

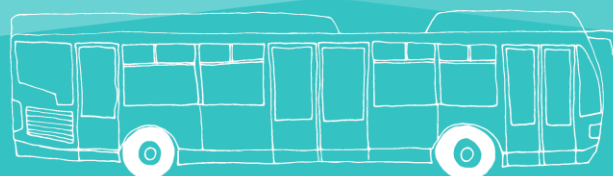
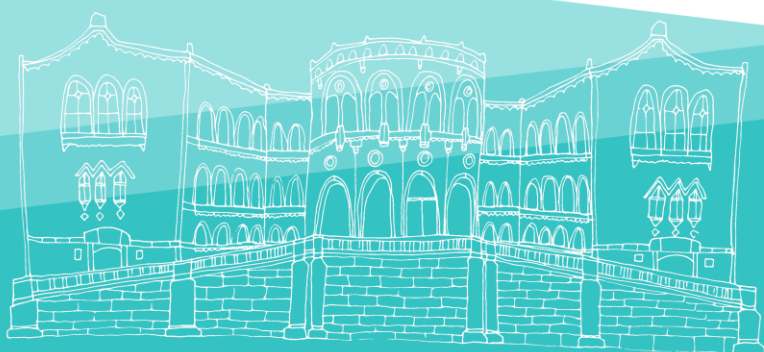
- IRIS Energi
- IRIS Samfunnsforskning
- IRIS Biomiljø
- ULLRIGG Bore- og brønnsenter



Mulighetsstudie - Evakueringsrom

Ove Njå

Rapport - 2017/140



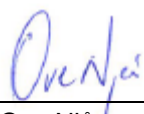
IRIS Samfunnsforskning

© Kopiering er kun tillatt etter avtale med IRIS eller oppdragsgiver.

International Research Institute of Stavanger AS er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS-EN ISO 9001 og NS-EN ISO 14001:2004

Prosjektnummer: 7351039
Prosjektets tittel: Mulighetsstudie Evakueringsrom
Oppdragsgiver(e): VRI Rogaland / Rogaland fylkeskommune og EUREKA/Align
ISBN: 978-82-490-0889-6
Gradering: Åpen
Kvalitetssikrer: Geir Sverre Braut, SuS

Stavanger, 25.08.2017



Ove Njå
Prosjektleder



Einar Leknes
Direktør
IRIS Samfunnsforskning

Prosjektet er støttet av Norges forskningsråd gjennom programmet Virkemidler for regional FoU og innovasjon – VRI

© Kopiering er kun tillatt etter avtale med IRIS eller oppdragsgiver.

International Research Institute of Stavanger AS er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS-EN ISO 9001 og NS-EN ISO 14001:2004

Forord

Tunnelsikkerhet har vært viktig i Rogaland siden Arne Rettedal gjennom sitt virke i Rogaland fylkeskommune fikk bygget Rennfast-tunnelene. Det var nybrottsarbeid, hvor tunnelbrann ikke ble ansett som styrende for beredskapen. Ulykker inntraff, men det ble ikke de samme hendelsene som man erfarte i Sør-Europa. En brann i Mastrafjordtunnelen i 2006 kunne fått fatale følger, men heldigvis klarte Kystbussen å snu i en havarinisje like før alle ble innhyllet i røyk. Den første store tankevekkeren skjedde St. Hans da det brant i et vogntog i Oslofjordtunnelen i 2011, hvor over 30 trafikanter var i stor fare. Etter det har vi hatt flere tilsvarende hendelser. I Rogaland bygges det mange tunneler og hele regionen har innsett at det må satses på bedre sikkerhet.

Flere virksomheter bruker betydelige ressurser og timer for å utvikle innovasjoner som kan komme tunnelsikkerheten til gode. Norwegian Tunnel Safety Cluster (NTSC)samler mange ulike virksomheter som trekker veksler på hverandre. Evakueringsrom er en løsning brukt i olje- og gassindustrien og petrokjemisk industri, med hensikt å beskytte mennesker mot giftige gasser, brannlaster og eksplosjonstrykk. Godt integrert i sikkerhetsstyringen i tunneler mot alvorlige branner vil Evakueringsbrann ivareta selvredningsprinsippet.

Prosjektet har vært finansiert gjennom Norges forskningsråds virkemidler for regional innovasjon administrert av Rogaland fylkeskommune. Vi takker for et spennende samarbeid med Eureka og Align ved Tor Hellestøl og Petter Torbal. Torbal har skrevet det meste av systembeskrivelsen av Evakueringsrom-konseptet i kapittel 2 og 6.3. Eureka har også hatt vedlikehold og oppfølging av tilfluktsrommene i Oslofjordtunnelen som har gitt nyttig erfaring om Vegvesenets drifts- og vedlikeholdsrutiner, samt brannen 5. mai dette året i tunnelen. Torbal har også skrevet om disse erfaringene i kap 6.2.5. Takk for innsatsen Petter!

Samfunnssikkerhetssenteret i Rogaland (SASIRO) er vertskap for NTSC og arena for erfaringsutveksling mellom ulike profesjonsgrupper. Tormod Mehus, brigadeleder og fagansvarlig for tunnelbrannssikkerhet i Rogaland brann og redning har deltatt på møter og gitt kommentarer til rapporten fra et operativt ståsted i brann- og redningstjenesten. Takk Tormod, dine bidrag har vært veldig nyttige!

Vi håper at vi har gitt en nøktern analyse av Evakueringsrom som del av evakueringsystemet som skal sikre at selvredningsprinsippet blir ivarettatt. Vi har benyttet reelle hendelser, undersøkt av blant annet Statens havarikommisjon for transport. Rapportene fra hendelsene i Europa har vi tolket fra sine ulike tekster. De som har lest rapportene til SHT bør hoppe over teksten med liten skrift, som er sitater fra deres rapporter.

Stavanger, 25. august 2017

Ove Njå
prosjektleder

Innholdsfortegnelse

FORORD	2
INNHOLDSFORTEGNELSE	4
FIGURFORTEGNELSE.....	6
SYMBOLLISTE.....	8
SAMMENDRAG.....	10
1. INNLEDNING	12
2. EVAKUERINGSROM – STATE OF THE ART	16
2.1 Sikkerhetsforvaltningen i norske tunneler - evakueringsystemet	17
3. HVORDAN IVARETA SIKKERHETSSTYRING I DAGENS REGULERINGSREGIME?	20
3.1 Prinsipper av betydning for sikkerhetsforvaltningen i norske tunneler	20
3.1.1 Selvregulering og internkontroll	20
3.1.2 Selvredningsprinsippet	21
3.1.3 Samvirkeprinsippet	22
3.1.4 Prinsippet om universell utforming	22
3.2 Dilemmaer som prinsippene skaper	23
4. METODE	28
5. RESULTATER	30
5.1 Håndbok N500 og gjeldende beredskapstenkning	30
5.2 Brannutvikling, historiske data og kontrafaktiske hendelser	31
5.2.1 Brannen i Mont Blanc-tunnelen (Duffé & Marec, 1999)	31
5.2.2 Brannen i Tauerntunnelen	36
5.2.3 Brannen i St. Gotthard-tunnelen	36
5.2.4 Brannen i Oslofjordtunnelen (SHT, 2013).....	41
5.2.5 Første brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013 (SHT, 2015).....	52
5.2.6 Andre brannen i Gudvangatunnelen (SHT, 2016b).....	68
5.2.7 Brannen i Skatestraumtunnelen (SHT, 2016a)	76
6. DISKUSJON	86
6.1 «Situation awareness» og menneskelige reaksjoner i brann- og røyksituasjoner	86
6.2 Diskusjon om usikkerhetene reist i analysen.....	87

