

SJÄLVUTRYMNING I VÄG- OCH JÄRNVÄGSTUNNLAR

- **Krav och behov av
vägledande markeringar och
utrymningsbelysning**

Linnea Mauritz | Avdelningen för brandteknik | LTH |
LUNDS UNIVERSITET



Självutrymning i väg- och järnvägstunnlar
- Krav och behov av
vägledande markeringar och utrymningsbelysning

Linnea Mauritz

Lund 2022

Examensarbete

Titel: Självutrymning i väg- och järnvägstunnlar - Krav och behov av vägledande markeringar och utrymningsbelysning

Title: Self-evacuation in road and railway tunnels - Requirements and needs for evacuation signs and evacuation lighting

Författare: Linnea Mauritz

Handledare: Håkan Frantzich

Report: 5654

ISRN: LUTVDG/TVBB--5654--SE

Antal sidor: 77 (exklusive bilagor), 122 (inklusive bilagor)

Illustrationer/Illustrations: 34 stycken

Sökord: Tunnel, vägtunnel, järnvägstunnel, självutrymning, nödbelysning, utrymningsbelysning, vägledande markering, personsäkerhet, människor beteende.

Abstract

The purpose of this report was to compile the current knowledge regarding design and function of evacuation signage and evacuation lighting in road and railway tunnels. Another purpose was to shed light on any issues in the aforementioned regulations and standards. This was done by conducting two study visits, a literature review, an interview study and an analysis.

To ensure that evacuation is initiated, road users and train passengers need distinct information about what has occurred and how they are expected to act. In smoke-filled environments, evacuation signs and evacuation lighting can be difficult to see. Therefore continuous lighting should be used between emergency exits instead of spot lighting and emergency exits should be equipped with sound beacons. To ensure evacuation works as intended in road tunnels, emergency exits should be uniformly designed and training and information campaigns aimed at road users should be executed. In road tunnels, there is some uncertainty regarding the requirements for the design of evacuation signs. Furthermore, in both road and railway tunnels, there is no clear description of the lighting concept used and what these include.

© Copyright: Division of Fire Safety Engineering, Faculty of Engineering, Lund University, Lund 2022

Avdelningen för Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2022.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

Division of Fire Safety Engineering
Faculty of Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

Förord

Följande rapport är ett examensarbete som utgör en avslutande del på Brandingenjörsutbildningen vid Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet genomfördes under höstterminen år 2021 och baserades på ett förslag från Trafikverket.

Ett stort tack riktas till följande personer:

Håkan Frantzich, handledare från avdelning för Brandteknik, som under hela arbetes gång har bidragit med vägledning, diskuterat problem och kommit med värdefull feedback.

Henric Modig, vid Trafikverket, som har bidragit med litteratur, bollat idéer och tankar, gett feedback, planerat studiebesök och mycket mer.

Petter Hafdell, vid Trafikverket, belysningsgurun som har svarat på många av mina frågor och visat ett stort intresse för arbetet.

Samtliga personer som har ställt upp på intervjuer, det har varit fantastiskt intressant att få ta del av er kunskap som har lagt en viktig grund för detta arbete.

Annika Karlsen, *Max Gribble* och *Martin Wiman* som har visat stort stöd genom hela arbetet, korrekturläst rapporten och gett värdefull feedback.

Ni har gjort detta arbete möjligt att genomföra.

Lund 2021

Linnea Mauritz

Sammanfattning

År 1993 togs det första regelverket som på en övergripande nivå behandlade personsäkerhet i järnvägstunnlar fram. Sedan dess har regelverk och standarder tagits fram och ersatts flera gånger för både väg- och järnvägstunnlar. Trots att utrymningskoncept tas fram för tunnlar är det ingen garanti att självutrymning fungerar som det är tänkt. Det är även få människor som vet hur man ska agera och utrymma vid tunnelolyckor, samtidigt medför den slutna tunnelmiljön särskilda risker.

Arbetes syfte är att sammanställa kunskapsläget gällande utformning och funktion av vägledande markering och utrymningsbelysning i väg- och järnvägstunnlar. Ett vidare syfte är att belysa eventuell problematik i de regelverk och standarder som reglerar vägledande markering och utrymningsbelysning.

Arbetes mål är att lyfta centrala aspekter och förbättringsåtgärder kopplade till vägledande markering och utrymningsbelysning i tunnlar genom att analysera de behov som självutrymmande personer har. Ett vidare mål är att sammanställa de regelverk och standarder som reglerar vägledande markering och utrymningsbelysning i tunnlar.

Arbetes metod delades upp i fyra delar: studiebesök, litteraturstudie, intervjustudie och analys. Två stycken studiebesök anordnades av Trafikverket, ett i vägtunneln Norra Länken och ett i tågtunneln Citybanan. Litteraturstudien delades upp i två delar. I den första delen sammanställdes de regelverk och standarder som reglerar vägledande markering och utrymningsbelysning i väg- och järnvägstunnlar. I den andra delen sammanställdes de studier och den forskning som finns tillgänglig inom området.

Intervjustudien används för att fånga upp erfarenheter och tankar hos personer som arbetar med tunnelsäkerhet. Totalt intervjuades åtta personer som antingen arbetar på Trafikverket eller som konsulter. I analysen sammanställdes resultaten från studiebesöken, litteraturstudierna och intervjustudien för att ge en samlad bild av de behov självutrymmande personer i väg- och järnvägstunnlar har.

För att säkerställa att utrymning påbörjas behöver trafikanter och tågpassagerare få tydlig information om vad som har hänt och hur de förväntas agera. I rökfyllda miljöer kan vägledande markeringar och utrymningsbelysning vara svåra att se, därför bör kontinuerlig belysning användas mellan nödutgångar istället för punktbelysning och nödutgångar bör utrustas med ljudfyrrar.

För att samla mer information om människors beteende vid utrymning i tunnlar hade detta behövts studeras mer ingående från verkliga händelser. För att säkerställa att utrymning fungerar som tänkt i vägtunnlar bör nödutgångar vara enhetligt utformade i tunnelbeståndet och utbildnings- och informationskampanjer riktade till trafikanter bör genomföras.

I vägtunnlar råder en viss oklarhet gällande kraven på utformningen av vägledande markeringar. Vidare i både väg- och järnvägstunnlar saknas det en tydlig beskrivning av de belysningsbegrepp som används och vad som innefattas av dessa.

Summary

The first regulatory framework that dealt with personal safety in railway tunnels on an overall level was developed in 1993. Regulations and standards, both for road and railway tunnels, have been developed and replaced several times over since then. There is no guarantee that self-evacuation will be successfully carried out, despite tunnels having an evacuation concept. Few people know how to act and evacuate in the event of tunnel accidents, especially considering how closed tunnel environments entail additional risk.

The purpose of this report is to compile the current knowledge regarding design and function of evacuation signage and evacuation lighting in road and railway tunnels. Another purpose is to shed light on any issues in the aforementioned regulations and standards.

The aim of the report is, by analysing the needs of self-evacuating people, to highlight key aspects as well as measures of improvement linked to evacuation signage and evacuation lighting in tunnels. Another goal is to compile the regulations and standards that regulate evacuation signage and evacuation lighting in tunnels.

The method of work was divided into four parts: study visits, literature study, interview study as well as an analysis. Two study visits were conducted with the Swedish Transport Administration, one in the Norra Länken road tunnel and one in the Citybanan train tunnel. The literature study was divided into two parts. The first part compiled the regulations and standards that regulate evacuation signage and evacuation lighting in road and railway tunnels. The second part compiled studies and research available in the field.

The interview study amassed the experiences of people who work with tunnel safety. A total of eight people were interviewed and they either work at the Swedish Transport Administration or as consultants. The analysis compiled the results from the study visits, the literature studies and the interview study to provide an overall picture of the necessities of self-evacuating people in road and railway tunnels.

To ensure that evacuation is initiated, road users and train passengers need distinct information about what has occurred and how they are expected to act. In smoke-filled environments, evacuation signs and evacuation lighting can be difficult to see. Therefore continuous lighting should be used instead of spot lighting as well as equipping emergency exits with sound beacons.

In order to gather more information about people's behaviour during tunnel evacuations, the subject has to be studied in more detail. To ensure evacuation works as intended in road tunnels, emergency exits should be uniformly designed and training and information campaigns aimed at road users should be executed.

In road tunnels, there is some uncertainty regarding the requirements for the design of evacuation signs. Furthermore, in both road and railway tunnels, there is no clear description of the lighting concept used and what these include.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte och mål	2
1.3	Avgränsningar	2
1.4	Begreppsförklaring.....	2
2	Metod.....	4
2.1	Introduktion.....	4
2.2	Studiebesök	4
2.3	Litteraturstudier.....	4
2.3.1	Sammanställning av regelverk och standarder	5
2.3.2	Självutrymning i väg- och järnvägstunnlar.....	5
2.4	Intervjustudie	7
2.5	Analys.....	8
3	Bakgrundsstatistik.....	9
4	Teori.....	10
4.1	Utrymningskoncept i tunnlar	10
4.1.1	Vägtunnlar	10
4.1.2	Järnvägstunnlar	10
4.2	Människors beteende vid brand	11
4.2.1	Beteendesekvens	11
4.2.2	Roll-regel-modellen.....	12
4.2.3	Affordance-teorin	12
4.2.4	Social påverkan.....	12
4.2.5	Anknytningsteorin.....	12
4.2.6	Riskperception	12
4.3	Tidslinje för utrymning.....	13
5	Studiebesök	15
5.1	Norra länken.....	15
5.2	Citybanan	19
6	Regelverk och standarder.....	23
6.1	Introduktion.....	23
6.2	Vägtunnlar	24

6.2.1	Vägledande markering i vägtunnlar	24
6.2.2	Utrymningsbelysning i vägtunnlar	27
6.3	Järnvägstunnlar	30
6.3.1	Vägledande markering i järnvägstunnlar.....	31
6.3.2	Utrymningsbelysning i järnvägstunnlar	32
6.4	Tunneln som arbetsplats	33
6.4.1	Vägledande markering på arbetsplatser.....	33
6.4.2	Utrymningsbelysning på arbetsplatser	35
7	Självutrymning i vägtunnlar	37
7.1	Vägledande markering.....	37
7.1.1	Övrig skyltning	37
7.2	Utrymningsbelysning	37
7.2.1	Vägledande utrymningsljus	38
7.2.2	Ljusmarkörer vid nödutgång (blixtljus).....	38
7.3	Utrymningsportaler	39
7.4	Trafikinformationsskyltar	41
7.5	Högtalare.....	42
7.6	Vägledande ljud	43
7.7	Informationsbehov hos trafikanter	44
7.8	Val av utrymningsväg.....	45
7.9	Förflyttning i tunnel.....	45
7.10	Utbildning av trafikanter	46
7.11	Människors beteende	46
7.12	Lärdomar från olyckor i vägtunnlar	48
8	Självutrymning i järnvägstunnlar	49
8.1	Vägledande markering.....	49
8.2	Utrymningsbelysning	49
8.3	Ljudsignaler	49
8.4	Informationsbehov hos tågpassagerare.....	50
8.5	Val av utrymningsväg.....	50
8.6	Utrymning av tåg.....	50
8.7	Ledstång.....	50
8.8	Äldre och personer med funktionsnedsättningar.....	51

8.9	Människors beteende	51
8.10	Lärdomar från olyckor i järnvägstunnlar	51
9	Intervjustudie	52
9.1	Inledning	52
9.2	Vägtunnlar	52
9.3	Järnvägstunnlar	54
10	Analys	56
10.1	Upptäckt	56
10.1.1	Vägtunnlar	56
10.1.2	Järnvägstunnlar	57
10.2	Tolkning	57
10.2.1	Vägtunnlar	57
10.2.2	Järnvägstunnlar	59
10.3	Agerande	59
10.3.1	Vägtunnlar	59
10.3.2	Järnvägstunnlar	62
10.4	Förebyggande åtgärder	63
10.4.1	Vägtunnlar	63
10.4.2	Järnvägstunnlar	63
11	Diskussion	64
11.1	Studiebesök	64
11.2	Litteraturstudie: Regelverk och standarder	64
11.3	Litteraturstudie: Självutrymning i väg- och järnvägstunnlar	66
11.4	Intervjustudie	67
11.5	Analys	68
12	Slutsats	70
	Referenser	71
	Bilaga A – Regelverk och standarder - Vägledande markering	78
	Bilaga B – Regelverk och standarder - Utrymningsbelysning	89
	Bilaga C – Intervjufrågor	104
	Bilaga D – Intervjureferat	105

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Under 1990-talet byggdes flertalet stora väg- och järnvägstunnlar i Sverige (Häggström, o.a., 2016). År 1993 kom det första regelverket som på en övergripelig nivå behandlade personsäkerhet i järnvägstunnlar (Cedergren, 2009). Sedan dess har regelverk och standarder för tunnelbyggande tagits fram och med tiden ersatts av nya. I dagsläget är det flera instanser som skriver regelverk och standarder för väg- och järnvägstunnlar, dessa kommer tas upp i denna rapport.

Vid dimensionerande av byggnader ställer Boverkets Byggregler (2011:6) föreskrifter och allmänna råd höga krav för att säkerställa en god utrymningsmiljö, medan utrymningskraven för tunnlar är betydligt mer övergripande och öppna för tolkning. I byggnader är gångavståndet till utrymningsväg i storleksordningen 10-tals meter, medan i tunnlar kan det handla om 100-tals meter. Samtidigt är det få som vet hur man ska agera och utrymma vid olyckor i vägtunnlar (de Laval, Ceci, & Daram, 2010). Då tunnelmiljön dessutom är sluten finns det särskilda risker kopplade till utrymning. Bland annat på grund av de långa gångavstånden, men även för att brandrök är svår att ventileras bort vilket försvårar räddningstjänstens insatser (Ingason, Bergqvist, Lönnemark, Frantzich, & Hasselrot, 2005). Enligt Nilsson et al. (2018) är det inte heller säkert att självutrymning i tunnlar alltid fungerar som det är tänkt enligt utrymningskonceptet. Ett exempel som de tar upp är meddelandet som gavs på de digitala trafikinformationsskyltarna¹ i vägtunneln Södra Länken. Meddelandet som var programmerade för att visas på skyltarna i den brand- och rökdrabbade delen av tunneln var ”utrym tunneln”. Enligt Nilsson et al. (2018) var det man ville åstadkomma med meddelandet att få trafikanter att lämna sina fordon och utrymma tunneln till fots. Då det har brunnit i tunneln har det visats sig att alla inte tolkar meddelandet så, vissa trafikanter har istället kört genom röken för att ta sig ut ur tunneln, vilket kan vara väldigt farligt.

Väg- och järnvägstunnlar skiljer sig åt både i utformning och hur transport av människor sker i tunnelarna. Detta genererar utrymningsförlopp som skiljer sig åt mellan trafikslagen. Det har genomförts ett stort antal studier för att undersöka parametrar som påverkar utrymning ur tunnlar och hur människor interagerar med olika utrymningsfrämjande installationer. Denna rapport ämnar göra en sammanställning av dessa studier för att undersöka vilka behov utrymnande personer har och hur man på bästa sätt tillgodoser dessa. Arbetet grundades i ett förslag från Trafikverket där de efterfrågade en sammanställning av de regelverk och standarder som reglerar vägledande markering och utrymningsbelysning i väg- och järnvägstunnlar, samt eventuella motstridigheter mellan dessa.

¹ Digitala skyltar som sitter ovanför vägbanan som kan ge information till trafikanter i form av korta textmeddelanden och/eller symboler

1.2 Syfte och mål

Arbetes syfte är att sammanställa kunskapsläget gällande utformning och funktion av vägledande markering och utrymningsbelysning i väg- och järnvägstunnlar. Ett vidare syfte är att belysa eventuell problematik i de regelverk och standarder som reglerar vägledande markering och utrymningsbelysning.

Arbetes mål är att lyfta centrala aspekter och förbättringsåtgärder kopplade till vägledande markering och utrymningsbelysning i tunnlar genom att analysera de behov som självutrymmande personer har. Ett vidare mål är att sammanställa de regelverk och standarder som reglerar vägledande markering och utrymningsbelysning i tunnlar.

1.3 Avgränsningar

Det finns andra sorters trafik-tunnlar, till exempel gång-, cykel-, tunnelbane- och spårvagnstunnlar men dessa kommer inte att innefattas i arbetet. Inte heller undermarkstationer i järnvägstunnlar kommer att behandlas då miljön i dessa skiljer sig mycket från den resterande spårtunneln.

Det är ingen specifik tunnel eller tunnelolycka som kommer att utvärderas i detta arbete, utan det är de utrymmande personernas behov som ligger som grund. Det är i första hand självutrymning av trafikanter och tågpassagerare i tunnlar som kommer analyseras. Därför kommer inte räddningstjänstens insatser, säkerheten för räddningstjänstens personal eller säkerhet under byggtiden i tunnlar att tas upp. Vidare kommer utrymning av tåg i tunnlar endast behandlas övergripligt då arbetets fokus ligger på utrymning av tunnlar.

Utformning av nödutgångar kommer främst behandlas med avseende på utformning för att utrymmande lätt ska upptäcka dessa. Funktionen av dörrar i nödutgångar med avseende på tillgänglighet i form av bland annat dörrars bredd, beslag och trösklar kommer inte behandlas. Inte heller det förväntade personantalet vid utrymning, och där med eventuell köbildning som kan uppstå vid nödutgångar, kommer behandlas.

Regelverk och standarder uppdateras kontinuerligt och ersätts av nya. I denna rapport kommer de regelverk och standarder som gäller i Sverige i skrivande stund att tas upp. De förändringar som förväntas ske i framtiden utelämnas ur rapporten.

1.4 Begreppsförklaring

I detta avsnitt anges begrepp från gällande regelverk som anses vara av vikt för denna rapport. Förklaringarna till begreppen nedan är direkt hämtade från Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00233 (2021) Krav Tunnelbyggande.

Självutrymning – ”Utrymning utan yttre assistans från till exempel räddningstjänst.”

Säker plats (järnväg) – ”Utrymme som ger tillfälligt skydd mot livshotande faror, inne i eller utanför tunneln, där passagerare och personal kan söka skydd efter utrymning från ett tåg.”

Säker plats (väg) – ”Utrymme med en utgång som inte leder till ett tunnelrör där en olycka har skett och som ger tillfälligt skydd mot livshotande faror, inne i

eller utanför tunneln, där trafikanter kan söka skydd efter eller under utrymning.”

Utrymning – ”Aktivitet som innebär att personer lämnar utrymme i samband med incident eller olycka och förflyttas till det fria, ett räddningsrum eller säker plats.”

Utrymningsbelysning – ”Samlingsbegrepp för belysning som möjliggör och underlättar utrymning. Innefattar vägledande utrymningsljus, nödutgångsbelysning, ljusmarkörer vid nödutgång och nödbelysning.”

Utrymningsväg – ”Särskilt anvisad väg för utrymning till säker eller slutgiltigt plats som kan omfatta dörrar i en nödutgång eller förbindelsevägar.”

I denna rapport används begreppet vägledande markering synonymt med skyltar som markerar nödutgång eller väg till nödutgång. Ingen definition av vägledande markering ges i de för tunnlar gällande regelverk, men Boverkets Byggregler (2011:6) anger:

”Med vägledande markeringar avses skyltar eller liknande som vid utrymning ger vägledning så att utrymningen inte hindras av svårigheter att orientera sig i byggnaden”

2 Metod

I detta kapitel beskrivs de arbetsmetoder som har använts i rapporten.

2.1 Introduktion

Arbetets huvudsakliga metod är *kartläggning* som beskrivs av Höst, et al. (2006) som en metod som används när det är en bred fråga som ska studeras. För objektet eller fenomenet som undersöks sker en beskrivning och sammanställning av nuläget. I denna rapport innebär det till stor del en kvalitativ beskrivning av personsäkerheten vid självutrymning från väg- och järnvägstunnlar med fokus på utrymningsfrämjande installationer i form av vägledande markering och utrymningsbelysning.

Arbetet inleddes med att ett måldokument togs fram. Måldokumentet användes för att beskriva tidsram, frågeställningar och en övergripande metod. I samband med arbetets start togs det fram aktuella regelverk, standarder och litteratur inom området, studiebesök planerades och nyckelpersoner inom området diskuterades. Detta skedde tillsammans med handledare och Trafikverket.

Detta examensarbete utfördes i fyra faser: studiebesök, litteraturstudie, intervjustudie och analys. I avsnitt 2.2-2.5 beskrivs metoden för faserna. I ett tidigt skede av arbetet samlades information in om hur utrymningskoncepten ser ut i väg- och järnvägstunnlar för att skapa en grundförståelse för tunnelutrymning. Utrymningskoncepten för respektive trafikslag presenteras i avsnitt 4.1.

Arbetet sammanställdes i en rapport och avslutades med att det presenterades under ett offentligt seminarium vid Lunds Tekniska Högskola. Under seminariet opponerade en annan student på arbetet och både publiken och examinatorn fick möjlighet att ställa frågor.

2.2 Studiebesök

Tillsammans med Trafikverket genomfördes två studiebesök i Stockholm, ett i vägtunneln Norra Länken och ett i järnvägstunneln Citybanan. Syftet med studiebesöken var att ge en ökad förståelse för tunnlar utformning och utrymningskoncept. Trafikverket valde objekt till studiebesöken, stod för planering av studiebesöken och tillhandahöll all nödvändig skyddsutrustning. Den skyddsutrustning som användes var hjälm, varselväst och skyddsskor.

Innan studiebesöken gjordes en övergripande utvärdering av vad som var önskvärt att titta närmare på. Det som var intressant att studera listades och låg som grund för de anteckningar som fördes under studiebesöken. Det främsta intresset var att studera den vägledande markering och utrymningsbelysning som finns i tunnelarna. Datainsamling i form av fotografering genomfördes. Innan studiebesöken kontrollerades det att det var godkänt att ta bilder och att dessa var tillåtna att publicera i rapporten.

2.3 Litteraturstudier

Litteraturstudien delades upp i två delar där den första delen är en studie av de regelverk och standarder som är gällande idag i Sverige. Den andra del är en sammanställning av studier och forskning som finns gällande utrymningsfrämjande installationer och självutrymning ur tunnlar. Nedan presenteras genomförandet av de två litteraturstudierna mer ingående.

2.3.1 Sammanställning av regelverk och standarder

Litteraturstudiens första del omfattas av en sammanställning av de regelverk och standarder som används i dagsläget för dimensionering av vägledande markering och utrymningsbelysning i väg- och järnvägstunnlar. Både installationer som är ämnade för trafikanter, resenärer och servicepersonal behandlades.

De regelverk och standarder som har tagits upp i rapporten har hämtats från Trafikverkets hemsida, Transportstyrelsens hemsida, Svenska Institutet för Standarder (SIS) och tillhandahållits från Trafikverket. Som komplement till studien av regelverk och standarder genomfördes intervjuer för att beakta de åsikter som experter inom området har. Metoden för intervjuer beskrivs i avsnitt 2.4.

Denna fas innebar även att regelverken och standarderna studerades för att belysa eventuella motstridigheter. I de fall då uppenbar påverkan på personsäkerheten vid självutrymning i tunnlar uppstår, som följd av utformning av vägledande markering och utrymningsbelysning, kommer detta att tas upp i arbetets analys och diskussion.

2.3.2 Självutrymning i väg- och järnvägstunnlar

För att hitta litteratur kring självutrymning och utrymningsfrämjande installationer i väg- och järnvägstunnlar användes ett flertal vetenskapliga databaser, sökmotorer, publikationssamlingar och myndighetshemsidor. Sökningarna genomfördes under hösten 2021. Samtliga informationskällor som användes i litteratursökningen presenteras i Tabell 1 nedan.

Tabell 1 Informationskällor som användes i litteratursökningen

Databaser	Myndigheter och företag
LUBsearch	MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap)
KTH	Trafikverket
LTU	Transportstyrelsen
Google.com	RISE (Research Institutes of Sweden)
Google Scholar	NIST (National Institute of Standards and Technology)
Science Direct	VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut)
Research Gate	
Semantic Scholar	
DiVA	
TRID (Transport Research International Documentation)	
Strada (Swedish Traffic Accident Data Acquisition)	

I Tabell 2 redovisas sökorden som låg till grund för i litteratursökningen. Olika kombinationer, böjningar och synonymer av orden användes för att smalna ner sökningarna så att antalet sökträffar blev hanterbara. Sökningarna genomfördes på svenska och engelska.

Tabell 2 Sökord på svenska och engelska som användes i litteratursökningen

Sökord på svenska	Motsvarande sökord på engelska
Tunnel, tunnlar	Tunnel, tunnels
Järnvägstunnel	Rail/Railroad tunnel
Vägtunnel	Road tunnel
Tunnelutrymning	Tunnel evacuation
Självutrymning	Self-rescue
Utrymning, evakuering	Evacuation
Tunnelsäkerhet	Tunnel safety
Val av utrymningsväg	Exit choice
Blixljus	Flashing lights, strobe lights
Vägledande markering	Guidance signs, evacuation signs
Utrymningsskyltning, skyltning	Exit marking signs, signage
Säkerhetsskyltar	Safety signs
Utrymningsbelysning, belysning	Evacuation lighting, lighting
Nödbelysning	Emergency lighting
Ljudfyr	Sound beacon
Gånghastighet	Walking speed
Toxicitet	Toxicity
Sikt	Visibility
Brand	Fire
Mänskligt beteende	Human behaviour
Funktionsnedsättning	Disability

Utöver litteratursökningen tillhandahölls litteratur från handledare och Trafikverket som de ansåg kunde vara intressant för detta arbete. Vidare användes *snöbollseffekten*² för att hitta ytterligare litteratur. Totalt identifierades ungefär 200 stycken publikationer som vid första anblick uppfattades vara intressanta för rapportens syfte. Efter en grovsällning baserad på om publikationerna behandlade utrymning och utrymningsfrämjande installationer kvarstod 144 publikationer.

Abstract lästes i publikationerna och en vidare sällning baserad på relevans och kvalitet gjordes, vilket lämnade kvar 58 publikationer. Ett antal publikationer valdes bort då de saknade källhänvisningar, men det som främst var avgörande i urvalet var huruvida den eller

² Snöbollseffekten innebär att litteratur hämtas från referenslistan i publikationer som är intressanta för arbetet

de undersökta parametrarna var kopplade till människors beteende och interaktionen med utrymningsfrämjande installationer vid tunnelutrymning. Publikationer endast kopplade till ventilation, brandbekämpningssystem, brand- och rökutveckling, branddetektering, räddningstjänstens insatser, simulerade utrymningar och riskanalyser i tunnlar valdes bort. De kvarstående publikationerna kategoriserades baserat på trafikslag och nyckelord pockades ut. För väg samlades 37 publikationer, för järnväg 13 och åtta stycken för båda.

För extra viktig litteratur kopplat till arbetes syfte lästes hela publikationen. Samtliga publikationer bearbetades genom att de grupperades baserat på trafikslag och de nyckelord som tagits fram. För att skapa en röd tråd i arbete skedde en viss bearbetning av grupperingen under arbetes gång. Inom varje gruppering sammanställdes publikationernas resultat för att ge en samlad bild av det nuvarande kunskapsläget.

2.4 Intervjustudie

En intervjustudie genomfördes för att fånga upp de tankar och erfarenheter kring bland annat regelverk och standarder, personsäkerhet vid självutrymning och utrymningsfrämjande installationer som personer som arbetar inom tunnelsäkerhetsområdet har. En stor vikt låg vid att intervjua både konsulter och anställda på Trafikverket för att skapa en mer nyanserad bild. Vidare låg även en stor vikt vid att intervjua både personer som arbetar med vägtunnlar och personer som arbetar med järnvägstunnlar från både Trafikverket och konsulter. En diskussion fördes med handledare och Trafikverket för att ta fram ut intressanta personer att intervjua.

De personer som var önskvärda att intervjua kontaktades via e-mail där arbetets syfte och varför intervjuer skulle genomföras förklarades. Innan samtliga intervjuer mailades intervjufrågorna, som återfinns i Bilaga C – Intervjufrågor, och information om intervjuens upplägg ut så att personerna kunde förbereda sig. Intervjuerna hölls i den mån det var möjligt som fysiska möten. På grund av rådande Covid-19-pandemi genomfördes dock de flesta intervjuer via digitala mötesforum som valdes av respondenten.

Intervjuerna inleddes med en kort sammanfattning av arbetet och intervjuens syfte, samt en beskrivning av hur respondentens svar behandlas. Respondenten blev tillfrågad om det var okej att intervjun spelades in och fick förklarat för sig hur ljudinspelningen hanterades. Samtliga responderande godkände ljudinspelning.

Intervjuerna genomfördes som semi-strukturerade där ett antal förberedda frågor, som återfinns i Bilaga C – Intervjufrågor. För att få ett naturligare samtal och en fördjupning på punkter som var extra intressanta för rapporten ställdes även följdfrågor som inte var formulerade i förhand.

Direkt efter genomförd intervju renskrevs och sammanställdes anteckningar och ljudinspelning som vidare skrevs ihop till ett referat. Referatet mailades ut till respondenterna så att de fick möjlighet att justera formuleringar, ta bort känsliga påståenden eller lägga till delar som inte kommit med i referatet. Stor vikt låg i att se till att respondenterna verkligen kunde stå för de publicerade referaten. Vid färdigställt och godkänt referat raderades ljudinspelningen.

Intervjuerna bearbetades genom att det som ansågs relevant för rapporten punktades upp från varje intervju. Punkterna från de olika intervjuerna jämfördes sedan för att få en bild av de

åsikter som finns bland respondenterna. Detta sammanställdes sedan som en sammanhängande text i kapitel 9.

2.5 Analys

Insamlad data från studiebesöken, litteraturstudien och intervjustudien grupperades och analyserades för att ge en samlad bild av vilka behov självutrymmande personer i tunnlar har. För att skapa en förståelse för utrymmande personer och deras behov låg flertalet olika teorier kring mänskligt beteende vid brand som grund för analysen. De teorier som används i rapporten presenteras i avsnitt 4.2. En förklaringsmodell över utrymningsförlopp användes för att dela upp behoven utrymmande personer har i olika skeden av utrymningsförlopp. Modellen presenteras i avsnitt 4.3.

3 Bakgrundsstatistik

Ett antal databaser, redovisade i Tabell 3, genomsöktes för att ta fram statistik för sannolikheten för olyckor i väg- och järnvägstunnlar. Ingen av databaserna gav möjlighet att sortera ut statistik specifikt för tunnlar.

Tabell 3. Tabell över databaser som genomsöktes efter statistik för olyckor i tunnlar.

Databas	Finns data specifikt för tunnlar?
MSB:s statistik- och analysverktyg IDA	Nej
Strada (Swedish Traffic Accident Data Acquisition)	Nej
Trafikverket Lastkajen – Sveriges väg- och järnvägsdata	Nej
Trafikanalys	Nej

Både Häggström et al. (2016) och de Laval, Ceci, & Daram (2010) lyfter att det för vägtunnlar är svårt att hitta olycksstatistik. Men de Laval, Ceci, & Daram (2010) tar upp att enligt statistik sker flest olyckor i anslutning till tunnelmynningarna. A. Brodin (personlig kommunikation, 9 november, 2021) tar upp i intervjun som återges i Bilaga D – Intervjureferat att ingen har omkommit på grund av brand i svenska vägtunnlar sedan statistik började föras på mitten av 90-talet.

Ingasson et al. (2017) har gått igenom olycksrapporter från 2002 till 2012 för att ta fram sannolikheten för brand där tåg behöver stanna i en tunnel. Ingasson et al. (2017) kom fram till att ”Totalt sett blir sannolikheten för fordonsbrand med stopp i en 1 km lång tunnel i storleksordningen $1 \cdot 10^{-8}$ till $1 \cdot 10^{-9}$ multiplicerat med antalet fordon per år.”

4 Teori

Nedan presenteras de teorier som ligger till grund för arbetes analysdel. Dessa är relevanta teorier för människors beteende vid brand samt en teoretisk uppdelning av utrymningsförlopp i form av en tidslinje.

4.1 Utrymningskoncept i tunnlar

Nedan beskrivs övergripligt hur Sveriges utrymningskoncept i väg- och järnvägstunnlar är uppbyggda.

4.1.1 Vägtunnlar

U. Lundström (personlig kommunikation, 19 oktober, 2021) beskriver utrymningskonceptet i skandinaviska vägtunnlar med parallella tunnelrör i intervjun som återges i Bilaga D – Intervjureferat. I tunnlar med parallella tunnelrör är ventilation longitudinell och luften trycks i samma riktning som trafiken. Det är relativt korta avstånd mellan utrymningsvägarna som leder självutrymmande personer till det parallella tunnelröret och det finns bland annat skyltning och belysning som ska leda de självutrymmande personerna till nödutgångarna. Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:93) anger att det maximala avståndet mellan nödutgångar i vägtunnlar är 500 meter. Kortare avstånd kan förekomma, till exempel är avståndet mellan nödutgångar i Norra Länken ungefär 150 meter, vilket beskrivs i avsnitt 5.1.

Då utrymning sker till det parallella tunnelröret innebär det att nödutgångar endast finns på ena tunnelväggen, vanligtvis på vänster sida i tunnelns färdriktning. Det är inte alla svenska tunnlar som är byggda med parallella tunnelrör (Näringsdepartementet, 2005), i de tunnlar som är byggda med enkelrör kommer utrymningskonceptet se annorlunda ut. I enkelrörstunnlar så finns det inte tvärförbindelser till parallella tunnelrör som kan användas som utrymningsvägar, istället används tunnelmynningarna och eventuellt andra typer av nödutgångar i de fall det finns. Då trafiken är mötande i enkelrörstunnlar kommer det i händelse av brand innebära att köbildning uppstår vid branden från båda riktningarna. Beroende på ventilationen i tunneln kommer en av trafikriktningarna drabbas av brandrök.

4.1.2 Järnvägstunnlar

Magnusson & Rohlén (2013) anger att en viktig del säkerhetskonceptet i svenska järnvägstunnlar är att tåg inte ska stanna i en tunnel i händelse av brand. Tåget ska stanna först när det har passerat ut ur tunneln, och sedan utrymmas. Det kan dock hända att ett tåg ändå måste stanna i en tunnel och därför är tunnlar utrustade med utrymningsvägar. I de fall ett tåg behöver stanna i en tunnel tillämpas självutrymning, vilket innebär att passagerarna själva lämnar tåget och förflyttar sig i tunneln till en nödutgång (Magnusson & Rohlén, 2013). Beroende på vilken typ av nödutgång som förkommer i järnvägstunnlar anger EUs förordning TSD Tunnelsäkerhet (2014) att det maximala avstånden till en nödutgång är 1000 meter. Det är tågpersonalen som initierar självutrymning i tunnlar (Meraner, Mikalsen, Li, Frantzych, & Fridolf, 2020). Tågpersonalen ska både ge information till passagerarna och instruera dem hur de ska agera.

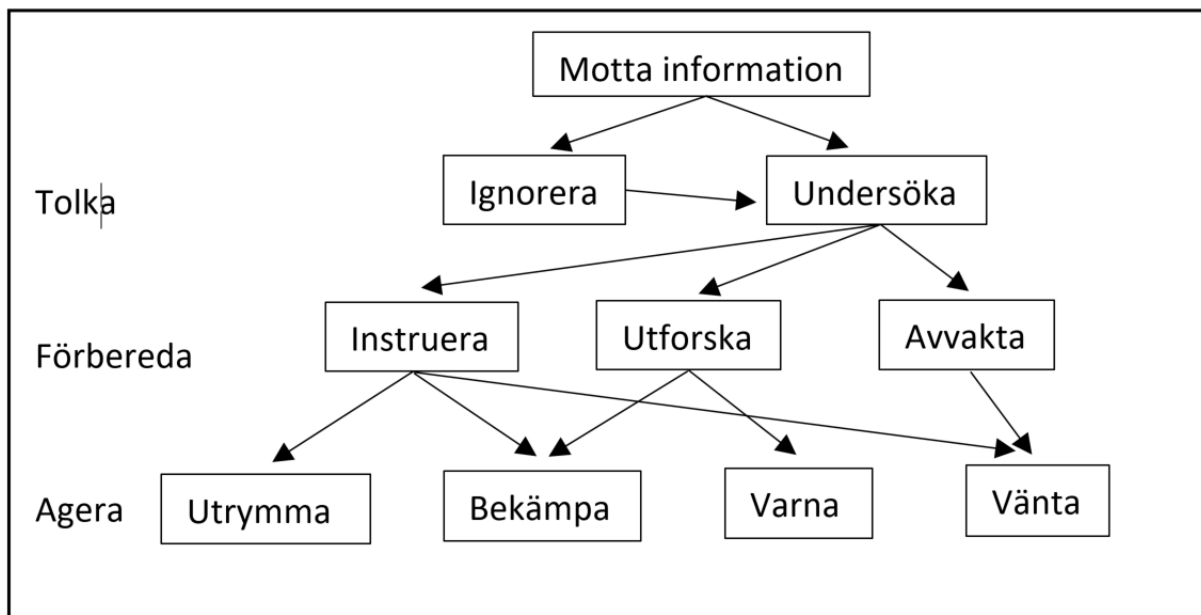
4.2 Människors beteende vid brand

Hur ett utrymningsförlopp utspelar sig beror till stor del på hur människor agerar och interagerar med utrymningsfrämjande installationer. I denna rapport kommer ett antal teorier som beskriver människors beteende vid brand användas för att analysera de behov självutrymmande personer i tunnlar har, dessa presenteras nedan. I denna rapport ges ingen fullständig beskrivning av alla teorier kring människors beteende vid brand som finns, utan endast de som anses vara av vikt för detta arbete.

Teorierna används för att förklara människors beteenden, och de olika teorierna beskriver olika delar av det som är kopplat till beteende. Beteendesequens, som beskrivs i avsnitt 4.2.1, används för att generellt för att beskriva hur människor agerar och resonerar. De övriga teorierna som tas upp kan användas för att motivera de olika besluten människor tar i beteendesequensen. Teorierna går alltså in varandra lite, men de används för att beskriva olika aspekter kopplat till hur och varför människor agerar som de gör.

4.2.1 Beteendesequens

Teorin om beteendesequens, eller "behaviour sequences", beskriver hur människor agerar i en nödsituation baserat på den information de har att tillgå. Teorin är framtagen av Canter, Breaux & Sime (1980) och beskriver vad som händer från det att man får information tills man väljer att eventuellt utrymma. Beteendesequensen delas upp i tre delar; tolka, förbereda och agera. När en person mottar information om att något inte står rätt till kan personen välja att antingen ignorera informationen eller att undersöka vidare. Om personen väljer att undersöka vidare kan hen förbereda sig genom att antingen instruera, utforska eller avvakta. Baserat på hur personen väljer att förbereda sig kan det valda agerandet vara antingen utrymning, bekämpning av branden, varna andra eller vänta (Canter, Breaux, & Sime, 1980). Hur teorin beteendesequens är uppbyggd illustreras i Figur 1 nedan.



Figur 1: Beteendesequens efter (Canter, Breaux, & Sime, 1980)

4.2.2 Roll-regel-modellen

Roll-regel-modellen, eller "role-rule-model", är en modell som beskrivs av Tong & Canter (1985) och den förklarar hur människor agerar i nödsituationer baserat på rollen de hade innan händelsen. Beroende på vilken roll man har så kommer den rollen med ett antal regler eller förväntningar, som påverkar en även i en nödsituation. Ett exempel på detta som tas upp av Tong & Canter (1985) är en brand på Beverly Hills Supper Club i Kentucky (USA) där servitörerna hade ett nära förhållande till gästerna de serverade. När branden bröt ut ledde servitörerna ut de gästerna de hade ansvar för innan branden uppstod.

4.2.3 Affordance-teorin

"Affordance"-teorin, eller Theory of Affordance, är en teori som bland annat kan användas för att analysera utformningen av utrymningsvägar. Teorin togs först fram av Gibson (1978) för att förklara hur människor upplever det de ser och vilken nytta de kan ha av den testade installationen. Teorin har sedan vidareutvecklats av Hartson (2003) som delar upp teorin i fyra delar: cognitive, physical, sensory och functional affordance.

