
- Identifiering av gränssnitt, fysiska, funktionsmässiga såväl som informationsmässiga.
- Beteende hos evakuerande personer, "Crowd behavior"
- Beteendestudier genom användning av körsimulator med koppling till tunnelutformning. Effekter av olika mönster på tunnelvägg / körbana.
- Studium av tillförlitlighet och robusthet för teknisk utrustning, utnyttjad för övervakning, trafikledning och insatsledning.
- Studium av för- och nackdelar med regelsystem, anpassade efter tunneltyp (främst indelning i "stadstunnlar" och "landsbygdstunnlar".)
- Kartläggning av krav från olika intressenter för olika typer av tunnlar. En QFD-liknande ansats har skymtat i litteraturen. (QFD - koncentrerad produkt- och processplanering)

6. Referenser

- (1992). Safety in Road and Rail Tunnels. In A. E. Vardy (Ed.), *First International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels*. Basel, Switzerland: University of Dundee, Dundee and Independent Technical Conferences, Bempston, Bedford.
- (1995). Allmän teknisk beskrivning - TUNNEL 95, *Vägverkets Publ.* Borlänge: Vägverket.
- (1995). Riskanalys Ringen och Yttre Tvärleden. Fas 6 - Appendix. Stockholm: Södra länken Konsulterna.
- (1995). Riskanalys Ringen och Yttre Tvärleden. Fas 6 - Huvudrapport. Stockholm: Södra länken Konsulterna.
- (1995). Road tunnel lighting. Common Nordic guidelines, *NVF-reports*. Helsingfors: Nordisk Vejteknisk Forbund.
- (1995). Safety in Road and Rail Tunnels. In A. E. Vardy (Ed.), *Second International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels*. Granada, Spain: University of Dundee, Dundee and Independent Technical Conferences, Bempston, Bedford.
- (1996). Technical Report of Mission 1, *OECD/PIARC ERS2 "Transport of Dangerous Goods Through Road Tunnels"*. Hövik: DNV.
- (1997). Oro för att åka bil i tunnlar. 400 intervjuer med bilåkande i Stor-Stockholm våren 1997. Stockholm: SveBeFo och Miljöförvaltningen.
- (1998). Beskrivning av gränssnitten mellan VTC och Norra respektive Södra Länkens installationer inklusive Säkerhetstekniska Föreskrifter. Stockholm: Vägverket.
- (1998). Bränder under marknivå. Mardröm eller hanterbart? *Brand och Räddning*, 20.
- (1998). Personsäkerhet i tunnlar. Behövs nya regler?, *Arbetsmaterial*. Stockholm: Boverket.
- (1998). Technical Report of Mission 2, *OECD/PIARC ERS2 "Transport of Dangerous Goods Through Road Tunnels"*. Hövik: DNV.
- (1998). *TUNNEL 98. Allmän teknisk beskrivning*, Borlänge: Vägverket.
- Abelsson, B., Ahlenius, E., Harms-Ringdahl, L., & Hult, P. (1998). Metod för identifiering och beskrivning av risker. Projekt del 1, *Arbetsmaterial*. Stockholm: SCC Safety Engineering.
- Amundsen, F. H. (1994). Studies of driver behaviour in Norwegian road tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **9**, 9-17.
- Amundsen, F. H., & Ranæs, G. (1998). Traffic accidents and carfires in Norwegian road tunnels. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 9-11 March 1998, Nice, France* (pp. 3-13). Dundee: University of Dundee.
- Anderson, J. (1998). Can we have a 'Safety culture' in the tunnelling business? *Tunnelling and Underground Space Technology*, **13**, 213-215.
- Anderssen, P. C., & Lille, G. H. (1997). Risikoanalyse av farlig gods transport på E18 förbi Kristiansand, *DNV Teknisk Rapport*. Hövik: Det Norske Veritas.
- Barker, M. (1994). Fire and life safety for underground structures: The end of the beginning. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **9**, 3-4.
- Bring, A., Malmström, T.-G., & Boman, C. A. (1997). Simulation and measurement of road tunnel ventilation. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **12**, 417-424.