6.2.1	Metodisk tilnærming	87
6.2.2	Evakueringsrom garanterer selvredning?.....	88
6.2.3	Dimensjonerende hendelser - katastrofepotensialer.....	89
6.2.4	Forberede trafikanter på Evakueringsrom	89
6.2.5	Håndtering av helhetlige situasjoner – samvirke?.....	90
6.2.6	Erfaringer fra Oslofjordtunnelen	91
6.2.7	Evakueringsrom integrert i dagens beredskapsplaner for en undersjøisk tunnel.....	92
6.3	Funksjonaliteter i Evakueringsrom tilpasset norske tunneler	93
6.3.1	Erfaringer fra andre sektorer og risikoutsatt industri.....	93
6.3.2	Optimalisering av Evakueringsrom i et evakueringsystem tilpasset designprinsippene som styrer utformingen av norske tunneler.....	94
6.3.3	Forslag til pilot-testing og videre utvikling av Evakueringsrom	97
7.	KONKLUSJONER	98
8.	REFERANSER	99

Figurfortegnelse

Figur 2.1:	<i>Typisk rømningsrom brukt i Tengiz i Kazakhstan for Olje & Gass markedet</i>	17
Figur 2.2:	<i>Nøddrom brukt i gruvedrift</i>	17
Figur 5.1:	<i>The Mont Blanc Tunnel, left to France, right to Italy. Copyright Brandschutz 8-99 - (Landrover Club, 2002)</i>	32
Figur 5.2:	<i>Et av tilfluktsrommene etter brannen i Mont Blanc tunnelen</i>	34
Figur 5.3:	<i>Tilfluktsrom #22 etter brannen</i>	34
Figur 5.4:	<i>Kollisjonspunktet (kjøretøy 1 og 2), fører av kjøretøy 1 omkom like utenfor et tilfluktsrom. Foto: Tormod Mehus, RBR</i>	37
Figur 5.5:	<i>Kjøretøyene nedstrøms brannen, tilfluktsrommene inntegnet. Foto: Tormod Mehus, RBR</i>	38
Figur 5.6:	<i>Strekket mellom rømningsrom 67 og 68. Foto: Tormod Mehus, RBR</i>	39
Figur 5.7:	<i>Sone 500 – 700 meter nedstrøms brannen, døren inn til tilfluktsrommet er vanskelig å se. Foto: Tormod Mehus, RBR</i>	39
Figur 5.8:	<i>Sone 700 – 900 meter nedstrøms brannen, hvor flere omkom inne i og utenfor kjøretøyene. Foto: Tormod Mehus, RBR</i>	40
Figur 5.9:	<i>Den siste omkomne var så langt som 1,2 km fra brannstedet. Foto: Tormod Mehus, RBR</i>	40
Figur 5.10:	<i>Skjematisk tegning av Oslofjordtunnelen med avstander, fall m.m. Avstandene på skissen tar utgangspunkt i data fra beredskapsplanen for Oslofjordtunnelen. Illustrasjon: SHT</i>	42
Figur 5.11:	<i>Førerens slokkingsforsøk. Foto: Utklipp fra videoovervåking i tunnelen - Statens vegvesen</i>	44
Figur 5.12:	<i>Røyk i tunnelen. Foto: Utklipp fra videoovervåking i tunnelen - Statens vegvesen</i> 45	
Figur 5.13:	<i>Vogntoget i en tidlig fase av brannen. Foto: Monika Blikås (SHT, 2015)</i>	54
Figur 5.14:	<i>Tidslinje av hendelsesforløpet (SHT, 2015 – vedlegg B)</i>	57
Figur 5.15:	<i>Bilde fra Einar Morland sin presentasjon på konferanse på Sola (Morland, 2016)</i> 59	
Figur 5.16:	<i>Vogntog snudde 3,5 km inn i tunnelen mot Gudvangen, kl. 1338. Foto: Utklipp fra Statens vegvesen</i>	72
Figur 5.17:	<i>Sikten ble svært dårlig på samme sted kl. 1339. Foto: Utklipp fra Statens vegvesen</i>	73
Figur 5.18:	<i>Kart med Skatestraumtunnelen innfelt (SHT, 2016a)</i>	76
Figur 5.19:	<i>Hendelsessted og vogntogets kjøretretning. Kart: Vegkart, Statens vegvesen</i>	79
Figur 5.20:	<i>Lastens plassering på vogntoget som var involvert i hendelsen i Skatestraumtunnelen 15. juli 2015. Illustrasjon: SHT</i>	79
Figur 5.21:	<i>Tanktilhenger av tilsvarende fabrikat og type som den som brant i Skatestraumtunnelen. Foto: SHT</i>	80
Figur 5.22:	<i>Rustskader i tilhengerdrag påvist i kontroll hos Statens vegvesen i mai 2011. Foto: Statens vegvesen</i>	81
Figur 5.23:	<i>Kjøretøyenes posisjon i tidsrommet det begynte å brenne i tilhengeren. Illustrasjon: SHT</i>	83
Figur 6.1:	<i>Systemet av Evakueringsrom</i>	95

Symbolliste

AID	<i>Automatic incident detection</i> . Automatisk hendelsesdetektering i tunnel (SVV, 2013).
ATK	<i>Automatisk trafikk kontroll</i> . «Automatisk kontroll/overvåkning av trafikk (for eksempel hastighet) i et punkt eller på en strekning» (SVV, 2014).
ITS	<i>Intelligente transportsystemer</i> eller <i>Intelligent trafikkstyring</i> er koplet til ulike typer teknologier for å forbedre transportsystemene. Det finnes en egen forening i Norge støttet av Samferdselsdepartementet med formålet «Smartere, sikrere og renere transport ved hjelp av teknologi».
N500	Vegnormal N500 Vegtunneler, «gjelder alle typer vegtunneler på offentlig veg. Normalen gjelder for nye tunneler, den skal også legges til grunn ved oppgradering av sikkerhetsutrustning og vann- og frostsikring i eksisterende tunneler» (SVV, 2016).
NTP	<i>Nasjonal transportplan</i> viser regjeringens transportpolitikk. Viktige mål er effektiv bruk av virkemidler og styrket samspill mellom transportformene https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/nasjonal-transportplan/id2475111/
Evakueringsrom	Evakueringsrom er en fellesbetegnelse på et avgrenset system med formål å beskytte mennesker som oppholder seg der mot giftige gasser, temperaturpåkjenninger og trykkklaster. Vi benytter stor bokstav, fordi vi ser på Evakueringsrom som en samling av systemer som må til for å møte funksjonen, uten at det er spesielt dedikert et produkt, i dette tilfellet Eureka sine løsninger.
VTS	Det er fem <i>vegtrafikksentraler</i> (VTS) i Norge. Vegtrafikksentralene er i dag et av Vegvesenets viktigste kontaktpunkter mot trafikantene og spiller en svært sentral rolle for utviklingen av sikker og god transport på norske veger. Vegtrafikksentralene med sin omfattende bruk av ITS-verktøy (Intelligent trafikkstyring) kan sies å være Vegvesenets «hightech» spydspiss. Oppgavene til Vegtrafikksentralene har utviklet seg i løpet av disse 20 årene, men hovedfunksjonene er de samme: <ul style="list-style-type: none">• Overvåke vegnettet og trafikkavviklingen med særlig fokus på tunneler• Generere og formidle informasjon for å veilede trafikantene• Fjernstyre trafikktekniske installasjoner (stenge/åpne/omkjøring/teksttavler etc)• Varsle og formidle beslutningsstøtte for drift og vedlikehold

- Være bindelegg og koordinere vår innsats ved hendelser på vegnettet
- Motta henvendelser fra publikum

<http://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/nyheter/nasjonalt/vts-20-%C3%A5r-som-vegvesenets-%C3%B8ye>

ÅDT

Årsdøgntrafikk. Summen av antall kjøretøy som passerer et punkt på en vegstrekning (for begge retninger sammenlagt) gjennom året, dividert på årets dager. ÅDT er et gjennomsnittstall for daglig trafikkmengde. «Den totale trafikken i et snitt eller på en trafikklenke i løpet av et kalenderår dividert med antall dager i året» (SVV, 2014).