Cognitive affordance beskriver hur man kan få människor att förstå funktionen hos olika saker, alltså hur de fungerar och vad de används till. *Physical affordance* beskriver hur en användare fysiskt interagerar med saker och vilka designfunktioner som underlättar interaktionen. *Sensory Affordance* beskriver det vi upplever med våra sinnen, alltså vad vi ser, hör, luktar, smakar och känner. *Functional affordance* beskriver hur användbart något är i form av om vi uppnår det tänkta målet genom användandet eller inte (Hartson, 2003).

4.2.4 Social påverkan

Under förberedelsefasen i ett utrymningsförlopp, se avsnitt 4.2.1, tenderar människor att påverkas av hur andra agerar. Börjar någon utrymma följer andra efter, eller om ingen agerar så finns risken att människor väljer att stanna kvar trots en nödsituation (Nilsson & Johansson, 2009). Teorin social påverkan, eller social influence, delas upp av Deutsch & Gerard (1955) i normativ och informell social påverkan. Där normativ social påverkan innebär att människor inte vill bryta sociala mönster utan de anpassar sig efter vad de tror andras förväntningar är. Informell social påverkan innebär att människor studerar andras beteenden för att få information om den aktuella situationen, och sedan anpassa sitt beteende efter hur andra agerar.

4.2.5 Anknytningsteorin

I anknytningsteorin, eller Theory of Affiliation, beskriver Sime (1985) hur människor tenderar att i nödsituationer söka sig till platser eller personer som är välbekanta istället för något som är okänt. Till exempel så är det inte säkert att människor lämnar brinnande byggander genom den närmaste nödutgången, istället använder de entré de kom in genom då den är mer välbekant.

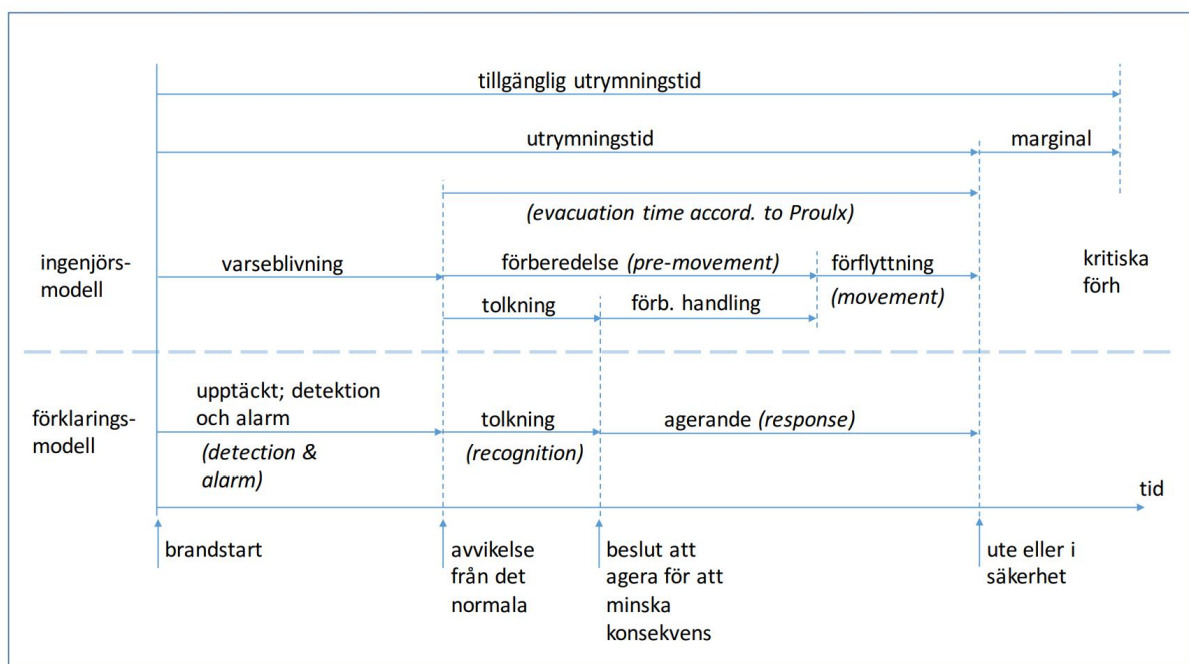
4.2.6 Riskperception

Riskperception definieras av Kinatader et al. (2015) som en subjektiv bedömning av sannolikheten att drabbas av ett hot och bedömningen av ens sårbarhet och förmåga att hantera hotet. Tong & Canter (1985) diskuterade redan på 80-talet att människors uppfattning av risken kopplad till brand är något som behöver studeras. En studie genomförd av Fridolf &

Nilsson (2011) visar att människor är dåliga på att uppskatta brandtillväxt och därför inte alltid förstår allvaret i brandsituationer. Detta kan bland annat leda till att människor försöker släcka en brand som växt sig för stor eller att de tolkar att de har mer tid till att utrymma än de faktiskt har. I studien var samtliga försöksdeltagare unga och Fridolf & Nilssons (2011) tar upp att fler studier behövs för att verifiera resultatet för större delar av populationen.

4.3 Tidslinje för utrymning

Frantzich, Nilsson, & Rød (2016) har tagit fram en modell för utrymningsförloppet, baserat på bland annat Canter, Breau, & Sime (1980) och Proulx (2008). Tidslinjen, som visas i Figur 2 nedan, delar upp utrymningsförloppet i en ingenjörsmässig modell och en förklaringsmodell. I detta arbete är det förklaringsmodellen som delar upp utrymningsförloppet i upptäckt, tolkning och agerande som kommer att användas.



Figur 2³ Tidslinje över utrymningsförlopp hämtad från (Frantzich, Nilsson, & Rød, 2016)

Upptäckt beskrivs av Frantzich, Nilsson, & Rød (2016) som en fas som pågår från att branden startar tills det att trafikanterna i tunneln uppmärksammar att det är något som avviker från det normala. Signaler på att något avviker kan vara att trafikanter ser en brand eller brandrök, ser andra lämna sina bilar eller så kan olika tekniska system i tunnlar ge information.

När trafikanter har blivit varse om att något avviker påbörjas nästa fas som är *tolkning*. Frantzich, Nilsson, & Rød (2016) beskriver tolkningsfasen som att trafikanter försöker förstå vad avvikelsen från det normala beror på och vad det innebär för personen. Under tolkningsfasen är det viktigt att trafikanterna får tillräckligt mycket information för att kunna fatta beslut om lämpligt agerande. Tolkningsfasen pågår tills trafikanten väljer att agera på ett sätt som är konsekvensreducerande.

Agerande beskrivs av Frantzich, Nilsson, & Rød (2016) som att trafikanterna förstår vilken handling som är lämpligt samt att utföra denna. Utöver att välja att utrymma finns det flera

³ Publicerad med godkännande från upphovsrättsägaren

andra ageranden, till exempel kan trafikanter hjälpa andra, försöka släcka branden och köra ut ur tunneln. Agerandefasen fokuserar på de handlingar som är konsekvensreducerande.

Beskrivningarna av upptäckt, tolkning och agerande baserade på Frantzich, Nilsson, & Rød (2016) är främst anpassade efter vägtunnlar. Men liknande resonemang kan föras för järnvägstunnlar, med den största skillnaden att upptäckt med stor sannolikhet sker genom information från tågpersonalen. Vidare i järnvägstunnlar kan passagerarna endast utrymma till fots om tåget stannar i tunneln.

5 Studiebesök

Två stycken studiebesök anordnades av Trafikverket, ett i vägtunneln Norra Länken och ett i järnvägstunneln Citybanan. Nedan presenteras studiebesöken.

5.1 Norra länken

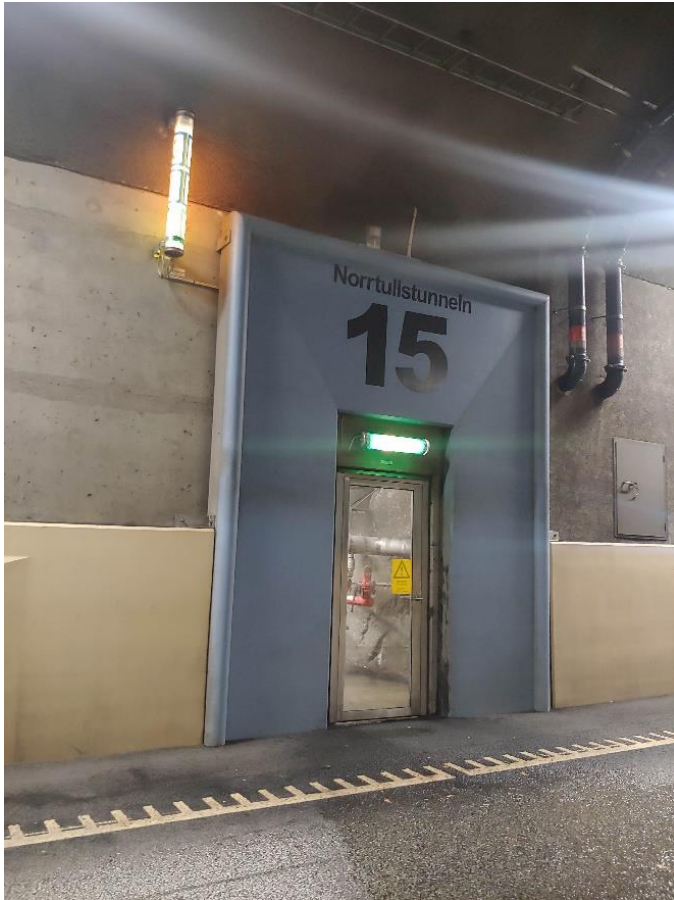
Norra länken är en motorvägsvägtunnel i Stockholm på totalt cirka 5 km som sträcker sig från Karlberg mot Värtahamnen och Lidingö, arbetet med tunneln började år 2006 och den öppnade för trafik 2015 (Trafikverket, 2011). Studiebesöket anordnades och genomfördes av Trafikverket 2021-10-19 klockan 21:45-01:00 i samband med underhåll av tunneln i form av tvättning. Vid studiebesöket deltog anställda på Trafikverket. Studiebesökets deltagare samlades vid pendlarparkeringen i Ropsten och körde in i tunneln i gemensam bil. Stopp gjordes i tunneln vid bland annat vid utrymningsvägar för att studera deras utformning. Vid utrymning i Norra länken leder utrymningsvägarna till det parallella tunnelröret där trafiken går i motsatt riktning.

Avstånden mellan utrymningsvägarna i Norra Länken är ungefär 150 meter (Trafikverket, 2020) och finns på vänster sida i färdriktningen. I Norra Länken är portalerna kring nödutgångarna blå, vilket visas i Figur 3 och Figur 4. Varje nödutgång har ett nummer som är en unik identifiering, den nödutgång man kommer ut genom i det parallella tunnelröret har i de flesta fall samma nummer. Man ser även att dörrarna är av glas för att utrymmande trafikanter ska se att det finns en inbjudande miljö bakom dörren. Utformningen av de utrymningsfrämjande installationerna är anpassade efter att de inte får sticka ut i trafikutrymmet och därmed medföra ett påkörningshinder som kan utgöra en trafikfara.



Figur 3 Foto i Norra länken (Bild av Linnea Mauritz)

Ovanför varje nödutgång sitter det en nödutgångsskylt. Ovanför eller bredvid dörren sitter även en cylindrisk skylt med symbol för nödtelefon, brandsläckare och nödutgång. Dessa skyltar kan ses i Figur 4. På grund av ljusförhållandena i tunneln kunde inga bilder där piktogrammen på skyltarna syns tydligt tas.



Figur 4 Foto på utrymningsväg 15 i Norra Länken (Bild av Linnea Mauritz)

Dörrarna till nödutgångarna har beslag i form av nedåtgående trycke. Bakom dörren finns en sluss med brandsläckare, nödtelefon och en utrymningsplan, vilket visas i Figur 5.



Figur 5 Brandsläckare, nödtelefon och utrymningsplan i sluss i utrymningsväg (Bild av Linnea Mauritz)

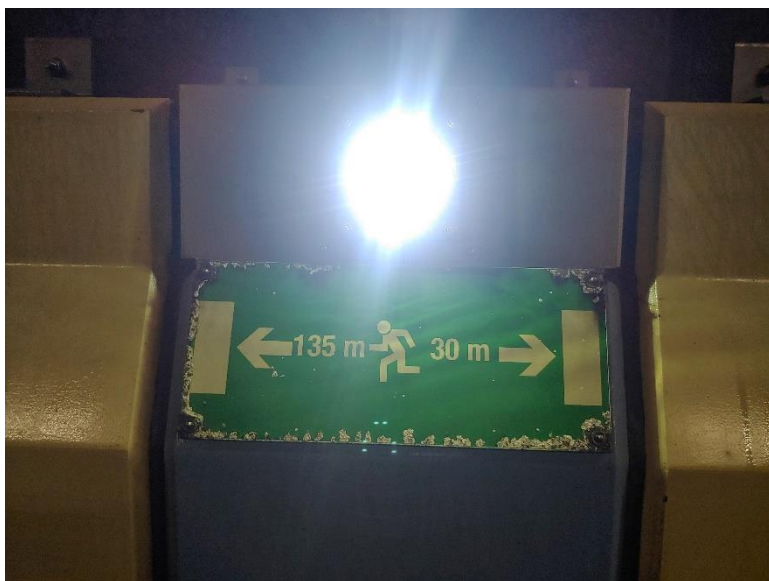
På vänster sida i tunnelns färdriktning mellan utrymningsvägarna finns det punktbelysning och vägledande markering som visar avståndet till de två närmaste nödutgångarna, dessa visas i Figur 3, Figur 6 och Figur 7. Avståndet mellan dessa är uppskattningsvis runt 20 meter.

På höger sida i tunnelns färdriktning kan man skimta en stor skylt, se den röda cirkeln i Figur 6. Denna innehåller två utrymningsskyltar som pekar åt varsitt håll och avståndshänvisning till de två närmaste nödutgångarna. Värt att notera är att det inte finns några utrymningsvägar på den sidan av tunneln, endast låsta teknikutrymmen.



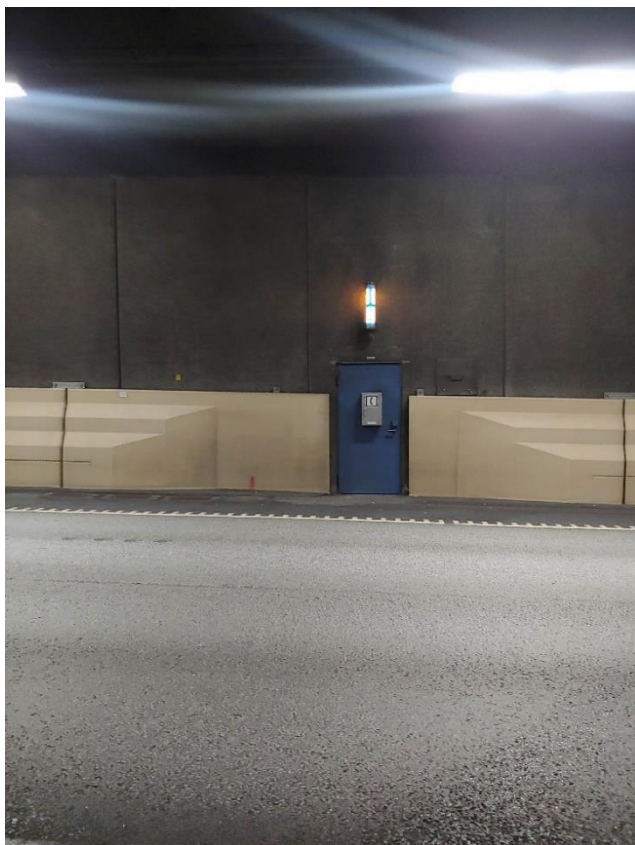
Figur 6 Foto i Norra Länken (Bild av Linnea Mauritz)

Tvättning av tunneln sker regelbundet och miljön i tunneln är aggressiv, vilket leder till ett visst slitage av skyltar, vilket visas i Figur 7.



Figur 7 Punktbelysning och utrymningsskylt som visar avstånd till de två närmaste utrymningsvägarna (bild av Linnea Mauritz)

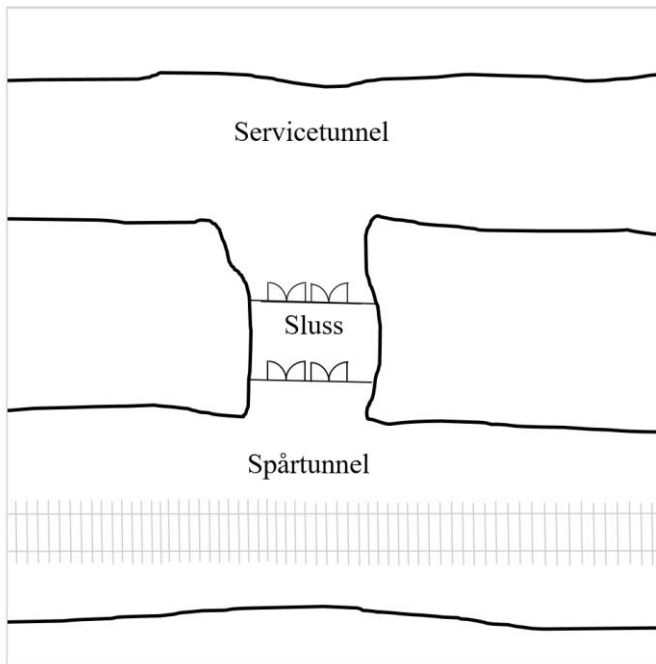
Vid teknikutrymmena på höger sida i tunneln sitter det nödtelefoner som skyltas med en cylindrisk genomlyst skylt, vilket visas i Figur 8. Värt att notera är att dessa skyltar är väldigt lika de som sitter vid utrymningsvägarna och då de är cylindriska finns det en viss svårighet att tyda symbolerna på skyltarna.



Figur 8 Foto på dörr till låst teknikutrymme och nödtelefon i Norra Länken (Bild av Linne Mauritz)

5.2 Citybanan

Citybanan är en ungefär 6 kilometer lång järnvägstunnel som sträcker sig genom Stockholms innerstad (Banverket, 2007). Studiebesöket anordnades och genomfördes av Trafikverket 2021-10-20 klockan 09:00-11:00. Vid studiebesöket deltog anställda på Trafikverket. Studiebesökets deltagare samlades vid Nackademin i Solna och körde sedan in i servicetunneln som går parallellt med Citybanan i gemensam bil. I servicetunneln gjordes stopp bland annat vid utrymningsvägar för att studera deras utformning. Vid utrymning i Citybanan leder utrymningsvägarna till den parallella servicetunneln via en sluss, vilket visas i en schematisk bild i Figur 9 nedan.



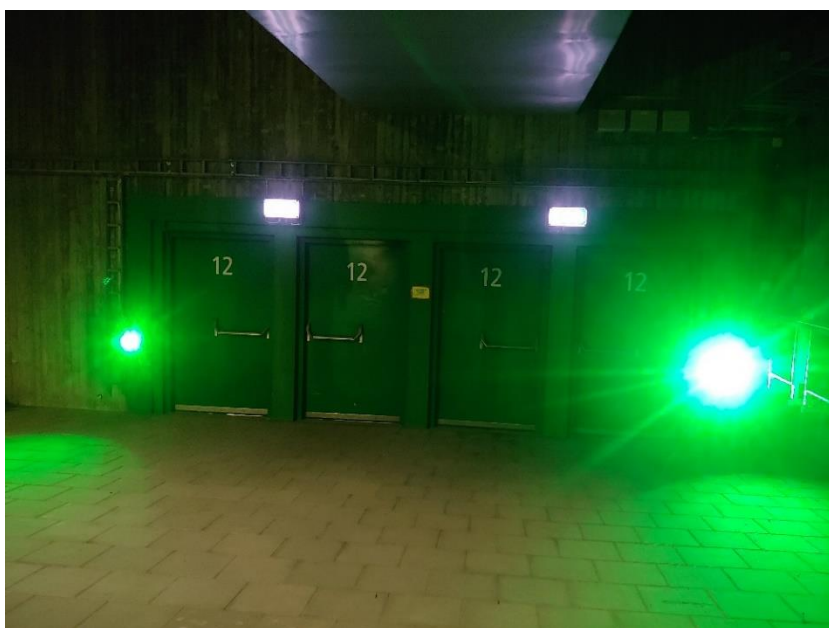
Figur 9 Schematisk bild över ett godtyckligt segment av Citybanan med servicetunnel, spårtunnel och en sluss mellan dessa

Figur 10 visar hur det ser ut inne i Citybanans spårtunnel. På var sida om spåret finns det punktbelysning, gångbana och ledstänger. Punktbelysningen sitter uppskattningsvis med ett avstånd på 10 meter mellan armaturerna, i normalfallet är punktbelysningen släckt. Vid utrymningsvägarna finns det utstickande utrymningsskyltar i en triangulär form som syns från båda hållen.



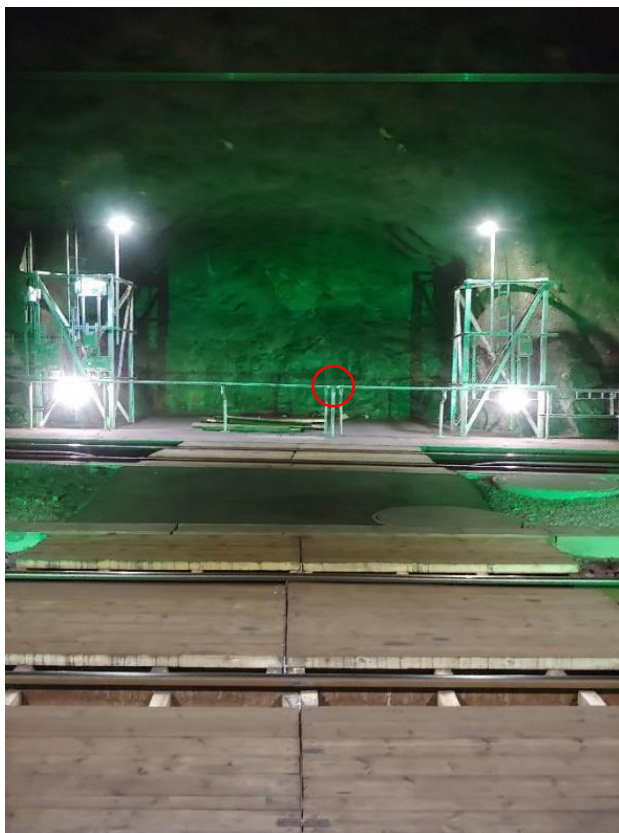
Figur 10 Foto från Citybanan (Bild av Linnea Mauritz)

Nödutgångarna består av fyra stycken gröna dörrar med så kallade ”panikreglar” som öppnar dörren då tryck läggs mot dessa. Ovanför dörrarna sitter det nödutgångsskyltar, på bilden är dessa överexponerade. På var sida om nödutgången sitter det gröna lampor. Utformningen visas i Figur 11. Varje nödutgång har ett nummer som är en unik identifiering, i servicetunneln har dörrarna man kommer ut genom samma nummer.



Figur 11 Foto på utrymningsväg i Citybanan (Bild av Linnea Mauritz)

På motstående sida av tunnelröret från nödutgången finns det en krök på ledstången, vilket kan skimras i den röda cirkeln i Figur 12. En schematisk bild över ledstången uppifrån visas i Figur 13. Kröken finns där för att stanna upp de utrymmande i tunneln så att de förhoppningsvis kan uppmärksamma att det finns en nödutgång.



Figur 12 Foto på motstående sida av tunnelröret från utrymningsväg i Citybanan (Bild av Linnea Mauritz)



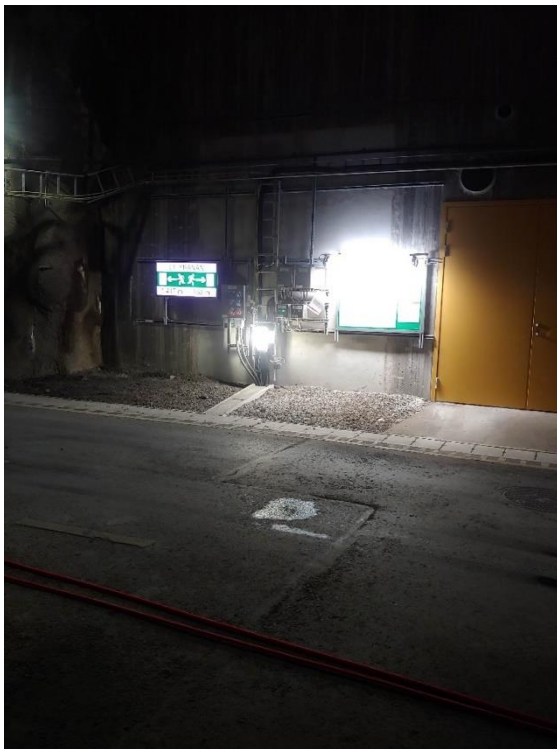
Figur 13 Schematisk bild uppifrån som visar kröken på ledstången som markerar att man befinner sig mitt för en nödutgång i Citybanan

Efter passage genom en nödutgång hamnar man i en sluss. I slussen finns det fyra stycken gröna dörrar som leder en vidare ut i servicetunneln. Utformning av dörrarna visas i Figur 14, ovanför dörrarna sitter det nödutgångsskyltar och dörrarna har panikregel.



Figur 14 Foto från slussen som ligger mellan tunnelröret och servicetunneln i Citybanan (Bild av Linnea Mauritz)

Ute i servicetunneln finns det en utrymningsplan och en skylt som visar avståndet till de två närmaste utgångarna till det fria. Dessa visas i Figur 15. På grund av ljusförhållandena i tunneln är utrymningsplanen överexponerad på bilen.



Figur 15 Foto på utrymningsplan och utrymningsskylt med avståndshänvisning till de två närmaste utgångarna till det fria från servicetunneln till Citybanan (Bild av Linnea Mauritz)

6 Regelverk och standarder

Nedan sammanställs de gällande regelverken och standarderna för vägledande markering och utrymningsbelysning i Sverige.

6.1 Introduktion

I följande kapitel kommer de regelverk och standarder som i dagsläget reglerar vägledande markering och utrymningsbelysning i väg- och järnvägstunnlar sammanställas. Kapitlet är uppdelat i de krav som ställs i vägtunnlar, järnvägstunnlar och de delar av dessa tunnlar som är arbetsplatser. Arbetsplatser i tunnlar kan vara till exempel teknik-, drift- och serviceutrymmen. Den skyltning och belysning som behandlas ämnar underlätta för utrymmande att ta sig till en säker plats från trafik- eller arbetsplatsutrymmen. Regelverk framtagna av Europeiska Unionen (EU), Transportstyrelsen, Trafikverket och Arbetsmiljöverket, samt standarder som dessa hänvisar vidare till kommer att behandlas.

Lag (2006:418) om säkerhet i vägtunnlar anger att ”4 § För varje tunnel skall det finnas en tunnelmyndighet som bestäms av regeringen.”. Lagen bygger på Europaparlamentets och rådets direktiv (2004/54/EG) och det är Transportstyrelsen som är utsedd till Sveriges tunnelmyndighet (Transportstyrelsen, 2021a). Transportstyrelsen har skrivit föreskriften TSFS 2019:93 om säkerhet i järnvägstunnlar (Transportstyrelsen, 2021a), föreskrifter är på en rättslig grund bindande (Virdesten, 1998). Transportstyrelsen utser i sin tur en tunnelhållare som till exempel kan vara Trafikverket (Transportstyrelsen, 2021a). I Lag (2006:418) om säkerhet i vägtunnlar anges det att tunnelhållare ska:

1. sammanställa en säkerhetsdokumentation för tunneln och hålla den uppdaterad,
2. upprätta planer för organisationen och driften av tunneln,
3. utarbeta rutiner för stängning av tunneln i en nödsituation, och
4. upprätta rapporter över olyckor och allvarliga olyckstillbud i tunneln.”

EU har tagit fram KOMMISSIONENS FÖRORDNING (EU) nr 1303/2014 av den 18 november (2014) om teknisk specifikation för driftskompatibilitet (TSD) avseende ”säkerhet i järnvägstunnlar” i järnvägssystemet i Europeiska unionen. Vid godkännande av järnvägsinfrastruktur använder sig Transportstyrelsen av tekniska specifikationer för driftskompatibilitet (TSD) framtagna av EU (Transportstyrelsen, 2021c).

Trafikverket har bland annat tagit fram infrastrukturregelverket TRVINFRA-00233 (2021) Tunnelbyggande som anger krav för både väg- och järnvägstunnlar. TRVINFRA-00233 (2021) anger att:

”Syftet med Trafikverkets infrastrukturregelverk är att beskriva de krav som ställs på infrastrukturanläggningens egenskaper och skötsel. Regelverk åberopas vid ny- och ombyggnation samt drift och underhåll, exempelvis vid planering, projektering, genomförande och förvaltning. Användare av regelverken är så väl Trafikverkets egen organisation som externa entreprenörer och leverantörer.”

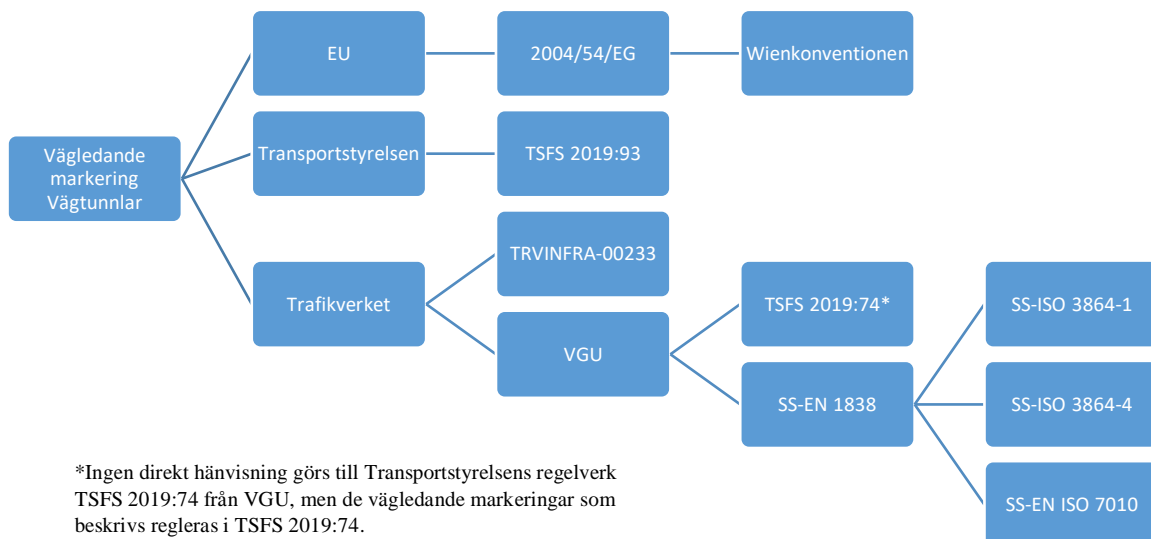
Trafikverket har även för tagit fram infrastrukturegelverket TRVINFRA-00151 (2020) Belysning i järnvägsmiljö som har samma syfte som TRVINFRA-00233 (2021). För vägar har Trafikverket tagit fram regelverket VGU Vägar och gators utformning (2021:001) och Trafikverket (2021) anger att ”Reglerna används vid all projektering av statliga vägar.”.

6.2 Vägtunnlar

I följande avsnitt presenteras övergripande de krav som ställs på vägledande markering och utrymningsbelysning i vägtunnlar. I Bilaga A – Regelverk och standarder - Vägledande markering och Bilaga B – Regelverk och standarder - Utrymningsbelysning anges en mer utförlig sammanställning.

6.2.1 Vägledande markering i vägtunnlar

En övergripande bild över hur regelverken och standarderna för vägledande markering i vägtunnlar är uppbyggda visas i Figur 16 nedan. I Bilaga A anges en mer utförlig sammanställning.



Figur 16 Regelverk och standarder som reglerar utrymningsskyltar i vägtunnlar

Europaparlamentets och rådets direktiv (2004/54/EG) anger för tunnlar längre än 500 meter att ”De två närmaste nödutgångarna skall på sidoväggarna vara utmärkta med högst 25 m mellanrum, på en höjd av 1,0–1,5 m och med avstånden till utgångarna angivna”. Vidare anger direktiv (2004/54/EG) även att ”Märken som anger nödutgångar skall vara s.k. G-märken enligt Wienkonventionen”.

I Vienna Convention on Road Signs and Signals of 1968 ECE/TRANS/196 (2006 consolidated versions) anges det att G-märken är ”direction, position or indication signs”. Vidare anges:

“I. General characteristics and symbols

1. Informative signs are usually rectangular; however, direction signs may be in the shape of an elongated rectangle with the longer side horizontal, terminating in an arrowhead.”

och

”11. Signs indicating emergency exits

(a) The signs G, 23^a and G, 23^b indicate the location of emergency exits.

(b) The signs G, 24^a, G, 24^b and G, 24^c are examples of signs to indicate the direction and distance of the nearest emergency exits. In tunnels, they shall be placed at a maximum distance of 50 m apart and at a height of 1 to 1.5 m on the sidewalls.

(c) The signs G, 23 and G, 24 have a green ground and the symbols, arrows and distance indications are white or of a light colour.”

I Vienna Convention (2006 consolidated versions) visas utformning av skylt G,23^a som en kvadratisk skylt med grön bakgrund och en vit springande gubbe riktad mot en vit rektangel (dörr). G,23^b är spegelvänd mot G,23^a. G, 24^{a,b} och ^c visar exempel på olika utformningar av utrymningsskyltar som hänvisar avstånd och riktning till närmaste utrymningsväg(arna).

Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:93) anger för tunnlar längre än 500 meter att ”Informationsskyltar ska placeras i trafikutrymmet så att det framgår vilka dörrar eller utgångar som inte är en del av en utrymningsväg”.

Trafikverket anger i TRVINFRA-00233 (2021) för följande tunnlar:

- ”• bergtunnlar oavsett längd
- tunnlar av stål eller betong längre än 100 m. För överdäckning gäller dock dokumentet oavsett längd.”

att ”Dörr mellan trafikutrymme och utrymningsväg ska vara lätt identifierbar som nödutgång”.

I VGU (2021:001) anger Trafikverket för informationsskyltar att:

”Märke E28 Nödutgång ska vara placerad väl synlig över dörr till nödutgång.

Symbol ska vara vänd i riktning mot nödutgången.

Skylt ska vara placerad vinkelrät mot trafikriktningen och ha symbol på båda sidor.

På sidovägg i tunnel ska märke E29 Utrymningsväg finnas som upplysning om avstånd och riktning till närmaste nödutgång.

Märke med riktning och avstånd till nödutgång ska finnas på var 25 meter.

På plats för nöduppställning ska symboler för telefon och brandsläckare vara angivna på en särskild skylt eller finnas med i märket.”

Märke E28 Nödutgång och E29 Utrymningsväg är anvisningsmärken i Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:74) Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om vägmärken och andra anordningar. Utformning av märke E28 Nödutgång visas i Figur 17 nedan. Storlek på märket i förhållande till vägtyp enligt Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:74) anges i Bilaga A – Regelverk och standarder - Vägledande markering.



Figur 17⁴ Märke E28 Nödutgång hämtad från (Transportstyrelsen, 2020)

Utformning av märke E29 Utrymningsväg visas i Figur 18 nedan. Storlek på märket i förhållande till vägtyp enligt Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:74) anges i Bilaga A – Regelverk och standarder - Vägledande markering.



Figur 18⁵ Märke E29 utrymningsväg hämtad från (Transportstyrelsen, 2020)

Vidare i VGU (2021:001) anges det för säkerhetsskyltar att ”Säkerhetsskyltar ska följa kraven i {SS-EN 1838}”. Säkerhetsskyltar definieras i VGU (2021:001) som:

”Safety sign (eng.) är översatt till säkerhetsskylt i SS-EN 1838 (sv) ofta kallat utrymningsskylt, hänvisningsskylt och vägledande skylt. Säkerhetsskyltar omfattar hänvisningsskyltar för utrymning, nödskyltar och andra säkerhetsskyltar som man genom riskbedömning ansett behöva vara läsbara vid nöddrift.”

Svensk standard SS-EN (1838:2013) hänvisar vidare till SS-ISO 3864-1, SS-ISO 3864-4 och SS-EN ISO 7010 för utformning av säkerhetsskyltar och tilläggs-skyltar till dessa med riktningsskyltar. I Bilaga A – Regelverk och standarder - Vägledande markering återfinns angivelserna gällande bland annat färg, form, storlek, luminans och kontrast för dessa skyltar.

Utformningen av nödutgångsskylt anges i SS-EN ISO (7010:2020) och visas i Figur 19 nedan. Skylten kan användas spegelvänd och den kan kombineras med en vit pil på en grön bakgrund för att ge riktningssinformation.

⁴ Filer av vägmärken kan laddas ner och användas fritt utan Transportstyrelsens godkännande

⁵ Filer av vägmärken kan laddas ner och användas fritt utan Transportstyrelsens godkännande

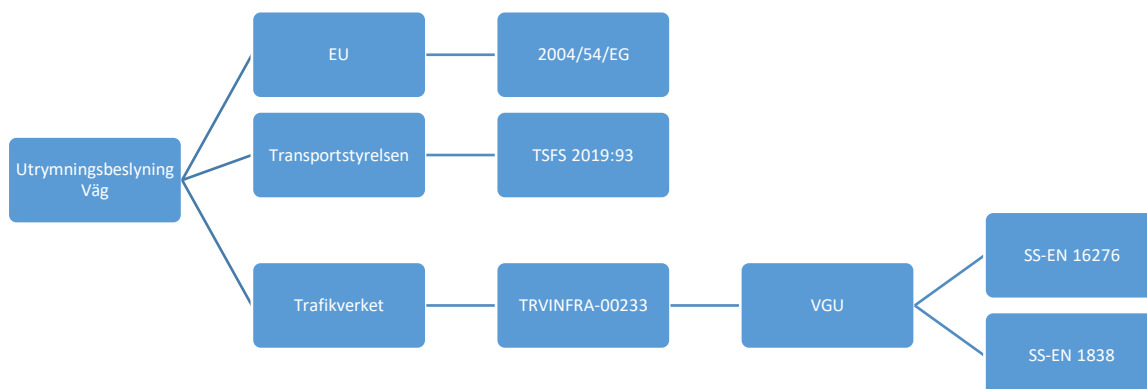


Figur 19⁶ Nödutgångsskylt (E001 emergency exit) hämtad från SS-EN ISO (7010:2020)

I VGU (2021:001) anges inte vad som skiljer informationsskyltar från säkerhetsskyltar, men värt att notera är att de ska utformas enligt olika bestämmelser.

6.2.2 Utrymningsbelysning i vägtunnlar

En övergripande bild över hur regelverken och standarderna för utrymningsbelysning i vägtunnlar är uppbyggda visas i Figur 20 nedan. I Bilaga B – Regelverk och standarder - Utrymningsbelysning anges en mer utförlig sammanställning.



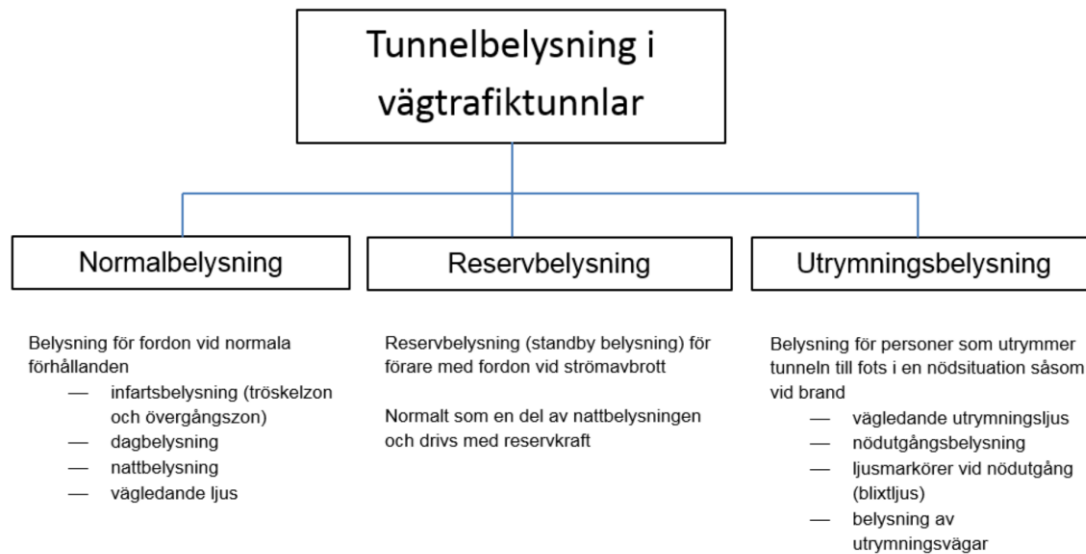
Figur 20 Regelverk och standarder som reglerar utrymningsbelysning i vägtunnlar

I DIREKTIV (2004/54/EG) anges det att ”Vägledande belysning, t.ex. upplysta markörer på högst 1,5 m höjd, skall tillhandahållas för att vägleda tunneltrafikanterna så att de i en nödsituation kan utrymma tunneln till fots”.