- Brodin, A. (1997). Riskanalys Häggviks- och Tunbergstunnlarna., *Stockholmsprojektet*. Stockholm: Vägverket.
- Canter, D., Donald, I., & Chalk, J. (1992). Pedestrian behaviour during emergencies underground.
- Carmody, J. (1995). Impact of interior design on road tunnel safety and driver perception. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 3-6 April 1995, Granada, Spain* (pp. 209-216). Dundee: University of Dundee.
- Carmody, J., Huet, O., & Sterling, R. (1994). Life safety in large underground buildings: principles and examples. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **9**, 19-29.
- Chow, W. K. (1998). On safety systems for underground car parks. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **13**, 281-287.
- Darpas, M. (1997). Les évolutions dans la conception et la mise en oeuvre du désenfumage en ventilation transversale et semi-transversale, *Safety in Road Tunnels: A major challenge, a developing field. A Seminar of the Ecole des Ponts, Paris, 9-10 December 1997* (pp. 9). Paris: Ecole des Ponts.
- Dray, P., Harris, D., & Proctor, P. (1995). Evaluating personal risks associated with tunnels. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 3-6 April 1995, Granada, Spain* (pp. 137-144). Dundee: University of Dundee.
- Einstein, H. H. (1996). Risk and risk analysis in rock engineering. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **11**, 141-155.
- Emch, J. P., & Brügger, S. (1995). Performance requirements for fire detection systems in road tunnels. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 3-6 April 1995, Granada, Spain* (pp. 463-470). Dundee: University of Dundee.
- Endo, M. (1993). Design of Tokyo's underground expressway. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **8**, 7-12.
- Fermaud, C., Maerki, E., Pulfer, H., & Schneider, J. (1997). Rendering the Swiss Railway AlpTransit safe. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **12**, 369-375.
- Gell, T. (1998). Farligt gods i tunnlar. Rapport från pågående FoU-projekt inom OECD., *Risker med transport av farligt gods i samhället - Olyckor, räddningsinsatser, erfarenheter. Konferensdokumentation*. (pp. 2 p.). Göteborg: Svenska Mässan.
- Gell, T. (1999). Farligt gods i vägtunnlar. *VTI aktuellt*, 39.
- Giger, M., Fermaud, C., & Locher, P. (1998). Safety standards for the transportation of hazardous goods in road tunnels. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 9-11 March 1998, Nice, France* (pp. 301-308). Dundee: University of Dundee.
- Gillard, J. (1998). Tunnel incidents: Tunnel operators and emergency services: the need for effective co-operation. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 9-11 March 1998, Nice, France* (pp. 517-538). Dundee: University of Dundee.
- Gray, D. J., & Varkevisser, J. (1995). The Huguenot toll tunnel fire. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 3-6 April 1995, Granada, Spain* (pp. 57-66). Dundee: University of Dundee.
- Ingason, H., Bengtson, S., & Hiort, F. (1998). Brand och brandskydd i undermarksanläggningar.

- Inokuma, A., & Inano, S. (1996). Road tunnels in Japan: Deterioration and countermeasures. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **11**, 305-309.
- Janssen, W. P. S., & Lykke, S. (1997). The fixed link across the Öresund: Tunnel section under the Drogden. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **12**, 5-14.
- Keller, E. (1992). Reliability of road tunnel safety systems. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 1st International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 23-25 November 1992, Basel, Switzerland* (pp. 303-313). Dundee: University of Dundee.
- Knoflacher, H. (1998). Report on the joint OECD/PIARC scientific expert group ERS2 on transport of dangerous goods through road tunnels. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 9-11 March 1998, Nice, France* (pp. 41-50). Dundee: University of Dundee.
- Lake, J. T. (1998). NFPA 520 - A new standard for subterranean spaces. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **13**, 277-280.
- Leo, C. (1997). Utvärdering av ändringar i byggregleringen: Brand - appendixsamling, *Boverket Rapport*. Karlskrona: Boverket.
- Leo, C. (1997). Utvärdering av ändringar i byggregleringen: Brand, *Boverket Rapport*. Karlskrona: Boverket.
- Lille, G. H. (1996). Bjørvika tunnelen - Risikoanalyse av bruksfasen., *DNV Teknisk Rapport*. Høvik: Det Norske Veritas.
- Lille, G. H., Funnemark, E., Manelius, T., Rye, H., Helgesen, T., & Ruud, S. (1993). Sikkerhetsveiledning for Jernbanetunneler - Hoveddokument., *DNV Teknisk Rapport*. Høvik: Det Norske Veritas.
- Lille, G. H., Rye, H., Ruud, S., Helgesen, T., Funnemark, E., & Manelius, T. (1993). Sikkerhetsveiledning for Jernbanetunneler - Bakgrunnsdokument., *DNV Teknisk Rapport*. Høvik: Det Norske Veritas.
- Lindgren, M. (1998). Granskning av riskanalysmetoder för tunnlar, *DNV Rapport*. Göteborg: Det Norske Veritas.
- Litteraturstudie, BRANDFORSK projekt 401-971, *SP Rapport*. Borås: SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.
- Maciocia, S. (1998). Fire detection technologies for tunnel safety. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 9-11 March 1998, Nice, France* (pp. 249-259). Dundee: University of Dundee.
- Malmtorp, J. (1997). Säkerhet i järnvägstunnlar. Ambitionsnivå och värderingsmetodik., *Handbok BVH 585-30*. Borlänge: Banverket.
- Marec, M. (1996). Major road tunnel projects - How far can we go? *Tunnelling and Underground Space Technology*, **11**, 21-26.
- Meland, Ö., & Lintorp, S. (1994). Fire safety and escape strategies for a Rock Cavern Stadium. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **9**, 31-35.
- Moret, C. (1995). Fire safety pitfalls in road tunnels. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 3-6 April 1995, Granada, Spain* (pp. 129-135). Dundee: University of Dundee.
- Noborn, B., Egerö, T., & Rydström, H. (1997). Prövning av byggande under mark. Särskilt väg