Sammendrag

I Norge finnes over 1100 tunneler hvor mer enn 150 er lengre enn 2 km. Mange av tunnelene har kompleks geometri, og situasjonen er preget av stor variasjon, og dermed et variert risikonivå. Planleggingsgrunnlaget i form av sikkerhetsvurderinger og analyseresultater varierer, se Vegtilsynets bemerkninger til risikostyringen i norske vegtunneler (Vegtilsynet, 2015).

Det er stor interesse for å øke sikkerheten for trafikanter i tunneler, spesielt i lange ettløpstunneler, der det er spesielt utfordrende med større branner i tunge kjøretøyer (flere inntrufne hendelser de siste årene). Alle brannhendelsene i norske og utenlandske vegtunneler med folk eksponert for røyk, har vist at fareidentifikasjonen og faregjenkjenning svikter hos tunnelbrukerne slik at de ikke får evakuert i tide.

Evakueringsrom må ses i forhold til sikkerhetssystemene i tunnelen som helhet. Evakueringsrom er helt i tråd med selvredningsprinsippet. Dagens krav til sikkerhet krever at trafikanter må kunne ta vare på seg selv, også når de er innhyllet i røyk. EU-direktivet tillater ikke at Evakueringsrom brukes; «2.3.4 Shelters without an exit leading to escape routes to the open shall not be built».

Situasjonen er da at for langt over 1000 tunneler i Norge er det ikke noen redningstiltak som sikrer at selvredningsprinsippet ivaretas, eller mer presist for alle tunneler hvor mennesker kan innhylls i røyk *før* de har hatt mulighet til selvredning. Til nå har det ikke vært gjort noen analyse av denne problemstillingen. Vi vil likevel hevde at dagens designløsninger ikke klarer å møte selvredningsprinsippet, og det setter press på myndighetene, tunneleier, nødetater og trafikanter, som må samvirke for å ivareta sikkerheten. Vår problemstilling ble derfor:

Hvordan kan Evakueringsrom i vegtunneler utformes slik at de er relevante tunnelsikkerhetstiltak som ivaretar hensynet til selvredning.

I denne studien har vi presentert Evakueringsrom anvendt i norske vegtunneler. Metodisk har vi analysert tiltaket med kontrafaktiske hendelser koplet til narrative til Statens havarikommisjons sine fire store undersøkelser av tunnelbranner siden 2011 og vi har sett på tunnelkatastrofene i Sør-Europa rundt tusenårsskiftet. I alle brannene ville Evakueringsrom kunne redusert skadeomfanget vesentlig, spesielt brannene i Gudvanga-tunnelen og Oslofjordtunnelen. Brannen i Skatestraum-tunnelen er forbundet med stor usikkerhet når det gjelder effekten av Evakueringsrom. Bedre evakueringsystem ville også redusert skadeomfanget i de europeiske tunnelene, men i disse tunnelene fikk vi kaskadesituasjoner, som ga brannlaster på strekninger opp mot en km. Slike situasjoner er meget utfordrende for nødetatene, og Evakueringsrom må baseres på dimensjonerende hendelser som er relevante for den spesifikke tunnelen.

Forskere på kriser og krisehåndtering viser til mangel på tidlig situasjonsforståelse (situation awareness) som forklaring på at skadeomfanget eskalerer, enten det er jordskjelv i Italia, flommer i Øst-Europa, eller tunnelbranner i Norge. Å forbedre trafikantenes forutsetninger for selvredning er det derfor liten uenighet om.

Evakueringsrom kan være en funksjonell løsning. Heller ikke i fremtiden kan tunneleiere regne med at alle klarer å evakuere i røykfrie miljøer. Eksponering, tåleevne, og løsninger tilpasset brukergruppene (trafikanter) er kjernen av forskningsaktiviteten her. Evakueringsrom må tilpasses evakueringsystemet for den enkelte tunnel. Senteravstander større enn 500 meter vil være vanskelig å forsvare når selvredningsprinsippet legges til grunn.

Granskningsrapporten i forbindelse med brannen i Mont Blanc tunnelen illustrerer på mange måter en byråkratisk sendrektighet mellom italienske og franske myndigheter, hvor ingenting ble løst før det var for sent. Det er ikke vanskelig å trekke paralleller til norske forhold og det faktum at det ikke utvikles løsninger for å øke tunnelbrannsikkerheten, for eksempel ved Evakueringsrom. Det er også underlig at det ikke frigis konstruksjoner som kan brukes til testing, trening og opplæring. Historien fra Mont Blanc kan veldig gjerne gjenta seg i Norge, selv om det er få norske tunneler med tungbilandel over 40 %.

Evakueringsrom er velkjent teknologi brukt i andre høyrisikosektorer, som petrokjemisk industri og olje- og gass industrien, som har minst like alvorlige ulykkesscenarioer som tunneler. Vi har foreslått en gradvis innføring og testing av Evakueringsrom i tre faser; Mulighetsfasen, Storskala funksjonstesting; og Fullskala implementering i tunnel. Uten tilsvarende løsninger som Evakueringsrom i norske tunneler vil det være vanskelig for tunneleiere av lange og komplekse ettløpstunneler å hevde at selvredningsprinsippet er ivaretatt.

1. Innledning

I november 2015 var det i Norge 153 tunneler lengre enn 2 km. I listen fra Statens vegvesen (Søvik, 2015) spenner ÅDT fra noen få hundre til ca. 40.000. I den grad tyngre kjøretøy er registrert varierer andelen fra 6% til 26%, og i listen er det ti tunneler med to løp. For øvrig mangler data på tverrsnitt, vertikal og horisontal linjeføring, sikkerhetsutrustning med mer. Likevel er det grunn til å tro at situasjonen er preget av stor variasjon, og dermed et variert risikonivå. Det er også grunn til å tro at planleggingsgrunnlaget i form av sikkerhetsvurderinger og analyseresultater varierer, jmfør Vegtilsynets bemerkninger til risikostyringen i norske vegtunneler (Vegtilsynet, 2015).

Det er stor interesse for å øke sikkerheten for trafikanter i tunneler, spesielt i lange ettløpstunneler, der det er spesielt utfordrende med større branner i tunge kjøretøyer (flere inntrufne hendelser de siste årene). Alle brannhendelsene i norske og utenlandske vegtunneler med folk eksponert for røyk, har vist at fareidentifikasjonen og faregjenkjenning svikter hos tunnelbrukerne slik at de ikke får evakuert i tide. Her finnes store utfordringer som tunneleiere må vurdere i sin sikkerhetsstyring, utfordringer fra farlige kjøretøy entrer tunnelen via varmgang til branner utvikles, oppdages og responser iverksettes (Njå & Kuran, 2015).