Vidare anger Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:93) anger att ”Vägledande utrymningsljus ska finnas i tunnlar på högst 1,5 meters höjd över gångytan för att underlätta för trafikanter att utrymma till fots”.

⁶ Figuren är hämtad från SS-EN ISO (7010:2020) och är återgiven med vederbörligt tillstånd av SIS, Svenska institutet för standarder, som också säljer den kompletta standarden på www.sis.se

Trafikverket anger i VGU (2021:001) en schematisk bild för de olika funktionerna tunnelbelysning har, denna återges i Figur 21 nedan.



Figur 21⁷ Schematisk bild över de olika typerna av tunnelbelysning i vägtrafiktunnlar hämtad från VGU (2021:001).

VGU (2021:001) anger vidare i kapitel 14.6.4 *Utrymningsbelysning* att ”Nödbelysning i trafikutrymme ska utformas enligt {SS-EN 16276} tunnlar med nationella undantag enligt Tabell 14.16”. Någon definition av vad som innefattas av nödbelysning görs inte i VGU (2021:001).

Följande angivelser hämtade från SS-EN (16276:2013) är återgivna med vederbörligt tillstånd av SIS, Svenska institutet för standarder, som också säljer den kompletta standarden på www.sis.se. För *vägledande utrymningsljus* anger SS-EN (16276:2013) att:

“The evacuation route shall be clearly and unambiguously marked with evacuation route marker lights at a spacing not exceeding 25 m and not higher than 1,5 m above the carriageway level. This shall be done at least on one side of the tunnel where the emergency exits are situated. Where there are three or more traffic lanes, consideration can be given to provide evacuation route marker lights on both sides of the tunnel, provided that clear direction is given towards emergency exits.”

och

“Alternative methods of marking the evacuation route in the main tunnel are acceptable if visibility under all conditions, including smoke, is equivalent to or better than the system described above.”

De kompletterande kraven som anges i Tabell 14.16 i VGU (2021:001) är ”Vägledande utrymningsljus ska vara placerade 1,0 – 1,2 m över vägbanans nivå” och ”Maximalt avstånd mellan vägledande utrymningsljus med punktbelysning är 10 m”. Som en alternativ metod

⁷ Publicerad med godkännande från Trafikverket

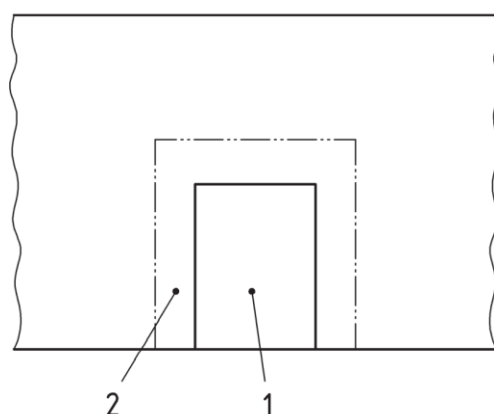
anges även ”Kontinuerligt vägledande utrymningsbelysning med minst 200 lm/m i en 120 graders vinkel ut från tunnelvägg med jämnt ljus längs listen”.

För nödutgångsbelysning anger SS-EN (16276:2013) att:

”In order to make the emergency exits more visible and to familiarise all tunnel users with their positions and geometry, each emergency exit including the door and an area of tunnel wall extending around the door frame can be illuminated, externally or internally (an example is shown in Figure 6).

Emergency exit light sources (if any) should provide good colour rendering of green surface finishes.”

Figure 6 från SS-EN (16276:2013) återges i Figur 22 nedan.



Key

- 1 emergency exit
- 2 lit area

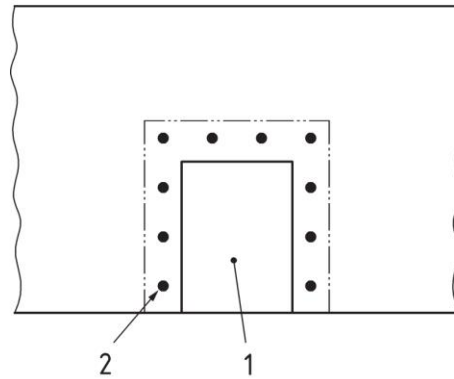
Figur 22⁸ Exempel på belysning av nödutgång sett framifrån, hämtad från SS-EN (16276:2013)

De kompletterande kraven som anges i Tabell 14.16 i VGU (2021:001) är att ”Inget krav på att dörr ska vara belyst”. Dock anges det i VGU (2021:001) att utrymningsbelysning innefattar nödutgångsbelysning.

För *Ljusmarkörer vid nödutgång (blixtljus)* anger SS-EN (16276:2013) att ”Green emergency exit marker light shall be provided around or at both sides of the exit door. An example of an arrangement is shown in Figure 5” och ”During an emergency situation, it is recommended that the lights flash to attract the attention of fleeing pedestrians”.

Figure 5 från SS-EN (16276:2013) återges i Figur 23 nedan.

⁸ Figuren är hämtad från SS-EN (16276:2013) och är återgiven med vederbörligt tillstånd av SIS, Svenska institutet för standarder, som också säljer den kompletta standarden på www.sis.se



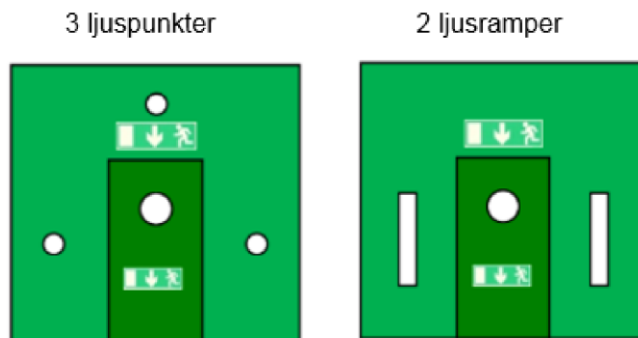
Key

- 1 emergency exit
- 2 green emergency exit marker light

Figur 23⁹ Exempel på utformning av gröna ljusmarkörer vid nödutgång hämtad från SS-EN (16276:2013).

De kompletterande kraven som anges i Tabell 14.16 i VGU (2021:001) är "Ljusmarkörer vid nödutgång (blixtljus) runt dörr ska lysa grönt vid normala förhållanden" Och "Vid nödsituation ska ljusmarkörerna blinka med en frekvens mellan 1 till 4 Hz. Ljusmarkörer ska vara av typen LED-belysning. Belysning ska utformas enligt något av alternativen i Tabell 14.15¹⁰"

I Figur 14.2 i VGU (2021:001) återges i Figur 24 nedan.



Figur 24¹¹ Två angivna alternativ för ljusmarkörer vid nödutgång hämtade från VGU (2021:001)

Några krav för *belysning av utrymningsvägar* anges inte för själva vägtunneln, utan endast utrymningsvägar i anslutande utrymmen.

6.3 Järnvägstunnlar

I följande avsnitt presenteras övergripande de krav som ställs på vägledande markering och utrymningsbelysning i järnvägstunnlar. I Bilaga A – Regelverk och standarder - Vägledande markering och Bilaga B – Regelverk och standarder - Utrymningsbelysning anges en mer utförlig sammanställning.

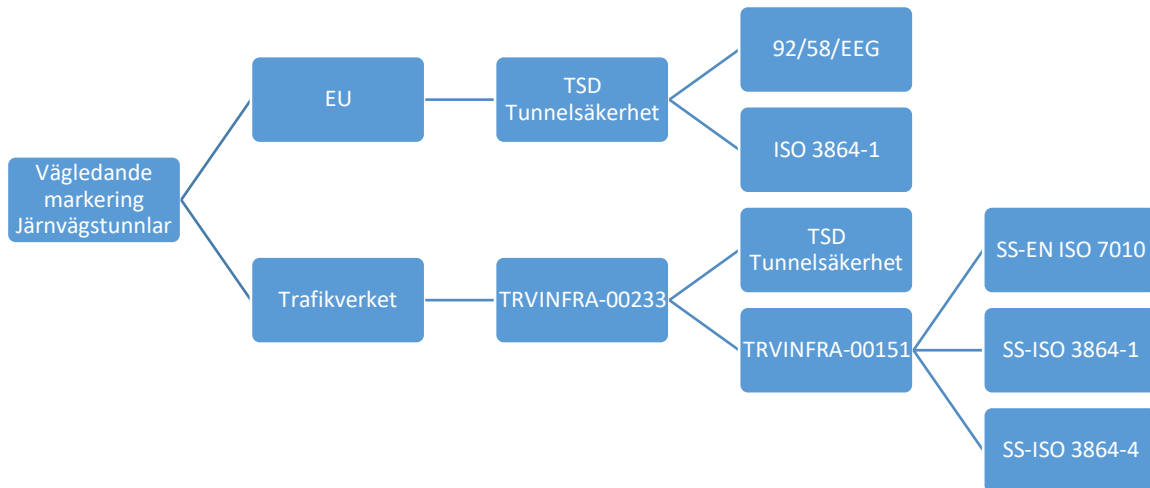
⁹ Figuren är hämtad från SS-EN (16276:2013) och är återgiven med vederbörligt tillstånd av SIS, Svenska institutet för standarder, som också säljer den kompletta standarden på www.sis.se

¹⁰ Hänvisningen är felaktig och uppdateras i nästa utgåva av VGU. Hänvisningen ska vara till Figur 14.2.

¹¹ Publicerad med godkännande från Trafikverket

6.3.1 Vägledande markering i järnvägstunnlar

En övergripande bild över hur regelverken och standarderna för vägledande markering i järnvägstunnlar är uppbyggda visas i Figur 25 nedan. I Bilaga A – Regelverk och standarder - Vägledande markering anges en mer utförlig sammanställning.



Figur 25 Regelverk och standarder som reglerar utrymningsskyltar i järnvägstunnlar

EUs förordning TSD Tunnelsäkerhet (2014) anger i kapitel 4.2.1.5.5 *Vägledande markering* att vägledande markeringar i järnvägstunnlar ska utformas enligt Rådets Direktiv (92/58/EEG) och Svensk standard SS-ISO (3864-1:2016). Angivelserna enligt dessa återfinns i Bilaga A – Regelverk och standarder - Vägledande markering.

TRVINFRA-00233 (2021) ställer följande kompletterande krav till kapitel 4.2.1.5.5 i TSD Tunnelsäkerhet för tunnlar längre än 100 meter:

”Belyst och genomlyst vägledande markering i trafikutrymmen (utgångs- och nödutgångsskyltar) ska uppfylla krav enligt TRVINFRA-00151
Elkraftanläggning - Belysning i järnvägsmiljö.”

TRVINFRA-00233 (2021) anger vidare att ”Nödutgångar i tunneln ska vara tydligt markerade”.

I TRVINFRA-00151 (2020) anges det att för säkerhetsskyltar att de ska följa standarderna SS-EN ISO 7010, SS-ISO 3864-1 och SS-ISO 3864-4. Dessa anges i Bilaga A – Regelverk och standarder - Vägledande markering. Säkerhetsskyltar definieras i TRVINFRA-00151 (2020) som:

”Säkerhetsskyltar ska omfatta hänvisningsskyltar för utrymning, nödutgångsskyltar och andra säkerhetsskyltar som man genom riskbedömning ansett behöva vara läsbara vid nöddrift.”

I TRVINFRA-00151 (2020) anges vidare att:

”Internt belyst säkerhetsskylt som visar nödutgång ska sitta ovanför dörr till nödutgång och kunna ses från alla håll på utrymningsväg av evakuerande”

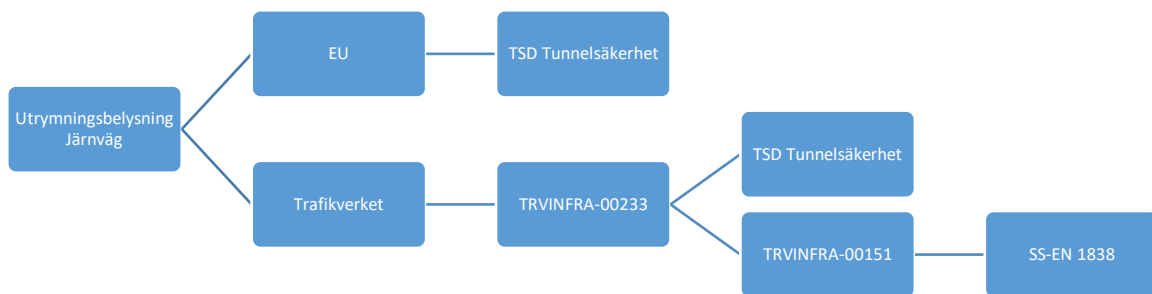
”Internt belyst ska användas då det är en riktningsförändring”.

”Skyltar som visar riktning med avstånd till dörr för nödutgång ska vara plan och vara externt belyst med maximalt 50 m c/c avstånd på en höjd 1,2–1,8 m över gångväg”

”Externt belyst ska användas då det ej är riktningsförändring.”

6.3.2 Utrymningsbelysning i järnvägstunnlar

En övergripande bild över hur regelverken och standarderna för utrymningsbelysning i järnvägstunnlar är uppbyggda visas i Figur 26 nedan. I Bilaga B – Regelverk och standarder - Utrymningsbelysning anges en mer utförlig sammanställning.



Figur 26 Regelverk och standarder som reglerar utrymningbelysning i järnvägstunnlar

I TSD Tunnelsäkerhet (2014) krav för nödbelysning för tunnlar längre än 500 meter i kapitel 4.2.1.5.4 *Nödbelysning längs utrymningsvägar*. Kraven i TSD Tunnelsäkerhet (2014) anges i Bilaga B – Regelverk och standarder - Utrymningsbelysning.

Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00233 (2021) anger att kraven i kapitel 4.2.1.5.4 i TSD Tunnelsäkerhet (2014) ska, för tunnlar längre än 500 meter, kompletteras enligt ”Nödbelysning ska uppfylla krav enligt TRVINFRA-00151 *Elkraftanläggning - Belysning i järnvägsmiljö*”.

Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00151 (2020) anger att följande belysningstyper ska finnas i spår- och tvärtunnlar:

- ”1. allmän-/utrymningsbelysning med LED-handledare i spårtunnel
2. säkerhetsskyltsbelysning
3. nödutgångsbelysning (grön)
4. belysning av övergång i anslutning till tvärtunnel
- :
- ”

För LED-handledaren anges det i TRVINFRA-00151 (2020) att ”LED-handledare placeras 1 m +0,1 över utrymningsväg i spårtunnel” och ”LED-handledaren ska ha ett kontinuerlig jämnt ljus (inte punktformat) längs utrymningsväg”.

För säkerhetsskyltsbelysning anges det i TRVINFRA-00151 (2020) att ”Säkerhetsskyltar och knappar för belysning ska alltid vara tända”

Nödutgångsbelysningen visas som gröna LED-listor som sitter runt nödutgången i bilaga 1 i TRVINFRA-00151 (2020) och den beskrivs som ”Nödutgångsbelysning ska om möjligt markera hela nödutgången mot tvärtunnel från spårtunneln, se bilaga 1” och ”Nödutgångsbelysningen ska vara grönt kontinuerligt ledljus med 200 lm/m och 180° spridningsvinkel.”

För belysning av övergången i spårtunneln som leder till tvärtunneln anges det i TRVINFRA-00151 (2020) att ” Övergång i spårtunnel ska ha allmänbelysning enligt bilaga 1 på minst en bibehållen medelbelysningsstyrka på $E_m \geq 20$ lx på gångbanans nivå”. I bilaga 1 benämns belysningen som ”Utrymnings(nöd)-/allmänbelysning av övergång”

En utökad beskrivning av kraven enligt Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00151 (2020) anges i Bilaga B – Regelverk och standarder - Utrymningsbelysning.

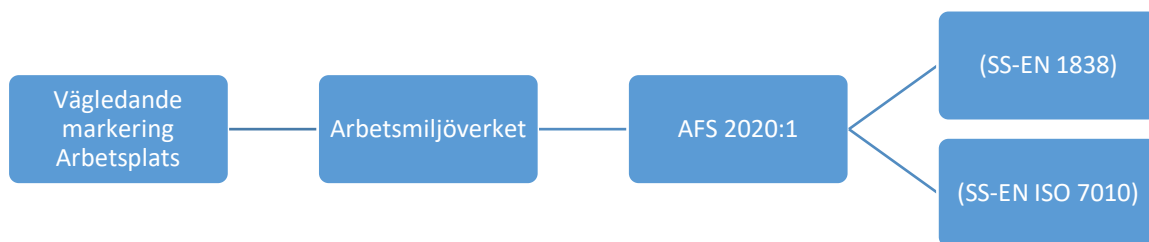
6.4 Tunneln som arbetsplats

I följande avsnitt presenteras övergripande de krav som ställs på vägledande markering och utrymningsbelysning i de delar av väg- och järnvägstunnlar som är arbetsplatser.

Arbetsplatser i tunnlar kan vara till exempel teknik-, drift- och serviceutrymmen. I Bilaga A och Bilaga B – Regelverk och standarder - Utrymningsbelysning anges en mer utförlig sammanställning.

6.4.1 Vägledande markering på arbetsplatser

Följande kapitel gäller både väg- och järnvägstunnlar. Figur 27 nedan visar övergripande hur regelverk och standarder för vägledande markering på arbetsplatsen är upplagda. I Bilaga A – Regelverk och standarder - Vägledande markering anges en mer utförlig sammanställning.



Figur 27 Regelverk och standarder som reglerar utrymnings skyltar på arbetsplatser i tunnlar. Inom parentes anges standarder som endast tas upp i allmänna råd.

Vägledande markering för de delar av tunnlar som är arbetsplatser regleras främst via Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS 2020:1) som anger följande:

”97 § Utrymningsvägar, samt vägar och dörrar till utrymningsvägar, ska normalt vara skyltade eller ha andra vägledande markeringar.

Allmänna råd: Ett exempel på annan vägledande markering är fluorescerande ljus i golvet eller taktila ledstråk.

98 § Skyltar och andra vägledande markeringar ska vara placerade på väl synliga ställen och ha ett varaktigt utförande. När det behövs ska de vara belysta eller genomlysta. Skyltarna ska vara utförda enligt bilagorna 2 och 3.

Allmänna råd: Exempel på lämplig storlek på skyltar, i förhållande till läsavstånd, finns i standarden SS-EN 1838:2013. Belysning – Nödbelysning. Utgåva 2.”

I Bilaga 2 *Allmänna krav för skyltar, märkning och signaler* i Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS 2020:1) anges det att ”Även skyltar utformade enligt SS-EN ISO 7010:2012 Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs. Utgåva 1, uppfyller normalt kraven”. Vidare i Bilaga 3 *Skyltar* anger Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS 2020:1) utformning på nöds skyltar. Nöds skylten utrymningsväg återges i Figur 28 nedan. En fördjupning av kraven som anges i bilagorna i Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS 2020:1) anges i Bilaga A – Regelverk och standarder - Vägledande markering i denna rapport.

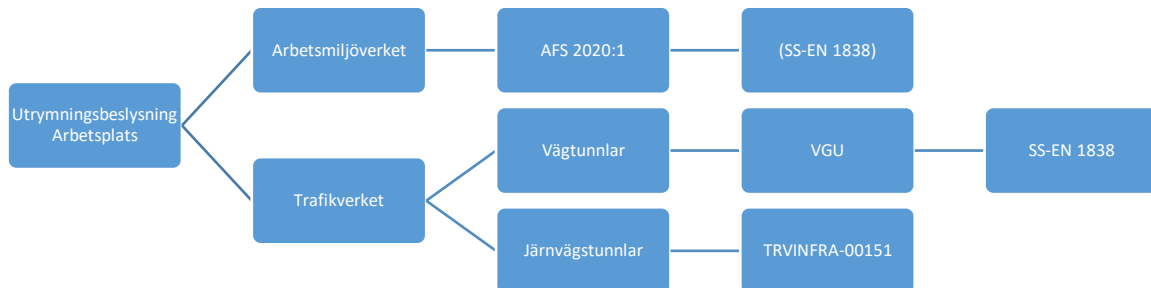


Figur 28¹² Nöds skylten utrymningsväg enligt i Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS 2020:1) hämtad från (Arbetsmiljöverket, 2021)

¹² Samtliga skyltar som finns i föreskrifterna om arbetsplatsens utformning (AFS 2020:1) finns att ladda ner på Arbetsmiljöverkets webbplats (<https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/skyltar/>) och är fria att använda av vem som helst

6.4.2 Utrymningsbelysning på arbetsplatser

Följande kapitel gäller både väg- och järnvägstunnlar. Figur 29 nedan visar övergripande hur regelverk och standarder för utrymningsbelysning på arbetsplatsen är upplagda. I Bilaga B – Regelverk och standarder - Utrymningsbelysning anges en mer utförlig sammanställning.



Figur 29 Regelverk och standarder som reglerar utrymningsbelysning på arbetsplatser i tunnlar. Inom parentes anges standarder som endast tas upp i allmänna råd.

Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS 2020:1) Arbetsplatsens utformning anger följande gällande utrymningsbelysning på arbetsplatser:

”96 § Utrymningsvägar ska ha belysning som fungerar med tillfredsställande säkerhet. En utrymningsväg där det krävs belysning för att utrymningen ska vara säker ska ha tillräcklig nödbelysning för utrymning, om det är fel på den ordinarie belysningen.

Allmänna råd: Exempel på när nödbelysning för utrymning kan behövas är i trapphus eller på arbetsplatser där nödbelysning krävs enligt 138 §. På golvet i gångstråket bör belysningsstyrkan vara minst 1 lux på det sämst belysta stället. Exempel på ljusbehov, för att dimensionera belysningen av utrymningsvägar, finns i standarden SS-EN 1838:2013. Belysning – Nödbelysning. Utgåva 2.”

Vidare anger även VGU Vägar och gators utformning (2021:001) för driftutrymmen i vägtunnlar att ” Utrymningsbelysning ska utformas enligt {SS-EN 1838 Nödbelysning}”.

Följande angivelser hämtade från SS-EN (1838:2013) är återgivna med vederbörligt tillstånd av SIS, Svenska institutet för standarder, som också säljer den kompletta standarden på www.sis.se. Svenska standard SS-EN (1838:2013) Belysning – Nödbelysning anger i kapitel 4 *Utrymningsbelysning* att:

”För att ge sikt vid utrymning krävs belysning i utrymmets volym. Skyltar som placerats vid alla utgångar och som är avsedda att användas vid en nödsituation och längs en utrymningsväg ska belysas så att de otvetydigt kan visa utrymningsvägen till en säker plats. I denna standard uppfylls kraven genom att armaturerna för belysning och säkerhetsskyltarna monteras minst 2 m över golvet.”

och

” För utrymningsvägar på upp till 2 m i bredd ska den horisontella belysningsstyrkan på golvet längs utrymningsvägens centrollinje inte vara lägre än 1 lx. Det centrala bandet, som inte ska utgöra mindre än halva utrymningsvägens bredd, ska belysas till minst 50 % av det värdet. Bredare utrymningsvägar får behandlas som ett antal 2 m breda band eller kan förses med belysning av öppna ytor.”

En utökad beskrivning av kraven enligt SS-EN (1838:2013) anges i Bilaga B – Regelverk och standarder - Utrymningsbelysning.

Vidare för järnvägstunnlar anges det i Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00151 (2020) att det i servicetunnlar ska finnas ” allmän-/utrymningsbelysning i hela servicetunnelns längd”. För denna belysning anges det att ”Allmän- och utrymningsbelysning i servicetunnel ska placeras så högt som möjligt på väggkonsol eller tak”.

7 Självutrymning i vägtunnlar

I följande kapitel sker en sammanställning av den insamlade litteraturen kopplad till utrymning i vägtunnlar.

7.1 Vägledande markering

I USA genomfördes en studie av Higgins et al. (2015) där de testade att använda utrymningsskylten "the running man" enligt ISO 7010, som visas i Figur 19 i denna rapport, i en simulation av en vägtunnel. Skylten är inte än välkänd i USA så trots att Higgins et al. (2015) rekommenderar att den ska användas så föreslår de att skylten ska kompletteras med texten "EXIT". Dessa skyltar bör vara placerade var 25e meter och kompletteras med avstånd till de två närmaste utrymningsvägarna. För att skyltarna ska vara synliga i rök säger Higgins et al. (2015) att kontrasten mellan skyltens bakgrund och symbol bör vara så hög som möjligt. För genomlysta skyltar kan man uppnå en högre kontrast genom att maximera opaciteten på skyltens mörka delar.

Zhang et al. (2021b) genomförde försök i en rökfylld tunnel där de testade olika tekniska installationer, bland annat utrymningsskyltar med information om riktning och avstånd till de två närmaste utrymningsvägarna. Dessa skyltar var viktiga för att guida de utrymnande och hjälpa dem lokalisera sig i förhållande till utrymningsvägarna. Något som Zhang et al. (2021b) uppmärksammade var att efter en kort stunds letande var det många som stannade, saktade ner eller vände tillbaka om de inte hittade en utrymningsväg.

Fridolf & Frantzich (2015) genomförde ett utrymningsförsök i Norra Länken och de rekommenderar att på motsatt tunnelvägg från nödutgångar bör skyltar som upplyser de utrymnande om att de finner nödutgången på motstående tunnelvägg sitta. På den motsatta tunnelväggen från nödutgångarna bör det även sitta utrymningsskyltar som informerar om avståndet till de två närmaste utrymningsvägarna (Fridolf & Frantzich, 2015).

7.1.1 Övrig skyltning

de Laval, Ceci, & Daram (2010) har i en studie undersökt hur den upplevda säkerheten ser ut i biltunnlar, de drog slutsatsen att det bör skyltas hur långt det är kvar av tunneln eller hur långt man har kört. de Laval, Ceci, & Daram (2010) menar att det skulle vara betryggande och ge kontroll till de som färdas i tunneln vid kö och olyckor.

7.2 Utrymningsbelysning

I en studie av Nilsson, Frantzich, & Saunders (2005) testade man blinkande lampor bredvid nödutgångsskyltar i byggnader. Vid användandet av blinkande lampor ökade användningen av den specifika nödutgången. Flera försök med olika färger på de blinkande lamporna genomfördes, slutsatsen drogs att grön är den bäst lämpade färgen (Nilsson, Frantzich, & Saunders, 2005).

Nilsson (2009) genomförde försök med blixtljus vid nödutgångar i byggnader. Slutsatsen kring den rekommenderade utformningen var att gröna blinkande lampor bör sitta bredvid nödutgångsskyltar och aktiveras samtidigt som brandlarmet. Detta hade en positiv verkan på vägvalet, men andra faktorer så som lokalkännedomen och social påverkan spelade också en stor roll (Nilsson, 2009).

7.2.1 Vägledande utrymningsljus

Fridolf & Frantzich (2017) genomförde en litteraturstudie och ett laboratorieförsök där olika belysningsarmaturer testades i rökfylld miljö för att studera utrymningsbelysning som krävs enligt SS-EN 16276:2013. Slutsatsen som drogs är att utrymningsbelysning bör uppfylla både en upplysande funktion av utrymningsvägen och en orienterande funktion för de som utrymmer till fots i tunneln. Fridolf & Frantzich (2017) kom fram till att kraven på belysning som ställs enligt SS-EN 16276:2013 inte är tillräckligt höga för att ge båda dessa funktioner. Detta för att kraven på ljusstyrka är låga och inga krav ställs på belysningsstyrka. Vidare nämner de att det kan vara svårt att uppnå den orienterande och belysande funktionen med endast punktbelysning.

Celander & Zarikov (2020) genomförde utrymningsförsök i en rökfylld tunnel med syftet att studera hur människors beteende och förflyttning påverkas av olika belysningsarmaturer. Kontinuerlig belysning i form av en ljusslinga (på 1 meters höjd) gav en snabbare gånghastighet än punktbelysning (på 0,95 meters höjd). Ungefär $\frac{3}{4}$ av dem som genomförde försöket med ljusslinga upplevde att möjligheten att orientera sig var stor. Av de som genomförde försöket med punktbelysning med 24 meter mellan ljuskällorna var det ungefär $\frac{3}{4}$ som upplevde att de hade små möjligheter att orientera sig (Celander & Zakirov, 2020).

I försök genomförda av Larsen, Jørgensen, & Hafdell (2019) kom de fram till att punktbelysning som sitter på höjden 1 meter med 25 meters avstånd inte bidrar med en vägledande effekt i en rökfylld miljö. För att belysningen ska ge en vägledande effekt vid en ventilerad bilbrand bör armaturerna sitta med 10 meters avstånd. I de värsta fallen bidrar inte punktbelysning till någon vägledande effekt alls (Larsen, Jørgensen, & Hafdell, 2019). För att få en vägledande och orienterande effekt från belysningen bör man istället använda sig av kontinuerliga LED-listor. 200 lm/m krävs för att få en visuell effekt vid utrymning i rök. I tjock rök når dock aldrig ljuset ner till golvet hur hög ljusstyrka man än har (Larsen, Jørgensen, & Hafdell, 2019).

I utrymningsförsök i rök genomförda av Frantzich & Nilsson (2003) testades rinnande ljus på var sida om en av nödutgångarna. Inga tydliga slutsatser kunde dras kring de rinnande ljusen, men ingen av deltagarna valde att utrymma genom nödutgången som hade dessa. Ett problem de ta upp är att avancerade utrymningsfrämjande installationer kan bli svåra att tolka. Frantzich & Nilsson (2003) poängterar därför vikten av att de utrymningsfrämjande installationerna ska vara lätta att förstå, de rekommenderar bland annat utrymningsskyltar med pilar som visar vägen till de närmaste utrymningsvägarna.

I försök genomförda av Larsen, Jørgensen, & Hafdell (2019) visade de att ljusarmaturer i taket förlorade all sin nytta så fort rök började samlas i taket. Därför kan de bortses från i vid utrymningsscenarion orsakade av brand.

7.2.2 Ljusmarkörer vid nödutgång (blytljus)

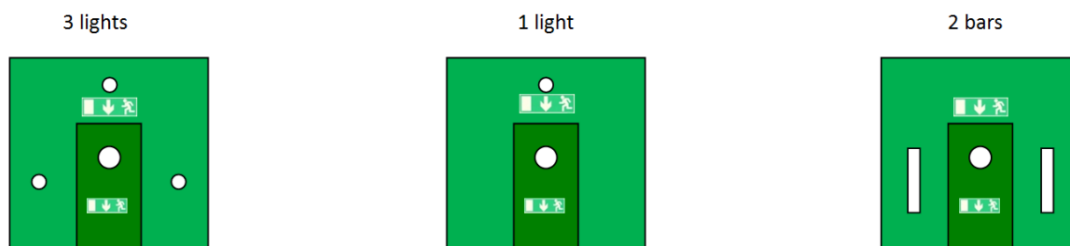
I utrymningsförsök i rök genomförda av Frantzich & Nilsson (2003) testades olika typer av belysning för att få människor att använda nödutgångar i en tunnel. Blinkande lampor vid nödutgångarna visade sig vara ett effektivt sätt att fånga deltagarnas uppmärksamhet på, dessa i kombination med nödutgångsskyltar krävdes för att deltagarna skulle välja att utrymma genom nödutgången. De blinkande lamporna som användes hade en orange färg, vilket

tenderar att uppfattas som något negativt, till exempel fara. Att undersöka andra färger på de blinkande lamporna kan därför behöva göras (Frantzich & Nilsson, 2003).

Frantzich (2004) genomförde utrymningsförsök i en korridor som skulle likna vid en tunnel. Olika färger på blinkande lampor och blyxtljus på var sida om nödutgångsskyltar studerades. Både nödutgångar med blinkande lampor eller blyxtljus användes av fler deltagare än nödutgångar som endast hade en nödutgångsskylt. Frantzich (2004) drog slutsatsen att den lämpligaste färgen att ha på de blinkande eller blyxtrande ljusen är grön.

I ett försök genomfört av Nilsson, Johansson & Frantzich (2009) testade man att sätta en blinkande grön lampa under utrymningsskylten som sitter ovan nödutgångar. Gröna blinkande lampor kan vara viktiga, men deras resultat tyder på att bilister inte alltid medvetet lägger märke till belysning vid nödutgångar.

I utrymningsförsök i VR¹³ genomförda av Ronchi & Nilsson (2015) testades tre olika utformningar av blyxtljus vid nödutgångar i en tunnel. Utformningarna visas i Figur 30 nedan. Ronchi & Nilsson (2015) kom fram till att gröna eller vita lampor var att föredra över blåa, blinkfrekvenserna 1 Hz och 4 Hz var bättre än 0,25 Hz, samt att LED-lampor var att föredra över 'strobe lights'¹⁴. De tre olika utformningarna av belysning presterade likvärt och ingen signifikant skillnad mellan dem kunde hittas, dock rekommenderar Ronchi & Nilsson (2015) att mer än en lampa används.



Figur 30¹⁵ Schematisk representation av lampornas utformning hämtad från (Ronchi & Nilsson, 2015)

Higgins et al. (2015) rekommenderar att nödutgångar ska ha utrymningsskyltar, lysas upp med belysning enligt CIE 193-2010 och ha 'strobe lights'. Blinkfrekvensen bör ligga mellan 1 och 2 Hz.

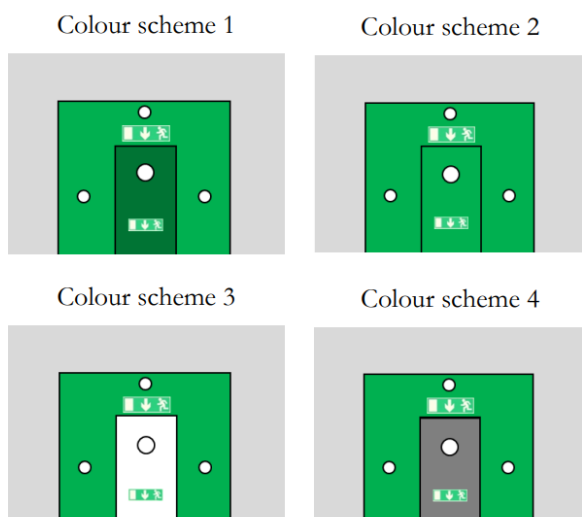
7.3 Utrymningsportaler

Ronchi & Nilsson (2013) har gjort en kvalitativ bedömning med hjälp av "affordance"-teorin, som presenteras i avsnitt 4.2.3 i denna rapport, för att ta fram den bästa färgen att ha på utrymningsportaler. De utformningarna som analyseras visas i Figur 31 nedan. Då grönt associeras med säkerhet ansåg Ronchi & Nilsson (2013) att det är en färg som ger bättre "cognitive affordance" än vita eller gråa dörrar. De rekommenderar att portalen runt dörren ska vara i den gröna färgen "safety green" och att själva dörren ska vara i en något mörkare grön. Den rekommenderade utformningen är *Color scheme 1* i Figur 31 nedan.

¹³ Virtual Reality

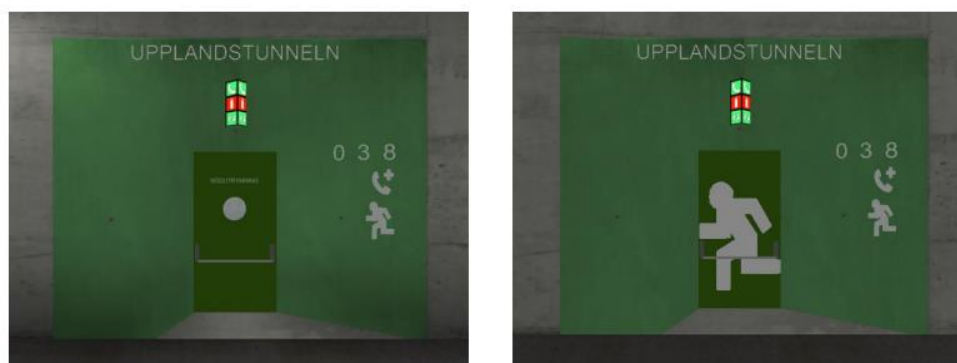
¹⁴ Stroboskoplampor är ljusarmaturer som producerar ljusblixtar

¹⁵ Publicerad med godkännande från upphovsrättsägaren



Figur 31¹⁶Fyra möjliga utformningar av färgscheman på utrymningsportaler hämtad från (Ronchi & Nilsson, 2013)

Ronchi & Nilsson (2015) genomförde VR-försök där de studerade två olika utformningar av utrymningsportaler. De två utformningarna visas i Figur 32 nedan. Försöken genomfördes utan rök och ingen skillnad på hur effektiv utformningen var kunde urskiljas mellan de två utformningarna. Ronchi & Nilsson (2015) påpekar dock att man bör ha fönster på dörren, oavsett övrig design, för att utrymmande ska kunna se vad som finns bakom dörren.



Figur 32¹⁷Utformning av testade utrymningsportaler hämtad från (Ronchi & Nilsson, 2015). Den vänstra dörren har ett fönster med texten "NÖDUTRYMNING" ovanför och den högra har en springande gubbe på sig.

Fridolf & Frantzich (2015) genomförde utrymningsförsök där de testade en utrymningsportal som var framtagen som rekommendation för Förbifart Stockholm. Portalen bestod av en mörkgrön dörr som hade en fönsterruta och texten "NÖDUTRYMNING", ovanför dörren satt en vanlig utrymningsskylt och en högtalare som spelade en larmsignal och ett talat meddelande. Runt dörren var en portal i en ljusare grön färg som totalt var ungefär 4 meter bred och 4 meter hög. I överkant och längst ut på var sida på portalen satt en grön blinkande lampa som blinkade med en frekvens på ungefär 1 Hz. Ovanför portalen satt skyltarna nödtelefon, brandsläckare och nödutgång på höjd i en ljuspelare. Utrymningsförsöket

¹⁶ Publicerad med godkännande från upphovsrättsägaren

¹⁷ Publicerad med godkännande från upphovsrättsägaren

genomfördes under dåliga siktförhållanden och slutsatsen Fridolf & Frantzich (2015) drog var att utrymningsportalen fungerade bra då många deltagare gick till den.

Som komplement till utrymningsportalen rekommenderar Fridolf & Frantzich (2015) att installera ledstänger på tunnelväggarna, detta skulle underlätta människors orientering och eventuellt öka gånghastigheten hos de utrymmande. På motstående vägg från nödutgångarna skulle man kunna någon form av avbrott mitt över från nödutgångarna för att fånga de utrymmandes uppmärksamhet. Fridolf & Frantzich (2015) tar också upp att utformningen på utrymningsfrämjande installationer bör vara enhetliga i tunnelbeståndet.

7.4 Trafikinformationsskyltar

Nilsson et al. (2018) tar upp ett exempel från Södra Länken i Stockholm där man på trafikinformationsskyltarna bland annat hade meddelandet ”utrym tunneln”. Detta meddelande visades i den branddrabbade delen av tunneln och tanken var att människor skulle lämna sina bilar och utrymma till fots. Men då brand har inträffat i tunneln visade det sig att det inte var så alla tolkade meddelandet, vissa valde att köra ut ur tunneln genom röken istället vilket kan vara väldigt farligt. Meddelandet är nu uppdaterat och istället får man meddelandet ”STANNA MOTORN, UTRYM TUNNELN”. Nilsson et al. (2018) menar att ur förarens perspektiv går det inte att köra ut ur tunneln med motorn avstängd, vilket då endast lämnar alternativet att utrymma till fots.

Nilsson, Johansson, & Frantzich (2009) nämner att trafikinformationsskyltar är viktiga för att få människor att lämna sina bilar. Vidare säger de att trafikinformationsskyltar är bra för de kan användas för att ge kortfattad och precis information till trafikanter om en nödsituation.