och järnvägstunnlar., *SveBeFo rapport*. Karlskrona: Boverket.

Nordmark, A. (1998). Fire and life safety for underground facilities: Present status of fire and life safety principles related to underground facilities. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **13**, 217-269.

Nordmark, S., Jansson, H., Lidström, M., & Palmkvist, G. (1995). Driving simulators in tunnel design - Experiences of a new tool. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 3-6 April 1995, Granada, Spain* (pp. 217-224). Dundee: University of Dundee.

Perard, M. (1997). L'accidentologie des tunnels routiers en France, *Safety in Road Tunnels: A major challenge, a developing field. A Seminar of the Ecole des Ponts, Paris, 9-10 December 1997* (pp. 33). Paris: Ecole des Ponts.

Pålsson, I., & Hammar, L. (1998). Järnvägstunnel på Väst kustbanan vid Falkenberg, Tröingebergstunneln - Säkerhetsvärdering och säkerhetskoncept, *SSPA Rapport 974110-01*. Göteborg: SSPA Maritime Consulting.

Pålsson, I., Swenson, G., & Lesser, K. (1992). Vägverket, Göteborg. Bräcketunneln. Riskanalys., *FB Rapport*. Göteborg: FB Engineering AB.

Ringstad, A. J. (1994). Perceived danger and the design of underground facilities for public use. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **9**, 5-7.

Robbins, R. (1993). Balancing risk and innovation in underground construction. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **8**, 411-412.

Sato, N., Kumamoto, K., & Ota, Y. (1995). The basic aspects of safety facilities for traffic road tunnels in urban areas. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 3-6 April 1995, Granada, Spain* (pp. 575-583). Dundee: University of Dundee.

Schatzmann, A. (1998). Safety aspects and accidents in road and rail tunnels: Consequences on design and operation. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 9-11 March 1998, Nice, France* (pp. 261-273). Dundee: University of Dundee.

Schatzmann, A. (1998). Safety aspects and accidents in road and rail tunnels: Consequences on design and operation. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 9-11 March 1998, Nice, France* (pp. 261-273). Dundee: University of Dundee.

Sturk, R., Olsson, L., & Johansson, J. (1996). Risk and decision analysis for large underground projects, as applied to the Stockholm Ring road tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*, **11**, 157-164.

The psychology of crowd control under life threatening circumstances. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 1st International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 23-25 November 1992, Basel, Switzerland* (pp. 135-150). Dundee: University of Dundee.

Trustam, P. J., & Pawley, A. J. R. (1998). Tunnel lighting - a review of current design standards. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 9-11 March 1998, Nice, France* (pp. 367-378). Dundee: University of Dundee.

Törnros, J. (1996). Körbeteende i verklig och simulerad tunnel. En valideringsstudie., *VTI meddelande*. Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet.

Wahlström, B. (1995). Experience from the Stockholm Ring Road Project. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 3-6 April 1995, Granada, Spain* (pp. 11-18). Dundee: University of Dundee.

van der Sluis, J., Schreuder, D. A., Bos, J. M. J., & Schoon, C. C. (1998). Hazardous material transport through tunnels. Investigation into measures to reduce the risk of transport of dangerous goods through road tunnels., *SWOV Report*. Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research.

Vergnault, & Marec, M. (1997). La securite en France est actuellement reglee par la circulaire No 81-109 du 29 Decembre 1981., *Safety in Road Tunnels: A major challenge, a developing field. A Seminar of the Ecole des Ponts, Paris, 9-10 December 1997* (pp. 22). Paris: Ecole des Ponts.

Yoshimochi, T., Morimoto, T., & Watanabe, Y. (1998). Crisis management of operation for long road tunnels. In A. E. Vardy (Ed.), *Proceedings of the 2nd International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, 9-11 March 1998, Nice, France* (pp. 323-330). Dundee: University of Dundee.

Ytterstene, C. (1995). Ringens säkerhet. Grundsäkerhet och säkerhetsalternativ för farligt gods. Rev. 1. Stockholm: Vägverket.