Evakueringsrom må ses i forhold til sikkerhetssystemene i tunnelen som helhet og hvordan sikkerhetsstyringen integrerer Evakueringsrom. Evakueringsrom er helt i tråd med selvredningsprinsippet, se kap. 3.1.2. Dagens krav til sikkerhet krever at trafikanter må kunne ta vare på seg selv, også når de er innhyllet i røyk. I dagens regelverk finnes det utfordringer, dvs EU-direktivet (2004/54/EC on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network [2004] OJ L167/39), som regulerer løsningene som tillates for trafikantenes evakuering i tilfelle branner. EU-direktivet er definert som «tunnelsikkerhetsforskriften i Norge» i den norske oversettelsen. Tunnelsikkerhetsforskriften tillater ikke at Evakueringsrom brukes. Vedlegg I til direktivet beskriver; «2.3.4 Shelters without an exit leading to escape routes to the open shall not be built». Situasjonen er da at for langt over 1000 tunneler i Norge er det ikke noen redningstiltak som sikrer at selvredningsprinsippet ivaretas, eller mer presist for alle tunneler hvor mennesker kan innhyles i røyk **før** de har hatt mulighet til selvredning. Til nå har det ikke vært gjort noen analyse av denne problemstillingen. Vi vil likevel hevde at dagens designløsninger ikke klarer å møte selvredningsprinsippet, og det setter press på myndighetene, tunneleier, nødetater og trafikanter, som må samvirke for å ivareta sikkerheten. Vår problemstilling ble derfor:

Hvordan kan Evakueringsrom i vegtunneler utformes slik at de er relevante tunnelsikkerhetstiltak som ivaretar hensynet til selvredning.

For å besvare denne problemstillingen har vi brutt prosjektet ned i følgende forskningsspørsmål:

- Hva karakteriserer sikre Evakueringsrom?
- Hvordan kan selvredningsprinsippet koples til sikre Evakueringsrom?

- Hva hindrer og fremmer at Evakueringsrom vil fungere i krisesituasjoner i norske tunneler?
- Hvilke designkriterier vil være relevante for sikre Evakueringsrom i tunneler (avstand mellom Evakueringsrom, kapasitet (antall mennesker i hvert rom), dimensjonerende brannlaster, maksimal innvendig temperatur, etc.)?
- Hvordan kan utfordringer i norske tunneler sammenlignes med designerfaringer og praktisk bruk i andre sektorer?

Statens havarikommisjon for transport (SHT) undersøker alvorlige hendelser i tunneler, og SHT har reist kritikk mot Statens vegvesens sikkerhetsstyring, så vel som til nødetatens samvirkearbeid (SHT, 2013, 2015). Forutsetninger for selvredning ble spesielt påpekt etter hendelsen i Gudvangatunnelen, hvor enkelte trafikanter gikk nesten gjennom hele tunnelen i røyk. Etter hendelsen i Oslofjordtunnelen kritiserte SHT vegvesenet for ikke å ha erkjent det reelle sikkerhetsnivået og at samspillet mellom trafikantinformasjon, sikkerhetsutrustning, ventilasjonsløsning, brannslukking og sikker evakuering ikke var helhetlig vurdert. Vegtilsynet har også kritisert Vegvesenets risikoanalyser etter et tilsyn i Region Øst (Vegtilsynet, 2015). Statens vegvesen er bekymret for personsikkerheten i norske vegtunneler, og det er et sterkt politisk og faglig trykk for å forbedre tunnelsikkerheten. Vegdirektoratet må på et eller annet vis generere ny kunnskap tilpasset norske tunneler for å møte kravene. Tematikken i forventningen til ny kunnskap er;

- Videreutvikle kvalitative og kvantitative metoder for akseptabel personsikkerhet samt funksjonelle krav til sikkerhet i tunneler.
- Videreutvikle beredskap-brukerkunnskap-sikkerhetsteknologi i samspillet trafikant-teknologi-organisasjon.
- Utrede ulike teknologier for effektiv varsling av trafikantene, som for eksempel bruk av SMS varsling.
- Utrede ulike tiltak for praktisk ivaretagelse av selvredning.
- Utrede og teste ut ulike typer tiltak i tunnel med tanke på bedre personsikkerhet og assistert selvredning, f.eks. fysiske og psykiske tålegrenser som vilkår for selvredning.
- Utrede metoder for forbedring av aktørens situasjonsforståelse av kriser.
- Krisekommunikasjon i samspill med VTS og tunnelteknologi.

Sikkerhetsforvaltningen av tunnelene skal følge Nullvisjonen og reguleringsprinsippene som følger denne. Det er stor forskjell på en sikkerhetstenkning hos tunnelforvalter som hele tiden utfordrer sikkerhetsnivået (proaktiv tenkning) og en sikkerhetstenkning som handler om å overholde regelverk (reaktiv og «compliance»-orientert tenkning). Vi forutsetter proaktiv tenkning og nevner at forskningslitteraturen på sikkerhetsområdet har to perspektiver. Den tradisjonelle risikobaserte styringen forutsetter lineære årsakskjeder med isolerte og gjenkjennbare årsaksfaktorer som følger etter hverandre i et forutsigbart mønster (Aven, Boyesen, Njå, Olsen, & Sandve, 2004; Rausand & Utne, 2009). I denne tilnærmingen reduseres systemer til undersystemer, enheter og

komponenter. Det andre perspektivet setter et sterkere fokus på det helhetlige systemet og hvordan aktiviteter kan kontrolleres med begrensninger og tilbakemeldinger (Hollnagel, Woods, & Leveson, 2006; Leveson, 2011). Denne tilnærmingen er mer opptatt av hvordan systemer tilpasser seg og grad av resiliens (robusthet) enn detaljerte risikoanalyser. Det vil si at denne formen for sikkerhetsstyring er dynamisk og kontinuerlig i forhold til trafikken i tunnelene. Oppmerksomheten rettes vel så mye mot positiv sikkerhetsatferd som mot feil og svikt.

Denne rapporten er dreiet mot branner og alvorlige hendelser med potensiale for storulykker (mer enn fem drepte). Et slikt perspektiv dekker i stor grad sikkerhetstiltak som også gjelder mer ordinære trafikkulykker som ikke eskalerer. Vi vil imidlertid se på forskningslitteraturen som er relevant for et mobilt deteksjons- og kommunikasjons-system. Kunnskap om årsaksforhold til alle uønskede hendelser i tunneler er et viktig tema for Statens vegvesen, men notatet utreder ikke dette spesielt.

I kapittel 2 presenteres systemet Evakueringsrom som del av det overordnede evakueringsystemet med sine viktigste funksjoner. Dette systemet må være del av løsningene som skal møte viktige prinsipper for trafiksikkerhet som vi presenterer i kapittel 3. Kapittel 4 redegjør for metodikken, hvor vi i stor grad vurderer effekter av Evakueringsrom. Resultatene presenteres i kapittel 5, og vi knytter resultatene opp til en diskusjon med ideer til ytterligere uttesting i kapittel 6. Rapporten avsluttes med våre konklusjoner om potensialer og muligheter for bruken av evakueringsystemer som inkluderer Evakueringsrom.

2. Evakueringsrom – state of the art

Evakueringsrom består av en rekke systemer (passiv brannbeskyttelse, kommunikasjon, ventilasjon, med mer), og er en del av tunnelens overordnede «Evakueringsystem». Brann- og gass-sikre Evakueringsrom har lenge vært brukt innenfor andre bransjer, så som olje- og gassnæringen, gruvedrift og generelt for arbeid under jorden. Evakueringsrommene konstruert for olje- og gassindustrien bygges ofte som containere eller stål-moduler i størrelser fra 3x2,5 meter til store bygg på flere hundre m², sammensatt av mange moduler. Rommene brukes i hovedsak for å beskytte personell og kritisk sikkerhetsutstyr for giftige gasser, eksplosive gasser, og for brann- og eksplosjonshendelser. Dimensjoneringskriteriene varierer ut ifra hvor Evakueringsrommet er plassert, samt hvilke scenarier som kan oppstå ut ifra en risikovurdering som gjøres av området den skal plasseres i. Det vil si at designkravene har mye til felles med utfordringer som kan finnes i forbindelse med tunnelbranner.