Petterson & Pryke (2014) har studerat trafikinformationsskyltar i en simulerad miljö där deltagarna fick utvärdera skyltarnas budskap och i en utomhusmiljö för att utvärdera skyltarnas läsbarhet på olika avstånd. De kom fram till att för att få trafikanter att utrymma till fots så är det positivt med kombinationen av text och grön utrymningssymbol. Det är viktigt att ha med orden ”brand” och ”utrym”, samt de röda kryssen som visar avstängda körfält. De flesta deltagarna föredrog den gröna utrymningssymbolen på en stor skylt, vilket Petterson & Pryke (2014) säger är förväntat då det ger en högre läsbarhet. De testade också olika textmeddelanden med olika många bokstäver vilket ledde till olika textstorlek för att texten skulle få plats på skyltarna. Även om längre meddelanden kunde vara bra ur tolkningssynpunkt gav de en sämre läsbarhet på långt avstånd.

Ronchi & Nilsson (2013) har studerat utformningen på trafikinformationsskyltar med hjälp av ”affordance”-teorin och en enkätstudie där deltagarna fick se olika utformningar på trafikinformationsskyltar i ett hypotetiskt tunnelscenario. Den rekommenderade designen de kom fram till visas i Figur 33 nedan. Ronchi & Nilsson (2013) rekommenderar att texten är i bärnstensfärg, uppdelad på två rader och att blinkande lampor sitter vid texten för att fånga trafikanternas uppmärksamhet. Skylten med utrymningssymbolen bör inte ha blinkande lampor då detta kan ge motstridig information. Stora skyltar är bra för att fånga trafikanternas uppmärksamhet och mängden information bör vara liten för att minimera den krävda visningstiden (Ronchi & Nilsson, 2013).



Figur 33¹⁸ Rekommenderad utformning av trafikinformationsskyltar baserad på Ronchi & Nilsson (2013)

7.5 Högtalare

Ronchi & Nilsson (2013) har tagit fram ett rekommenderat akustiskt system genom att analysera olika signaler med ”affordance”-teorin. Den rekommenderade signalen är hämtad från den Brittiska standarden (2013) BS 5839-1:2013 Fire detection and fire alarm systems for buildings och redovisas i Tabell 4 nedan. De rekommenderar även att talade meddelanden inte ska användas då de kan vara svåra att uppfatta i tunnlar.

Tabell 4 Rekommenderat akustiskt system baserat på (Ronchi & Nilsson, 2013) och (British Standards, 2013)

Signal	Standard	Frekvensmönster	Frekvensomfång [Hz]	Visuell bild av frekvensmönstret
F_SAW	Brittisk standard	Stigande: 0,14 s (7 Hz)	800-970	

Ronchi & Nilsson (2013) påpekar att ljudnivån bör justeras efter det bakgrundsljud som finns i tunneln och systemet bör mätas och kalibreras i den tänkta tunnelmiljön med körande bilar. Signalen bör också testas så att den hörs inuti bilar.

Utrymningsförsök av Nilsson, Johansson & Frantzich (2009) visar att ett talat utrymningsmeddelande kan vara svårt att uppfatta i en tunnel. Men någon form av ljudsignal är att föredra då det fångar trafikanters uppmärksamhet och får dem att söka efter mer information.

Zhang et al. (2021a) testade ett talat meddelande i sina utrymningsförsök. Högtalare var placerade varje 100 meter som spelade upp ljudet av en ringande klocka kombinerat med en röst som sa att det brann i tunneln och instruerade att man skulle lämna sin bil och utrymma genom närmaste nödutgång. Vissa deltagare angav att det var svårt att urskilja vad meddelandet sa och ekot som uppstod från meddelandet var störande. Zhang et al. (2021a) drog inga slutsatser kopplade till ljudsystemet.

Zhang et al. (2021b) använde sig av en ringande signal och ett talat meddelande för att ge information om nödsituationen i en rökfylld tunnel. Högtalaren var placerad där deltagarna påbörjade försöket, vilket var mellan två utrymningsvägar. Zhang et al. (2021b) drog slutsatsen att ringklockan är viktig för att ge ”sensory affordance” och det talade meddelandet för ”cognitive affordance”. De märkte effekter på de utrymnande från ljudet i form av hög

¹⁸ Publicerad med godkännande från upphovsrättsägaren

puls, högt blodtryck och hög stressnivå. Zhang et al. (2021b) påpekar därför att det är viktigt att man hittar rätt volym och frekvens på ljudet för att inte påverka människor negativt.

Norén & Winér (2003) studerade effekten av ett talat meddelande på bilförare. Deras resultat var att det var information från högtalarsystemet som bidrog till att de flesta valde att lämna sina bilar och utrymma till fots. Att ge information till förarna i ett tidigt skede bidrar till en snabb reaktion och är hjälpsamt för människors beslutsfattande (Norén & Winér, 2003).

Vid ett utrymningsförsök i en tunnel genomförd av Burns et al. (2013) visade resultatet att ett talat meddelande var den huvudsakliga informationen som ledde till att deltagare valde att lämna sina bilar och utrymde till fots. Deltagarna var tveksamma och började inte utrymma fören de hörde det talade meddelandet. Majoriteten av deltagarna valde att utrymma baserat på det talade meddelandet. Men flera deltagare uppgav att de hade svårt att uppfatta meddelandet och valde att utrymma baserat på att andra gjorde det (Burns, o.a., 2013).

I ett utrymningsförsök i Götatunneln av Frantzich et al. (2007) användes ett talat utrymningsmeddelande som startades 2 minuter och 30 sekunder efter att "olyckan" skett. Vid den tidpunkten hade ungefär hälften av deltagarna redan lämnat sina bilar och tagit sig till en nödutgång. De som fortfarande satt kvar i sina bilar uppgav att det talade utrymningsmeddelandet var svårt att uppfatta i bilen. Ändå var utrymningslarmet en avgörande faktor i deras beslut att lämna bilen. Frantzich et al. (2007) drar slutsatsen att det är fördelaktigt att ha någon typ av talat meddelande eller ljudsignal för att det fångar människors uppmärksamhet och kan få dem att söka efter mer information. Information kan bland annat fås via trafikinformationsskyltar vilka deltagarna upplevde var viktiga.

7.6 Vägledande ljud

Tronstad et al. (2021) genomförde utrymningsförsök där deltagarna hade förtäckta skidglasögon på sig för att simulera en mörk tunnel. Test genomfördes med vägledande ljud i form av klickande ljud, visslande ljud och en ringande klocka. Statistisk var det ingen skillnad på hur deltagarna reagerade på ljuden, men deltagarna föredrog den ringande klockan och det visslande ljudet över det klickande. Tronstrand et al. (2021) kom fram till att akustiska system kan användas för att guida människor i en önskad riktning, och får människor information i förväg att de ska följa ljudet blir effekten ännu bättre. Men fler studier där man testat om ljudsignalerna hörs i verkliga tunnelmiljöer behövs (Tronstad, Genssen, Moscoso, Södersten, & Zaikonnikov, 2021)

Higgins et al. (2015) testade ljudfyrrar¹⁹ som komplement till nödutgångsskyltar och de kom fram till att det kunde vara ett bra komplement till skylten. Ljudet bör kalibreras så att det hörs för de som är relativt nära nödutgången och det bör vara ett kort och enkelt meddelande som upprepas. Higgins et al. (2015) rekommenderar meddelandet "exit here" och det kan sägas på flera språk för att fler ska förstå meddelandet. Många deltagande tyckte att det talade meddelandet var bra, men vissa kunde inte uppfatta var ljudet kom från.

Mellert & Welte (2012) testade en ljudfyr ovanför nödutgångar som först gav två akustiska signaler och sedan ett talat meddelande. Det talade meddelandet var "exit here" på engelska, tyska och franska. Ljudfyren fungerade bra för att få människor att utrymma genom den

¹⁹ En högtalare som spelar ett ljud och/eller ett talat meddelande som används för att vägleda människor. Ljudfyrrar som tas upp i denna rapport sitter vid nödutgångar för att vägleda utrymmande till dessa.

närmaste nödutgången och det kan också hjälpa människor som går på fel sida tunneln att hitta rätt. Men för att hitta den ljudsignal eller det meddelande som fungerar bäst behövs mer forskning (Mellert & Welte, 2012).

I försöken av Fridolf & Frantzich (2015) där de testade den rekommenderade utrymningsportalen för Förbifart Stockholm använde de en högtalare vid dörren som spelade en kombination av en larmsignal och ett talat meddelande. Fridolf & Frantzich (2015) rekommenderar användandet av ljudfyrrar, men stor vikt behöver ligga vid att utforma ljudsignaler och meddelanden så att de går att uppfatta i den aktuella tunneln och dess ljudmiljö.

Boer & van Wijngaarden (2004) tar, i sin studie gällande ljudsystem som underlättar vid tunnelutrymning i tjock rök, upp att ett koncept för ljudfyrrar som togs fram i Storbritannien var effektivt då de utrymmande fått information om att de skulle följa ljudsignalen. Men fick deltagarna inte någon information i förhand var systemet väldigt ineffektivt. Boer & van Wijngaarden (2004) testade därför ett system som satt ovanför nödutgångar och som kombinerade en ringande klocka och det talade meddelandet "exit here". De utrymmande i försöket av Boer & van Wijngaarden (2004) fick instruktionen att de skulle ta sig i säkerhet bort från röken, men de fick ingen information om nödutgångar och ljudfyrrar. Nästan alla deltagare gick raka vägen till närmaste nödutgång så fort de kom ut i tunneln. Något som Boer & van Wijngaarden (2004) poängterar är att det är viktigt att man i utformningen av ljudfyrrar tar hänsyn till den övriga ljudmiljön i tunneln.

7.7 Informationsbehov hos trafikanter

Higgins et al. (2015) har i sin rapport dragit slutsatsen att det är viktigt att nå ut med information till bilförare om nödsituationer och ge tydliga instruktioner på hur de ska agera. Får förarna information, antingen i textform eller i ett talat meddelande, att de ska lämna sina bilar och utrymma till fots ökar sannolikheten att de faktiskt gör det.

I en studie av Kinaterer et al. (2013) har man testat hur deltagarna agerar vid en bilbrand i en tunnel. Deltagarna delades upp i tre grupper som fick olika typer av träning och information innan de genomförde utrymningsförsöket. Grupp 1 fyllde endast i ett frågeformulär, grupp 2 fyllde i frågeformuläret och läste en broschyr om tunnelsäkerhet, och grupp 3 fyllde i frågeformuläret, läste informationsbroschyren och fick träna på ett tunnelscenario i VR. En vecka senare fick deltagarna köra genom en vägtunnel där de kom fram till en bilrock med kraftig rökutveckling. Resultatet från Kinaterer et al. (2013) visar att deltagarna i grupp 2 och 3 visade ett mer tillförlitligt utrymningsbeteende än grupp 1. Deltagarna i grupp 3 agerade snabbare och bättre än grupp 2. Av de i grupp 1 som agerade fullgott var alla kvinnor. Ett år senare genomfördes en enkät som visade att en minskning i kunskapen om tunnelsäkerhet hade skett bland deltagarna, men grupp 3 hade lite bättre kunskap än de övriga grupperna.

Habibovic & Englund (2013) har i en litteraturstudie kommit fram till att målet med den information som når ut till trafikanter i nödsituationer är få dem uppmärksamma på faran, hjälpa dem i sin beslutsfattning och guida dem under utrymningen. Habibovic & Englund (2013) drar även slutsatsen att för att få utrymningen att gå snabbare finns det fördelar med att ge personlig information i nödsituationer, utöver brandlarm och informationsskyltar. Hur detta ska göras har de dock inte dragit några slutsatser kring, men de nämner att mobiltelefoner kan vara ett alternativ. Habibovic & Englunds (2013) litteraturstudie visar att

informationsbehovet varierar stort mellan olika grupper av människor, faktorer som påverkar informationsbehovet kan bland annat vara ålder, funktionsnedsättningar och om man är yrkesförare.

Frantzich, Nilsson, & Rød (2016) tar i en litteraturstudie upp att som komplement till de informationssystem riktade till trafikanter i tunnlar kan information förmedlas via bilens radio, mobiltelefoner eller via fordons kommunikationssystem när teknik har utvecklats för detta. Trafikinformation via radiobrytningar används i dagsläget och Frantzich, Nilsson, & Rød (2016) säger att det kan vara en viktig informationskälla för att trafikanterna ska bli varse om att det brinner och få instruktioner om hur de ska agera. Frantzich, Nilsson, & Rød (2016) nämner att även om det är rök i tunneln så är det inte säkert att trafikanter förstår att de behöver utrymma, därför är det viktigt med informationssystem som ger ytterligare information om nödsituationer.

Martens & Jenssen (2012) har i en litteraturstudie och resonemang baserade på teorier kring människors beteende vid brand dragit slutsatsen att trafikanter i väg- och järnvägstunnlar bör få korrekt, specifik och aktuell information. Då människor underskattar brandutveckling och konsekvenser av en brand är det viktigt att man ser till att människor förstår att det brinner, att situationen är seriös och att de behöver utrymma. Informationen bör vara övertydlig och upprepas.

7.8 Val av utrymningsväg

Zhang et al. (2021a) drar från sina försök slutsatsen att människor tenderar att utrymma genom den ursprungliga entrén de kom in i tunneln genom istället för att använda den närmaste nödutgången. Hur detta påverkas av vägledande markeringar är dock inte något som diskuteras. Då människor drar sig till ljusa och upplysta platser rekommenderar Zhang et al. (2021a) att informationsskyltar bör sitta på ljusa platser för att fler människor ska se dem.

Norén & Winér (2003) drog tre slutsatser gällande var människor går vid utrymning i en tunnel, dessa presenteras nedan:

- Människor vill inte passera ett brinnande fordon
- Om människor har två utrymningsvägar att välja mellan så väljs nästan alltid den närmsta
- Om människor inte kan välja den närmste nödutgången går de till nästa nedströms i körriktningen.

Kecklund et al. (2007) tar upp vikten av att det är lätt att öppna dörrarna till nödutgångar. Om det inte är det kan trafikanten fortsätta leta efter andra nödutgångar. Att ha en liknande utformning på utrymningsfrämjande installationer i tunnelbeståndet är positivt då det bidrar till att trafikanter upplever en igenkänning. Vilket därmed leder till en större sannolikhet att veta hur de ska utrymma i en nödsituation trots att man aldrig varit i just den specifika tunneln tidigare (Kecklund, Petterson, Anderzén, Frantzich, & Nilsson, 2007).

7.9 Förflyttning i tunnel

I försöken genomförda av Celandier & Zarikov (2020) undersökte de hur gånghastigheten påverkas av en rökfylld miljö jämfört med en rökfri miljö. I deras experiment hade 87 % av dem som genomförde båda försöken en lägre gånghastighet i den rökfylld tunnel jämfört med

den rökfria. Gånghastigheten påverkades även av utrymningsbelysningen, majoriteten av deltagarna hade en högre gånghastighet då den vägledande belysningen bestod av en kontinuerlig ljusslinga (Celander & Zakirov, 2020).

I utrymningsförsök i rök genomförda av Frantzich & Nilsson (2003) användes en 37 meter lång tunnel uppbyggd av containrar. Resultaten visade att gånghastigheten minskade ju lägre sikten i tunneln var. Något som var fördelaktigt för en ökad gånghastighet var att deltagarna kunde orientera sig genom att följa tunnelväggen med sina händer. För att underlätta för de utrymnande rekommenderar därför Frantzich & Nilsson (2003) att man i tunnlar installerar någon typ av ledstång.

I försöken av Celander & Zakirov (2020) då deltagarna förflyttade sig i en rökfylld tunnel hade ungefär 4/5 av deltagarna en medveten strategi. Den främsta strategin var att orientera sig genom att följa fasta konstruktioner i tunneln, så som tunnelns väggar och belysningsarmaturerna. Andra strategier var att känna sig fram med händer och fötter, samt att följa ljuset från belysningsarmaturerna (Celander & Zakirov, 2020).

7.10 Utbildning av trafikanter

Schmidt-Polończyk, Waś, & Porzycki (2021) har i en enkätstudie dragit slutsatsen att människor överskattar sin kunskap om hur man ska agera vid utrymning ur en tunnel. De deltagare som tidigare hade deltagit i tunnelutrymning hade bättre kunskap om hur man ska agera. Schmidt-Polończyk, Waś, & Porzycki (2021) poängterar att social påverkan är väldigt viktigt vid tunnelutrymning, och kan man öka kunskapen hos en liten del av befolkningen kan det hjälpa många i situation där en tunnel behöver utrymmas. För att öka kunskapen hos allmänheten lägger Schmidt-Polończyk, Waś, & Porzycki (2021) fram förslaget att man kan ha en informationskampanj där man beskriver hur man ska agera vid normala förhållanden i en tunnel, vid köbildning i en tunnel och vid en olycka i en tunnel.

de Laval, Ceci, & Daram (2010) genomförde intervjuer medan bilförare fick köra genom en tunnel. Skulle en olycka ske hade de flesta respondenter bristande kunskap om hur de ska agera och hur utrymningsmöjligheterna ser ut. En slutsats de Laval, Ceci, & Daram (2010) drog var därför att utbildning gällande tunnelutrymning bör ingå i körkortsutbildningen och ytterligare utbildning bör ske för yrkestrafikanter.

7.11 Människors beteende

Norén & Winér (2003) drar slutsatsen att social påverkan spelar en viktig roll vid utrymning ur tunnlar, till exempel om en bilförare öppnar dörren och kliver ut resulterar det i att fler gör det samma. Detta ger positiva effekter i form av att någon som har lite information om nödsituationen reagerar och agerar snabbare än om de hade varit själva. En anledning till att bilförare har lite information kan vara att de lyssnar på musik och därför inte hör högtalarutrop (Norén & Winér, 2003). Norén & Winér (2003) tar också upp att nödutgångar kan behöva utformas på ett bättre sätt, alternativt behövs fler nödutgångar, då det vid flera försök uppstod köbildning vid nödutgångarna.

Nilsson, Johansson, & Frantzich (2009) drog slutsatsen att social påverkan är en viktig faktor både när det gäller att få människor att kliva ur sina bilar och vild val av utrymningsväg. Då människor påverkas av varandra är det väldigt viktigt någon påbörjar utrymning.

Wąs, Porzycki, & Schmidt-Polończyk (2018) tar upp negativa effekter av grupp beteende efter att ha gjort ett utrymningsförsök där en buss med 50 passagerare stannar i en rökfylld tunnel. Trots att det var rök i tunneln och brandlarmet ringde var det ingen på bussen som började utrymma förens de hörde ett talat meddelande. När deltagarna hade börjat utrymma hade de en stark tendens att följa gruppen så länge de kunde se varandra.

Kinateder et al. (2014) genomförde utrymningsförsök i en rökfylld tunnel i VR med virtuella agenter²⁰ som agerade på olika sätt i olika försök. De kom fram till att social påverkan både kan ha en positiv eller negativ effekt i utrymningssituationer eftersom försökspersonerna var benägna att följa agenterna. Social påverkan kan både öka och minska sannolikheten att rätt beslut tas och den närmaste utrymningsvägen används. Ungefär 60 % av deltagarna gick till den närmaste nödutgången oberoende av social påverkan, men det fanns individer som valde att gå in i röken trots att det fanns synliga nödutgångar.

Martens & Jenssen (2012) har dragit slutsatsen att man påverkas av andra vid nödsituationer i tunnlar vilket leder till ett grupp beteende. Detta kan ha både positiva och negativa effekter, människor kan följa andras exempel att lämna sina bilar, men om ingen gör detta kan det leda till att människor istället stannar kvar i sina bilar. En lösning på detta som Martens & Jenssen (2012) tar upp är att man kan utbilda yrkeschaufförer så att de agerar korrekt och kan instruera andra att utrymma.

Gandit, Kouabenan, & Caroly (2009) genomförde en enkätstudie för att studera människors riskperception, upplevda kontroll, medvetenhet om säkerhetskonceptet, nivå av ångest och deras avsiktliga beteende i händelse av nödsituation i en vägtunnel. Resultatet visade att det fanns en korrelation mellan riskperception, medvetenhet om säkerhetskonceptet och erfarenheten av att köra i tunnlar som ledde till att man hade en hög upplevd kontroll över situationen. En betydande korrelation fanns även mellan nivå av ångest och den upplevda kontrollen över situationen. De evakueringsbeteenden som uppgavs av deltagarna var långt ifrån de som var förväntat, därför föreslår Gandit, Kouabenan, & Caroly (2009) förebyggande åtgärder i form av förbättrad information och förbättrade varningssystem.

Fraser-Mitchell & Charters (2005) tar upp i en litteraturstudie att människor ogärna lämnar sina bilar, trots att en tunnel är fylld med rök. Anledningar till detta kan vara människors rädsla att bli av med bilen, att de vill slutföra sin resa och att det är besvärligt. De tar även upp att man kan tro att bilen är en säker plats då den håller ute rök ett tag. Fraser-Mitchell & Charters (2005) tar upp exempel på flera situationer där människor inte utrymmer förrän de fått instruktioner att göra det eller ser andra utrymma.

Kecklund et al. (2007) har studerat utrymningskommunikation i vägtunnlar ut ett MTO²¹-perspektiv. Kecklund et al. (2007) tar upp social påverkan som både en positiv och negativ faktor, om andra utrymmer kan man påverkas att göra det samma men om andra väljer att stanna i sina bilar kan man påverkas till att själv göra det också. För att dra nytta av den positiva effekten är utbildning riktad till förare om hur man ska agera vid en nödsituation i en tunnel bra. Yrkeschaufförer kan utnyttjas genom att de får lära sig hur de kan hjälpa andra att utrymma i en nödsituation.

²⁰ Datoranimerade människor

²¹ Människa, teknik och organisation

Ett utrymningsförsök i Götatunneln av Frantzich et al. (2007) visade att social påverkan hade stor betydelse vid utrymning. Både för att få deltagarna att lämna sina bilar och vid deltagarnas val av utrymningsväg. När deltagarna hade lämnat sina bilar valde de flesta att gå till den närmaste nödutgången.

7.12 Lärdomar från olyckor i vägtunnlar

I en rapport av Petterson & Pryke (2014) dras slutsatsen att de olyckor som utreds i vägtunnlar i Sverige nästan uteslutande är dödsolyckor och bränder. Övriga incidenter utreds väldigt sällan. Vid de olyckor som utreds studeras sällan trafikanternas beteende speciellt noggrant, vilket även tas upp av Nilsson, Johansson, & Frantzich (2009). Petterson & Pryke (2014) har gått igenom utredningar från ett antal bränder i svenska vägtunnlar och drar slutsatsen att trafikanter inte alltid agerar som det är tänkt enligt tunnelns utrymningskoncept. Anledningar till detta kan vara att alvaret i situationen inte uppfattats av trafikanterna eller att de får information som är otydlig eller otillräcklig.

Frantzich, Nilsson, & Rød (2016) konstaterar att, baserat på utredningar från tunnelbränder, att en del människor väljer att stanna kvar i sina fordon. Anledningar till detta kan vara att bilen har ett högt värde och därför vill man inte lämna den, eller att det normala beteendet i tunnlar inte innefattas av att man ska kliva ur sin bil.

Martens & Jenssen (2012) tar upp att flertalet studier visar att människor inte beter sig som det är tänkt enligt tunnelns säkerhetskoncept. Vet inte människor hur de ska agera i en brandsituation i en tunnel finns risken att de väntar kvar i sina bilar för länge och därmed inte hinner utrymma innan förhållandena blir kritiska. Martens & Jenssen (2012) tar vidare upp att utredningar av tunnelbränder främst fokuserar på räddningstjänstens insats, trots att det finns många andra parametrar som är värda att undersöka.

Colombo (2001) tar upp lärdomar från en studie av flera tunnelolyckor i Europa. Bilförare bör på körskolan och andra lämpliga medium få lära sig hur man beter sig när man kör i en tunnel, detta kan ske genom videoutbildning eller text i teoriboken. Vidare bör teoriprovet för körkort innehålla frågor om hur man ska bete sig vid trafikstockning, olycka, att bilen går sönder och vid brand i tunnel (Colombo, 2001).

8 Självutrymning i järnvägstunnlar

I följande kapitel sker en sammanställning av den insamlade litteraturen kopplad till självutrymning i järnvägstunnlar.

8.1 Vägledande markering

I utrymningsförsök genomförda av Fridolf et al. (2013) fanns det utrymningsskyltar som visade avstånd till de två närmaste utrymningsvägarna placerade var åttonde meter på båda sidor i tunneln. Ovanför skyltarna satt det belysning som gav belysningsstyrkan 1 lux mellan lamporna då tunneln inte var rökfylld. Fridolf et al. (2013) drar slutsatsen att dessa installationer förväntas underlätta vid utrymning i rök i järnvägstunnlar.

8.2 Utrymningsbelysning

Cosma (2014) genomförde flera utrymningsförsök i en rökfylld järnvägstunnel i VR där vägledande LED-belysning på golvet längst med väggen testades. Belysningen var riktad uppåt och tanken med belysningen var att leda utrymnande till nödutgångar. Författaren tar upp flertalet felkällor och säger att det inte går att dra några slutsatser gällande den vägledande belysningen baserat på försöken, men uppmärksammar ändå att den upplevdes som positiv av deltagarna och den fick deltagarna att gå närmare väggen. Cosma (2014) säger att fler försök behöver genomföras, både i VR med högre upplösning och i verklig miljö, för att verifiera belysningens positiva effekter.

Frantzich (2000) genomförde utrymningsförsök från ett tunnelbanetåg i en tunnel med syftet att undersöka hur gångmöjligheterna såg ut i spårtunneln. Den huvudsakliga slutsatsen som drogs var att det var viktigt att det fanns vägledande belysning i tunneln, belysningsstyrkan var inte väsentlig men fanns ingen belysning var det svårt för deltagarna att ta sig fram. Med vägledande belysning tänd var gånghastigheten högre än då det inte fanns någon belysning.

Fridolf (2013) genomförde utrymningsförsök där gröna och vita lampor satt bredvid dörren till utrymningsvägen och blinkande gröna lampor satt på var sida om utrymningsskylten ovanför dörren. Trots att dessa installationer fick många att använda nödutgången var det vissa deltagare som tolkade dessa som mötande tåg, växlar eller trafiksignaler.

Nilsson et al. (2018) tar upp exemplet på utrymningsportalen som användes i försöket av Fridolf (2013). Utrymningsportalen utvärderades av sex experter innan tester med människor genomfördes. Ingen av experterna kunde förutse att deltagarna i experimentet i en rökfylld tunnel skulle tolka belysningen kring utrymningsportalen som ett mötande tåg. Det är därför viktigt att experiment genomförs med realistiska scenarion där man testar olika utformningar innan installation sker i en riktig tunnel (Nilsson, o.a., 2018).

Fridolf (2010) har i en litteraturstudie undersökt de faktorer som kan påverka utrymningseffektiviteten i transportsystem under mark. Ett problem som lyfts är att utrymningseffektiviteten minskar om belysningen är otillräcklig.

8.3 Ljudsignaler

Fridolf et al. (2013) drar i sitt utrymningsförsök slutsatsen att en högtalare med ett kombinerat larm och talat meddelande lokalt placerat vid nödutgångar i järnvägstunnlar kan spela en viktig funktion för att människor ska hitta till nödutgångarna. Då rök i en brandsituation kan

blockera den vägledande belysningen kan ljudsignaler fånga människors uppmärksamhet oberoende av vilken sida av tunneln de befinner sig.

Fridolf (2015) drar slutsatsen att högtalaren som spelar upp både en larmsignal och ett talat meddelande är ett effektivt sätt att guida människor under utrymning. Detta gäller både i tunnlar som är och inte är rökfyllda.

8.4 Informationsbehov hos tågpassagerare

I studien av Martens & Jenssen (2012) dras slutsatsen, som tidigare nämnt i avsnitt 7.7, att i en brandsituation är det viktigt att man ser till att människor förstår att det brinner, att situationen är seriös och att de behöver utrymma.

Kecklund et al. (2014) tar även upp att det är viktigt att passagerare på tåg får information om vad det är som händer och vad de förväntas göra. Denna information ges av tågpersonalen och det är därför viktigt att de har utbildning gällande utrymningsrutiner.

Informationen som bör framgå till passagerarna i en nödsituation enligt Fridolf et al. (2013) är typ av nödsituation och hur passagerarna förväntas agera. Ska de utrymma tunneln behöver de alltså få instruktioner om detta. Merander et al. (2020) tar upp att det är viktigt att information som ges till passagerare är tydlig och sammanhängande ur ett helhetsperspektiv. De diskuterar även att om informationen som ges är motstridig finns det en risk att det kan få negativa konsekvenser på utrymningsförloppet.

8.5 Val av utrymningsväg

Fraser-Mitchell & Charters (2005) tar upp i en litteraturstudie att människor i princip alltid utrymmer bort från branden. Detta kan skapa problem om ventilationen trycker brandröken åt samma håll som människor utrymmer.

8.6 Utrymning av tåg

I ett utrymningsförsök av Fridolf, Nilsson, & Frantzich (2012) från ett tåg i en tunnel togs det fram vilka parametrar hos tåget och tågdörrarna som påverkade flödes hastigheten av utrymmande. Flera faktorer tas upp, bland annat att flödes hastigheten minskade om all belysning i tåget var släckt.

8.7 Ledstång

Meraner et al. (2020) tar upp flera faktorer som påverkar förflyttningshastigheten, bland annat att utrymmande använder sina händer för att känna sig fram i en mörk tunnelmiljö. Tunnelväggarnas design kan därför ha en inverkan på förflyttningshastigheten.

Ahlfont & Vermina Lundström (2012) genomförde flera försök där de studerade människors gånghastighet på en upphöjd plattform uppförd i ett laboratorium. På ena sidan av gångbanan fanns en vägg och på den andra en avsats med höjden 1,3 meter. I försöken fanns det bland annat en handledare på väggen och en golvkantlist mot avsatsen, de flesta deltagarna använde inte dessa installationer och de gav ingen skillnad i gånghastighet. Men i enkätsvar från de deltagande upplevdes de ändå positivt att installationerna fanns där.

Fridolf (2013) genomförde utrymningsförsök i en rökfylld tunnel som var tänkt att efterlikna en tunnelbanetunnel. Fridolf (2013) anger att utrymmande med stor sannolikhet kommer att

följa tunnelns väggar och därför är det positivt med ledstänger längst väggarna. Trots att det inte fanns någon upphöjd gångbana i försöken angav deltagarna att en ledstång hade varit bra för att bland annat öka orienteringsförmågan.

8.8 Äldre och personer med funktionsnedsättningar

I en intervjustudie som tas upp av Meraner et al. (2020) intervjuades äldre och personer med funktionsnedsättningar. De påpekade att det är väldigt viktigt att det finns en stega för att de ska kunna utrymma från ett tåg. Ett annat viktigt hjälpmedel som togs upp för att underlätta utrymning av tåget var något att hålla sig i vid tågdörren.

Fridolf (2015) tar upp att man inte har säkerställt att äldre och personer med funktionsnedsättningar på ett säkert sätt kan utrymma tågtunnlar i händelse av brand. I sin doktorsavhandling tar Fridolf (2015) upp att de flesta resultat endast är applicerbara på den genomsnittliga människan och inte äldre eller personer med funktionsnedsättningar. Men det förväntas att de har problem att utrymma tåg vid höga höjdskillnader, och att ta sig fram i tunnlar med ojämn mark.

8.9 Människors beteende

I en litteraturstudie genomförd av Fridolf (2010), där bland annat tidigare olyckor i transportsystemet under mark analyserades, drogs slutsatsen att en stor svårighet i järnväg- och tunnelbanesystem är att få människor att påbörja utrymning. De faktorer som identifierades som anledningen till detta var:

- Människor påverkas av roll-regel-modellen, människor behåller sin roll som passagerare
- Informationen som ges till passagerarna ges inte tillräckligt tidigt, är otydlig och osammanhängande
- Signalerna som uppfattas från branden eller någon annan fara är inte tydliga nog
- Social påverkan från andra människor

Kecklund et al. (2012) har gjort en litteratur- och enkätstudie där de ur ett MTO-perspektiv analyserar vilka olika typer av utrymningsituationer som kan uppstå i järnvägssystemet samt hur människor beter sig i dessa situationer. Studien är inte enbart kopplat till utrymnings ur tågtunnlar, men den tar upp aspekter som är intressanta kopplat till just tunnelutrymning. Kecklund et al. (2012) uppger att problem kan uppstå när många ska utrymma ett tåg samtidigt, köbildning uppstår i tåget och människor kan behöva vänta länge innan de kommer ut ur tåget.

8.10 Lärdomar från olyckor i järnvägstunnlar

Meraner et al. (2020) tar i en sammanställning av bränder i järnvägstunnlar upp att man sällan studerar hur de utrymmande personerna väljer att handla, störst fokus ligger vid att detaljerat beskriva brandförloppet. En punkt kopplat till utrymning som tas upp är dock vikten av att ge information till passagerare då det är tågpersonal som ska initiera utrymning och instruera passagerarna.

9 Intervjustudie

Åtta intervjuer genomfördes, varav två var på plats på Trafikverkets kontor i Solna och resterande genomfördes på olika digitala mötesforum. Tre personer från Trafikverket, fyra konsulter och en pensionär som har arbetet med tunnelsäkerhet intervjuades. Två av konsulterna valde att vara anonyma. Samtliga referat från intervjuerna finns i Bilaga D – Intervjureferat . Nedan presenteras en sammanställning av det som togs upp av respondenterna som anses vara av intresse för detta arbete.

9.1 Inledning

Tunnlars huvudkoncept har inte förändrats nämnvärt över tid, men kraven på bland annat skyltning och belysning har skärpts och utformningen av dessa har därmed blivit bättre uppger fyra respondenter. Dock finns det fortfarande en del problem, till exempel säger en respondent att det finns gamla tunnlar där säkerhetskoncepteten inte har uppdaterats än. Det finns även oklarheter gällande termen nödbelysning i regelverken påpekar en annan respondent, nödbelysning innefattar endast utrymning ur byggnad när normal strömförsörjning försvinner och är därför inte anpassad efter tunnelmiljöer.

Av en respondent påpekas det att säkerhetsnivån för personer med funktionsnedsättningar är varierande i tunnlar och det finns otydligheter gällande vilken säkerhetsnivå som förväntas för dessa personer. Respondenten anser ändå generellt att säkerhetsnivån är tillräckligt hög för personer med funktionsnedsättningar, men man behöver vara ärlig med att rullstolsburna personer behöver hjälp från andra för att utrymma.

9.2 Vägtunnlar

En respondent påtalar att tanken är att trafikanter aldrig ska hamna i en situation där de behöver utrymma till fots i en tunnel, men utrymningsfrämjande installationerna finns för att skapa en robusthet. Det finns möjlighet för många olika tekniska lösningar för skyltning och belysning, men respondenten menar att man behöver samtidigt ta hänsyn till att det är någon som ska styra system också. I nödsituationer har tunneloperatörer redan mycket att göra, så att styra de utrymningsfrämjande installationerna bör vara så enkelt som möjligt. Samtidigt får systemen inte vara för enkla för då kan det istället bli missvisande för de utrymmande trafikanterna.

En respondent har uppfattningen att personsäkerheten vid självutrymning är tillräckligt hög i vägtunnlar samtidigt anger en annan respondent att det behövs högre krav på nödutgångar, skyltar och utrymningsbelysning. Samtidigt tar tredje respondent upp att brandingenjörer för varje nytt tunnelprojekt vill höja säkerheten, men ingen har avlidit på grund av brand i Sveriges vägtunnlar sedan statistik började föras i mitten på 90-talet. Respondenten menar därför att man kanske borde revidera riskanalyserna utifrån den insamlade data som finns istället för att bara fortsätta höja säkerhetsnivån.

Belysning i vägtunnlar bör ha både en belysande och orienterande funktion, men en respondent säger att den orienterande funktionen ofta glöms bort. Två respondenter tar upp att punktbelysning inte är speciellt bra, det är bättre med en kontinuerlig belysning för att ge en orienterande funktion. De problem med punktbelysning som påtalas är att armaturerna lätt skymms och ju längre avståndet är mellan armaturerna ju högre ljusstyrka krävs vilket gör att

lamporna kan bli bländande. I dagsläget sitter punktbelysningen med ett avstånd på ungefär 20 meter, men en respondent uppger att det har förekommit fall då sikten har varit så pass låg att belysningen inte uppfyllt sin funktion.

En respondent säger att utrymningsbelysning inte klarar en miljö som både är och inte är rökfylld, i dagsläget klarar belysningen endast lite rök. Det finns ett stort utrymme för teknisk utveckling då belysningen antingen kan blir bländande utan rök eller inte tillräckligt upplysande i tjock rök. En respondent anser att det behövs mer forskning för att säkerställa vilka belysningskrav som behövs för att få en snabb utrymning.

En belysningstyp som tas upp som positiv är gröna lampor eller gröna LED-listor på var sida om nödutgångar. Sitter de ungefär 1 meter ovanför marken stör de inte bilförare påtalar en respondent. Men mer forskning behövs på belysning i tunnlar, är det rökfyllt i tunneln gör belysning endast väldigt liten nytta menar en respondent.

Ett problem som tas upp av två respondenter är att utformningen av utrymningsskyltar inte alltid blir bra då skyltstorleken enligt Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:74) blir väldigt stor eftersom den baseras på fordonshastighet och därför inte är anpassad för gående. I Norra Länken sitter dessa stora skyltar på den sida av tunneln som inte har nödutgångar, vilket en respondent menar kan leda till att människor går till fel sida tunneln och inte hittar över till en nödutgång om tunneln är rökfylld.

Ytterligare problem gällande skyltar är att de utformas enligt olika standarder, en respondent tycker att man borde kunna enas som att använda en utformning. I vissa fall förekommer skyltar på en cylindrisk yta vilket gör att endast halva symbolen är synlig. Det är inte heller bra om för många skyltar är genomlysta påpekar en respondent, det kan leda till att det är svårt att identifiera skylten för just nödutgångar.

Det ska vara intuitivt att utrymma påtalar en respondent, det bör vara känt att alla nödutgångar finns på samma sida i tunnlar så att utrymmande inte behöver leta på båda sidorna. Viktigt är också att nödutgångar utformas enhetligt så att trafikanter lätt känner igen dem. Vidare är det bra med gröna utrymningsportaler som är kontrasterande mot tunnelväggen så att nödutgången är lätt att hitta. Även glasdörrar eller dörrar med fönster tas av fyra respondenter upp som positivt, belysning innanför dörrarna är bra då det känns mer inbjudande lyfter två av dem.

En respondent anger att digitala trafikinformationsskyltar ger olika budskap i olika delar av tunneln för att ge information som är relevant beroende på var trafikanter befinner sig i förhållande till en brand. Andra fördelar hos trafikinformationsskyltar som tas upp är att det är bra att piktogram används så att utländska förare också kan förstå budskapen och att blinkande lampor används tillsammans med text för att fånga trafikanters uppmärksamhet. En respondent påtalar att då skyltarna endast har plats för lite text kan det vara svårt att formulera meddelanden som både förmedlar allvaret och instruerar trafikanterna vad de ska göra. Därför skulle det eventuellt behövas organisatoriska åtgärder för att få människor att faktiskt följa det som anges på skyltarna. Vidare är ett bra komplement till trafikinformationsskyltarna att det ges meddelanden via bilens radio.

Åsikterna kring ljudfyror i tunnlar är blandade. De kan vara bra för att fånga utrymmandes uppmärksamhet om sikten är så pass dålig att de riskerar att passera nödutgångar och de kan även hjälpa utrymmande som befinner sig på fel sida tunneln hitta över till en nödutgång.

Men ljudfyror kan vara svåra att uppfatta i en tunnelmiljö, bli avskräckande och ljudet kan studsas. Därför behöver en eventuell ljudfyra ha ett inbjudande ljud menar en respondent, till exempel en vänlig röst, men en annan respondent är skeptisk till att ge talade meddelanden i tunnlar. En respondent tror inte ljudfyror behövs då trafikanter får information från flera andra medium, men lyfter ändå att det verkar som att leverantörer kan kalibrera högtalare efter en tunnelmiljö så att trafikanter kan uppfatta meddelanden.

Ett stort problem som beskrivs i intervjustudien är att få människor att lämna sina bilar och utrymma istället för att köra förbi olyckor. Det är därför viktigt att trafikanter får mycket information och kan orientera var de har lämnat bilen. För att trafikanter ska kunna orientera var de har lämnat sina bilar menar en respondent att det hade varit bra med skyltar som anger avstånd till tunnelmynningen.

En anledning till att människor väljer att inte lämna sina bilar är att bilen känns trygg menar en respondent. Många installationer hjälper människor att hitta nödutgångar men respondenten menar att man bör fundera på hur man ska få människor att förstå allvaret så att de faktiskt lämnar sina bilar. En lösning på detta skulle kunna vara att ta med tunnelsäkerhet i körkortsutbildningen, dock sker det ingen repetition efter detta. Då det finns dåligt med information om hur man ska agera vid tunnelutrymning föreslår en annan respondent att man skulle kunna ta fram en informationsfilm²² om just tunnelutrymning som kan användas av media tillsammans med nyhetsreportage.

9.3 Järnvägstunnlar

Två respondenter tar upp att nyare järnvägstunnlar ger bättre möjlighet till självutrymning då utrymningskoncept i form av bland annat skyltning och belysning har förbättrats över tid. För att skapa god förutsättning för självutrymning är det viktigt att helhetsbilden blir bra menar en respondent, en nödutgång bör ha en färg som ger hög kontrast mot tunnelväggen och ett välfungerande beslag. Vidare är också skyltning och belysning väldigt viktigt.

Då utrymmande i järnvägstunnlar endast ska utrymma och inte använda brandsläckare eller nödtelefon bör dessa inte vara belysta eller ha genomlysta skyltar anser en respondent. De enda skyltarna som bör finnas är de gröna utrymningsskyltarna visar nödutgångarna och avstånden till dessa. Respondenten säger att finns endast de vägledande skyltarna i kombination med belysning runt nödutgångar kommer nödutgångarna vara lätta att hitta.

Ledstänger tas upp som en viktig installation i järnvägstunnlar. En respondent menar att belysning i ledstänger är en bra belysningsform som ger ett jämnt fördelat ljus som inte skymms av andra personer. Att det finns krökar på ledstängerna när utrymmande kommer fram till en nödutgång är positivt enligt en annan respondent då det förhoppningsvis får utrymmande att stanna upp så att de upptäcker nödutgången.

I varje tunnelprojekt ser skyltningen och belysningen lite olika ut påpekar en respondent, om man hade standardiserat typlösningar för dessa hade det skapat redundans i ett förvaltningsperspektiv. Vidare tar respondenten upp att orienterande belysning är viktig i järnvägstunnlar då miljön i dessa är mer obekant än i vägtunnlar. Därför är det även viktigt att

²² Trafikverket har tagit fram informationsfilmer som återfinns på deras hemsida via följande länk: <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/trafiksakerhet/Din-sakerhet-pa-vagen/Sakerhet-i-tunnel/>.

innehållet i regelverken och standarderna verifieras så att de ger bra lösningar för tunnelmiljöer.

En respondent anser att säkerheten i nya järnvägstunnlar nästan har blivit för hög om man ser till alla installationer sammanlagt. Utrymningsportalerna som kravställs har en bra nivå och alla installationer behövs menar respondenten, men då de blir mer komplicerade blir de även dyrare och risken finns att de inte fungerar i ett skarpt läge. Samtidigt kan komplicerade system också bli svåra för tunneloperatörerna att hantera vilket kan leda till problem för de utrymmande.

10 Analys

Analysen för detta arbete går ut på att, baserat på teorierna för människors beteende vid brand som beskrivs i avsnitt 4.2 och de tre studierna som har lagt grund för arbetet, analysera de behov som självutrymmande personer i tunnlar har. Analysen kommer fokusera på samspelet mellan människan och utrymningsfrämjande installationerna från det att man får någon form av information om att något inte står rätt till tills det att man har tagit sig till en säker plats. Grunden för analysen ligger i förklaringsmodellen av ett utrymningsförlopp som presenteras i avsnitt 4.3. Utrymningsförloppet delas upp i upptäckt, tolkning och agerande.

Det finns flera anledningar till att man kan behöva utrymma en tunnel, denna analys kommer främst utgå från att utrymning sker på grund av brand. Fokus kommer ligga på utrymning av trafikanter och passagerare i tunnlar. Underhållspersonal och byggarbetare kommer inte behandlas i analysen, dels för att det finns minimalt med forskning gällande utrymning av dessa och dels för att de kan vistas i andra utrymmen av tunnlar och har en helt annan lokalkännedom.

10.1 Upptäckt

Nedan analyseras de olika sätt som upptäckt av brand kan ske i väg- och järnvägstunnlar.

10.1.1 Vägtunnlar

Beroende på var i tunneln man befinner sig i förhållande till en brand kommer man bli varse om branden på olika sätt. Befinner man sig nära branden kan man se själva branden eller brandrök. I svenska vägtunnlar med parallella tunnelrör ventileras brandrök i trafikriktningen, vilket innebär att inga trafikanter kommer att mötas av rök. I enkelrörstunnlar med mötande trafik kommer en av trafikriktningarna mötas av rök innan de kommer fram till branden. Kommer man fram till en kö eller ser man andra trafikanter lämna sina bilar kan även detta vara ett tecken på att något avviker från det normala, avvikelserna kommer dock inte nödvändigtvis tolkas som att det brinner. Det finns flertalet tekniska installationer som kan ge information till trafikanter om att det brinner.

Ett aktiverat brandlarm och/eller aktiverat brandbekämpningssystem (BBS) visar tecken på att det brinner i tunneln. Dessa installationer kommer inte analyseras eller diskuteras vidare, men värt att nämna är att en snabb detektering av brand är viktig för att människor snabbt ska bli varse om branden.

Digitala Trafikinformationsskyltar kan fånga människors uppmärksamhet genom att körfält stängs av med röda kryss, utrymningspiktogram visas och en kort text med blinkande lampor runt visas. De blinkande lamporna ger god ”sensory affordance” då de hjälper till att fånga människors uppmärksamhet.

Information kan även ges via medier såsom bilen radio, mobiltelefoner och kanske i framtiden bilars inbyggda kommunikationssystem. Det är viktigt att trafikanterna får information både om vad som har hänt och hur de förväntas agera. Något man bör ha i åtanke är att ovan nämnda informationskanaler bygger på att branden har detekterats och att någon aktivt skickar ut meddelanden. Detta är inget som innefattas i detta arbete men det är en viktig aspekt att ta hänsyn till för att trafikanter ska få information så snabbt som möjligt.

10.1.2 Järnvägstunnlar

I järnvägstunnlar är sättet passagerare får information på mer begränsat än i vägtunnlar. De kan höra brandlarm på tåget eller i tunneln, märker av att tåget stannar och eventuellt se eller känna lukt från branden och brandgaser. Men den huvudsakliga informationskällan kommer vara tågpersonalen då dessa ska ge information om nödsituationer och instruera passagerare hur de ska agera.

Människor som befinner sig på tåg påverkas med stor sannolikhet av roll-regel-modellen. Att vara passagerare är en passiv roll där information om händelser och ageranden som är utöver de normala förväntas komma från tågpersonal. Det är därför viktigt att tågpersonal får utbildning i hur och vilken information de ska ge till passagerare i händelse av brand.

10.2 Tolkning

Efter att människor mottagit information om att något avviker från det normala kommer de att tolka och försöka förstå vad avvikelsen beror på. Nedan analyseras tolkningsfasen som pågår tills beslutet att agera konsekvensreducerande tas.

10.2.1 Vägtunnlar

Beteendesequensen som tas upp i avsnitt 4.2.1 anger att efter att människor har mottagit information om att något avviker från det normala kan de välja att ignorera informationen eller undersöka vidare. Det är viktigt att trafikanter får tydlig information både om vad som har hänt och hur de förväntas agera så att de inte ignorerar att det brinner.

Ett stort problem som lyfts är att få trafikanter att lämna sina bilar. Antingen så väljer de att ignorera branden och köra förbi den eller så sitter de kvar i sina bilar. Detta leder till att trafikanter kan hamna i en farlig situation längre fram i tunneln då brandgaserna trycks i trafikens färdriktning av ventilationen, eller så kan kritiska förhållanden uppstå i bilen innan utrymning har påbörjats.

Det finns flera anledningar att trafikanter väljer att stanna i sina bilar. Bland annat kan bilen kännas som en trygg plats, de vill inte bli av med bilen, de vill slutföra sin resa och det ingår inte i det normala beteendet att kliva ut ur bilen i en tunnel. Även anknytningsteorin kan påverka valet att inte lämna bilen då denna är det som känns mest välbekant i en tunnel.

Trots att trafikanter väljer att vidare undersöka avvikelsen är det inte säkert att de lämnar sina bilar. Detta kan bero på riskperceptionen, människor har en tendens att undervärdera brandutvecklingen och konsekvensen av en brand. Om de inte själva ser branden eller brandrök kan det också vara svårt att förstå faran. Vilket vidare kan leda till att de inte förstår att de behöver utrymma. En annan anledning till att människor väljer att inte utrymma är den negativa effekten som social påverkan kan ha. Människor vill ogärna bryta sociala mönster och därför kan de välja att stanna i sina bilar om andra gör det.

När människor har fått information om att det brinner är det viktigt att de vidare får information om hur de förväntas agera för att stödja beslutsfattandet. Informationen behöver vara övertydlig och upprepas, det är även bra om det framgår att det inte är ett allmänt budskap utan riktat de som befinner sig i tunneln. Då det förekommer att människor tar beslutet att utrymma först när de blir instruerade att göra det eller ser andra utrymma är information nödvändig. Väljer trafikanter att inte agera kan de bli kvar i sina bilar så pass

länge att de inte hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår i bilen. Information som är otydlig eller otillräcklig kan medföra att trafikanter inte utrymmer. Ett sätt att underlätta för trafikanter att lämna sina bilar är att skylta i tunneln hur långt det är till tunnelmynningarna, på detta sätt har trafikanterna mer information om var de lämnar sina bilar och en större orienteringsförmåga.

För att ge information till trafikanter kan olika tekniska system användas.

Trafikinformationsskyltar kan kombinera både text och symboler för att påverka trafikanter att ta beslutet att utrymma. Viktiga ord att ha med i texten på skyltarna är ”brand” och ”utrym” och en bra färg på texten är bärnsten. Att ha blinkande lampor vid texten är bra för att fånga trafikanters uppmärksamhet, men utrymningssymbolen som visas bör inte ha blinkande lampor då det kan ge missvisande information. Det är bra om trafikinformationsskyltarna är stora då det ger ett längre möjligt läsavstånd, dock bör för mycket text undvikas då det kan bli svårt att tyda den. Att kryssa körfälten är bra för det indikerar till trafikanterna att de inte kan fortsätta köra och därmed behöver de välja ett annat agerande.

En annan fördel med trafikinformationsskyltar är att olika meddelanden kan ges i olika delar av tunneln. Detta är fördelaktigt då olika ageranden är önskvärda beroende på var i tunneln trafikanterna befinner sig i förhållande till branden och brandröken. Det är viktigt att trafikanter som kommer fram till en brand inte fortsätter förbi in i röken. Och trafikanter som befinner sig i rök bör snarast utrymma bort från röken.

Vidare är en möjlighet i tunnlar att använda högtalarsystem för att ge information till trafikanter för att hjälpa dem i beslutet att lämna sina bilar. Ett talat meddelande kan dock vara svårt att uppfatta i en tunnels ljudmiljö på grund av fläktar, trafik och musik i bilen vilket ger dålig ”sensory affordance”. Dock verkar det som att leverantörerna kan kalibrera ljudsystem så att de hörs i en tunnelmiljö. Ett ljudsystem bör höras bra både i tunneln och inne i bilar. Även om ett talat meddelande eller annan typ av ljudsignal inte hörs så tydligt som det är tänkt kan det ändå fånga trafikanters uppmärksamhet så att de söker mer information via till exempel trafikinformationsskyltar.

För att få människor att snabbt besluta att de ska utrymma kan det vara fördelaktigt att ge personlig information via mobiltelefoner eller bilens inbyggda kommunikationssystem. I dagsläget verkar tekniken inte finnas för att genomföra detta, men i framtiden skulle detta kunna vara en möjlighet. I dagsläget kan information ges via radiobrytning i bilar. Något man bör ha i åtanke är att informationsbehovet kan variera mellan olika grupper av människor, till exempel äldre, personer med funktionsnedsättningar och yrkesförare.

En informationskälla som är väldigt viktigt är agerandet från andra trafikanter. Informell social påverkan har en stor betydelse för människor beslut att lämna bilen och utrymma tunneln. En förutsättning är att det är så pass mycket trafik i tunneln att människor ser andra trafikanter och därmed kan hämta information från dessa. Ser trafikanter andra utrymma kan det leda till att de utrymmer snabbare än om de hade varit själva. Det är därför av stor vikt att någon eller några trafikanter påbörjar utrymning. För att det ska ske kan förebyggande åtgärder i form av utbildning användas, vilket tas upp i avsnitt 10.4.1.

Enligt teorin beteendesekvens är en del av förberedelsefasen att instruera andra. Detta är inget som explicit tas upp i de granskade publikationerna. Något som lyfts dock är att genom att

utbilda yrkesförare i att instruera och hjälpa andra i nödsituationer kan man få fler att välja att utrymma.

10.2.2 Järnvägstunnlar

I ett tåg i en järnvägstunnel är det framförallt tågpersonalen som kommer ge information om hur passagerare förväntas agera i en brandsituation. Informationen som ges till passagerarna bör vara sammanhängande och ge ett helhetsperspektiv. Det är viktigt att passagerarna förstår att det brinner, att situationen är seriös och att de behöver utrymma. Om informationen som ges är motstridig eller inte ges till passagerarna tillräckligt fort kan det ge negativa effekter på utrymningsförloppet.

Roll-regel-modellen är en viktig aspekt i järnvägstunnlar då passagerarna har en passiv roll där de följer information från tågpersonal i händelser utöver det normala. Även social påverkan kan vara viktigt, om passagerare börjar utrymma tåget kommer andra göra det samma. Men social påverkan kan också vara negativt om människor väljer att inte utrymma, det kan påverka andra att göra det samma. En anledning till att passagerare väljer att inte utrymma är anknytningsteorin, då tunnelmiljön är okänd kan en större trygghet kännas inne i tåget.

10.3 Agerande

Under agerandefasen genomför trafikanter och tågpassagerare konsekvensreducerande handlingar. Det finns flera möjliga ageranden som kan väljas enligt Frantzich, Nilsson, & Rød (2016) och Canter, Breaux, & Simes (1980) teori kring beteendesekvans. I detta avsnitt kommer fokus ligga på utrymning till forts och det stöd människor behöver från utrymningsfrämjande installationer för att fullborda utrymningen.

10.3.1 Vägtunnlar

Trafikinformationsskyltar kan användas för att hjälpa trafikanter i sitt beslut att utrymma, men de har en begränsad möjlighet att vidare leda dem till den närmaste utrymningsvägen. För detta behövs andra typer av tekniska installationer. Dessa är extra viktiga i en rökfylld miljö som medför begränsad sikt. Om trafikanterna inte hittar till en nödutgång finns det en risk att de ger upp och slutar leta eller inte hinner utrymma innan kritiskt nivåer uppnås. De utrymningsfrämjande installationerna behöver därför vara lätta att tolka.

I litteraturstudien uppmärksammades det att människor ogärna passerar brinnande fordon. Detta kan vara negativt för dem som befinner sig nedströms i trafikriktningen från branden för att de då befinner sig i en rökfylld miljö. Men positivt för dem som befinner sig uppströms från branden då de inte förflyttar sig till en rökfylld miljö. Enligt Norén & Winér (2003) har utrymnande en tendens att välja den närmaste utrymningsvägen, men om de inte kan göra det förflyttar de sig i trafikriktningen. Zhang et al. (2021a) menar däremot att utrymnande tenderar att ta sig ut där de kom in i tunneln, vilket kan förklaras av anknytningsteorin, men det innebär att de utrymnande rör sig mot trafikriktningen. Ur ett brandperspektiv medför detta ingen risk, men om fordon fortfarande kör in i tunneln kan detta medföra en påkörningsrisk. Det råder alltså en del oklarheter gällande val av utrymningsväg under självutrymning. Därför är detta något som noggrant bör studeras i verkliga utrymningsituationer för att skapa en bättre förståelse för vilka faktorer som påverkar valet av utrymningsväg.

Normativ social påverkan spelar en viktig roll under agerandefasen då människor har en tendens att följa andras ageranden då de inte vill bryta sociala mönster. När utrymning har påbörjats har människor därför en stark tendens att följa andra. Väljer några att gå till den närmaste utrymningsvägen ökar det sannolikheten för att fler gör det. Motsatt kan valet att inte använda den närmaste utrymningsvägen göras om andra inte gör det.

För att vägleda utrymmande bör belysning uppfylla både en belysande och orienterande funktion, en respondent i intervjustudien vittnar om att den orienterande funktionen till viss del glöms bort i dagsläget. Detta beror bland annat på att punktbelysning används som vägledande belysning.

Enligt SS-EN (16276:2013) ska punktbelysning sitta med det maximala avståndet 25 meter, men VGU (2021:001) anger ett högre krav där det maximala avståndet ska vara 10 meter. I försök visas det dock att om sikten är låg ger inte 10 meter mellan armaturerna en vägledande förmåga. Vid tjock rök har inte heller belysningsarmaturer i taket någon effekt då ljuset helt kan blockeras av röken.

En annan nackdel med punktbelysning är att belysningsarmaturerna lätt kan skymmas av bland annat andra utrymmande personer eller stillastående bilar. Punktbelysning kan även bli bländande då ljusstyrkan behöver vara högre ju längre det är mellan armaturerna. Att punktbelysning inte uppfyller den tänkta funktionen i rökfylld miljö innebär att "functional affordance" inte är tillräckligt god. För att ge bättre "functional affordance" kan istället en kontinuerlig belysning i form av en LED-list användas. Detta anges också som ett alternativ i VGU (2021:001).

Människors gånghastighet minskar vid minskad sikt, men kontinuerlig belysning ger en högre gånghastighet än punktbelysning. Människor följer gärna tunnelväggen med sina händer när de utrymmer, kan de då följa LED-listen ger det en ökad orienteringsförmåga. En annan möjlig ljusinstallation är rinnande ljus som pekar mot nödutgångar. Det finns väldigt lite tillgänglig forskning kring dessa, men det finns tecken som tyder på att de kan vara svårt att tolka innebörden hos rinnande ljus. De kan även uppstå problem gällande hur dessa ska programmeras, men mer forskning hade behövts för att kunna dra en slutsats kring dessa.

En viktig installation för att vägleda utrymmande är vägledande markeringar. I intervju- och litteraturstudien lyftes det att utrymningsskyltar med riktning och avstånd till de två närmaste utrymningsvägarna är viktiga. Dessa skyltar ska sitta med ett maximalt avstånd på 25 meter enligt VGU (2021:001) och direktiv (2004/54/EG). Vidare ska det finnas nödutgångsskyltar ovanför nödutgångarna. För att skyltar ska ha god "sensory affordance" bör de ha en hög kontrast, samt en storlek och höjd som gör att de lätt upptäcks av utrymmande. Vad som är en lämplig höjd och storlek har inte framgått i litteraturstudien. Men något som lyfts i intervjustudien är att skyltarna enligt Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:74) ger dålig "sensory affordance" för utrymmande då storleken på dessa är anpassade efter fordonshastighet. Skyltarna blir stora och sitter på en höjd som gör att de blir svåra att se.

Något som bör tas i åtanke är att om det är många olika typer av skyltar i tunnlar som är genomlysta och belysta kan det bli svårt att identifiera nödutgångsskyltar. Ett exempel på detta kan ses i Figur 8 från studiebesöket i Norra Länken där en belyst skylt sitter ovanför ett teknikutrymme som är låst. Skylten har en cylindrisk utformning, precis som skyltarna vid nödutgångarna. Det finns en risk att dessa teknikutrymmen skulle kunna missuppfattas som

utrymningsvägar och att utrymmande går mot dessa och sedan inte hittar över till andra sidan tunneln vid rök. Flera responderande i intervjustudien angav att de cylindriska skyltarna inte är bra då man inte kan se hela piktogrammen på samma gång.

Huruvida utrymningsskyltar som visar avstånd till nödutgångar även ska sitta på tunnelväggen som inte har nödutgångar är åsikterna blandade kring. Det finns en risk att utrymmande tar sig till fel tunnelvägg om de ser en skylt där och sen inte hittar över till en nödutgång då tunneln är rökfylld. Därför behöver det göras tydligt för de utrymmande att de ska ta sig till den motsatta tunnelväggen. Detta skulle bland annat kunna göras med en ledstång som har någon form av utbuktning mitt för nödutgångar, men det kan medföra påkörningsproblem och därmed vara en trafikfara.

För att hjälpa utrymmande att hitta nödutgångar, och som komplement till utrymningsskyltar då tunneln är rökfylld, skulle ljudfyrrar kunna användas. Det är inget som krävs i dagsläget men en hel del studier har gjorts på dessa. Ljudfyrrar är speciellt bra i rökfyllda miljöer för att utrymmande inte ska passera förbi nödutgångar och för att de som befinner sig på motsatt sida från en nödutgång ska hitta över till denna.

Precis som för högtalarsystem så lyfts en hel del problem kopplade till ljudfyrrar på grund av ljudmiljön i en tunnel. Ett ytterligare problem skulle kunna uppstå om både ljudfyrrar och högtalarsystem används samtidigt i en tunnel, då är det flera system som ger ljud och signaler samtidigt och därmed kan störas av varandra. De problem som lyfts kring ljudfyrrar i tunnlar är att de kan vara svårt att uppfatta ett talat meddelande, de kan bli avskräckande, ljudet kan studsas och bli desorienterande, det kan vara svårt att uppfatta var ljudet kommer från, och ljudet kan stressa människor. För att undvika att ljudet blir desorienterande bör ljudet från ljudfyrrarna endast höras nära nödutgången som fyren sitter vid.

För att ljudfyrrar ska fungera bra behöver ljudet vara inbjudande, kalibrerat efter den aktuella tunnelns ljudmiljö, samt bör volymen och frekvensen undersökas så att ljudet inte stressar upp människor i onödan. Olika typer av ljudsignaler och talade meddelanden för ljudfyrrar har testats. Det som har kommit fram till är att någon form av ringande eller klickande ljud fungerar bra för att leda utrymmande mot nödutgångar. Att kombinera ljud med ett kort upprepat talat meddelanden, till exempel ”utrym här” eller ”exit here”, gav starkare ”cognitive affordance”. Ett vidare sätt att stärka ”cognitive affordance” är att informera trafikanter i förväg att de ska följa ljudet.

För att nödutgångar lätt ska upptäckas av utrymmande är det viktigt att de har en kontrasterande färg mot tunnelväggen, grön dörr och mörkgrön portal runt dörren är bra. Det är även viktigt att dörrarna har glasrutor och att utrymmande bakom dörren är upplyst så att utrymmande ser att det finns en inbjudande och säker miljö. För att öka nödutgångarnas ”cognitive affordance” bör de kompletteras med gröna blixljus. Enligt Epilepsy Society (2019) kan epilepsi triggas av frekvenser mellan 3 till 60 Hz. Detta är något som bör tas i beaktning vid utformning av blixljus.

När utrymmande har hittat en nödutgång är ”functional affordance” viktigt. Dörren ska alltså vara lätt att öppna, annars finns det en risk att utrymmande letar vidare efter en annan nödutgång. Dörrens beslag spelar en viktig roll när det gäller hur lätt det är att öppna den.

10.3.2 Järnvägstunnlar

Utrymning i järnvägstunnlar kan delas upp i två steg: utrymning av tåget och utrymning av tunneln. Det är viktigt att tågpersonalen tydligt instruerar passagerarna hur utrymning ska ske. Vid utrymning av tåget finns det flera faktorer som påverkar flödes hastigheten av passagerare ut ur tåg, bland annat minskar den om tågets belysning är släkt. Viktiga installationer vid tågets dörrar är en steg och handtag, dessa är nödvändiga för att äldre och personer med funktionsnedsättningar ska ha möjlighet att själva ta sig ut från tåget. Om dessa installationer inte finns kan de behöva hjälp från andra, och beroende på olika individers behov kan de behöva hjälp från andra oavsett.

När människor har lämnat tåget och påbörjar utrymning i tunneln har de en tendens att utrymma bort från branden, vilket medför att det finns en risk att de utrymmer i rök om brandröken ventileras åt samma håll. En strategi hos utrymmare för att ta sig fram i en rökfylld tunnel med dålig sikt är att känna sig fram längst tunnelväggen. Då de utrymmare känner sig fram längst väggen är det fördelaktigt med ledstänger för att öka orienteringsförmågan. I TRVINFRA-00151 (2020) anger att LED-handldare ska finnas i spårtunnlar. Precis som nämnt i avsnitt 10.3.1 kommer en kontinuerlig belysning med flera fördelar jämfört med punktbelysning. På en ledstång som sitter på motsatt sida från nödutgångarna är det fördelaktigt att markera med en krök mitt för nödutgångar för att fånga utrymmandes uppmärksamhet, likt som Figur 12 från studiebesöket i Citybanan.

Det är viktigt med vägledande belysning för utrymmandes orienteringsförmåga. Belysningsstyrkan är inte väsentlig, men finns ingen belysning alls har de utrymmare en låg gånghastighet. Då rök kan blockera den vägledande markeringen, speciellt om den består av punktbelysning, hade ljudfyrrar vid nödutgångarna kunnat vara fördelaktiga. En kombination av en ljudsignal och ett talat meddelande har visats fungera bra för att guida människor och det kan fånga uppmärksamheten hos de som går på fel sida av tunneln. Precis som nämnt i avsnitt 10.3.1 är en förutsättning för ljudfyrrar att de kalibreras efter ljudmiljön i den aktuella tunneln.

För att en nödutgång lätt ska upptäckas av utrymmare är det viktigt att den har hög kontrast mot tunnelväggen. För att helheten ska bli god bör hänsyn tas till ”cognitive affordance” i form av färg, belysning och skyltning, samt ”functional affordance” i form av beslag. Utformning av belysningen kring nödutgångar har i försök uppfattas som mötande tåg, det är därför viktigt att installationer testas i rökfyllda och verklighetstroga miljöer innan de används.

Utrymning i järnvägstunnlar skiljer sig från vägtunnlar bland annat i avseendet att de utrymmare endast ska utrymma anger en respondent i intervjustudien. I järnvägstunnlar ska utrymmare inte använda nödtelefoner eller försöka släcka en brand med hjälp av brandsläckare eller brandpost. Därför bör dessa installationer inte heller vara belysta. I TRVINFRA-00233 (2021) anges det dock att ”Belysning av brandposter ska vara samordnade med nödbelysning och skyltning”.

10.4 Förebyggande åtgärder

10.4.1 Vägtunnlar

För att det ska vara intuitivt att utrymma i vägtunnlar är det fördelaktigt att om utformningen av nödutgångar är liknande i tunnelbeståndet, fördelaktigt hade varit om gröna nödutgångar och utrymningsportaler användes. Detta hade ökat trafikanterns igenkänning och sannolikheten att de förstår att de kan använda nödutgångar trots att de befinner sig i en viss tunnel för första gången.

Trafikanter har bristande kunskaper i hur de ska agera vid utrymning och hur utredningsmöjligheterna ser ut i tunnlar. För att öka denna kunskap hade både utbildning och informationskampanjer behövts. Tunnelsäkerhet skulle kunna ingå i körkortsutbildningen och vara en del av teoriprovet. Efter detta sker ingen repetition vilket minskar kunskapen, därför skulle de informationsfilmer som Trafikverket tagit fram om tunnelutrymning kunna användas mer av media i samband med nyhetsreportage.

Då social påverkan spelar en stor roll vid utrymning kan det behövas att flera påbörjar utrymning för att andra ska göra det samma. Därför skulle en utbildning för yrkestrafikanter kunna vara fördelaktig så att de kan instruera eller påverka andra att utrymma.

I dagsläget finns det begränsat med information om människors beteende från verkliga utrymningsförlopp i både väg- och järnvägstunnlar. Det är därför viktigt att studera och dokumentera detta för att skapa ytterligare förståelse för de behov utrymnande personer i tunnlar har.

10.4.2 Järnvägstunnlar

Den viktigaste informationskällan vid utrymning i järnvägstunnlar är tågpersonalen. Det behöver därför säkerställas att de har den utbildning och kompetens som krävs för att informera och instruera passagerare. Som nämnt i avsnitt 10.4.1 ovan så finns det inte så mycket information om hur människor agerar i verkliga utrymningsförlopp i järnvägstunnlar, därför bör detta dokumenteras och studeras.

11 Diskussion

I följande kapitel diskuteras genomförandet och resultaten av studiebesöken, litteraturstudierna, intervjustudien och analysen.

11.1 Studiebesök

Inför studiebesöken var det Trafikverket som valde objekten, främst baserat på när de fanns möjlighet att besöka olika tunnlar. Syftet med studiebesöken var att skapa en uppfattning om tunnelmiljön och hur utrymning går till i tunnlar. Hade andra tunnlar besökts istället för Norra Länken och Citybanan hade både tunnelarnas utformning och de utrymningsfrämjande installationerna kunnat se annorlunda ut. Dock har inte installationerna i de enskilda tunnelarna används för att dra några slutsatser i detta arbete, utan de har endast använts för att illustrera hur installationer kan se ut och för att förtydliga problem som har lyfts i intervjustudien. Hade andra tunnlar besökts hade det därför inte påverkat arbetes resultat. Hade fler tunnlar besökts hade det kunnat ge en mer nyanserad bild av hur utrymningsmöjligheterna ser ut i tunnelarna i Sveriges tunnelbestånd, men det ligger utanför ramarna för detta arbete.

Under studiebesöket i Norra Länken pågick tvättning av tunneln vilket innebar att en anpassning behövde göras på var i tunneln det gick att befinna sig och hur länge det gick att stanna på samma ställe. Under studiebesöket i Citybanan var tunneln trafikerad vilket innebar att spåret inte beträddes. Dessa faktorer gjorde att det fanns en viss begränsning i vilka installationer som gick att fota och studera på nära håll.

11.2 Litteraturstudie: Regelverk och standarder

För vägtunnlar anges det i VGU (2021:001) att det både ska finnas säkerhetsskyltar och informationsskyltar som båda innefattas av skylt för nödutgång och vägledande markering till nödutgång. Det som skiljer skyltarna åt är att säkerhetsskyltar vid nöddrift ska vara läsbara. Säkerhetsskyltar ska vara utformade enligt SS-EN (1838:2013), medan informationsskyltar utformas enligt Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om vägmärken och andra anordningar (TSFS 2019:74). Vidare anger även direktiv (2004/54/EG) att nödutgångsmärken ska vara G-märken enligt Wienkonventionen.

Det finns ingen tydlighet i VGU (2021:001) varför både informationsskyltar och säkerhetsskyltar krävs. Något som dock lyfts i intervjustudien är att informationsskyltarna som visar avstånd till nödutgång är stora och hamnar på en konstig höjd då de är anpassade efter fordonshastighet. Informationsskyltar som visar avstånd till nödutgång ska placeras med ett maximalt avstånd på 25 meter, för säkerhetsskyltar finns det ingen angivelse på avstånd mellan skyltarna. Informationsskyltar för nödutgång ska synas vinkelrätt mot vägbanan, vilket inte är ett krav som ställs på säkerhetsskyltar. Informationsskyltarna kommer därför att upptäckas lättare av utrymmande.

Att det ska vara 25 meter mellan hänvisningsskyltarna finns det ingen hänvisning till varför, men tänkbart är att det bygger på kravet i SS-EN (16276:2013) att det även ska vara maximalt 25 meter mellan punktbelysning. Trafikverket ställer nu det högre kravet att punktbelysning ska sitta med maximalt 10 meters avstånd. Det kan därför finnas ett värde i att se över avståndet mellan hänvisningsskyltarna också så att de kan sitta tillsammans med belysningen. I järnvägstunnlar ska hänvisningsskyltarna sitta på ett maximalt avstånd av 50 meter, detta är

ett betydligt större avstånd än i vägtunnlar. Då utrymningsmiljön i en rökfylld tunnel är liknande mellan trafikslagen kan det finnas anledning att se över om avstånden i järnvägstunnlar behöver justeras.

Krav på höjd på skyltning och vägledande belysning varierar mellan både trafikslagen och mellan regelverken och standarderna mellan 1,0 till 1,8 meter. I litteraturstudien hittades inga studier som verifierade en lämplig höjd på dessa installationer. Att studera vilka höjder som är lämpliga kan vara värdefullt för att utrymnande lätt ska se skyltar och inte bli bländade av belysning.

Något som lyfts i litteraturstudien är att formuleringen kring begreppet nödbelysning skulle behöva standardiseras, normalt baseras begreppet på strömavbrott i byggnader då normal strömförsörjning försvinner, och därmed inte är anpassat efter tunnlar. Även vilka delar av tunnlar som ska räknas som utrymningsväg framgår inte helt tydligt och därmed finns det en viss svårighet att tolka vilken belysning som krävs var. Gällande de begrepp som används för de olika typerna av utrymningsbelysning i både väg och järnvägstunnlar råder en del oklarheter. I TRVINFRA-00151 (2020) visas de olika typerna av belysning i järnvägstunnlar bilaga 1, vilket underlättar förståelsen för hur de ska utformas. TRVINFRA-00151 (2020) ställer även högre krav på belysningsstyrkan på gångbanans nivå än TSD Tunnelsäkerhet (2014) vilket kan anses vara positivt då 1 lux har visat sig inte vara tillräckligt i en rökfylld miljö enligt en respondent i intervjustudien.

VGU (2021:001) anger för vägtunnlar högre krav än de som anges i SS-EN (16276:2013), men hur belysningstermerna korrelerar mellan dessa finns det ingen tydlig beskrivning för. Positivt är dock att VGU (2021:001) anger att avståndet mellan punktbelysning antingen ska vara mindre eller så ska kontinuerlig belysning användas vilket ger en bättre vägledande förmåga. Att VGU (2021:001) anger att en nödutgång inte ska vara belyst blir motstridigt då regelverket anger att belysning av nödutgångar innefattas under utrymningsbelysning. Belysning som sitter i taket förlorar dock sin verkan i rökfyllda miljöer, så att belysa en utrymningsväg hade inte gett effekt vid utrymning i rök. Fridolf & Frantzych (2017) tar upp att kraven enligt SS-EN (16276:2013) inte är tillräckligt höga gällande ljusstyrka och krav på belysningsstyrka saknas, kraven som ställs idag enligt VGU (2021:001) anger ett högre värde på ljusstyrka men inget krav gällande belysningsstyrka.

I de delar av tunnlar som utgör arbetsplatser är det framförallt Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS 2020:1) som anger utformningen av vägledande markering och utrymningsbelysning. Denna gäller för byggnadsverk och nämner inte tunnlar specifikt. Om kraven som ställs är applicerbara i tunnlar hittades ingen verifiering för. För utrymningsbelysning hänvisas SS-EN (1838:2013) där 1 lux på utrymningsvägens centrollinje är minimikravet. För järnvägstunnlar anger TRVINFRA-00151 (2020) istället ett minimivärde på 20 lux. Har man kommit fram till att det krävs i järnvägstunnlar kan det finnas anledning att se över om även högre krav behövs i vägtunnlar.

Ett generellt problem gällande regelverk och standarder som lyfts i intervjustudien är att Transportstyrelsen inte är kontrollmyndighet för tunnlar som är kortare än 500 meter, men de har skrivit regler som gäller dessa tunnlar. Godkännandeprocessen av dessa tunnlar kan därmed vara problematisk. Ett annat problem som lyftes var att skyltning och belysning ser lite olika ut i varje tunnelprojekt, hade en standardiserad lösning funnits hade förvaltningen av dessa system kunnat bli mer redundant.

11.3 Litteraturstudie: Självutrymning i väg- och järnvägstunnlar

Något som generellt uppmärksammades vid insamlingen av publikationer till litteraturstudien var att betydligt fler studier och mer forskning har gjorts på parametrar som påverkat utrymningen ur vägtunnlar än järnvägstunnlar. En anledning till detta skulle kunna vara att informationsbehovet hos trafikanter i vägtunnlar är betydligt högre än hos passagerare på tåg då dessa kan få tydliga instruktioner från tågpersonal hur de ska agera i en nödsituation. Generellt är även mängden forskning och studier kring vägledande markering och de belyningskrav som ställs i tunnlar väldigt begränsad.

De flesta experiment som har hänvisats till i denna rapport är inte fullt ut representativa för utrymningsförlopp av flera anledningar. Anledningen till detta är bland annat är att man av etiska skäl inte kan utsätta människor för riktigt bränder. I vissa försök har den irriterande effekten av brandgaser imiterats genom att ättika blandats in i röken som använts. Färgen på röken i försöken som genomförts har varierat, i vissa försök har vit rök använts och i andra svart. Färgen på röken påverkat hur belysningen i tunnlar uppfattas och kan därmed påverka resultaten då det inte speglar ett verkligt utrymningsförlopp.

För att skapa en större förståelse för hur människor agerar i verkliga utrymningsituationer lyfts det i litteraturstudien att detta är något som behöver studeras mer, dock ges det inga konkreta förslag på hur detta ska gå till. I de fall där det är möjligt skulle de övervakningskameror som finns kunna användas för att se hur människor agerade och vilken utrymningsväg de valde. Intervjuer av människor som drabbats av tunnelbränder skulle också kunna vara en möjlighet för att öka förståelsen för varför de utrymmande agerade som de gjorde, samt för att fånga upp hur de reagerade på de utrymningsfrämjande installationerna som fanns och informationen de fick. I intervjustudien framgick det att en intervju hade genomförts efter en brand i en tunnel, hade resultat publicerats från sådana intervjuer hade det kunnat användas i forskning och studier om tunnelutrymning. Dock är de drabbades integritet något som i så fall behöver tas hänsyn till.

I detta arbete har inte några verkliga brandhändelser i tunnlar studerats, dock har litteratur som har gjort det tagits upp i litteraturstudien. Anledningen till att det inte har gjorts någon djupare studie på verkliga händelser i detta arbete är främst kopplat till mängden tillgänglig litteratur och till arbetets storlek. Vidare, genom bland annat snöbollseffekten, identifierades intressant litteratur som inte finns publicerad på svenska eller engelska. En del litteratur fanns inte heller som öppna publikationer, och trots att författarna kontaktades gavs ingen tillgång till publikationerna. Detta har resulterat i att all litteratur som är intressant inom området inte har kunnat tas upp i arbetet. Vilket betyder att detta arbete inte fullständigt täcker kunskapsbilden inom området.

Viss litteratur som tas upp ligger utanför arbetets syfte kopplade till vägledande markering och utrymningsbelysning. Detta för att utrymmande personer inte endast påverkas av dessa installationer när de ska hitta en nödutgång i en rökfylld tunnel. Andra människors agerande har en viktig påverkan pekar flera studier på. Samtidigt har också kunskapen hos trafikanter i vägtunnlar om hur utrymning ska gå till påverkan på utrymningsförloppet. Så dessa aspekter behandlas i rapporten då de ger en förstärkning av det man vill uppnå med de vägledande installationerna och informationen som utrymmande får.

Inom ramarna för detta arbete har fokus legat på utrymning av tunnlar och därmed har endast utrymning av tåg i tunnlar behandlats övergripligt. Detta beror bland annat på att det är olika regelverk som reglerar vägledande markering och utrymningsbelysning på tåg och i tunnlar. Samtidigt är mängden studier som har hittats som behandlat vägledande markering och utrymningsbelysning på tåg väldigt begränsad.

11.4 Intervjustudie

Totalt ställde åtta personer upp på intervjuer, varav två konsulter valde att vara anonyma på grund av att branschen är relativt liten och vissa påstående kan vara känsliga. Några ytterligare personer kontaktades men som av olika anledningar inte ville eller kunde ställa upp på intervjuer. Ett aktivt val att inte intervju någon från räddningstjänsten gjordes då arbetes fokus ligger på självutrymning och inte utrymning med hjälp av räddningstjänstpersonal.