Typiske dimensjonerende krav vil være; Brannmotstand som varierer fra A-60 til H-120 i tillegg til «Jet-brann» opp til J-60. Eksplosjonsbeskyttelse av Evakueringsrom varierer fra typisk 200 mbar opp til 800 mbar¹, tid for beskyttelse mot giftige og eksplosive gasser fra 90 min til 3 timer.

Mange Evakueringsrom er spesielt designet for å beskytte mot hydrogensulfid (H₂S), som er en meget giftig gass i konsentrasjoner i størrelsesorden 1000 ppm til 300.000 ppm. Konsentrasjonen av gass har dog ingen betydning for Evakueringsrom med lagret pusteluft, men kan redusere tiden betraktelig på de Evakueringsrom hvor det benyttes filter løsninger. Flere av disse systemene har reddet liv i faktiske brannhendelser og ved H₂S utslipp.

Eureka og deres partnere har levert Rømningsrom med pusteluft-systemer til flere olje- og gass selskaper i Kazhakstan blant de Agip (ENI) som er operatør av et av verdens største olje og gass reservoarer i Kazhakstan. I ettertid har Eureka fått vite at ved to tilfeller av H₂S utslipp på Kashagan feltet i det Kaspiske hav i Kazakhstan har det blitt evakuert personell til et evakueringsrom på D-Island grunnet utslipp av en større mengde H₂S fra en nærliggende øy (A-Island). Utviklingen og leveranse av disse gass-sikre evakueringsrommene startet etter en tragisk hendelse med utslipp av H₂S fra et olje- og gass prosess anlegg i Kina drepte 233 mennesker og over 9000 ble skadd av den dødelige gassen.

Rommene er vanligvis designet med et innvendig overtrykk på 50-100 Pa mot utendørs trykk², som gis ved hjelp av filtrert luft fra utsiden eller ved lagret pusteluft under trykk fra flasker. Hensikten er å sikre frisk luft og samtidig unngå inntrengning av uønskede gasser, som for eksempel hydrokarbon-gasser. Normalt designes luft- og trykksettings-systemene til å vare i 1,5-2 timer, basert på risikovurdering av potensielle hendelser. Vanlig designpraksis for evakueringsrommene er at de utformes for å tåle forskjellige

¹ Statisk utvendig eksplosjonstrykk: 200 mbar = 20.000 N/m² ≈ 2000 kg/m²

² Statisk overtrykk i Evakueringsrom: 50-100 Pa = 50-100 N/m² ≈ 5-10 kg/m²

eksplosjons- og brannlaster ihht. risikovurderinger gjort for de områdene hvor de er plassert og hva de skal beskytte eksponerte personer for. Vanlige dimensjoneringsstørrelser er brannlaster, eksplosjonslaster, antall personer, gasskonsentrasjoner og omgivelsestemperatur.



Figur 2.1: Typisk rømningsrom brukt i Tengiz i Kazakhstan for Olje & Gass markedet

For gruveindustri og tunnelbygging benyttes en variant som normalt ikke er trykksatt. Selskapene benytter en «scrubbing»-teknologi hvor de renser luften i rommene for CO₂. Disse rommene bygges ofte i størrelser fra 3x2,5 m til 8x2,5m og de er frittstående slik at de enkelt kan flyttes etter hvert som arbeidet fremskrider.

Modulene er vanligvis konstruert for å motstå mindre branner og eventuelle påkjenninger ved ras (punkt- og støtlaster).



Figur 2.2: Nødrum brukt i gruvedrift

Begge de overnevnte systemene for evakuering er tilpasset bruk av trenet og drillet personell og rommene krever manuelle operasjoner av arbeidere.

2.1 Sikkerhetsforvaltningen i norske tunneler - evakueringssystemet

Evakueringssystemet som skal møte trafikantenes mulighet for og tilpasning til selvredningsprinsippet innebærer en rekke hensyn i sikkerhetsforvaltningen av tunnelen hvor Evakueringsrom er integrert. Under lister vi noen vesentlige hensyn, som vi har lagt til grunn i vår analyse i kap. 5:

Varsling:

For å få folk til å gjøre de rette valgene tidlig i en brannhendelse forutsetter vi at tunneleier sørger for tidlig og posisjonsrettet varsling. Dette kan gjøres på flere måter, for eksempel via variabel skilting med varsellamper, push-varsling på smart-telefoner eller PA-system i tunnelene. Innsnakk på radio og SMS varsling forutsettes benyttet, hvor balansen mellom manuelle og automatiserte meldinger er gjennomtenkt (bakdelen

med automatiske varslingsmetoder er at melder gir samme informasjon uavhengig av posisjon til brannen og røykventilasjonen).

Evakueringsrommenes inngangspartier forutsettes lyssatt, og i tillegg ha varsling via lyd som kan hjelpe til med navigering når sikten er dårlig.

Standardisering:

Prosedyrer og utstyr forutsettes standardisert så langt det er mulig, slik at personer som evakuerer ikke trenger tunnelspesifikk opplæring. Opplæringen forutsettes å dekke alle evakueringsløsninger i norske tunneler. Evakueringsrom vil ha mange fellestrekk med rømning via tverrslag til nabotunnel eller ut til det fri. Tillit er et nøkkelbegrep, hvor trafikanter må vite at straks de er i rommet vil de kunne kommunisere med redningstjenesten.

Utforming av evakueringsrom må være slik at brukere som har hatt opplæring kjenner igjen systemene og vet hva som er tilgjengelig i alle rom. Det er også viktig for redningspersonellet at de kjenner igjen systemene uavhengig av den konkrete tunnelen.

Ved en eventuell skade/feil på rom kan Evakueringsrom forholdsvis enkelt byttes ut med en ny modul.

Gangsoner og ledelys:

For å lede personer til evakueringsrom i tett røyk forutsettes gangsoner og ledelys som er mulig for mennesker å følge uten spesiell opplæring.

Evakueringsrommene:

Evakueringsrommene vil ha en utforming som sørger for enkel adkomst for barn, gamle handikappede og fremmedspråklige. Det vil være sitteplasser og enkle sanitærforhold. System for informasjon og kommunikasjon med redningstjenesten vil inkludere flere språk. Rommet vil ha lett synlige oppslag om hvordan evakuerte skal gjøre situasjonsrapportering.

Kommunikasjon:

Kommunikasjonslinjer i Evakueringsrom kan benyttes for å sikre kommunikasjon mellom evakuerte og redningspersonell. Videokommunikasjon fra Evakueringsrom til VTS, 110-sentralen eller innsatsleders kommandoplass (ILKO), hvor ILKO kan etableres i eller ved konteinere (flaskebank, generator) på utsiden av tunnelen.

Det vil her for eksempel være muligheter for å kommunisere direkte med involvert personell, se live bilder fra tunnel, lese av temperaturer og gassdetektorer montert utvendig på Evakueringsrom, med mer. På denne måten kan innsatsstyrken øke sin kunnskap og situasjonsforståelse for å optimalisere redningsaksjonen.

Evakuering:

Slusene i Evakueringsrom tenkes å fungere som en fremskutt base for brann- og redningspersonell. Slusene kan inneholde nye røykdykker-sett, evakuerings-masker til personer som oppholder seg i rommet, og sikker kommunikasjon til kommando sentral.

Opplæring og trening:

En vesentlig forutsetning for å innføre bruk av Evakueringsrom vil være opplæring og trening, det vil si Evakueringsrom hviler på en forventning om evakueringskompetanse hos trafikantene.