Inom tidsramen för arbetet togs beslutet att inte tillfråga fler personer om de kunde tänka sig att ställa upp på en intervju då bearbetning och analys av intervjumaterial är en tidskrävande process. Hade fler intervjuer genomförts finns det en möjlighet att fler aspekter av intresse för detta arbete hade kunnat fångas upp. Intervjustudien bör därför inte ses som en heltäckande bild av de erfarenheter, åsikter och tankar kopplat till självutrymning i tunnlar som personer som arbetar med tunnelsäkerhet har. Hade fler intervjuer genomförts hade eventuell påverkan på arbetes slutsats inte varit signifikant då arbetet bygger på flera olika delstudier.

För att hitta intressanta personer att intervju tillfrågades både handledare och Trafikverket efter rekommendationer. Stor vikt låg vid att intervju både personer som arbetar med vägtunnlar och järnvägstunnlar från Trafikverket respektive konsultbranschen. Majoriteten av respondenterna har erfarenheter från att arbeta med både väg- och järnvägstunnlar, men generellt hade respondenterna mer tankar och åsikter kring självutrymning i vägtunnlar än i järnvägstunnlar. Detta kan bero på att svårigheten som finns att nå ut med information till trafikanter i vägtunnlar så att de påbörjar utrymning, vilket inte är ett lika stort problem i järnvägstunnlar.

Samtliga respondenter lyfte väldigt många intressanta perspektiv gällande många olika aspekter kopplade till bland annat bränder i tunnlar, tunnelutrymning, installationer i tunnlar, regelverk och standarder, problem i olika skeden i tunnlar livslängd och inträffade olyckor. Detta arbete är inriktat på självutrymning vilket endast innefattas av en liten del av det totala säkerhetskonceptet i en tunnel. Då detta arbete är så pass specifikt kopplat till självutrymning och respondenterna besitter breda kunskaper och är speciellt pålästa inom vissa områden var det i vissa fall svårt att leda intervjuerna till just självutrymning.

Arbetes olika delar genomfördes parallellt vilket innebär att information samlades in och kunskapsnivån ökade över tid. Detta ledde till att den besittande kunskapen var relativt låg när intervjufrågorna skrevs under arbetets tidiga skede och varierade när intervjuerna genomfördes. Trots att grundfrågorna till respondenterna var de samma kan detta ha påverkat följdfrågorna och hur dessa ställdes. Alltså kan frågorna som ställdes i de sista intervjuerna ha formulerats bättre och mer detaljerat kopplat till arbetets syfte än i de första intervjuerna. Bättre formulerade frågor hade kunnat resultera i intervjusvar med en starkare koppling till arbetets syfte. Men då samtliga respondenter var väldigt måna om att dela med sig av kunskapen de besitter kring ämnena som togs upp hade bättre formulerade frågor med stor sannolikhet endast gett en marginell påverkan på intervjustudiens resultat.

Som alternativ till intervjustudien hade istället en enkätstudie kunnat genomföras. Detta hade kunnat resultera i att fler personer hade haft möjlighet att delta i studien baserat på arbetets tidsram. Men samtidigt var en viktig del av intervjustudien att kunna ställa följdfrågor och be om förtydliganden från respondenterna. Denna aspekt hade gått förlorad i en enkätstudie, samtidigt som respondenterna inte hade kunnat fråga om förtydliganden kring frågor de inte riktigt förstod. Samma möjlighet hade inte heller funnits för respondenterna att berätta om erfarenheter och tankar kopplat till arbetets syfte som inte fångades upp av intervjufrågorna.

11.5 Analys

Analysen har haft en deterministisk syn på brand i tunnlar, ingen hänsyn har tagits till hur stor sannolikheten faktiskt är att en brand inträffar. Något man bör ha i åtanke är dock att bränder i tunnlar är sällsynta. Det ligger utanför rapportens syfte att göra kostnad-nytta-analys för de utrymningsfrämjande installationerna, men detta är något som rimligtvis bör göras innan nya installationer kravställs och installeras i tunnlar. Inom ramen för detta arbete analyserades inga strategier för att minska sannolikheten för att bränder i tunnlar uppstår. Fokus har legat på hur utrymningsfrämjande installationer kan användas för att minska konsekvenserna gällande människors liv och hälsa.

En stor del av den litteratur som analyserats fokuserar på vilka behov personer har när de redan har påbörjat utrymning. Dock lyfts, framförallt i vägtunnlar, problemet med att få människor att påbörja utrymning. En viktig lösning kan vara förbyggande utbildning, men vidare forskning skulle behövas för att ta reda på exakt vilken information trafikanter behöver för att välja att utrymma och hur den ska ges till dem på bästa sätt.

I intervjustudien lyftes det att när olika tekniska system används i tunnlar behöver dessa styras på något sätt. Det kan antingen vara självagerande kopplat till exempelvis brandlarm i tunneln eller så behöver en tunneloperatör aktivt styra systemen. Vid bränder har tunneloperatörerna redan mycket att hålla reda på, de kan därför inte styra hur komplicerade system som helst. Utöver detta behöver systemen även förvaltas och klara den hårda miljön i en tunnel. Är systemen allt för komplicerade finns det en risk att de inte fungerar som tänkt i skarpa situationer.

Något som uppmärksammas är att punktbelysning lätt skymms och att i en miljö med tjock rök förlorar belysning sin effekt. Liknande resonemang bör kunna föras för vägledande markering, de vägledande skyltarna kan lika lätt som punktbelysningen döljas. Dessa kommer inte heller synas i en rökfylld miljö, och även om genomlysta skyltar används kommer dessa inte synas i tjock rök. För att vägleda utrymmande i en rökfylld miljö verkar ljudfyrrar vid nödutgångar vara det mest studerade hjälpmedlet.

Grunden för analysen ligger bland annat i olika teorier för människor beteende vid brand. Dessa är inte specifikt anpassade eller framtagna för bränder i tunnlar, men de anses ändå vara representativa för hur människor agerar och interagerar med utrymningsfrämjande installationer i tunnlar. De teorier gällande mänskligt beteende som tas upp i rapporten är inte en fullständig bild av alla teorier som finns, utan ett urval har gjorts. Urvalet baserades på relevans för arbetet, diskussion med handledare och vilka teorier som tas upp i litteraturen i litteraturstudien.

Både upptäckts- och tolkningsfasen skiljer sig åt på flera avseenden mellan väg- och järnvägstunnlar. Men under agerandefasen när utrymning sker i en rökfylld miljö har utrymmande i de två trafikslagen liknande behov, de ska ta sig till en nödutgång. Samma typ av tekniska installationer används för att vägleda de utrymmande, därför är även chansen hög att studier som ligger till grund för vägledande belysning, vägledande markering och andra vägledande installationer i ena trafikslaget är applicerbara i det andra. Någon form av verifiering av detta är dock att rekommendera då tunnelutformningarna skiljer sig åt och passagerare och trafikanter får olika typer av information från olika kanaler.

12 Slutsats

För att säkerställa att utrymning påbörjas behöver trafikanter och tågpassagerare få tydlig information om vad som har hänt och hur de förväntas agera. I rökfyllda miljöer kan vägledande markeringar och utrymningsbelysning vara svåra att se, därför bör kontinuerlig belysning användas mellan nödutgångar istället för punktbelysning och nödutgångar bör utrustas med ljudfyrrar.

För att samla mer information om människors beteende vid utrymning i tunnlar hade detta behövts studeras mer ingående från verkliga händelser. För att säkerställa att utrymning fungerar som tänkt i vägtunnlar bör nödutgångar vara enhetligt utformade i tunnelbeståndet och utbildnings- och informationskampanjer riktade till trafikanter bör genomföras.

I vägtunnlar råder en viss oklarhet gällande kraven på utformningen av vägledande markeringar. Vidare i både väg- och järnvägstunnlar saknas det en tydlig beskrivning av de belysningsbegrepp som används och vad som innefattas av dessa.

Referenser

- Ahlfront, J., & Vermina Lundström, F. (2012). *Tunnelutrymning: Effekten av gångbanans bredd på förflyttningshastigheten vid utrymning i en spårtunnel*. Lund : Lunds Universitet.
- Arbetsmiljöverket. (2021, November 29). *Skyltar*. Retrieved from www.av.se:
<https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/skyltar/#6>
- Arbetsmiljöverket. (AFS 2020:1). *Arbetsplatsens utformning*. Stockholm: Arbetsmiljöverket .
- Banverket. (2007). *Citybanan i Stockholm*. Banverket .
- Beard, A., & Cope, D. (2007). *Assessment of the Safety of Tunnels*. STOA.
- Boer, L., & van Wijngaarden, S. (2004). *DIRECTIONAL SOUND EVACUATION FROM SMOKE-FILLED TUNNELS*. Prag: First International Symposium.
- Boverket. (2011:6). *Boverkets byggregler - föreskrifter och allmänna råd*. Boverket.
- British Standards. (2013). *BS 5839-1:2013 Fire detection and fire alarm systems for buildings*.
- Burns, P., Stevens, G., Sandy, K., Dix, A., Raphael, B., & Allen, B. (2013). *Human behaviour during an evacuation scenario in the Sydney Harbour Tunnel*. Australian Journal of Emergency Management.
- Canter, D., Breaux, J., & Sime, J. (1980). *Domestic, Multiple Occupancy, and Hospital Fires*. New York: John Wiley & Sons.
- Carlson, E., Kumm, M., Zakirov, A., & Dederichs, A. (2019). *Evacuation tests with elevated platforms in railway tunnels*. Fire Safety Journal.
- Cedergren, A. L. (2009). *Personssäkerhet i tunnlar - Inventering*. Borlänge: Banverket .
- Celander, E., & Zakirov, A. (2020). *Belysning som stöd vid utrymning av rökfylld tunnel*. Borås: RISE.
- Colombo, A. (2001). *NEDIES Project - Lessons Learnt from Tunnel Accidents*. Ispra: Institute for Systems, Informatics and Safety.
- Cosma, G. (2014). *Virtual reality experiments on the impact of way-finding lighting systems on egress from smoke-filled railway tunnel*. Lund : Lunds Universitet.
- de Laval, S., Ceci, R., & Daram, L. (2010). *Säkerhet i tunnlar - Hur upplevs säkerheten i tre biltunnlar?* Trafikverket.
- Deutsch, M., & Gerard, H. (1955). *A study of normative and informational social influence upon individual judgement*. The Journal of Abnormal and Social Psychology, 51, 629-636.
- Epilepsy Society. (2019, September). <https://epilepsysociety.org.uk>. Retrieved from Photosensitive epilepsy: <https://epilepsysociety.org.uk/about-epilepsy/epileptic-seizures/seizure-triggers/photosensitive-epilepsy>

- Europeiska gemenskapernas officiella tidning. (92/58/EEG). *RÅDETS DIREKTIV 92/58/EEG av den 24 juni 1992 om minimikrav beträffande varselmärkning och signaler för hälsa och säkerhet i arbetet (nionde särdirektivet enligt artikel 16.1 i direktiv 89/391 /EEG)*. Europeiska gemenskapernas officiella tidning.
- Europeiska Kommissionen. (2014). *KOMMISSIONENS FÖRORDNING (EU) nr 1303/2014 av den 18 november 2014 om teknisk specifikation för driftskompatibilitet (TSD) avseende "säkerhet i järnvägstunnlar" i järnvägssystemet i Europeiska unionen*. Europeiska unionens officiella tidning.
- Europeiska unionens officiella tidning. (2004/54/EG). *EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2004/54/EG EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2004/54/EG om minimikrav för säkerhet i tunnlar som ingår i det transeuropeiska vägnätet*. Europeiska unionens officiella tidning.
- Frantzich, H. (2000). *Utrymning av tunnelbanetåg - Experimentell utvärdering av möjligheten att utrymma i spårtunnel*. Karlstad: Räddningsverket.
- Frantzich, H. (2004). *Val av utrymningsväg i tunnel - Resultat från en experimentell undersökning*. Lund : Lunds Universitet.
- Frantzich, H., & Nilsson, D. (2003). *Utrymning genom tät rök: beteende och förflyttning*. Lund: Lunds Universitet.
- Frantzich, H., Nilsson, D., & Rød, K. (2016). *Utrymning och tekniska installationer i vägtunnlar med dubbelriktad trafik*. Lund : Lunds Universitet.
- Frantzich, H., Nilsson, D., Kecklund, L., Anderzén, I., & Petterson, S. (2007). *Utrymningsförsök i Götatunneln*. Lund : Lunds Universitet .
- Fraser-Mitchell, J., & Charters, D. (2005). *Human Behaviour in Tunnel Fire Incidents*. FIRE SAFETY SCIENCE–PROCEEDINGS OF THE EIGHTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM.
- Fridolf, K. (2010). *Fire evacuation in underground transportation systems: a review of accidents and empirical research*. Lund : Lunds Unviersitet.
- Fridolf, K. (2013). *Evacuation of a Smoke Filled Tunnel: Human Behaviour, Movement Speed and Exit Choice*. Lund : Lunds Universitet.
- Fridolf, K. (2015). *Rail Tunnel Evacuation*. Lund : Lunds Universitet.
- Fridolf, K., & Frantzich, H. (2015). *Test av vägledande system i en tunnel*. Lund : Lunds Universitet.
- Fridolf, K., & Frantzich, H. (2017). *Utvärdering av utrymningsbelysning i vägtunnlar*. Stockholm: WSP.
- Fridolf, K., & Nilsson, D. (2011). *People's Subjective Estimation of Fire Growth: An Experimental Study of Young Adults*. University of Maryland.

- Fridolf, K., Nilsson, D., & Frantzich, H. (2012). *The flow rate of people during train evacuation in rail tunnels: Effects of different train exit configurations*. Safety Science.
- Fridolf, K., Nilsson, D., & Frantzich, H. (2015). *Evacuation of a Metro Train in an Underground Rail Transportation System Flow Rate Capacity of Train Exits, Tunnel Walking Speeds and Exit Choice*. Springer Technology.
- Fridolf, K., Ronchi, E., Nilsson, D., & Frantzich, H. (2013). *Movement speed and exit choice in smoke-filled rail tunnels*. Fire Safety Journal.
- Gandit, M., Kouabenan, D., & Caroly, S. (2009). *Road-tunnel fires: Risk perception and management strategies among users*. Safety Science.
- Gibson, J. (1978). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Habibovic, A., & Englund, C. (2013). *ITS Solutions for Communicating Emergency Information in Road Tunnels*. Viktoria Swedish ICT.
- Hartson, H. (2003). *Cognitive, physical, sensory and functional affordances in interaction design*. Blacksburg: Department of Computer Science, Virginia Tech.
- Higgins, L., Carlson, P., Miles, J., Rozyckie, S., Averso, M., Siep, B., & Jenssen, G. (2015). *Emergency Exit Signs and Marking Systems for Highway Tunnels*. National Cooperative Highway Research Program.
- Häggström, J., Wahlström, B., Jansson, O., Hult, P., Lundin, J., & Hällstorp, E. (2016). *Säkerhetsmål för trafikanter i vägtunnlar, järnvägstunnlar och tunnelbana*. Transportstyrelsen.
- Höst, M., Regnell B., & Runeson, P. (2006). *Att genomföra examensarbete*. Lund: Stundetlitteratur AB.
- Infrastrukturdepartementet RST TP. (2006:418). *Lag (2006:418) om säkerhet i vägtunnlar*. Sveriges Riksdag.
- Ingason, H., Bergqvist, A., Lönnermark, A., Frantzich, H., & Hasselrot, K. (2005). *Räddningsinsatser i vägtunnlar*. Karlstad: Räddningsverket.
- Ingasson, H., Li, Y., Åhnberg, N., & Häggström J. (2017). *Tunnelsäkerhet: Dimensioneringsmetod för tunnelkonstruktioner*. Borlänge: Trafikverket.
- Kecklund, L., Anderzén, I., Petterson, S., Häggström, J., & Wahlstrom, B. (2012). *Evacuation in trains - the railway safety challenge*.
- Kecklund, L., Kecklund, I., Petterson, S., Häggström, J., & Wahlström, B. (2014). *Safety challenges in train evacuation - How to keep passengers safe*.
- Kecklund, L., Petterson, S., Anderzén, I., Frantzich, H., & Nilsson, D. (2007). *Att utrymma en vägtunnel – en helhetslösning för utrymningskommunikation*. MTO Psykologi.

- Kinateder, M., Kuligowski, E., Reneke, P., & Peacock, R. (2015). *Risk perception in fire evacuation behavior revisited: definitions, related concepts, and empirical evidence*. Fire Science Reviews.
- Kinateder, M., Müller, M., Jost, M., Mühlberger, A., & Pauli, P. (2014). *Social influence in a virtual tunnel fire - Influence of conflicting information on evacuation behavior*. Applied Ergonomics.
- Kinateder, M., Pauli, P., Müller, M., Krieger, J., Heimbecher, F., Rönnau, I., . . . Mühlberger, A. (2013). *Human behaviour in severe tunnel accidents: Effects of information and behavioural training*. Transportation Research.
- Larsen, P., Jørgensen, A., & Hafdell, P. (2019). *Visibility in smoke – evacuation lighting*. NordFoU.
- Magnusson, K., & Rohlén, P. (2013). *Tunnelsäkerhet - Släckvattensystem i järnvägstunnlar*. Borlänge: Trafikverket.
- Martens, M., & Jansen, G. (2012). *Human Behaviour in Tunnels What further steps to take?* New York: Fifth International Symposium on Tunnel Safety and Security.
- Mellert, L., & Welte, U. (2012). *Acoustical Guidance In Road Tunnels*. Graz: Tunnel Safety and Ventilation.
- Meraner, C., Mikalsen, R., Li, T., Frantzich, H., & Fridolf, K. (2020). *Brannsikkerhet i jernbanetunnel – Dimensjonerende brannscenario og forventninger til redningsinnsats*. RISE.
- Nilsson, D. (2009). *Exit choice in fire emergencies - Influencing choice of exit with flashing lights*. Lund : Lunds Universitet.
- Nilsson, D., & Johansson, A. (2009). *Social influence during the initial phase of a fire evacuation—Analysis of evacuation experiments in a cinema theatre*. Fire Safety Journal.
- Nilsson, D., Frantzich, H., & Saunders, W. (2005). *Coloured Flashing Lights to Mark Emergency Exits – Experiences from Evacuation Experiments*. Fire Safety Science.
- Nilsson, D., Frantzich, H., Ronchi, E., Fridolf, K., Lindgren Walter, A., & Modic, H. (2018). *Integrating evacuation research in large infrastructure tunnel projects - Experiences from the Stockholm Bypass Project*. Fire Safety Journal.
- Nilsson, D., Johansson, M., & Frantzich, H. (2009). *Evacuation experiment in a road tunnel: A study of human behaviour and technical installations*. Fire Safety Journal.
- Norén, A., & Winér, J. (2003). *Modelling Crowd Evacuation from Road and Train Tunnels - Data and design for faster evacuations*. Lund : Lunds Universitet.
- Näringsdepartementet. (2005). *Säkerhet i vägtunnlar*. Stockholm : Regeringskansliet .
- Petterson, S., & Pryke, A. (2014). *Erfarenheter av trafikantbeteende i vägtunnlar - Erfarenheter av trafikantbeteende i vägtunnlar*. Trafikverket.

- Petterson, S., & Pryke, A. (2014). *Utvärdering av utrymningsbudskap på tunnelinformationsskyltar*. MTO Säkerhet.
- Porzycki, J., Schmidt-Polończyk, N., & Wąs, J. (2018). *Pedestrian behavior during evacuation from road tunnel in smoke condition—Empirical results*. PLOS ONE.
- Proulx, G. (2008). *Evacuation Time. I The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 4th ed. Ed. DiNenno, P.J. pp 3-355 – 3-372*. Quincy: National Fire Protection Association.
- Ronchi, E., & Nilsson, D. (2015). *A Virtual Reality experiment on the design of flashing lights at emergency exit portals for road tunnel evacuations*. Lund: Lunds Universitet.
- Ronchi, E., & Nilsson, D. (2013). *Interim Report: Traffic Information Signs, Colour Scheme of Emergency Exit Portals and Acoustic Systems for Road Tunnel Emergency Evacuations*. Lund: Lunds Universitet.
- Ronchi, E., Nilsson, D., Kojić, K., Eriksson, J., Lovreglio, R., Modig, H., & Walter, H. (2015). *A Virtual Reality experiment on flashing lights at emergency exit portals for road tunnel evacuation*. Fire Technology.
- Schmidt-Polończyk, N., Wąs, J., & Porzycki, J. (2021). *What Is the Knowledge of Evacuation Procedures in Road Tunnels? Survey Results of Users in Poland*. MDPI.
- Seike, M., Kawabata, N., & Hasegawa, M. (2017). *Evacuation speed in full-scale darkened tunnel filled with smoke*. Fire Safety Journal.
- Seike, S., Kawabata, N., & Hasegawa, M. (2020). *Walking speed in completely darkened full-scale tunnel experiments*. Tunnelling and Underground Space Technology.
- Sime, J. (1985). *Movement Toward the Familiar - Person and Place Affiliation in a Fire Entrapment Setting*. Environment and Behaviour.
- Svenska Institutet för Standarder. (7010:2020). *SVENSK STANDARD - Grafiska symboler – Varselfärger och varselskyltar – Registrerade varselsignaler (ISO 7010:2019)*. Svenska Institutet för Standarder.
- Swedish Standards Institute. (16276:2013). *SVENSK STANDARD Utrymningsbelysning i vägtrafiktunnlar*. Swedish Standards Institute.
- Swedish Standards Institute. (1838:2013). *SVENSK STANDARD Belysning – Nödbelysning*. Swedish Standards Institute.
- Swedish Standards Institute. (3864-1:2016). *SVENSK STANDARD - Grafiska symboler – Varselmärkning och varselskyltar – Del 1: Utformning av varselskyltar, varselsignaler och varselmärkning (ISO 3864-1:2011, IDT)*. Swedish Standards Institute.
- Swedish Standards Institute. (3864-4:2016). *SVENSK STANDARD - Grafiska symboler – Varselmärkning och varselskyltar – Del 4: Kolorimetriska och fotometriska materialegenskaper hos varselskyltar (ISO 3864-4:2011, IDT)*. Swedish Standards Institute.

- Swedish Standards Institute. (SS-EN 16276:2013). *Utrymningsbelysning i vägtrafiktunnlar*. Swedish Standards Institute.
- Tong, D., & Canter, D. (1985). *The Decision to Evacuate: a Study of the Motivations which Contribute to Evacuation in the Event of Fire*. Surrey: University of Surrey.
- Trafikverket. (2011). *Norra Länken*. Solna: Trafikverket .
- Trafikverket. (2020). *Säkerhetshandbok för komplexa väganläggningar*. Trafikverket .
- Trafikverket. (2020). *TRVINFRA-00151 Elkraftanläggningar - Belysning i järnvägsmiljö*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2021). *TRVINFRA-00233 Krav Tunnelbyggande*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2021, Augusti 27). *www.trafikverket.se*. Retrieved from Vägar och gators utformning (VGU): <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/vag/Utformning-av-vagar-och-gator/vagar-och-gators-utformning-vgu/>
- Trafikverket. (2021:001). *VGU Vägar och gators utformning*. Borlänge: Trafikverket.
- Transportstyrelsen. (2020, April 03). *E28. Nödutgång*. Retrieved from www.transportstyrelsen.se: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Vagmarken/Anvisningsmarken/nodutgang/>
- Transportstyrelsen. (2020, April 03). *E29. Utrymningsväg*. Retrieved from www.transportstyrelsen.se: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Vagmarken/Anvisningsmarken/utrymningvag/>
- Transportstyrelsen. (2021a, Maj 20). *Tunnelsäkerhet - säkerhet i vägtunnlar*. Retrieved from www.transportstyrelsen.se: <https://transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/sakerhet/tunnelsakerhet---sakerhet-i-vagtunnlar/>
- Transportstyrelsen. (2021b, Februari 24). *www.transportstyrelsen.se*. Retrieved from Tekniskt godkännande järnväg: <https://transportstyrelsen.se/sv/jarnvag/till-dig-i-branschen/tekniskt-godkannande/>
- Transportstyrelsen. (2021c, November 17). *Övrigt om TSD - Tekniska specifikationer för driftskompatibilitet*. Retrieved from www.transportstyrelsen.se: <https://transportstyrelsen.se/sv/jarnvag/till-dig-i-branschen/tekniskt-godkannande/ovrigt-om-tds/>
- Transportstyrelsen. (TSFS 2019:74). *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om vägmärken och andra anordningar*. Transportstyrelsen.
- Transportstyrelsen. (TSFS 2019:93). *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar m.m.* Transportstyrelsen.
- Tronstad, T., Genssen, G., Moscoso, C., Södersten, C., & Zaikonnikov, E. (2021). *Sound signals to improve evacuation in road tunnels*. Fire Safety Journal.

- UNITED NATIONS. (2006 consolidated versions). *Vienna Convention on Road Signs and Signals ECE/TRANS/196 of 1968*. UNITED NATIONS PUBLICATION.
- Virdesten, P. (1998). *Myndigheternas föreskrifter - Handbok i författningsskrivning*. Stockholm: Stadsrådsberedningen.
- Wąs, J., Porzycki, J., & Schmidt-Polończyk, N. (2018). *Grouping behaviour and decision making in road tunnels evacuation in smoke conditions*. Lund: Proceedings from the 9th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics (PED2018).
- Zhang, Y., Shen, Y., Carvel, R., Zhu, H., Zhang, Y., & Yan, Z. (2021a). *Experimental investigation on the evacuation performance of pedestrians in a three-lane urban tunnel with natural ventilation in a fire scenario*. Tunnelling and Underground Space Technology incorporating Trenchless Technology Research.
- Zhang, Y., Zhu, H., Guo, Q., Carvel, R., & Yan, Z. (2021b). *The effect of technical installations on evacuation performance in urban road tunnel fires*. Tunnelling and Underground Space Technology.
- Åhnberg, N., Harrysson, K., & Elias, A. (2017). *Tunnelsäkerhet - Utrymningsdimensionering vid upphöjda gångbanor*. Trafikverket.
- Åhnberg, N., Harrysson, K., & Elias, A. (2017). *Tunnelsäkerhet - Utrymningsdimensionering vid upphöjda gångbanor*. Borlänge: Trafikverket.

Bilaga A – Regelverk och standarder - Vägledande markering

I följande bilaga kommer de krav som ställs på vägledande markering i väg- och järnvägstunnlar presenteras.

Vägledande markering i vägtunnlar

I Figur 16 i avsnitt 6.2.1 visas en övergripande bild över hur regelverken och standarderna för vägledande markering i vägtunnlar är uppbyggda. Nedan presenteras angivelserna enligt dessa regelverk och standard.

2004/54/EG

I EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (2004/54/EG) av den 29 april 2004 om minimikrav för säkerhet i tunnlar som ingår i det transeuropeiska vägnätet anger i Bilaga III *Signalering i tunnlar* för tunnlät längre än 500 meter att:

”1.1 Vägmärken skall användas för utmärkning av följande säkerhetsanordningar i tunnlar:

Nödfickor

Nödutgångar: Likadana märken skall användas för alla slags nödutgångar.

Utrymningsvägar: De två närmaste nödutgångarna skall på sidoväggarna vara utmärkta med högst 25 m mellanrum, på en höjd av 1,0–1,5 m och med avstånden till utgångarna angivna.”

Vidare i kap 2.3 *Märken och skyltar för nödutröstning* i Bilaga III i DIREKTIV (2004/54/EG) anges:

”Märken som anger nödutgångar skall vara s.k. G-märken enligt Wienkonventionen”

Wienkonventionen

I Vienna Convention on Road Signs and Signals of 1968 ECE/TRANS/196 (2006 consolidated versions) anges det i section G i Annex 1 att G-märken visar ”direction, position or indication signs”. Vidare anges:

“I. General characteristics and symbols

1. Informative signs are usually rectangular; however, direction signs may be in the shape of an elongated rectangle with the longer side horizontal, terminating in an arrowhead.
2. Informative signs shall bear either white or light-coloured symbols or inscriptions on a dark ground, or dark-coloured symbols or inscriptions on a white or light-coloured ground; the colour red may be used only exceptionally and must never predominate.”

och

”11. Signs indicating emergency exits

(a) The signs G, 23^a and G, 23^b indicate the location of emergency exits.

(b) The signs G, 24^a, G, 24^b and G, 24^c are examples of signs to indicate the direction and distance of the nearest emergency exits. In tunnels, they shall be placed at a maximum distance of 50 m apart and at a height of 1 to 1.5 m on the sidewalls.

(c) The signs G, 23 and G, 24 have a green ground and the symbols, arrows and distance indications are white or of a light colour.”

I Annex 3 i Vienna Convention (2006 consolidated versions) visas utformning av skylt G,23^a som en kvadratisk skylt med grön bakgrund och en vit springande gubbe riktad mot en vit rektangel (dörr). G,23^b är spegelvänd mot G,23^a. G, 24^{a,b och c} visar exempel på olika utformningar av utrymningsskyltar som hänvisar avstånd och riktning till närmaste utrymningsväg(arna).

TSFS 2019:93

Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:93) Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar m.m. gäller tunnlar som är längre än 500 meter och ställer följande krav i kapitel 3 *Säkerhetskrav*:

”38 § Alla dörrar som leder till en utrymningsväg ska på båda sidorna ha en unik identifiering. Informationsskyltar ska placeras i trafikutrymmet så att det framgår vilka dörrar eller utgångar som inte är en del av en utrymningsväg.”

TRVINFRA-00233

Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00233 (2021) Krav Tunnelbyggande gäller följande tunnlar:

- ”• bergtunnlar oavsett längd
- tunnlar av stål eller betong längre än 100 m. För överdäckning gäller dock dokumentet oavsett längd.”

I TRVINFRA-00233 (2021) i kapitel 6.3.7. *Underlättande av utrymning* under kravnnummer K43635 anges det att:

”Dörr mellan trafikutrymme och utrymningsväg ska vara lätt identifierbar som nödutgång”

VGU

Vidare har Trafikverket skrivit regelverket VGU Vägar och gators utformning (2021:001) där det i kapitel 13.1.24.2 *Informationsskyltar* anges att:

”Märke E28 Nödutgång ska vara placerad väl synlig över dörr till nödutgång.
Symbol ska vara vänd i riktning mot nödutgången.

Skylt ska vara placerad vinkelrät mot trafikriktningen och ha symbol på båda sidor.

På sidovägg i tunnel ska märke E29 Utrymningsväg finnas som upplysning om avstånd och riktning till närmaste nödutgång.

Märke med riktning och avstånd till nödutgång ska finnas på var 25 meter.

På plats för nöduppställning ska symboler för telefon och brandsläckare vara angivna på en särskild skylt eller finnas med i märket.”

TSFS 2019:74

Märke E28 Nödutgång och E29 Utrymningsväg är anvisningsmärken i Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:74) Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om vägmärken och andra anordningar. Märke E28 Nödutgång visas i Figur 17 i avsnitt 246.2.1. Skylten kan även användas spegelvänd.

Märke E28 är kvadratisk och kan användas i flera olika storlekar, dessa presenteras i Tabell 5.

Tabell 5 Storlek på märke E28 baserat på Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:74).

	Mycket liten	Liten	Normal	Stor	Mycket stor
Höjd/bredd [m]	-	0,3	0,4	0,6	-

Olika storlekar på märket används vid olika vägar, vilken den minsta skyltstorlek som ska användas vid respektive vägtyp presenteras i Tabell 6.

Tabell 6 Minsta storlek på märke E28 på olika vägar, baserat på Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:74).

Väg	Storlek
1. Motorväg	Stor
2. Motorväg i trång vägmiljö samt motortrafikled	Normal
3. Väg som inte är motorväg eller motortrafikled	Normal
4. Väg enligt 3 där den högsta tillåtna hastigheten är 70 km/h eller lägre	Liten

Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:74) anger att:

”42 § Märke E28, nödutgång, ska sättas upp vid nödutgångar i tunnlar.”

Märke E29 Utrymningsväg visas i Figur 18 i avsnitt 6.2.1. Skylten kan även användas spegelvänd och avståndet till nödutgång justeras.

Märke E29 är rektangulärt och kan användas i flera olika storlekar, dessa presenteras i Tabell 7.

Tabell 7 Storlek på märke E29 baserat på Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:74).

	Mycket liten	Liten	Normal	Stor	Mycket stor
Bredd [m]	-	0,50	0,67	1,00	-
Höjd [m]	-	0,15	0,20	0,3	-

Olika storlekar på märket används vid olika vägar, vilken den minsta skyltstorlek som ska användas vid respektive vägtyp presenteras i Tabell 8.

Tabell 8 Minsta storlek på märke E29 på olika vägar, baserat på Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:74) Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om vägmärken och andra anordningar.

Väg	Storlek
1. Motorväg	Stor
2. Motorväg i trång vägmiljö samt motortrafikled	Normal
3. Väg som inte är motorväg eller motortrafikled	Normal
4. Väg enligt 3 där den högsta tillåtna hastigheten är 70 km/h eller lägre	Liten

Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:74) anger att:

”44 § Märke E29, utrymningsväg, ska sättas upp på sidoväggarna i tunnlar för att ange avstånd och riktning till de närmaste nödutgångarna.

Allmänna råd

Märket bör placeras mellan 1 och 1,5 meter över körbanan.”

VGU

Vidare i VGU Vägar och gators utformning (2021:001) anges det i kapitel 14.6.6

Säkerhetsskyltar att:

”**Förutsättning**

Safety sign (eng.) är översatt till säkerhetsskylt i SS-EN 1838 (sv) ofta kallat utrymningsskylt, hänvisningsskylt och vägledande skylt. Säkerhetsskyltar omfattar hänvisningsskyltar för utrymning, nöds skyltar och andra säkerhetsskyltar som man genom riskbedömning ansett behöva vara läsbart vid nöddrift.

Säkerhetsskyltar ska följa kraven i {SS-EN 1838}.”

SS-EN 1838:2013²³

Svensk standard SS-EN (1838:2013) Belysning – Nödbelysning anger i kapitel 4

Utrymningsbelysning att:

²³ Följande text som är hämtad från SS-EN (1838:2013) är återgiven med vederbörligt tillstånd av SIS, Svenska institutet för standarder, som också säljer den kompletta standarden på www.sis.se

”För att förenkla synbarhet bör utrymningskyltar, där så är möjligt, inte monteras högre än 20° över den horisontella vyn i enlighet med skyltens maximala läsavstånd.

När det inte är möjligt att se en nödutgång direkt, ska en belyst vägledningsskylt (eller serie av skyltar) finnas som kan bidra till förflyttning mot nödutgången.”

SS-EN (1838:2013) Belysning – Nödbelysning anger i kapitel 5 *Säkerhetsskyltar* att:

”Alla säkerhetsskyltar och tilläggsskyltar med riktningsskyltar som krävs under utrymning ska vara utförda enligt kraven i ISO 3864-1, ISO 3864-4 (fotometri) och EN ISO 7010 (design). Alla skyltar och meddelanden behöver belysning för att säkerställa att de är iögonfallande och läsbara. Det finns ett antal valmöjligheter för att uppnå detta, som till exempel:

- extern belysning; och
- intern belysning.

Det är viktigt att försäkra sig om att skylten under nöddrift ska vara tillräckligt belyst för att vara synbar och att säkerhetsfärgen grön förblir grön och att kontrastfärgen vit förblir vit inom de färgtoleranser som specificeras i ISO 3864-4.”

Vidare anger SS-EN (1838:2013) anger i kapitel 5.4 *Säkerhetsskyltars luminans* att:

”5.4.1 Luminansen på varje yta med säkerhetsfärg på skylten ska vara minst 2 cd/m².

5.4.2 Förhållandet mellan högsta och lägsta luminans inom antingen vitt eller säkerhetsfärgen ska inte vara större än 10:1. Stor variation av varandra intilliggande punkter bör undvikas.

5.4.3 Förhållandet mellan luminansen $L_{\text{contrast colour}}$ och luminansen $L_{\text{safety colour}}$ ska inte vara mindre än 5:1 och inte större än 15:1 (se bilaga A).

Bilaga A i SS-EN (1838:2013) anger hur mätning av luminans ska genomföras.

SS-EN (1838:2013) anger i kapitel 5.5 *Läsavstånd* hur läsavståndet för säkerhetsskyltar ska bestämmas.

SS-ISO 3864-1:2016²⁴

Svensk standard SS-ISO (3864-1:2016) Grafiska symboler – Varselmärkning och varselskyltar – Del 1: Utformning av varselskyltar, varselsignaler och varselmärkning anger utformning av ”safe condition signs” som definieras som:

”safety sign that indicates an evacuation route, the location of safety equipment or a safety facility, or a safety action”

²⁴ Följande text som är hämtad från SS-ISO (3864-1:2016) är återgiven med vederbörligt tillstånd av SIS, Svenska institutet för standarder, som också säljer den kompletta standarden på www.sis.se

Kapitel 6.5 *Safe condition signs* anger att dessa skyltar ska vara kvadratiska med grön bakgrund och vita symboler. Den gröna färgen ska täcka minst 50 % av skyltens yta.

I kapitel 7 *Layout for supplementary signs* i SS-ISO (3864-1:2016) anges:

”Supplementary safety information, as text and/or in the form of a graphical symbol may be used to describe, supplement or clarify the meaning of a safety sign. The supplementary safety information shall be placed in a separate supplementary sign or included as part of a combination sign (see Clause 8) or a multiple sign (see Clause 9).”

Dessa tilläggsskyltar ska vara rektangulära. Clause 8 och 9 i SS-ISO (3864-1:2016) beskriver hur kombinationer av skyltar och tilläggsskyltar eller andra skyltar ska ske. Vidare i Annex A återfinns information om förhållandet mellan säkerhetsskyltars dimensioner och betraktningssavstånd.

***SS-ISO 3864-4:2016*²⁵**

I Svenska standard SS-ISO (3864-4:2016) Grafiska symboler – Varselmärkning och varselskyltar – Del 4: Kolorimetriska och fotometriska materialegenskaper hos varselskyltar anger i kapitel 4.1 *General* att:

”Safety signs without an integral source of light are required to be externally illuminated for their intended function.”

Vidare anges kolorimetri och fotometri för skyltar i SS-ISO (3864-4:2016), vilket det inte görs någon fördjupning på i denna rapport.

***SS-EN ISO 7010:2020*²⁶**

Designen av nödutgångsskylt (emergency exit) enligt Svensk standard SS-EN ISO (7010:2020) Grafiska symboler – Varselfärger och varselskyltar – Registrerade varselsignaler anges i Figur 19 i avsnitt 6.2.1. Skylten kan användas spegelvänd och den kan kombineras med en vit pil på en grön bakgrund för att ge riktningssinformation.

²⁵ Följande text som är hämtad från SS-ISO (3864-4:2016) är återgiven med vederbörligt tillstånd av SIS, Svenska institutet för standarder, som också säljer den kompletta standarden på www.sis.se

²⁶ Informationen är hämtad från SS-EN ISO (7010:2020) och är återgiven med vederbörligt tillstånd av SIS, Svenska institutet för standarder, som också säljer den kompletta standarden på www.sis.se

Vägledande markering i järnvägstunnlar

I Figur 25 i avsnitt 6.3.1 visas en övergripande bild över hur regelverken och standarderna för vägledande markering i järnvägstunnlar är uppbyggda. Nedan presenteras angivelserna enligt dessa regelverk och standard.

TSD Tunnelsäkerhet

KOMMISSIONENS FÖRORDNING (EU) nr 1303/2014 av den 18 november (2014) om teknisk specifikation för driftskompatibilitet (TSD) avseende ”säkerhet i järnvägstunnlar” i järnvägssystemet i Europeiska unionen, kommer vidare att kallas *TSD Tunnelsäkerhet*. TSD Tunnelsäkerhet (2014) ställer i kapitel 4.2.1.5.5 *Vägledande markering* följande krav:

”Denna specifikation gäller alla tunnlar.

- a) Den vägledande markeringen visar var nödutgångarna finns samt avstånd och riktning till en säker plats.
- b) Alla skyltar ska vara utformade i enlighet med kraven i rådets direktiv 92/58/EEG av den 24 juni 1992 om minimikrav beträffande varselmärkning och signaler för hälsa och säkerhet i arbetet och enligt den specifikation som avses i tillägg A index 1.
- c) Utrymningsskyltarna ska vara installerade på sidoväggarna längs med utrymningsvägarna.
- d) Avståndet mellan utrymningsskyltarna ska vara högst 50 m.
- e) Det ska finnas skyltar i tunneln som visar var nöd- och räddningsutrustning är placerad, när sådan utrustning finns.
- f) Alla dörrar som leder till nödutgångar eller tvärtunnlar ska markeras.”