I dag er Evakueringsrom benyttet på anlegg hvor brukerne er trent og drillet personell. Det vil bli en utfordring å få Evakueringsrom og evakueringsystem tilpasset til trafikanter generelt, og spesielt tilgjengelig for utrente personer som barn, gamle, handikappede, og utlendinger med språkbarrierer. Dette er ikke spesielt rettet mot Evakueringsrom, men gjelder det helhetlige evakueringsystemet i tunneler. Dagens system er kraftig kritisert av undersøkelsesenheter, en kritikk anerkjent internt i Statens vegvesen.

Evakueringsrommene i seg selv vil ikke kreve manuelle operasjoner fra brukerne. Har trafikantene mulighet til å komme seg ut av tunnelen skal det alltid være foretrukket løsning. Evakueringsrommet er for alle som ikke har andre alternativer, for eksempel at de sitter i kjøretøy som ikke kan snu eller er hindret fra å kjøre ut.

3. Hvordan ivareta sikkerhetsstyring i dagens reguleringsregime?

Fremstillingen i dette kapitlet begrenses til prinsippene for sikkerhetsstyring og bygger i vesentlig grad på Njå (2016). Det vises for øvrig til relevante direktiver, lover, forskrifter, håndbøker og veiledninger for å få en fullstendig oversikt over reguleringsregimet. De viktigste departementene involvert i tunnelsikkerhet er; *Justis- og beredskapsdepartementet* (brann- og eksplosjonsvern), *Samferdselsdepartementet* (veg- og vegtrafikk, telekommunikasjon og styring), *Arbeids- og sosialdepartementet* (arbeidsmiljø og sikkerhet), *Helse- og omsorgsdepartementet* (folkehelse inklusiv miljøretta helsevern og helsetjeneste inklusiv akuttmedisin), *Kommunal- og moderniseringsdepartementet* (kommunal- og regionalplanlegging, kommunale tjenester inklusiv beredskapsplikten), *Kunnskapsdepartementet* (utdanning, forskning og utvikling av kompetanse om tunnelssikkerhet) og *Olje- og energidepartementet* (strømnettet, energi), og relevante underliggende etater.

3.1 Prinsipper av betydning for sikkerhetsforvaltningen i norske tunneler

Begrepet prinsipp kommer av det latinske principium og betyr begynnelse eller utgangspunkt; altså noe som legges til grunn som førende forutsetninger og retninger for det videre arbeidet. I forbindelse med tunneler kan vi tenke oss at tunnelene skal utformes i kraft av visse overordnede, gjerne mer allmenne prinsipper. Det er spesielt fire prinsipper som kommer til anvendelse for tunnelene i Norge; *Selvreguleringsprinsippet*, *selvredningsprinsippet*, *samvirkeprinsippet* og prinsippet om *universell utforming*.

3.1.1 Selvregulering og internkontroll

Mye av Statens vegvesen sin virksomhet er hjemlet i vegloven og vegtrafikkloven under Samferdselsdepartementet, men også brann- og eksplosjonsvernloven, og plan- og bygningsloven gir viktige føringer for vegvesenet. Statens vegvesen har utviklet sin styrende dokumentasjon som beskriver forventningene til hvordan trafiksikkerhet skal ivaretas, i det vesentligste med utgangspunkt i NTP og det som har blitt ansett av vegvesenet og politiske myndigheter som god forvaltningspraksis.

Vilkårene for risikobasert trafiksikkerhetsstyring av tunneler er formet av Tunnelsikkerhetsforskriften, basert på EUs direktiv 2004/54/EF, og håndboken N500 Vegtunneler, som både angir spesifikke krav til løsninger og som beskriver hvordan risikovurderinger kan brukes for å forsterke sikkerheten. Prinsippet om lovfestet selvregulering og internkontroll betyr at eier av tunnelene, dvs Statens vegvesen ved sine regioner (riksveger), fylkeskommunene (fylkesveger) og kommunene (kommunale

veger), er ansvarlige for å utforme et sikkert vegsystem/tunnel, basert på beste kunnskap.

I dette perspektivet blir N500 realiseringen av den nasjonale og internasjonale praksisen utviklet fra prinsippet om lovfestet selvregulering. Dette gir grunnlag for funksjonelle krav til sikkerhet, dvs krav som beskriver hva tunneleier vil oppnå, i stedet for spesifikasjoner knyttet direkte til hvilke løsninger som skal velges. På denne måten kan beslutningstakere, enten de representerer Statens vegvesen eller politikere på ulike forvaltningsnivå, gjøre seg opp egne meninger om hvordan sikkerheten blir ivaretatt av de ulike løsningsforslagene. Innenfor rammene som de funksjonelle kravene gir, kan planleggerne fritt velge løsninger og optimalisere i forhold til identifiserte behov. Dette er en pådriver til å være kreativ og å utvikle effektive løsninger. Mulighetene for å tilpasse løsninger til den konkrete tunnelen er dermed tilstede. Tunneleier må avveie bruken av standardiserte løsninger og mer skreddersydde tiltak i sin vurdering av helhetlig tunnelsikkerhet. Trafikantene bør kjenne løsningene (i dette tilfellet Evakueringsrom) i tunnelene når de møter dem!

3.1.2 Selvredningsprinsippet

Selvredningsprinsippet er det grunnleggende prinsippet for evakuering av vegtunneler ved brann. Tunnelsikkerhetsforskriften legger opp til at rømningsveger og nødutganger skal tilpasses trafikantene både til fots og med eget kjøretøy. Det forventes imidlertid at brannvesenet yter innsats når det er faglig forsvarlig ut fra et sikkerhetsaspekt og ut fra omforent beredskapsopplegg tilpasset den enkelte tunnel. Selvredningsprinsippet er ikke spesielt for vegtunneler, det gjelder generelt i forbindelse med evakuering fra objekt i brann.

I 2010-utgaven av Statens vegvesens Håndbok 021 (Vegtunneler) beskrives det at evakuering av tunneler gjennomføres etter selvredningsprinsippet (fra kapittel 5.1):

Prinsippet for evakuering baserer seg på selvredningsprinsippet, det vil si at trafikantene skal ta seg ut enten til fots eller ved hjelp av eget kjøretøy.

I Statens vegvesens rapport 161 «Etatsprogrammet Moderne vegtunneler 2008 – 2011: strategi trafikantsikkerhet og brann sikkerhet i vegtunneler» heter det i kapittel 3.2 - Selvredningsprinsippet:

Selvbergingsprinsippet er generelt akseptert i samfunnet og det gjelder i prinsippet for alle typer byggverk.

...

Selvbergning gjelder som hovedprinsipp i alle norske vegtunneler. Eksterne redningsmannskaper kan bare i unntakstilfeller komme til unnsetning ved en hendelse inne i en tunnel. Dette må også trafikantene kjenne til og det påhviler eier et ekstra ansvar at denne forutsetningen er kjent.

En annen fortolkning av selvredningsprinsippet er at «folk skal overleve brannen til den ikke lenger er en trussel...». Storbritannia bruker begrepet «Protect in place», som kan

sammenlignes med nødrom (jamfør oppfølgingen etter brannen i Oslofjordtunnelen 2011; Njå & Kuran, 2015; SHT, 2013). «Protect in place» oppfatter vi som selvredning. Selvredning med basis i trafikanters egenskaper og tålegrenser må utfordres og utforskes.

Hvorvidt Evakueringsrom aksepteres eller ikke i norske tunneler er en sentral utfordring som bare delvis kan diskuteres i denne rapporten. Historiske data viser at selvredningsprinsippet ikke fungerer når trafikanter er innhyllet i røyk, og da må det eventuelt finnes bedre løsninger. Vi undersøker effekten av Evakueringsrom i denne rapporten. En viktig forutsetning er at trafikanter skal komme seg inn i rommet på egenhånd, men deretter forventes det at brannvesenet er i stand til å slokke brannen og foreta redning med en bestemt ytelse.