I tillägg A index 1 i TSD Tunnelsäkerhet (2014) anges det att Utformning av vägledande markering ska ske enligt SS-ISO (3864-1:2016), som beskrivits tidigare i denna bilaga.

92/58/EEG

I Rådets Direktiv (92/58/EEG) av den 24 juni 1992 om minimikrav beträffande varselmärkning och signaler för hälsa och säkerhet i arbetet i Bilaga 1 *ALLMANNAN MINIMIKRAV BETRÄFFANDE VARSELMÄRKNING OCH SIGNALER AVSEENDE HÄLSA OCH SÄKERHET I ARBETET* anges det att varselfärgen på nödutgångsskyltar ska vara grön. I Bilaga 2 *ALLMANNAN MINIMIKRAV FÖR VARSELSKYLTA* anges det i kapitel 3.4 *Nödskyltar* att:

”Kännetecken:

- rektangulär eller kvadratisk form,
- vit symbol mot grön bakgrund (den gröna delen skall vara minst 50 % av skyltens yta).”

Skylten för Nödutgång/utrymningsväg enligt Rådets Direktiv (92/58/EEG) innehåller en vit rektangel (dörr), en smal pil pekandes mot den vita rektangeln eller nedåt, och en vit springande gubbe.

TRVINFRA-00233

Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00233 (2021) Krav Tunnelbyggande anger i kapitel 7.2 *Säkerhet i järnvägstunnlar* att:

”K43804

Krav enligt *TSD Tunnelsäkerhet* samt kompletterande krav och preciseringar enligt Tabell K7.2 - K7.4 ska uppfyllas.”

Tabell K7.2 med kravnummer K43805 anger att för tunnlar längre än 100 meter är det kompletterande kravet till kapitel 4.2.1.5.5 i *TSD Tunnelsäkerhet* att:

”Belyst och genomlyst vägledande markering i trafikutrymmen (utgångs- och nödutgångsskyltar) ska uppfylla krav enligt TRVINFRA-00151 *Elkraftanläggning - Belysning i järnvägsmiljö*.”

Vilket innebär att ovan nämnda krav på vägledande markering i *TSD Tunnelsäkerhet* (2014) ersätts av kraven i TRVINFRA-00151 *Elkraftanläggning - Belysning i järnvägsmiljö* istället.

Tabell K7.3 i TRVINFRA-00233 (2021) med kravnummer K43806 anger även:

”Belysning och skyltar:

- Nödutgångar i tunneln ska vara tydligt markerade.

- Belysning av brandposter ska vara samordnade med nödbelysning och skyltning.”

TRVINFRA-00151

I Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00151 (2020) *Elkraftanläggning - Belysning i järnvägsmiljö* i kapitel 9.5 *Säkerhetsskyltar* anges följande:

“K128610

Säkerhetsskyltar ska omfatta hänvisningsskyltar för utrymning, nödutgångsskyltar och andra säkerhetsskyltar som man genom riskbedömning ansett behöva vara läsbara vid nöddrift.

K128611

Säkerhetsskyltar ska uppfylla följande standarder:

EN ISO 7010, Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs (ISO 7010);

ISO 3864-1, Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs and safety markings;

ISO 3864-4, Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 4: Colorimetric and photometric properties of safety sign materials.

Råd

För val av storlek på skylt finns Annex A (informativ) i ISO 3864-1, Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs and safety markings som kan tillämpas.

K128613

Internt belyst säkerhetsskylt som visar nödutgång ska sitta ovanför dörr till nödutgång och kunna ses från alla håll på utrymningsväg av evakuerande.

K128614

Internt belyst ska användas då det är en riktningsförändring.

K128615

Internt belysta skyltar ska ha en medelluminans av vit kontrastfärg på minst 10 cd/m².

Råd

ISO 3864-4, Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 4: Colorimetric and photometric properties of safety sign materials kap 4.3 har bestämmelser om gränsvärden om kontrast och kromaticitet.

K128617

Skyltar som visar riktning med avstånd till dörr för nödutgång ska vara plan och vara externt belyst med maximalt 50 m c/c avstånd på en höjd 1,2–1,8 m över gångväg.

K128618

Externt belyst ska användas då det ej är riktningsförändring.”

samt

”K128621

Externt belysta skyltar ska ha en efterluminans på minst 310 mcd · m⁻² efter 10 min och minst 40 mcd · m⁻² efter 60 min.”

Bestämmelserna enligt SS-EN ISO 7010, SS-ISO 3864-1 och SS-ISO 3864-4 är de samma som har angetts i tidigare i denna bilaga.

Vägledande markering på arbetsplatser

Arbetsplatser i tunnlar kan vara till exempel teknik-, drift- och serviceutrymmen. Följande avsnitt gäller både väg- och järnvägstunnlar. I Figur 27 i avsnitt 6.4.1 visas en övergripande bild över hur regelverken och standarderna för vägledande markering i de delar av tunnlar som räknas som arbetsplats är uppbyggda. Nedan presenteras angivelserna enligt dessa regelverk och standard.

AFS 2020:1

Vägledande markering för serviceutrymmen och teknikutrymmen i väg- och järnvägstunnlar regleras främst via Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS 2020:1) Arbetsplatsens utformning som anger följande:

”97 § Utrymningsvägar, samt vägar och dörrar till utrymningsvägar, ska normalt vara skyltade eller ha andra vägledande markeringar.

Allmänna råd: Ett exempel på annan vägledande markering är fluorescerande ljus i golvet eller taktila ledstråk.

98 § Skyltar och andra vägledande markeringar ska vara placerade på väl synliga ställen och ha ett varaktigt utförande. När det behövs ska de vara belysta eller genomlysta. Skyltarna ska vara utförda enligt bilagorna 2 och 3.

Allmänna råd: Exempel på lämplig storlek på skyltar, i förhållande till läsavstånd, finns i standarden SS-EN 1838:2013. Belysning – Nödbelysning. Utgåva 2.”

Utformning enligt SS-EN 1838:2013 anges tidigare i denna bilaga. Bilaga 2 *Allmänna krav för skyltar, märkning och signaler* i Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS 2020:1) anger att:

”2.1 Allmänt

I de situationer och för den information som anges i bilagorna 2–9 till dessa föreskrifter får endast sådana skyltar, sådan märkning och sådana signaler som anges i bilagorna användas. Skyltar, märkning och signaler för hälsa och säkerhet får endast användas för de ändamål som anges i dessa föreskrifter.

Allmänna råd: Även skyltar utformade enligt SS-EN ISO 7010:2012 Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs. Utgåva 1, uppfyller normalt kraven. I de fall skyltar för ett visst ändamål inte finns i bilagor till dessa föreskrifter, bör i första hand skyltar enligt standard SS-EN ISO 7010:2012, inklusive tillägg, användas.”

Utformning enligt den senaste versionen av SS-EN ISO 7010 beskrivs i tidigare i denna bilaga. Bilaga 3 *Skyltar* i Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS 2020:1) Arbetsplatsens utformning anger att nöds skyltar ska:

”3.3.4 Nödskyltar

- Rektangulär eller kvadratisk form.
- Vit symbol på grön bakgrund. Skyltar med pil kan vara spegelvända.
- Den gröna delen ska vara minst 50 procent av skyltens yta.”

Figur 28 i avsnitt 6.4.1 anger utformningen på nödskylten utrymningsväg enligt Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS 2020:1). Skylten kan även användas med en pil som pekar nedåt.

Bilaga 6 *Ljussignaler och genomlysta skyltar* i Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS 2020:1) anger att:

”6.1 Utförande

En ljussignal eller en genomlyst skylt ska ha en kontrast som är anpassad till omgivningen och till de aktuella arbetsförhållandena. Den får varken blända eller vara svår att upptäcka. Ljussignalen eller den genomlysta skylten ska vara enfärgad eller visa en kombination av en symbol och en bakgrund. Färgen ska överensstämma med tabellen i bilaga 2, punkt 5. Om signalen eller skylten innehåller en symbol ska den uppfylla kraven i bilaga 3.”

Enligt tabellen i bilaga 2, punkt 5 i Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS 2020:1) ska skyltar för utrymning och utrymningsväg vara gröna.

Bilaga B – Regelverk och standarder - Utrymningsbelysning

I följande bilaga kommer de krav som ställs på utrymningsbelysning i väg- och järnvägstunnlar presenteras.

Utrymningsbelysning i vägtunnlar

I Figur 20 i avsnitt 6.2.2 visas en övergripande bild över hur regelverken och standarderna för utrymningsbelysning i vägtunnlar är uppbyggda. Nedan presenteras angivelserna enligt dessa regelverk och standard.

2004/54/EG

I EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (2004/54/EG) av den 29 april 2004 om minimikrav för säkerhet i tunnlar som ingår i det transeuropeiska vägnätet anger i kapitel 2.8 *Belysning* att:

”Vägledande belysning, t.ex. upplysta markörer på högst 1,5 m höjd, skall tillhandahållas för att vägleda tunneltrafikanterna så att de i en nödsituation kan utrymma tunneln till fots.”

TSFS 2019:93

Transportstyrelsens författningssamling (TSFS 2019:93) Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i vägtunnlar m.m anger att:

”34 § Vägledande utrymningsljus ska finnas i tunnlar på högst 1,5 meters höjd över gångytan för att underlätta för trafikanter att utrymma till fots. Vid avbrott i strömförsörjningen ska det vägledande ljuset fungera i minst 60 minuter.”

TRVINFRA-00233

Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00233 (2021) Krav Tunnelbyggande anger i kapitel 11.3 *Belysning* med kravnummer K44319 att ”Belysning ska uppfylla krav enligt Krav - VGU”.

VGU

Trafikverkets regelverk VGU Vägar och gators utformning (2021:001) i kapitel 14.6 *Belysning i vägtunnlar och på väg under bro* anges det att:

” 14.6.1 Syftet med belysning i vägtunnlar är att säkerställa att trafikanter, både under dagen och på natten, kan närma sig, passera och lämna tunneln på ett säkert sätt. Funktioner som finns i Vägtrafiktunnlar framgår av Figur 14.1. i nödsituationer täcker belysning två huvudfunktioner:

1. ge vägledning och tillräckligt med ljus för förare att kunna lämna tunneln i sina fordon (reservbelysning),
2. ge vägledning för personer som lämnar sina fordon och evakuera tunneln som fotgängare (utrymningsbelysning).

Avsnittet täcker även allmän- och utrymningsbelysning i driftutrymmen och utrymningsvägar i anslutning till trafikutrymmet.”

Enligt Figur 14.1 i VGU Vägar och gators utformning (2021:001), som återges i Figur 21 i avsnitt 6.2.2, anges det att utrymningsbelysning innefattas av:

”Belysning för personer som utrymmer tunneln till fots i en nödsituation såsom vid brand

- Vägledande utrymningsljus
- Nödutgångsbelysning
- Ljusmarkörer vid nödutgång (blixtljus)
- Belysning av utrymningsvägar”

I kapitel 14.6.4 *Utrymningsbelysning* i VGU Vägar och gators utformning (2021:001) anges det:

”14.6.4 Nödbelysning i trafikutrymme ska utformas enligt {SS-EN 16276} tunnlar med nationella undantag enligt Tabell 14.16”

De avvikelser som ges i Tabell 14.16 i VGU Vägar och gators utformning (2021:001) presenteras i Tabell 9 nedan.

Tabell 9 Avvikelser från SS-EN 16276, baserad på Tabell 14.16 i VGU Väggar och gators utformning (2021:001).

Avvikelser och tillägg från SS-EN 16276	
4.1	Drifttid för utrymningsbelysning ska vara 60 min enligt SS-EN 1838 Nödbelysning
4.3.2	Vägledande utrymningsljus ska vara placerade 1,0 – 1,2 m över vägbanans nivå
4.3.2	Maximalt avstånd mellan vägledande utrymningsljus med punktbelysning är 10 m
4.3.2	Vägledande utrymningsljus med punktbelysning ska minst ge 4 cd för varje meter mellan två armaturer (10 meter mellan två armaturer innebär 10 m × 4 cd = 40 cd) i alla riktningar som kan ses från en utrymmande person.
4.3.2	Kontinuerligt vägledande utrymningsbelysning med minst 200 lm/m i en 120 graders vinkel ut från tunnelvägg med jämnt ljus längs listen.
4.3.3.2	Ljusmarkörer vid nödutgång (blytljus) runt dörr ska lysa grönt vid normala förhållanden. Ljusintensitet och bländning ska uppfyllas enligt punkt 4.3.2 ovan. Vid nödsituation ska ljusmarkörerna blinka med en frekvens mellan 1 till 4 Hz. Ljusmarkörer ska vara av typen LED-belysning. Belysning ska utformas enligt något av alternativen i Tabell 14.15 ²⁷
4.3.3.3	Inget krav på att dörr ska vara belyst

I Figur 14.2 i VGU (2021:001) återges i Figur 24 i avsnitt 6.2.2.

SS-EN 16276:2013²⁸

Svensk standard SS-EN (16276:2013) Utrymningsbelysning i vägtrafiktunnlar anger i kapitel 4.3 *Pedestrian guidance* att:

²⁷ Hänvisningen är felaktig och uppdateras i nästa utgåva av VGU. Hänvisningen ska vara till Figur 14.2.

²⁸ Följande text som är hämtad från SS-EN (16276:2013) är återgiven med vederbörligt tillstånd av SIS, Svenska institutet för standarder, som också säljer den kompletta standarden på www.sis.se

“4.3.2 Evacuation route within the main tunnel

In emergency circumstances, the main tunnel carriageway becomes a footway for fleeing pedestrians to the emergency exits.

In any emergency, as a complement to the normal lighting or standby lighting, and in particular in situations where visibility is impaired, evacuation route marker lights²⁹ are requested to provide tunnel users with guidance to facilitate their evacuation of the tunnel on foot towards the emergency exits.

The evacuation route shall be clearly and unambiguously marked with evacuation route marker lights at a spacing not exceeding 25 m and not higher than 1,5 m above the carriageway level. This shall be done at least on one side of the tunnel where the emergency exits are situated. Where there are three or more traffic lanes, consideration can be given to provide evacuation route marker lights on both sides of the tunnel, provided that clear direction is given towards emergency exits.

At all times, evacuation route marker lights along the evacuation route shall be operational, either to be illuminated in an emergency, or permanently illuminated. Where the markers are permanently illuminated, in order to limit disability glare to drivers, the intensity in the critical directions shall be limited.

For that purpose, luminous intensities of each marker shall not exceed 40 cd during normal conditions, in a cone of $2 \times 15^\circ$ with the axis formed by the driver's observation direction (see Figure 4). During evacuation circumstances, the marker's intensity can be increased.

To enhance the visibility in smoke, the minimum maintained luminous intensity of each marker, in all directions from which it could be seen by a fleeing pedestrian, shall be determined by their spacing. The minimum maintained luminous intensity shall be 0,1 cd for each meter of spacing between markers, with a minimum luminous intensity of 1 cd.

EXAMPLE For a distance of 15 m between two markers, the minimum maintained luminous intensity is 1,5 cd.

In case of tunnels wider than the spacing of markers, the minimum luminous intensity shall instead be determined by the tunnel width and not the marker spacing, using the same rule as before.

Visible flicker effect shall be avoided by following the requirements stated in CEN/CR 14380:2003, or in national recommendations or standards.

Alternative methods of marking the evacuation route in the main tunnel are acceptable if visibility under all conditions, including smoke, is equivalent to or better than the system described above.”

och

²⁹ Tolkas som motsvarande Vägledande utrymningsljus i VGU (2021:001).

“4.3.3 Emergency exits

4.3.3.1 General

Exits clearly identified by dedicated emergency exit lighting will help encourage vehicle occupants to leave their vehicles when necessary.

There are two objectives: the first is to make the emergency exits adequately visible to familiarise users with their presence under normal conditions; the second is to highlight the emergency exits when needed for evacuation.

These two objectives can be reached by using a single system or different systems.

They can be reached by a) marking the emergency exit (required) and by b) lighting (recommended).

When surfaces are coloured to make emergency exits more visible and so to facilitate their recognition, this colour shall be green.

Design of emergency signs is covered by ISO 3864-1 and ISO 7010 in the absence of relevant national standards.

4.3.3.2 Marking of the emergency exit

Green emergency exit marker light³⁰ shall be provided around or at both sides of the exit door. An example of an arrangement is shown in Figure 5.

During an emergency situation, it is recommended that the lights flash to attract the attention of fleeing pedestrians. A frequency of flashing within a range of 0,5 Hz to 2 Hz with luminous intensity not lower than 100 cd in all emitting directions, can be satisfactory.

4.3.3.3 Lighting

In order to make the emergency exits more visible and to familiarise all tunnel users with their positions and geometry, each emergency exit including the door and an area of tunnel wall extending around the door frame can be illuminated, externally or internally (an example is shown in Figure 6).

Emergency exit light³¹ sources (if any) should provide good colour rendering of green surface finishes.

In case of calculating the Threshold Increment (TI) for the main tunnel lighting, the luminaires used to illuminate the emergency exit shall be taken into account.”

Figure 5 och Figure 6 i SS-EN (16276:2013) återges i Figur 23 och Figur 22 i avsnitt 6.2.2.

³⁰ Tolkas som motsvarande Ljusmarkörer vid nödutgångar (blytljus) i VGU (2021:001).

³¹ Tolkas som motsvarande Nödutgångsbelysning i VGU (2021:001).

Några krav för belysning av utrymningsvägar anges inte för själva vägtunneln, utan endast utrymningsvägar i anslutande utrymmen.

Utrymningsbelysning i järnvägstunnlar

I Figur 26 i avsnitt 6.3.2 visas en övergripande bild över hur regelverken och standarderna för utrymningsbelysning i järnvägstunnlar är uppbyggda. Nedan presenteras angivelserna enligt dessa regelverk och standard.

TSD Tunnelsäkerhet

I TSD Tunnelsäkerhet (2014) anges det i kapitel 4.2.1.5.4 *Nödbelysning längs utrymningsvägar* att:

”Denna specifikation gäller alla tunnlar som är längre än 0,5 km.

a) Det ska finnas nödbelysning som visar passagerare och personal vägen till en säker plats i nödsituationer.

b) Belysningen ska uppfylla följande krav:

1. För tunnelrör med enkelspår: vid sidan av gångbanan.
2. För tunnelrör med flera spår: på båda sidor av tunnelröret.
3. Belysningens placering:
 - ovanför gångbanan, så långt ner som möjligt utan att det inkräktar på det fria utrymmet för personer att passera, eller
 - inbyggd i ledstängerna.
4. Den bibehållna illuminansen ska vara minst 1 lux på gångbanans nivå.

c) Oberoende och tillförlitlighet: en alternativ strömförsörjning ska vara tillgänglig under en skälig tidsperiod efter att den ordinarie strömförsörjningen slutat att fungera. Den tidsperiod som krävs ska stämma överens med utrymningsscenarierna och anges i räddningsplanen.

d) Om nödbelysningen är släckt under normala driftsförhållanden ska det gå att tända den på båda de följande sätten:

1. Manuellt inifrån tunneln med 250 m mellanrum.
2. Via fjärrstyrning från tunneloperatören.”

Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00233 (2021) Krav Tunnelbyggande anges i kapitel 7.2 *Säkerhet i järnvägstunnlar* att:

”K43804

Krav enligt *TSD Tunnelsäkerhet* samt kompletterande krav och preciseringar enligt Tabell K7.2 - K7.4 ska uppfyllas.”

Tabell K7.2 med kravnummer K43805 anger att för tunnlar längre än 500 meter är det kompletterande kravet till kapitel 4.2.1.5.4 i *TSD Tunnelsäkerhet* att:

”Nödbelysning ska uppfylla krav enligt TRVINFRA-00151 *Elkraftanläggning - Belysning i järnvägsmiljö*.”

Tabell K7.3 med kravnummer K43806 anger följande:

”Belysning och skyltar:

- Nödutgångar i tunneln ska vara tydligt markerade.
- Belysning av brandposter ska vara samordnade med nödbelysning och skyltning.”

TRVINFRA-00151

I Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00151 (2020) *Elkraftanläggning - Belysning i järnvägsmiljö* i kapitel 5 *Generella krav* anges det att:

”K128463

Krav i följande standarder ska helt eller delvis tillämpas vid utformning av belysning i järnvägsmiljö. Finns motstridigheter gäller kraven i detta dokument: SS-EN 1838 Belysning – Nödbelysning

:

”

Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00151 (2020) anger högre krav än i SS-EN (1838:2013) för utrymningsbelysning, kraven enligt denna standard tas upp i nästa avsnitt i denna bilaga.

Vidare i Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00151 (2020) i kapitel 9 *Järnvägstunnlar* anges det:

”9.1 Allmänna krav

Förutsättning

Kraven bygger på att det finns en service-/tvärtunnel intill spårtunneln. Om service-/tvärtunnel saknas så gäller inte kraven som är ställda för dem.

K128563

Belysning i järnvägstunnlar ska ha följande belysningstyper:

1. Spår-/tvärtunnel

1. allmän-/utrymningsbelysning med LED-handledare i spårtunnel
2. säkerhetsskyltsbelysning
3. nödutgångsbelysning (grön)
4. belysning av övergång i anslutning till tvärtunnel
5. allmän-/utrymningsbelysning tvärtunnel
6. arbetsbelysning av växlar
7. arbetsbelysning av frånskiljarnischer och sugtransformatorer.

2. Servicetunnel

1. allmän-/utrymningsbelysning i hela servicetunnelns längd
2. arbetsbelysning vid dörrar till tvärtunnel
3. arbetsbelysning kring teknikutrustning etc.
4. säkerhetsskyltsbelysning

Bilaga 1 visar placering, typ av belysning (inte all) och områden i tunneln.”

Bilaga 1 återfinns i TRVINFRA-00151 (2020). Vidare i TRVINFRA-00151 (2020) i kapitel 9.3 *Utformning* anges:

”K128570

All belysning ska i normalläge vara släckt.

K128571

Säkerhetsskyltar och knappar för belysning ska alltid vara tända.

K128572

Allmän- och utrymningsbelysning ska vara en och samma armatur men med olika funktioner utifrån situation.

K128573

Nödbelysningen ska ha strömförsörjning under minst 90 min efter att den ordinarie strömförsörjningen slutat att fungera.”

och

”K128577 Knappptryckslådor för att tända respektive belysning ska placeras enligt följande:

- Arbetsbelysning intill objektet som skall styras;
- Allmänbelysning intill samtliga in-/utpassager till tunneln;
- Nödbelysning;

o direkt anslutning till tvärtunnlar,

- o vid säkerhetsskyltar som visar riktning med avstånd till dörr för nödutgång,
- o tunnelmynning, och
- o direkt anslutning till tillfartsvägar.

K128578

LED-handledare placeras 1 m +0,1 över utrymningsväg i spårtunnel.”

och

”K128588

Nödutgångsbelysning ska om möjligt markera hela nödutgången mot tvärtunnel från spårtunneln, se bilaga 1.”

I Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00151 (2020) i kapitel 9.4 *Belysningstekniska krav i tunnel* anges:

K128596

Utrymningsvägens bibehållna medelbelysningsstyrka i spårtunnel ska vara $\bar{E}_m \geq 50$ lx på gångbanans nivå (gäller för både allmän- och utrymningsbelysning) av en bredd på 1,2 m från handledaren ut mot spår.

K128597

Om utrymningsvägen i spårtunnel är bredare än 1,2 m, ska ytan utanför 1,2 m från handledare ha en bibehållen belysningsstyrka på minst 1 lux på gångbanans nivå.

K128598

LED-handledaren ska ha en ljusspridningsvinkel så att utrymningsväg och spårrområde blir väl belysta med släppljus mot handledarens tunnelvägg, se Figur 5 och bilaga 1.

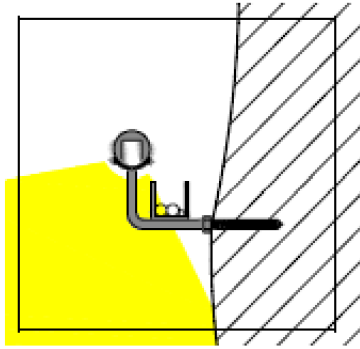
K128599

LED-handledaren ska ha ett kontinuerlig jämnt ljus (inte punktformat) längs utrymningsväg.

K128600

Inget ljus från LED-handledaren får spridas över horisontallinjen, se Figur 5.”

Figur 5 i TRVINFRA-00151 (2020) återges i Figur 34 nedan och anger hur ljusfördelningen från LED-handledaren ska se ut.



Figur 34³² Ljusfördelning från ledhandledare hämtad från TRVINFRA-00151 (2020).

Vidare i kapitel 9.4 *Belysningstekniska krav i tunnel* anges:

” K128604

Övergång i spårtunnel ska ha allmänbelysning enligt bilaga 1 på minst en bibehållen medelbelysningsstyrka på $E_m \geq 20$ lx på gångbanans nivå.

K128605

Nödutgångsbelysningen ska vara grönt kontinuerligt ledljus med 200 lm/m och 180° spridningsvinkel. ”

³² Publicerad med godkännande från Trafikverket

Utrymningsbelysning på arbetsplatser

Arbetsplatser i tunnlar kan vara till exempel teknik-, drift- och serviceutrymmen. Följande avsnitt gäller både väg- och järnvägstunnlar. I Figur 29 i avsnitt 6.4.2 visas en övergripande bild över hur regelverken och standarderna för utrymningsbelysning i de delar av tunnlar som räknas som arbetsplats är uppbyggda. Nedan presenteras angivelserna enligt dessa regelverk och standard.

AFS 2020:1

Arbetsmiljöverkets författningssamling (AFS 2020:1) Arbetsplatsens utformning anger följande gällande utrymningsbelysning på arbetsplatser:

”96 § Utrymningsvägar ska ha belysning som fungerar med tillfredsställande säkerhet. En utrymningsväg där det krävs belysning för att utrymningen ska vara säker ska ha tillräcklig nödbelysning för utrymning, om det är fel på den ordinarie belysningen.

Allmänna råd: Exempel på när nödbelysning för utrymning kan behövas är i trapphus eller på arbetsplatser där nödbelysning krävs enligt 138 §. På golvet i gångstråket bör belysningsstyrkan vara minst 1 lux på det sämst belysta stället. Exempel på ljusbehov, för att dimensionera belysningen av utrymningsvägar, finns i standarden SS-EN 1838:2013. Belysning – Nödbelysning. Utgåva 2.”

VGU

I VGU Vägar och gators utformning (2021:001) anges det i kapitel 14.6.5.2 *Utrymningsbelysning i driftutrymmen och utrymningsvägar* för vägtunnlar att:

”Utrymningsbelysning ska utformas enligt {SS-EN 1838 Nödbelysning}.”

SS-EN 1838:2013³³

SS-EN (1838:2013) Belysning – Nödbelysning anger i kapitel 4 *Utrymningsbelysning* att:

”4.1.1 Installationskrav

För att förvissa sig om att utrymningsbelysning fungerar när det krävs enligt lag, ska den vara installerad, provad och underhållen i enlighet med EN 60598-2-22, EN 50172 och EN 62034.

Kraven i denna standard är bibehållna minimivärden och dessa beräknas för hela urladdningstiden i slutet av den beräknade livslängden för utrustningen och det reflekterande ljusflödet ska ignoreras

Planeringen av nödbelysningens utförande bör baseras på ett värsta scenario (t.ex. minimiljusflöde, maxgränser för bländning) för armaturerna under deras livstid, och den bör baseras endast på direktljus från armaturer. Bidraget från rumsytors reflektion bör ignoreras. I belysningssystem som t.ex. indirekt lysande armaturer eller uppljus (som används som nödbelysningsarmatur i

³³ Följande text som är hämtad från SS-EN (1838:2013) är återgiven med vederbörligt tillstånd av SIS, Svenska institutet för standarder, som också säljer den kompletta standarden på www.sis.se

underhållet skick) där armaturen fungerar tillsammans med en reflekterande yta, får dock den första reflektionen (som baserar sig på upprätthållen reflektans) ses som direktljus från systemet och efterföljande reflektioner ska ignoreras.

För att ge sikt vid utrymning krävs belysning i utrymmets volym. Skyltar som placerats vid alla utgångar och som är avsedda att användas vid en nödsituation och längs en utrymningsväg ska belysas så att de otvetydigt kan visa utrymningsvägen till en säker plats. I denna standard uppfylls kraven genom att armaturerna för belysning och säkerhetsskyltarna monteras minst 2 m över golvet.

Nödbelysning ska vara installerad, provad och underhållen i enlighet med EN 50172 och om automatiska provanordningar installerats ska dessa vara i enlighet med EN 62034 eftersom man på så sätt kan förvissa sig om att nödbelysning fungerar när detta krävs.

För att förenkla synbarhet bör utrymningsskyltar, där så är möjligt, inte monteras högre än 20° över den horisontella vyn i enlighet med skyltens maximala läsavstånd.

När det inte är möjligt att se en nödutgång direkt, ska en belyst vägledningsskylt (eller serie av skyltar) finnas som kan bidra till förflyttning mot nödutgången.

En utrymningsbelysningsarmatur som överensstämmer med EN 60598-2-22 ska, för att ge passande belysningsstyrka, placeras nära utgångsdörren och vid platser där det är nödvändigt att framhäva potentiell fara eller säkerhetsutrustning. Platserna som är nödvändiga att framhäva ska omfatta följande.

4.1.2 Platser att framhäva

Platserna som ska framhävas vid placering av belysningsanordningar är:

a) nära (se ANM. 1) varje utgångsdörr som är tänkt att användas vid en nödsituation;

d) Externt belysta säkerhetsskyltar, vägledningsskyltar och andra säkerhetsskyltar som behöver vara nödbelysta;

e) vid varje riktningsändring (se ANM. 2);

k) nära (se ANM. 1) utrymningsplats och larmplats för personer med funktionsnedsättning. Inkluderar även utrymningsplatsens system för tvåvägskommunikation samt larmknappar på toaletter för personer med funktionsnedsättning.

ANM. 1 Med "nära" avses normalt inom 2 m avstånd, mätt horisontellt.

ANM. 2 I e) och f) betyder "vid" att nödbelysningsarmaturen lyser upp i båda riktningarna vid riktningsförändringen eller korsningen.

4.2 Belysning av utrymningsvägar

4.2.1 För utrymningsvägar på upp till 2 m i bredd ska den horisontella belysningsstyrkan på golvet längs utrymningsvägens centrallinje inte vara lägre än 1 lx. Det centrala bandet, som inte ska utgöra mindre än halva utrymningsvägens bredd, ska belysas till minst 50 % av det värdet. Bredare utrymningsvägar får behandlas som ett antal 2 m breda band eller kan förses med belysning av öppna ytor.”

TRVINFRA-00151

I Trafikverkets regelverk TRVINFRA-00151 (2020) Elkraftanläggning - Belysning i järnvägsmiljö i kapitel 9 *Järnvägstunnlar* anges det för järnvägstunnlar att:

9.1 Allmänna krav

Förutsättning

Kraven bygger på att det finns en service-/tvärtunnel intill spårtunneln. Om service-/tvärtunnel saknas så gäller inte kraven som är ställda för dem.

K128563

Belysning i järnvägstunnlar ska ha följande belysningstyper:

1. Spår-/tvärtunnel

1. allmän-/utrymningsbelysning med LED-handledare i spårtunnel
2. säkerhetsskyltsbelysning
3. nödutgångsbelysning (grön)
4. belysning av övergång i anslutning till tvärtunnel
5. allmän-/utrymningsbelysning tvärtunnel
6. arbetsbelysning av växlar
7. arbetsbelysning av frånskiljarnischer och sugtransformatorer.

2. Servicetunnel

1. allmän-/utrymningsbelysning i hela servicetunnelns längd
2. arbetsbelysning vid dörrar till tvärtunnel
3. arbetsbelysning kring teknikutrustning etc.
4. säkerhetsskyltsbelysning

Bilaga 1 visar placering, typ av belysning (inte all) och områden i tunneln.”

Vidare i kapitel 9.3 *Utformning* i TRVINFRA-00151 (2020) anges:

”K128589

Allmän- och utrymningsbelysning i servicetunnel ska placeras så högt som möjligt på väggkonsol eller tak (se bilaga 1).”

I kapitel 9.4 *Belysningstekniska krav i tunnel* i TRVINFRA-00151 (2020) anges:

”K128607

Allmän – och utrymningsbelysningens bibehållna medelbelysningsstyrkan i servicetunneln som framgår av bilaga 1 ska vara $\bar{E}_m \geq 20$ lx på gångbanans nivå.

K128830

Arbetsbelysning vid nödutgång i servicetunnel ska placeras så det även ger ett vertikalljus på nödutgången.”

Bilaga C – Intervjufrågor

Följande frågor är de förberedda frågorna till intervjustudien. Baserat på respondentens arbetsområde och expertis gjordes ett urval bland frågorna och vidare ställdes även lämpliga följdfrågor under intervjuerna.

- 1. Jobbar du främst med väg- eller järnvägstunnlar? Eller båda?*
- 2. Vilka tunnelprojekt är och har du varit delaktig i?*
- 3. I vilket skede av en tunnels livslängd är du inblandad och vilken roll har du?*
- 4. Är den generella nivån på personsäkerheten vid självutrymning från tunnlar tillräckligt hög?*
- 5. Vilka aktörer är delaktiga i tunnelbyggnadsprocessen kopplat till personsäkerhet och hur ser ditt samarbete ut med dessa?*
- 6. Vilka lagar, regelverk och standarder förhåller du dig till i ditt arbete kopplat till personsäkerhet i tunnlar?*
- 7. Vad fungerar bra och vad fungerar mindre bra i dagens lagar, regler och standarder kring ämnet? Har du några förbättringsförslag?*
- 8. Anser du att regelverken och standarderna matchar de behov som utrymmande personer har? Då främst kopplat till vägledande markering och utrymningsbelysning.*
- 9. Anser du att dagens utrymningsbelysning är anpassad efter både tunnlar som är och inte är rökfyllda?*
- 10. Anser du att alla utrymningsfrämjande installationer som det ställs krav på är nödvändiga? Kan vissa tas bort? Finns det andra som saknas?*
- 11. Anser du att de tekniska kraven som ställs på vägledande markeringar och utrymningsbelysning är tillräckligt höga för att de ska klara ett brandförlopp?*
- 12. Dörrar mellan trafikutrymme och utrymningsväg ska vara lättidentifierbara – hur anser du att man på bästa sätt uppnår detta?*
- 13. Har du upplevt några problem då nya installationer tillkommit i befintliga tunnlar?*
- 14. Hur anser du att man på bästa sätt kan använda sig av digitala trafikinformationsskyltar för att underlätta vid utrymning?*
- 15. Har du några andra aspekter som du tror kan vara intressanta för mitt arbete?*
- 16. Finns det något du anser behöver forskas eller studeras vidare på inom området?*

Bilaga D – Intervjureferat

Intervju Karl Fridolf

Namn:	Karl Fridolf	Datum:	2021-10-14	Tid:	13:00	Plats:	Skype
Företag/Myndighet:	Trafikverket						
Arbets titel:	Nationell samordnare för tunnelsäkerhet i järnvägssystemet						

Karl Fridolf arbetar på Trafikverket som nationell samordnare för tunnelsäkerhet i järnvägssystemet. Han är med i verksamhetsområdet för underhåll där de tar hand om de tunnelsäkerhetskomponenter och den samordning som krävs för att säkerhetsnivån ska ligga kvar på en acceptabel nivå i järnvägstunnlarna. Vissa tunnlar är över 100 år gamla och byggda enligt en helt annan standard i förhållande till de tunnlar som byggs idag. Karl säger att generellt är möjligheterna att självutrymma bättre ju nyare en tunnel är, det behöver dock inte betyda att möjligheten är obefintlig eller oacceptabel i det äldre beståndet. Men de äldre tunnlar är inte utformade på samma sätt som om de hade byggts idag.

För att utrymmande personer ska kunna identifiera utrymningsvägar finns det flera komponenter som tillgodoser funktionen genom att skapa en helhetsbild. Det handlar dels om skyltning, dels om färgsättning, dels om helhetsintrycket. Även komponenter som beslag och liknande påverkar påpekar Karl. Han säger att generellt är en viktig del att dörren och dörrkarmen är välmarkerad och utstickande, alltså har en tydlig kontrast mot övriga tunneln.

I sitt arbete tillämpar Karl i första hand TSDn, beroende på vilket skede man är inblandad i en tunnels livslängd tillämpar man olika delar i regelverket. I TSDn finns både underhållsbestämmelser och minimikrav på tunnlar utformning med avseende på brandsäkerhet och tunnelsäkerhet. Utöver TSDn tillämpar Karl den nationella järnvägslagen med tillhörande förordning och Trafikverkets interna regelverk som ställer krav på tunnelbyggande, hur man arbetar med säkerhet och hur processer ska utformas.

Karl anser att man bör standardisera formuleringar kopplat till krav på nödbelysning. Han tror dock att TRVINFRA är ganska tydlig gällande krav på just belysnings- och ljusstyrka, samt att TRVINFRA ställer högre krav på belysnings- och ljusstyrka än vad den europeiska standarden om nödbelysning gör. Det för att Trafikverket vill tillämpa en högre ambitionsnivå, samt att utformning av nödbelysning normalt baseras på att säkerställa en funktion vid strömavbrott (som kan bero på brand), inte för de effekter som skapas av en brand i form av rök. Han tycker att det är viktigt att någon verifierar att innehållet i standarderna är tillräckligt för att tillgodose de lite mer specifika tunnelscenarion som finns.

Generellt anser Karl att regelverken och standarderna matchar de behov utrymmande personer har, men det finns förbättringspotential avseende vissa saker kopplade till bland annat förflyttning i rök. I vägsystemet tycker han att det finns för mycket fokus på den belysande funktionen som utrustningen ska uppfylla och därmed missas till viss del den orienterande funktionen som armaturerna behöver uppfylla i ett brandförloppsscenario. Han avser då

minimikraven som samhället ställer, Trafikverkets egna regelverk tycker han är lite bättre i detta avseende. Han vet inte riktigt hur det ser ut inom järnvägssystemet inom dessa detaljer, men generellt är det samma behov som behöver tillgodoses i väg- och järnvägstunnlar. Möjligtvis är behoven lite större i en järnvägstunnel eftersom den miljön är mer obekant än vägtunnel för en utrymmande person.

Karl påpekar att något man kan fundera på är tolkningsutrymmet som lämnas trots alla dessa regelverk. Hur stort är det egentligen? Och vad kan det rendera för olika typer av lösningar? Hans erfarenhet är att vid varje nytt projekt, oavsett ändring eller nybyggnad, så hamnar man i ett läge där utrymningsskyltning och utrymningsbelysning ser lite annorlunda ut mot vad de gjorde i det förra projektet. Det förvånar honom för att det borde vara ett område som det går att ta fram typlösningar för. På en organisatorisk nivå bör man kanske ta fram hur skyltar ska se ut inom järnvägssystemet. Men då bör man titta vidare på ett längre perspektiv också. Finns det ett behov och är det möjligt att standardisera på det sättet? Och vad för det med sig för och nackdelar? Viktigt att inte bara väva in en installationsaspekt och ekonomisk aspekt, utan även en förvaltningsaspekt. Det skulle till exempel kunna vara så att det är enklare att hitta reservdelar till ett system om det finns i mer än en tunnel. Det blir då mer redundant ur ett förvaltningsperspektiv.

Intervju Anonym konsult I

Namn: Anonym Datum: 2021-10-15 Tid: 15:00 Plats: Teams
Företag/Myndighet: -
Arbetstitel: -

Respondenten önskar att vara anonym. Främst arbetar hen med vägtunnlar, men även järnvägs-, tunnelbane- och infrastrukturtunnlar. Respondenten har varit delaktig i flertalet tunnelprojekt, främst är hen med i projekteringsskedet och till stor del handlar arbetet om personsäkerhet. Innan millenniumskiftet var fokuset på brandskydd i tunnlar mindre, men sedan dess har utvecklingen inom forskning och krav på utformning höjts betydligt. För att få en bra helhet på säkerheten i tunnlar poängterar respondenten att man behöver ett samarbete mellan alla inblandade discipliner, oftast är det en iterativ process för att nå fram till något som funkar. I vissa fall går det kanske ändå inte att uppnå alla kravnivåer, vilket innebär att kompensande åtgärder kan vara en möjlig väg fram.