3.1.3 Samvirkeprinsippet

Samvirke defineres som samhandling og koordinering av ressurser for å sikre best mulig total oversikt og styring i arbeidet med forebygging, beredskap og krisehåndtering. Dette betyr at samvirkeaktørene i forbindelse med tunnelutforming og -drift er alt fra brukere (privat, kommersiell gods- og persontrafikk med mer), myndigheter, tunneleiere, tunneldrift og -vedlikehold, bergingsselskaper til nødetatene. Innledningsvis i kapitlet viste vi til departementene som er vesentlige involverte aktører i tunnelsikkerhetsarbeidet, og som gjennom sine underliggende etater skal legge til rette for et høyt sikkerhetsnivå i tråd med Nullvisjonen.

I henhold til samvirkeprinsippet forventes det at aktørene kjenner sitt ansvar og er i stand til å bidra i sikkerhetsstyringen av tunnelene. Dette medfører aktiv innsats fra aktørene i planleggingsprosessen, forebyggende tunnelsikkerhetsarbeid så vel som i krisesituasjoner. Samvirkeprinsippet er drivende, ikke bare på utøvende aktiviteter, men også for aktiviteter på strategisk beslutnings- og planleggingsnivå.

Det å forstå det helhetlige tunnelsystemet er en krevende oppgave. VTS-operatørens så vel som trafikantenes evner til å oppfatte og respondere på branner og røykutvikling må med i analysen for å forstå Evakueringsroms ytelse. Samvirkeprinsippet er sterkt koplet til systemteori (Leveson, 2011).

3.1.4 Prinsippet om universell utforming

Fra Store Norske Leksikon finnes følgende (2016): Universell utforming vil si å planlegge omgivelser, produkter, institusjoner og tjenester slik at de kan brukes av så mange mennesker som mulig. Hensikten er å oppnå like muligheter til samfunnsdeltakelse og motvirke diskriminering på grunnlag av nedsatt funksjonsevne. Universell utforming har to offisielle definisjoner i Norge. I Diskriminerings- og tilgjengelighetsloven (DTL), som trådte i kraft i 2009 og ble revidert i 2013 er universell utforming definert slik:

«Med universell utforming menes utforming eller tilrettelegging av hovedløsningen i de fysiske forholdene, herunder informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT), slik at virksomhetens alminnelige funksjon kan benyttes av flest mulig.»

Denne definisjonen, som Norge er alene om, er formulert i DTL, § 13. Den internasjonale definisjonen på universell utforming er beskrevet i FN-konvensjon om rettighetene til personer med nedsatt funksjonsevne, som ble ratifisert av Norge i 2013:

«Med 'universell utforming' menes utforming av produkter, omgivelser, programmer og tjenester på en slik måte at de kan brukes av alle mennesker, i så stor utstrekning som mulig, uten behov for tilpassing og en spesiell utforming.»

Hva som omfattes av «produkter, omgivelser, programmer og tjenester» vil avklares etterhvert som konvensjonen tas i bruk. Forskjellen på de to utdypningene av universell utforming er at den norske skal være egnet for et eksplisitt juridisk formål, mens FN-konvensjonens definisjon er egnet for et politisk og faglig arbeid med universell utforming. FN-konvensjonen ble signert av Norge mars 2007, og myndighetene påla seg da å ikke handle i strid med konvensjonen. Den juridiske definisjonen i DTL ble i denne forbindelsen vurdert å være i samsvar med FN-konvensjonen.

Tunneler over en viss lengde er komplekse konstruksjoner, som byr på utfordringer for brukere med spesielle behov, og da spesielt i situasjoner hvor selvredning og evakuering blir nødvendig. Disse trafikantene må kunne være inkludert som del av de dimensjonerende hendelsene som skal legges til grunn for bruken av tekniske sikkerhetssystemer i tunnelberedskapen. Et typisk funksjonskrav kunne være: «For at tunnelen skal være sikker for alle, må de svakeste trafikantgruppene forutsetninger legges til grunn for løsningene». Dette vil bety mye for utformingen av Evakueringsrom. Samtidig vil et slikt krav medføre at tunneleier analyserer hvilke trafikantgrupper som ikke vil håndtere en evakueringssituasjon, og dermed skape oppmerksomhet omkring begrensningene også når det gjelder forflytning til Evakueringsrom.

3.2 Dilemmaer som prinsippene skaper

Tunnelsikkerhet handler om mennesker, og det å ivareta liv og helse. Tunneler vil være arenaer hvor 2. og 3. personer (indirekte og ufrivillig involvert i selve hendelsen) vil være eksponert. Samfunnet aksepterer i liten grad slike situasjoner. Samtidig er tunneler forbundet med frykt blant store befolkningsgrupper (2-30%), som i sin mildeste form anses som utrygghet. En liten andel trafikanter unngår å kjøre i tunneler. Utrygghet er definert som en "negativ opplevelse som går ut over de milde reaksjonene". Det er en vag definisjon og det er ikke gitt hva som er negative opplevelser eller hva som er milde reaksjoner. I andre sammenhenger introduseres begreper som; ubehag, angst, frykt, bekymring, panikk, opplevd utrygghet, truende vegmiljø, fobi. Disse begrepene blir heller ikke gitt entydige meningsinnhold.

Jenssen, Bjørkli og Flø (2006) har benyttet et evolusjonistisk perspektiv på tunnelfrykt hvor de forutsetter at noen mennesker er biologisk utrustet for å utvikle fryktresponser. Responsene som følge av frykt er at situasjonene oppleves som ubehagelige, truende og uønsket, og flere kroppssystemer blir aktivisert. Det kan dreie seg om hjertebank, svetting, skjelving og munntørrhet, og psykologisk kan det fortone seg som følelse av pustebesvær, ensartet tenkning, svimmelhet, katastrofetenkning, og opplevelse av manglende kontroll over situasjonen.

Psykologen Arne Jarl Ringstad (1994) har benyttet et atferdsteoretisk perspektiv for å forklare frykt og fobier for tunneler/rom under jorden. Fobi defineres som en sterk fryktopplevelse i en situasjon hvor det ikke er noen tydelige ytre farer til stede. I henhold til denne teorien er det visse stimuli og kopling av stimuli som medfører frykt, i henhold til en biologisk tilbøyelighet (biological preparedness). Denne frykten kan ved hjelp av "lære-prosess" hvor initielt nøytrale stimuli (det å være i tunnelen) medfører en gradvis utviklet fryktrespons. Personen knytter det initielt nøytrale stimuli til lignende stimuli i en form for generalisering som til slutt innebærer generell frykt for lukkede rom (inklusive tunneler). Opplevd kontroll virker i hele prosessen som en avdempende faktor for å utvikle generell fobisk reaksjon, og er en vesentlig tilnærming til hvordan for eksempel tunneler bør designes.