I sitt arbete förhåller sig respondenten till Lagen om säkerhet i vägtunnlar, Plan och bygglagen, Vägmärkesförordningen, Trafikverkets TRVINFRA, Stockholms stads tekniska handbok, BBR i vissa delar, samt standarder gällande till exempel el, sprinkler och brandlarm. Arbetsmiljön i teknikutrymmen finns inte med i ovan nämnda lagar, regelverk och standarder så då är det AFS som används.

Ett problem som respondenten uppmärksammar är att Transportstyrelsen har skrivit föreskriften TSFS 2019:93, men de är inte kontrollmyndighet för tunnlar under 500 meter i enlighet med tillhörande lagstiftning. Detta resulterar i att vägtunnlar under 500 meter inte får något officiellt yttrande från Transportstyrelsen och i slutändan blir det troligtvis byggherrens egenkontroller som är det som godkänner anläggningen eller inte. Detta för att det inte finns någon annan kontrollmyndighet för den här typen av anläggning. Eftersom Transportstyrelsen inte ger något officiellt yttrande skapar det osäkerheter och mindre möjligheter till anpassningar enligt respondenten, detta eftersom de är de enda som får göra avsteg från föreskriften.

Respondenten påpekar också att EU-direktivet bygger på en ”standardtunnel” som är ett eller två rör som inte har avfarter eller påfarter, endast en in- och utfart i en betong eller bergstunnel. Tunnlar som avviker från denna behöver en hel del utredningar, riskanalyser och verifieringar för att kunna göra anpassningar. Detta skapar otydligheter och olika typer av tolkningar. När man projekterar en tunnel ska man samråda med Transportstyrelsen om upplägget för den, men de har egentligen inget formellt krav på sig att påpeka brister eller godkänna en utformning i ett tidigt skede. Det kan gå så långt att brister uppmärksammas först när tunneln är färdigbyggd, vilket gör att de kan bli väldigt dyra att åtgärda. Respondenten föreslår därför att det vore bra om det kunde ske någon form av delgodkännande av bygghandlingen innan man påbörjar själva byggandet av en tunnel.

När det kommer till utrymningsfrämjande installationer nämner respondenten att de krav som ställs på skyltstorleken är anpassade efter biltrafik i olika hastigheter och inte för gående. Vilket kan leda till att skyltarna blir väldigt stora och hamnar på konstiga höjder så att de blir svåra att se. Designen på utrymningsskyltar följer också olika regelverk och standarder. I dagsläget använder man både piktogram från AFS, Trafikverkets egna skyltar fast i ett krympt format och en skylt från SS-EN-standard. Det borde kunna gå att enas om en typ av vägledande markering anser hen.

Respondenten nämner det är bra om alla tunnlar är utförda med en gemensam utformning av utrymningsvägar. Därför är det bra med utrymningsportalen för även om man skulle köra in i tunneln för första gången skulle man som trafikant uppmärksamma utrymningsvägarna. Hen anser att det är bra att använda den ”utrymningsgröna” färgen på portalerna. Dock ser hen att det är lite problem med att skyltarna och piktogrammen följer olika regelverk. Men i stort sett tycker hen att utrymningsportalerna är bra och synliga, även om de säkert går att göra bättre. Man behöver ha i åtanke att allt man sätter in i tunnlar ska klara miljön och att bli tvättat, vilket leder till mycket underhåll.

Vet man inte att utrymningsvägarna finns där kommer de vara svåra att hitta i en rökfylld miljö med noll sikt och då kan man behöva andra typer av installationer. Respondenten hänvisar till försök som Karl Fridolf och Håkan Frantzich gjorde med högtalare som kan liknas vid en talande ”utrymningsskylt”. Respondenten påpekar dock att dessa kan vara problematiska när det gäller taluppfattbarheten (STI-värdet) som ska uppnås, i en tunnelmiljö med hårda betongväggar kommer ljudet studsas och förstöra ljudbilden. Att använda talat meddelande är i grunden bra men svårt att handla upp av en entreprenör då förutsättningarna är så pass dåliga, en summer eller liknande skulle eventuellt kunna vara ett alternativ.

Intervju Petter Hafdell

Namn: Petter Hafdell Datum: 2021-10-19 Tid: 13:00 Plats:
Trafikverkets
kontor i Solna

Företag/Myndighet: Trafikverket

Arbetstitel: Seniorspecialist inom el och belysning

Petter Hafdell arbetar på Trafikverket som seniorspecialist inom el och belysning. Han arbetar inte i specifika tunnelprojekt men han har varit delaktig i form av rådfrågning i flertalet både väg- och järnvägstunnlar. Rådfrågning sker bland annat gällande belysningsteknik, tolkning av regelverk, om man har byggt rätt eller inte och hur man kan göra olika lösningar i befintliga tunnlar. Petter samarbetar främst med andra verksamhetsområden och experter inom Trafikverket, bland annat så har Petter varit med och satt ihop en intern arbetsgrupp som jobbar med belysningsfrågor kopplat till personsäkerhet i tunnlar. När Petter har uppdaterat regelverken han är ansvarig för har han arbetet med personsäkerhetsfrågorna i den arbetsgruppen. Petter är författare eller delförfattare till bland annat Trafikverkets interna regelverk TRVINFRA och VGU.

Utifrån regelverken anser Petter att personsäkerheten vid självtutrymning från järnvägstunnlar är mycket god. Men han önskar bättre krav på nödutgångar, skyltar, utrymningsbelysning i vägtunnlar. I och med att ny forskning och nya studier kommer så kan hjälp tas från dessa för att ändra kraven som ställs. Ett problem som Petter ser överlag i standarder och föreskrifter är att begreppet nödbelysning endast innefattar utrymning i byggnader då normal strömförsörjning försvinner. Då är det 1 lux som är satt.

Petter nämner att det har gjorts studier som visar att 1 lux inte är tillräckligt om det blir rökfyllt. Det är TSDn som har minimikrav på 1 lux i järnvägstunnlar. Petter säger att det är ännu sämre i vägtunnlar, där använder man inte lux utan candela per kvadratmeter. Han kommer inte ihåg de exakta värdena som kravställs, men om man räknar på det så blir det mindre än 1 lux, vilket redan är lite.

En lösning Petter ser på detta är att i SS-EN 1838 få till att det inte heter ”emergency lighting” utan ”emergency lighting in buildings” för att tydliggöra så att det inte kopplas ihop med tunnlar. Och att man samtidigt reviderar standarder och förordningar så att de dimensionerar för evakuering och att termen evakueringsbelysning används. Sen får man även jobba med att göra studier för att se vilka belysningskrav i form av nivåer och ljusstyrka vi behöver ha för att få en snabb evakuering. I en evakueringssituation tror Petter inte att man fullt ut möter de utrymmandes behov, han tror därför det behöver jobbas en lite mer med regelverk, studier och forskning. Han lyfter även problemet med att Trafikförordningens sätt att bestämma skyltstorlek på säkerhetsskyltar är inte relevant då den är anpassad efter att man sitter och kör en bil.

Petter nämner att det finns nya system som är på gång för att leda personer i rätt riktning, han vet inte hur vetenskapligt det är, men man tittar på dynamiska skyltar för att styra alla den väg som går bort från röken även om det finns en nödutgång som är närmare. Han tror att sådana system är bra. Men de bygger på lite samma problem som med självkörande bilar: ska man väja för en folkmassa eller väja barn i barnvagn? Det är jättesvåra beslut som ska tas men han ser ändå en lovande framtid för dessa system. Petter säger också att det tittas på flödande skyltar, liknande som man har i Norge. Tekniken finns för att göra rinnande ljus och få folk att förstå att de ska gå åt rätt håll, men hur man ska programmera detta utifrån olika fall är det svåra.

Petter tycker att det saknas en viss kunskap om behov av utformning vid nödutgångar. Han har till exempel fått höra från andra att när en tunnel byggs har arkitekten velat ha en unik färg på portaler i just den tunneln. Detta leder till att det byggs på olika sätt i olika tunnlar, och det Petter har uppfattat från Human Factors är att det inte är bra att människor i en krissituation upplever att de inte känner igen sig. Utan man ska veta att det är en grön portal man ska söka sig till generellt och inte till exempel en rosa dörr i en specifik tunnel. Han tror att de som arbetar med personsäkerhet måste få större mandat att bestämma över utformningen där. Petter tror även att sätta in gröna LED-listor på varje sida om en nödutgång är ett bra koncept.

Punktbelysning är inte så bra heller tycker Petter för den skymmer lätt. Om man har en längslikformig belysning istället är risken att någon eller något är i vägen för den betydligt mindre än för punktbelysningen. Punktbelysning sitter på avstånd mellan 10-25 meter. Ju högre avstånd mellan armaturerna, ju högre ljusstyrka ges från armaturen, detta skapar synnedsettande bländning. I järnvägstunnlarna där belysningen sitter i ledstången får man minsta medelvärde på 50 lux. Men det betyder inte att det totala ljusflödet för belysning är högre utan att ljusflödet är jämnt fördelat längs utrymningsvägen. I och med att ljuset är jämnt fördelat så skymmer inte framförvarande evakuerande ljuset på utrymningsvägen.

Intervju Ulf Lundström

Namn:	Ulf Lundström	Datum:	2021-10-19	Tid:	14:00	Plats:	Trafikverkets kontor i Solna
Företag/Myndighet:	Trafikverket						
Arbets titel:	Tunnelsäkerhetssamordnare enligt EU-direktivet om säkerhet i vägtunnlar						

Ulf Lundström arbetar på Trafikverket som Tunnelsäkerhetssamordnare enligt EU-direktivet om säkerhet i vägtunnlar. Han arbetar i dagsläget endast med vägtunnlar, men tidigare arbetade han en del med järnvägstunnlar också. Som tunnelsäkerhetssamordnare arbetar han både med tunnlar i drift och i projekteringsstadiet, alla statliga vägtunnlar i Sverige har han varit inblandad i på olika sätt. Ulf arbetar främst internt inom Trafikverket tillsammans med olika verksamhetsområden, men inom ramen för samarbete med respektive drift och säkerhetskoordinator i regionerna har de samarbete med blåljusenheterna också.

I sitt arbete följer Ulf framförallt transportstyrelsens föreskrifter som är den svenska tolkningen av EU-direktivet om säkerhet i vägtunnlar, sen har Trafikverket interna regelverk som i viss mån går längre och har högre ambitioner säkerhetsmässigt än Transportstyrelsen har. Framförallt på utrymningsviden säger Ulf då Trafikverket har kortare avstånd bland utrymningsväg och mer öppna för att använda släcksystem. Ulfs generella uppfattning är att personsäkerheten vid självutrymning är tillräckligt hög i vägtunnlar i Sverige. Med undantag för några gamla tunnlar de inte har hanterat ännu, till exempel gamla Muskötunneln som saknar utrymningsmöjligheter.

Det EU-direktiv som kom någon stans efter millenniumskiftet efter bränderna i de stora alptunnlarna baserades på just alptunnlar, alltså långa enkelrörstunnlar med mötande trafik och transversell ventilation. Ulf nämner att det var säkerhetskonceptet man propagerade för och då tyckte att alla tunnlar i Europa borde se ut så. Men här i Skandinavien byggs helt andra tunnlar, vi bygger med longitudinell ventilation där luften trycks i samma riktning som trafiken och istället är det korta avstånd mellan utrymningsvägar för att vi bygger parallella tunnelrör. Så Sveriges säkerhetskoncept har varit lite svårt att lira med EU-direktivet enligt Ulf. Men efter ungefär 10 till 20 års arbetande tycker han att de börjar enas och han börjar tycka att regelverket speglar hur vi bygger våra tunnlar.

Ulf anser att personsäkerheten i vägtunnlar har blivit bättre de senaste 20 åren.

Utrymningsmöjligheterna är de samma men budskapshantering och släcksystem har förbättrat personsäkerheten. Han säger att tanken dock är att man aldrig ska hamna i den här kritiska situationen så att man behöver dessa system i form av vägvisning och belysning. Säkerheten bygger på att man ska ha hanterat situationen på ett annat sätt, men samtidigt bidrar skyltar och belysning till en robusthet. Men han tycker att fullt ut möter man inte den utrymnandes behov. I Norra länken till exempel uppfyllde man regelverken men det blev ändå inte bra i slutändan, men det kommer såklart kompletteras.

Ulf säger att de är i de stora projekten som utvecklingen sker. Det finns därför en nödvändighet att varje tunnel får uppfinna hjulet på nytt och utifrån den tekniska utvecklingen där och då så kommer man fram med bästa lösningen. Han säger att har man för detaljerade centralstyrda regelverk så finns det en risk att man stagnerar, då bedrivs inte den här nödvändiga utvecklingen istället. Ulf nämner att idag gör Trafikverket ofta mer än vad regelverket kräver i och med att de funderar på ljudfyrar och liknande installationer.

Ulf är nyfiken på effekten av ljudfyrar där man varvar både ljud- och ljussignaler. Han ser att de finns en risk att om de inte utformas på ett korrekt sätt så kan de istället bli avskräckande. Det behöver därför vara ett inbjudande ljud, kanske en vänlig röst som säger något. För att ljudet inte ska studsas för mycket tror Ulf att det måste vara ganska tysta ljudfyrar. Men i situationen där det är mycket rök och man inte ser var man går så kan man höra att dörren finns där när man närmar sig den, då minskar risken att man går förbi den.

När det gäller utrymningsbelysning anser Ulf att det finns rum för teknisk utveckling, man kan inte i dagsläget ha belysning som klarar både en miljö som är och inte är rökfylld. Ska den klara rök blir den bländande och om den inte ska vara bländande så syns den inte i rök. Så det måste bli någon form av kompromiss där, i dagsläget klarar man endast en miljö med lite rök. Ulf säger att belysningen i dagsläget sitter med 20 meters avstånd så det är ungefär den siktsträcka man dimensionerar för. Men det har varit situationer när det är betydligt sämre sikt än så.

Ulf påpekar vikten av att man i utrymningsvägar har glasrutor i dörren och belysta utrymmen innanför så att de ska se inbjudande ut och att man ska se att de är något innanför som är behagligt att kliva in i. Driftutrymmen har omarkerade ståldörrar så att han tror att det är ganska tydligt för de utrymnande att avgöra vad som är vad. De försöker införa glasörrar på alla utrymningsvägar i vägtunnlar, men alla tunnlar är det inte lämpligt i. I vissa tunnlar är det bara en skiljevägg mellan tunnelrören och inte en riktig brandsluss. I dessa fall håller glasörrarna inte tillräckligt hög klass för temperatur och tryck som ställs så då behövs ståldörrar.

Konceptet att de ska kunna ge olika budskap på trafikinformationsskyltar i olika delar av tunnelsystemet är väsentligt anser Ulf. Med tanke på hur tekniken ser ut här och nu tror Ulf att man inte kommer speciellt mycket längre med den tekniska utvecklingen för trafikinformationsskyltarna i dagsläget. De delar in tunnlar i olika zoner där de ger olika budskap beroende på hur hotad man är. Röken trycks alltid i trafikens riktning vilket innebär att sitter man i en kö nedströms från branden så är man verkligen i ett kritiskt läge, då vill det till att man snabbt får ett budskap om att man ska utrymma till fots eller köra ut i den mån det är möjligt. Är man uppströms står man i friskluftsinsuget, förutsatt att man verkligen stannar vid branden vilket man ska göra. Då är det verkligen viktigt att de ger budskapet att stanna bilen och kliva ut och utrymma till fots. Ulf tycker att de har ett genomtänkt koncept.

Moderniteten på trafikinformationsskyltarna varierar säger Ulf men det sitter eller är på väg att komma i alla vägtunnlar. Allteftersom tekniken går framåt får de in fullgrafiska skyltar som är som en TV så de kan visa vad som helst. Man kan visa piktogram och inte bara text. Så till exempel kan man varva utrymningsskylt med texten att man ska utrymma tunneln vilket blir mer slagkraftigt än bara text. Det är även bra om det är utländska trafikanter som inte förstår vad det står.

Ulf säger att det i dagsläget går att göra jättemycket saker tekniskt, man kan fylla en anläggning med diverse rörliga ljus och det kan styras kors och tvärs och göras komplexa system. Men det är någon som måste sitta och bestämma och styra det också, därför försöker de göra sina system så enkla och enkla som möjligt för att en operatör inte ska behöva veta hur han ska styra flöden av folk. Operatörerna har inte kompetensen att styra utrymmande människor, men det kan man aldrig lägga på någon, framförallt inte i en stressad situation säger Ulf. De har redan fullt upp med att hantera tunneln utan att samtidigt hantera de utrymmande. Så på något sätt måste de skapa system som är självagerande och då måste de vara enkla och enkla för att fungera. Men är de för enkla kan de istället bli missvisande. Det är svårt att forska på men det finns hur mycket som helst som man kan undersöka.

Intervju Bo Wahlström

Namn: Bo Wahlström Datum: 2021-11-02 Tid: 15:00 Plats: Teams
Företag/Myndighet: Brandskyddslaget
Arbetstitel: VD

Bo Wahlström är brandingenjör och VD på Brandskyddslaget. Han har arbetet med både väg- och järnvägstunnlar, men på senare tid har han främst arbetet med järnvägstunnlar. Han arbetar även med tunnelbanan. Han har varit delaktig i de flesta tunnelprojekt i Sverige och han har varit med från tidiga planeringsskeden till färdigställande av tunnelarna. Under drifttiden är han med som stöd till Trafikverkets nationella samordnare för vägtunnlar. I driftskedet är han även med och ser vad man kan göra åt de risker som finns när de gäller brand och han är med när de håller övningar i tunnelarna. Men i första hand är det projekteringsskedet han är delaktig i. Bo anser generellt att nivån på personsäkerheten vid självutrymning ur tunnlar är tillräckligt hög.

De regelverk Bo förhåller sig till när det gäller järnvägstunnlar är i första hand TSDn och TRVINFRA-00233. Utöver dessa finns ett antal andra TRVINFRA, järnvägssäkerhetslagen och olika TSFS. När man kommer in på stationsområden blir det lite svårare säger Bo, för då där förhåller de sig också till BBR i större utsträckning. De håller på med ett forskningsprojekt åt Transportstyrelsen där de tar fram säkerhetsmål och har målet att de ska utarbeta regler för både järnvägstunnlar och järnvägsstationer. Regelverk finns för tunnelbanestationer så man kan förhålla sig till det och göra motsvarande för järnväg.

När Bo började arbeta med Citytunneln i Malmö var det krav på att det skulle vara nödbroms på tåg. De kämpade hårt för att få in en nödbromsblockering för att tåg inte skulle stanna i tunnlar. Detta har nu blivit ett krav på alla moderna tåg i hela Europa. Det går en signal till lokföraren när någon drar i nödbromsen och sen ska lokföraren avgöra om man ska stanna eller inte. Normalt ska man inte stanna i en tunnel utan istället vid nästa stoppunkt. Så från den tiden tycker Bo att det har det skett en väldig utveckling.

När Bo började arbeta med tunnlar fanns det nästan inget regelverk, men han har varit med och utformat regelverk för både väg- och järnvägstunnlar. Södra länken var en av de första större och komplexa tunnelarna och där kom de bland annat fram till avstånd mellan utrymningsväg och liknande. Sedan dess tycker Bo att det har varit väldigt konstant, det har inte skett så många revolutionerande kravställningar. Huvudkonceptet för tunnlar har det inte hänt så mycket med, men detaljer såsom belysning har förbättrats. Sprinkler/släcksystem i vägtunnlar är dock en tydlig förbättring.

När man började bygga tunnlar så hade Banverket och Räddningstjänsten väldigt skilda åsikter säger Bo. Enligt Banverket var sannolikheten för en händelse i en tunnel mikroskopiskt liten, nästintill obefintlig så därför borde man satsa pengar på annat. Samtidigt menade Räddningstjänsten att sannolikheten för en händelse är 1 eftersom den redan har inträffat när de blir inblandade. När man kommer med de två olika bilderna fick man helt

olika inriktning på vilka åtgärder som behövdes. Den ena ville ha förebyggande åtgärder och den andra ville ha möjligheter att göra en insats.

När det gäller tillsynsprocessen av vissa tunnellängder säger Bo att det är lite oklart. Vägtunnlar under 500 meter är inte Transportstyrelsen inblandade i, men de har skrivit alla regler. Samtidigt har oftast inte Stadsbyggnadskontoret koll på vad det är som gäller. Bo säger att Stadsbyggnadskontoret varken har kunskap eller personal för att sanktionera om man inte gjort det som krävs. Så det finns en del luckor i lagstiftningen anser han.

Bo säger att standarderna kan bli lite av ett elände också då leverantörerna har ett stort intresse av att standardisera sina produkter. Detta kan leda till att beställarna kan luras till att i standarderna föra in saker som kräver och skapar extrakostnader. Dessa kan då leva kvar i standarderna i flera år innan man lyckas få bort dem. Bo säger att det bland annat har varit så med belysning. Men Trafikverket har tagit saken i egna händer där och egna lösningar, till exempel med inbyggda nödljus i ledstänger.

Ett annat problem i standarderna som Bo lyfter är att alla tenderar att tycka att just deras del är viktigast. När det kommer till skyltning så vill alla att just deras skylt ska vara genomlyst. Bo ger exemplet att om man går in i ett köpcentrum så kan det vara svårt att se utrymningsskyltarna för att det finns så mycket andra belysta skyltar och speglar. Vi kan undvika att få liknande effekt i tunnlar genom att inte sätta ut alla skyltar belysta i olika färger.

De runda skyltarna som sitter ovan utrymningsvägarna tar Bo upp som ett exempel på något som inte fungerar så bra. Då de kom upp i en tunnel sa man att vi använder dem i nästa tunnel också. Men symbolen blir fel på dessa säger han. Det ska vara en projicerad yta av symbolen man ska titta på, den ska inte vara utrullad så man måste gå runt hela skylten för att se symbolen. Utan den måste vara plan eller ge illusionen av att den är det. Här har de gjort precis tvärt om, man ser bara halva symbolen.

Bo säger att han tycker det är viktigt är att det ska vara intuitivt när man ska utrymma i en väg- eller järnvägstunnel, man ska veta vart man ska gå och var sakerna finns. Har man en utrymningssväg som är upplyst och sticker ut från omgivningen med hjälp av färgsättning kommer trafikanterna uppmärksamma dessa när de kör förbi dem. Vilket han säger hjälper trafikanterna att få en uppfattning om hur konceptet är uppbyggt när man väl ska utrymma. Man behöver inte gå och leta på andra sidan tunneln för man vet redan att allt finns på samma sida.

Därför påpekar han att man inte bör sätta utrymningsskyltar på motstående sida i tunneln för att peka mot utrymningssvägarna. Han tar upp Norra länken som exempel där det på fel sida tunnelröret sitter gigantiska skyltar som visar avstånd till utrymningssväg. Går man mot den gröna skylten kan man då hamna på fel sida tunneln och är det rökfyllt så hittar man knappt över vägbanan. För att få människor som hamnar på fel sida är ett bra alternativ ljudfyrrar tycker Bo. Vidare nämner han att LED-belysningen som finns på sidan av utrymningssvägarna och dörrarna som har glasrutor i sig är bra, dock är nyttan liten i väldigt tjock rök.

För att få folk att förstå att de ska utrymma nämner Bo att man kan använda sig av trafikinformationsskyltar för att informera trafikanter om vad de ska göra. Dessa kan kompletteras med blinkande lampor för att fånga trafikanternas uppmärksamhet. Man kan även gå ut via radio för att ge trafikanter information. Något han är skeptisk till är dock att sätta upp högtalarsystem i tunnlar.

Möjligheterna ser lite annorlunda ut på järnvägssidan säger Bo. Om man stannar ett tåg i en tunnel för att utrymma så är det enda passagerarna ska göra att utrymma. Han säger att det inte ska vara några telefoner, brandposter eller brandsläckare som är belysta, ingen som går av ett tåg har någon anledning att hitta dessa. Det enda som ska finnas är gröna skyltar som talar om vart man kommer ut och skyltar som visar hur långt det är till utrymningsvägarna åt båda hållen. I TRVINFRA står det att säkerhetsutrustning ska vara belyst, vilket betyder att man har börjat belysa och sätta upp belysta skyltar för bland annat brandposter och brandsläckare, vilket Bo inte tycker är bra. Men en bra sak som han lyfter i järnvägstunnlar är att man har satt en krök på ledstången när man är mittemot en utrymningsväg. Stöter man på en sån stannar man förhoppningsvis till och hinner upptäcka utrymningsvägen.

Avslutningsvis säger Bo att man skulle kunna forska mer på betraktningssavståndet för skyltar. Kan man verkligen ersätta ett långt betraktningssavstånd med flera skyltar? Det är kanske bättre att man ser en grön skylt i fjärran än flera stycken på vägen fram. Har man inga andra färgade skyltar säger Bo att det är ganska lätt att identifiera den gröna utrymningsskylten, speciellt om man har belysning runt utrymningsvägen också. Så han tycker att man bör satsa på identifiering av utrymningsväg på långt avstånd.

Intervju Erik Hällstorp

Namn: Erik Hällstorp Datum: 2021-11-08 Tid: 14:00 Plats: Teams
Företag/Myndighet: WSP
Arbetstitel: Senior Brandingenjör

Erik Hällstorp arbetar på WSP Brand och Risk som senior Brandingenjör. Då han arbetat i tunnelprojekt är det främst på vägsidan han arbetar, men på senare år han även arbetet en del med järnväg också. Utöver de svenska tunnelprojekt han har varit delaktig i så har Erik även gjort några vägtunnlar i Dubai och England. Erik är främst delaktig i projekteringsstadiet av en tunnel, men även en del i idrifttagandet också. De senaste 5-6 åren har han inte varit så delaktig i själva projekten, utan han har varit med som granskare. I sitt arbete förhåller sig Erik i första hand till Trafikverkets TRVINFRA-dokument, Transportstyrelsens föreskrifter om vägtunnlar och TSDn för järnvägstunnlar.

Om man ser till det fysiska, alltså tunnelns utformning, tycker Erik att personsäkerheten vid utrymning nog är så hög den kan bli. På järnvägssidan tror han att det har hänt mycket, genom studier har man tagit fram koncept för hur det ska se ut. På vägsidan tror han inte att samma utveckling har skett, tar man Norra Länken som exempel specificerades inte skyltarna tillräckligt så de blev svårlästa. Men man har jobbat en del med det och med glasdörrar med belysta utrymmen bakom i utrymningsvägar, så han upplever att det ändå är ganska tydligt. Den stora svårigheten i vägtunnlar ligger i dagsläget att faktiskt få människor att utrymma och inte bara köra förbi olyckor säger han.

I ett projekt som Erik är delaktig i har man skyltar där man både skriver avstånd till närmaste utrymningsväg och avstånd till tunnelmynningarna. Han tror att komplementet med avstånd till tunnelmynningen kan hjälpa människor att orientera sig i tunneln. Generellt är det svårt att få människor att lämna sina bilar säger Erik, därför tror han att det är bra att ge dem så mycket information som möjligt. Om man kan orientera sig var man har stannat tror han att det kan vara lättare att ta steget att lämna bilen.

Erik är positiv till att dörrar till utrymningsväg har en annan färg än resterande dörrar i tunneln så att dessa blir lätta att identifiera. Han kan dock tänka sig att punktbelysningen man har mellan utrymningsvägarna inte är så bra. Han ser en risk att dessa kan bli bländande. Trafikinformationsskyltar anser han att de används bra då man tydligt anger vad man vill att trafikanterna ska göra. Men det skulle behöva förstärkas på något sätt för att stoppa trafikanter från att köra förbi en olycka. Erik tänker att detta kanske inte är effektivast att lösa det med fler skyltar, utan att man inställt bör ta till andra organisatoriska åtgärder. Man bör fundera på hur man på bästa sätt får trafikanterna att följa det som står på skyltarna.

Det är väldigt sällan det kommer ut information om hur man ska agera vid olyckor i tunnlar säger Erik. I våras var det en olycka i Norra Länken som Expressen skrev en artikel om. Till artikeln hade de med en film om hur man ska bete sig vid utrymning i byggnader. Detta pratade han om med Ulf Lundström på Trafikverket, man borde också ha en film som visar

hur man ska agera i tunnlar som kan användas i media. Erik tycker att det saknas en samordning när det gäller att informera trafikanterna. Det finns krav på detta i EU-direktivet och han tror man kan göra betydligt mer på den fronten.

Erik reflekterar över att kör man i tunnlar utomlands ser säkerhetskonceptet väldigt annorlunda ut jämfört med i Sverige. Han körde genom Mont Blanc-tunneln för något år sedan och där har man ett helt annat fokus på säkerhet än i svenska tunnlar. Sveriges storstadstunnlar är väldigt komplexa och farliga om man jämför med en alptunnel. Men i alptunnlarna har man ett stort fokus på att informera trafikanterna, när man blir slussad in i tunneln får man en säkerhetsfolder med sin biljett. Utöver detta är hastighetsbegränsningen låg och det finns tydliga markeringar och påminnelser att man ska hålla avstånd till framförvarande fordon. Även om exakt dessa koncept inte går att införa i Sverige så tycker han att man ska satsa på bredare information i alla fall.

Att nå ut till trafikanter genom information i högtalare är något som har diskuterats mycket säger Erik. Vissa påstår att ljudet hade studsat för mycket, men vad Erik har förstått så menar leverantörerna att det är något de kan lösa genom att bland annat kalibrera högtalarna efter tunnelns utformning. Personligen tror Erik inte att högtalare är något vi behöver ha då trafikanter får information via skyltar och sina mobiltelefoner bland annat.

Erik lyfter att säkerhetsnivån man förväntar sig för funktionshindrade är väldigt varierande. Ena stunden säger man att de ska kunna utrymma helt själva, samtidigt vet man att sannolikheten att någon skulle vara ensam kvar i en tunnel är väldigt liten. Alla aspekter är inte heller hänsynstagna, i vägtunnlar har man en slussfunktion där man ska passera flera dörrar och vid dessa finns inte tillräckligt stort utrymme för en rullstol. Detta är inget som hanteras samtidigt som andra saker hanteras, vilket Erik tycker ger en otydlighet i vilken säkerhetsnivå som förväntas. Han tycker generellt att säkerhetsnivån är tillräckligt hög för personer med funktionsnedsättningar, men han tycker inte man kan påstå att man har en handikappanpassad utrymningsväg när alla behov inte är tagna hänsyn till. Man bör vara ärlig med att någon annan förväntas hjälpa rullstolsburna personer.

Intervju Arne Brodin

Namn: Arne Brodin Datum: 2021-11-09 Tid: 13:00 Plats: Teams
Företag/Myndighet: Tidigare anställd på Trafikverket
Arbetstitel: Pensionär

Arne Brodin är utbildad brandingenjör på Statens Brandskola och nu för tiden pensionär. Under sin karriär har han bland annat arbetat som vice brandchef och varit med och byggt upp SOS Alarm. Av en händelse kom han in på tunnlar och han var med i hela processen från innan det fanns några regelverk att förhålla sig till, då man istället fick diskutera sig fram till lösningar. I sitt arbete med tunnlar har han arbetat ungefär lika mycket med väg- som järnvägstunnlar. Till störst del har han varit med i projekteringsskedet. I samband med projektering har han jobbat som sakkunnig inom Trafikverket, han har varit specialist på brand och tunnelsäkerhet avseende brand och utrymning. Arne har även gjort kontrolluppföljningar i samband med byggandet av tunnlar.

Arne anser att personsäkerheten vid självutrymning från tunnlar är god. Han säger att många brandingenjörer har varit inblandade i projekt och alla har haft ambitionen att höja säkerheten, men i vissa fall tycker han att man kanske har passerat en gräns. Å 1995 var Arne med och tog fram en riskanalys för Ringenprojektet, där man kom fram till att ungefär tre personer om året skulle omkomma av brand i de vägtunnlar som innefattades av projektet. Vilket stämde ganska bra överens med de 800-900 personerna om året som omkom i övriga trafiken vid den tidpunkten. Sedan dess har olycksstatistiken i Sveriges vägtunnlar följts och inte en enda person har omkommit på grund av brand. Arne anser därför att man kanske borde kunna revidera riskanalyserna utifrån den insamlade data som finns i dagsläget istället för att bara fortsätta höja säkerhetsnivån.

När det gäller den vetenskapliga biten så har RISE (dåvarande SP) tillhandahållit mycket data säger Arne. De har gett bra ingångsvärden för olika typer av dimensionerande bränder, brandgaser, brandgasmängd och så vidare. Forskningsresultaten har fått ligga till grund för kravställningen. Däremot påpekar Arne att varken RISE eller Trafikverket har arbetet så mycket med sannolikheten för olyckor, utan fokus har främst legat på att undersöka specifika händelser och bränder.

Arne var med i mitten på 90-talet när dåvarande Vägverket började ta fram förslag till tunnelregelverk. Han tyckte att de tidiga projekten var väldigt roliga och kraftfulla att arbeta med då man byggde utan ett definitivt regelverk. Allteftersom regelverk har tagits fram har man blivit mer noggrann i sina anvisningar. En fördel med dagens regelverk som Arne lyfter är att alla vet vad det är som gäller. Men det finns även nackdelar i form av att det kan vara svårt att föra en dialog med entreprenörer som har skrivit sitt kontrakt och har ett hårt reglerat regelverk att följa. Han säger att vetenskapen till stor del finns där men det tar tid att få ändring, skärpning eller anpassning i regelverken.

Arne anser att dagens regelverk och standarder matchar utrymmande personers behov. Men han ser fortfarande att det finns vissa problem, han tar upp ett exempel med en kvinna som kör in i Törnskogstunneln en kväll. Hennes bil börjar ryka så hon stannar i tunneln. Trots att bilen ryker mer och mer står hon kvar vid den istället för att gå till utrymningsvägen som endast var 10 meter från henne. Utrymningsvägen var skyltad och hade glasdörr, ändå förstod hon inte att det var en utrymningsväg. Polisen var först på plats och hjälpte henne genom att backa ut ur tunneln då hon bara befann sig ett par hundra meter in i tunneln. De har diskuterat mycket hur man skulle kunna hjälpt henne. Då hon inte reagerade ”enligt boken” funderade de på vad mer de kunde ha gjort. De intervjuade henne för att samla dokumentation, men Arne vet fortfarande inte riktigt vad mer man skulle kunna göra. Arne tror kanske att det skulle kunna ha effekt att lägga in tunnelsäkerhet i körkortsutbildningen och körkortsprovet. Utbildning är alltid bra, men man får ingen repetition efter det.

En utrymningsfrämjande installation som Arne nämner att han tycker är bra är gröna lampor som sitter på var sida om en nödutgång ungefär en meter över marken i Söderledstunneln. Där är dörrarna dåliga för att de inte har något glas, men de gröna lamporna fungerar bra och de stör inte trafikanterna.

En tunnel som inte blev lika bra, säger Arne, är Norra Länken. Där fick de inte fram armaturer i tid och hittade en billig lösning. Skyltarna klarade de formella kraven enligt regelverken men de blev ändå inte bra. Arne säger att de hade andra idéer på lösningar, bland annat att skyltarna skulle vara större och att liknande grön belysning som i Söderledstunneln skulle sättas in. Men de fick inte gehör för beställaren ville att projektet skulle gå framåt. Detta var inget som hade stöd i regelverken, men Arne påpekar att ofta blir det att man kör på det som står i regelverken så är man nöjd med det.

Det är sällan självutrymning krävs i tunnlar, men när det väl behövs säger Arne att det är svårt att få människor att lämna bilen och gå till en utrymningsväg. Han säger att detta bland annat beror på att bilen är en plats man känner sig trygg i så därför sitter man kvar. Även om det står på trafikinformationsskyltarna att man ska utrymma tunneln och all belysning tänds så sitter man kvar i bilen. Arne ger ett exempel med en man som hade familjen i bilen, han stannade och lät hustru och barn gå till utrymningsvägen. Sedan satte han sig i bilen igen och körde ut genom röken för att han var rädd om bilen och ville inte lämna den. Arne säger att belysning med mera kan hjälpa människor att hitta utrymningsvägar, men den svåra biten är det psykologiska, hur man får människor att förstå allvaret och följa anvisningar.

Enligt Arne har man haft med psykologer och pedagoger för att hitta rätt text till trafikinformationsskyltar. De hade många idéer om vad man skulle kunna ha för text, men det får inte plats speciellt mycket text på skyltarna. Detta har gjort att det är svårt att ta fram en text som gör att människor förstår allvaret som samtidigt inte är skrämmande. Det tror han behövs mycket mer forskning på för att få fram bland annat optimal text och textstorlek.

Intervju Anonym konsult II

Namn:	<u>Anonym</u>	Datum:	<u>2021-11-10</u>	Tid:	<u>13:00</u>	Plats:	<u>Teams</u>
Företag/Myndighet:	<u>-</u>						
Arbetstitel:	<u>-</u>						

Respondenten önskar att vara anonym. Hen är utbildad Brandingenjör och Civilingenjör i riskhantering och arbetar som konsult. Respondenten arbetar med spårtunnlar, främst arbetar hen med tunnelbana men även en del kopplat till järnväg. Hen är med i alla skeden i en tunnels livslängd, allt från förstudier till att driftsätta befintliga tunnlar, underhåll och reinvesteringar.

Respondenten säger att en stor förändring har skett gällande personsäkerheten vid självutrymning i tunnlar om man jämför de befintliga tunnlarna med de som byggs idag. Hen säger att nivån på de gamla tunnlarna nog är för dålig, men det har nästan slagit över så att det är för hög säkerhet på det nya istället, sett till vad man får ut för pengarna. Tar man befintliga tunnelbanan som exempel så bygger det på att man utrymmer från stationer, utrymning från tunnlar har egentligen inte varit en förutsättning. Det finns så man kan ta sig ut från tågen och lite belysning, det är ungefär på den nivån som det ligger på. I dagsläget är det betydligt mer.

De regelverk respondenten förhåller sig till i sitt arbete är Transportstyrelsens föreskrifter för tunnelbana och spårväg, TSDn och Trafikverkets kravdokument för järnvägstunnlar. Sen finns det en stor mängd standarder som dessa hänvisar vidare till. I den typen av infrastrukturprojekt som tunnelbane- och järnvägstunnlar innebär blir byggprocessen svår säger respondenten, det sker prövning i väldigt många steg och detaljeringsnivån blir väldigt hög tidigt i projekten. Detta sker på ett sätt som kan hindrar framdrift och tider. Det beror till stor del på att det är mycket lagar som gäller samtidigt som inte riktigt lilar med varandra säger hen.

Gällande just utrymningsfrämjande installationer tycker respondenten dock att regelverken och standarderna är ganska tydliga och att de utvecklas allt eftersom ny forskning tillkommer. Hen tycker att Trafikverkets föreskrifter med belysning runt nödutgångar, färgsättning, springande gubbe och utrymningsskyltning har man hittat en bra nivå på för att underlätta vid utrymning. Hen anser att man börjar nå en fungerande nivå där regelverken och standarderna matchar de behov utrymmande personer har. Den sammanlagda nivån på alla installationer kan dock bli väldigt hög, kanske att den till och med blir för hög. Hen ser inte direkt att det finns några installationer som inte har någon nytta men då säkerhetsnivån blir högre blir också systemen mer komplicerade.

När systemen blir mer komplicerade säger respondenten att de också driver på kostnaden. Samtidigt kan man fråga sig om komplexiteten leder till att systemen inte kommer att fungera i ett skarpt läge. Arbetet blir svårare för tunneloperatörerna och trafikledningen som ska ta hand om det här. Det är framförallt kopplat till att det är så sällan förekommande händelser säger hen, så när det väl är skarpt läge kan man fundera på hur stor nytta det faktiskt kommer ha. Blir det för komplext för operatören kan det indirekt leda till problem för de utrymmande.

Ett problem som respondenten lyfter är de kritiska nivåerna vid brand som man har att förhålla sig till. Hen tycker att det spretar en hel del där mellan toxicitet och siktbarhet. Ser man framförallt till stationsområden så blir det alltid siktbarheten som är dimensionerande. Mängden rökgaser som behövs för att nå kritiskt värde för siktbarhet är det betydligt mer än vad som krävs för att uppnå kritiska värden för toxicitet.