Ved store hendelser utfordres alle involverte aktører, jamfør vår studie av brannen i Oslofjordtunnelen i 2011 (Njå & Kuran, 2015). Følgende kunnskapshull i tunnelsikkerhetsarbeidet, både på forebyggende og skadebegrensende side ble identifisert:

- Det er begrenset kunnskap om kjøretøyene som bruker tunnelene; omfang, variasjon, tilstand, last og kjøreatferd knyttet til tyngre kjøretøy.
- Branner og tilløp til branner har i liten grad blitt studert i forhold til antennelse og brannutvikling i tunge kjøretøy. Dette gjelder blant annet antennelse, brannvekst, maksimal branneffekt/varmeavgivelsesrate og branntid/-varighet i ulike typer tunneldesign (ventilasjon, tverrsnitt, stigning, med mer).
- Til nå er det veldig lite kunnskap om røykgasser, konsentrasjoner og spredning av giftige gasser gitt ulike typer tunneldesign (ventilasjon, tverrsnitt, stigning, med mer). Enkle empiriske modeller finnes basert på forsøk som i noen grad er fullskala (Ingason, Li, & Lönnemark, 2014).
- Fra medisinsk side blir det hevdet at grenseverdier for varme- og røykgasseksponering har liten verdi. Det er individuelle forskjeller i morbiditet som er avgjørende for utfallet. Vi mangler bedre kunnskap om menneskets tåleevne også etter eksponering av røyk, som kan være egnet til bruk i dimensjonering av sikkerhetstiltakene.
- Det er få, om noen som har studert sammenhengen mellom kravet til selvevakuering og nødetatenes krisehåndtering, gitt en funksjonsbasert tilnærming til utformingen av tunnelen.
- Det er svært viktig å finne sammenhengen mellom teknologiske løsninger og selvredning, og hvordan trafikanter vil kunne påvirkes til å gjøre riktige valg.

- Modeller, beregninger og betingelser for å analysere risiko og sikkerhet er mangelfulle, og usikkerheten øker når tunnelen er spesiell, for eksempel lengde, stigning, design, osv.

Gjennom studiet av brannen i Oslofjordtunnelen fant vi følgende forhold:

- Det tar alt for lang tid før trafikantene oppfatter at en alvorlig situasjon har oppstått til selv-evakuering iverksettes.
- Organiseringen av selv-evakuering er tilfeldig og i liten grad tilrettelagt for trafikantene.
- Trafikantene har svært begrensede forkunnskaper om tunnelbrann.
- Kjøpere av transport, selgere av transportere, transportfirma og sjåfører av store energimengder er lite påaktet med hensyn til deres roller og ansvar i forbindelse med branner i tunneler.
- Kunnskap om brannodynamikk, varme- og røykspredning i tunneler er mangelfull.
- Prosedyredrevet eller kunnskapsbasert redningsarbeid, hva er den gode balansen?
- Lett tilgjengelig informasjon om norske veitunneler og brannvernstrategier finnes ikke.
- Individenes etterreaksjoner etter traumatiske opplevelser undervurderes.

Statens vegvesen ønsker mer FoU angående tunnelsikkerhet. Njås anbefaling til Statens vegvesen var at Vegvesenet burde favne bredt i beskrivelsen av et etatsprogram for forskning og utvikling av tunnelsikkerhet (Njå, 2016). Det er noen viktige forutsetninger som må trekkes frem:

1. Det må og bør legges til rette for eksperimentelle studier, hvor Vegvesenets egne infrastrukturer og forskningsmiljøenes fasiliteter vektlegges.
2. Det bør åpnes for mer longitudinelle design av intervensjoner (tiltak), som kan være sårbare for aldring/svekkelse.
3. Krav til implementeringsforskning må være del av utlysningen. Det krever at Statens vegvesen er en aktiv pådriver for å få frem innovasjoner og gi dem mulighet for uttesting.

Selv om Statens vegvesen besluttet å ikke iverksette et etatsprogram fra 2017, vil vi likevel hevde at ovennevnte forutsetninger bør tilstrebes i all kunnskapsgenerering om tunnelsikkerhet.

Imidlertid ser vi det store dilemmaet som for eksempel regionvegsjefene eller fylkesvegsjefene får når de arver tunneler og skal sikre dem samtidig som de har et helt nettverk av veier som også krever sikkerhetstiltak, hvor antall ulykker er høyere over tid enn tunneler lokalisert på samme kategori veier. Likevel, det er bare tunnelene som har potensial for storulykker, og slike ulykker aksepterer ikke samfunnet.

Det er også slik at eier av tunnelkonstruksjonen skal ivareta alle sine brukergrupper og det krever at tunnelene må være utformet med hensyn til deres konkrete egenskaper. Flere har etterlyst evakueringsrom, redningsrom, nødrom i forbindelse med undersjøiske tunneler i Rogaland (Jøssang, 2016; Tollaksen, 2016), mens retorikken til

tunneleier (regionvegsjefen) er at det både er forbudt og at hans rådgivere er usikre på effekten og ikke anbefaler løsningen. Hvilke forutsetninger disse vurderingene hviler på og hvordan tunneleier kan akseptere løsningene for Rennfast og Finnfast, som er fullstendig på tvers av designprinsippene som Stortinget har pålagt han, er tunneleier ikke utfordret på. For eksempel kan det hevdes at følgende forutsetninger/-funksjonskrav er langt fra oppfylt i de fleste norske tunnelene:

- *Menneskets forutsetninger* skal ligge til grunn for utforming av tunneler; menneskets mestringsevne i trafikken, tåleevne i en kollisjon eller annen uønsket hendelse og menneskets evne til å ta vare på seg selv i en avvikssituasjon.
- *Nullvisjonen forutsetter at det skal beskyttes mot alvorlige konsekvenser av feilhandlinger.* Tunnelen må ha beskyttende barrierer mot alvorlige konsekvenser av feilhandlinger. I tunneler er "sideterrenget" (tunnelveggene) en spesiell utfordring.
- *Varsling* skal foretas slik at alle berørte trafikanter kan forstå situasjonen og evakuere selv til trygt område.
- Et *effektivt samarbeid* mellom like og ulike etater og ressurser med evne til ulykkeshåndtering er overordnet designkrav for tunnelsystemet.

De fire eksemplene på funksjonskrav vil stille krav til tunneleier å finne løsninger som oppfyller disse samtidig som prinsippene er oppfylt. Det betyr at selvredningsprinsippet og universell utforming byr på store utfordringer når brannberedskapen skal planlegges. Evakueringsrom vil kunne påvirke hvordan tunnelutformingen møter funksjonskravene.

4. Metode

Arbeidet med denne rapporten har pågått parallelt med et tilsvarende arbeid om en løsning for mobilt informasjons- og kommunikasjonssystem (Njå, 2017) i lange og komplekse tunneler. Metodologisk er studiene svært beslektet og de er utviklet vekselvis. Med hensyn til effekter på sikkerhet er systemene veldig ulike, hvor konseptet; Evakueringsrom, er utelukkende en del av evakueringsystemet i tunneler og har ingen planlagt funksjon uten at det forekommer giftige gasser eller varme i tunnelen. Problemstillingen i prosjektet har vært:

Hvordan kan Evakueringsrom i vegtunneler utformes slik at de er relevante tunnelsikkerhetstiltak som ivaretar hensynet til selvredning.

For å besvare denne problemstillingen har vi brutt prosjektet ned i følgende forskningsspørsmål:

- Hva karakteriserer sikre Evakueringsrom?
- Hvordan kan selvredningsprinsippet koples til sikre Evakueringsrom?
- Hva hindrer og fremmer at Evakueringsrom vil fungere i krisesituasjoner i norske tunneler?
- Hvilke designkriterier vil være relevante for sikre Evakueringsrom i tunneler (avstand mellom Evakueringsrom, kapasitet (antall mennesker i hvert rom), dimensjonerende brannlaster, maksimal innvendig temperatur, etc.)?
- Hvordan kan utfordringer i norske tunneler sammenlignes med designerfaringer og praktisk bruk i andre sektorer?

Forskningsspørsmålene beskrevet over vil kreve analyse av hendelser i norske og utenlandske tunneler, og gjennomgang av regelverket. Status for sikkerhetssystemene i norske tunneler er vanskelig å fastslå uten spesifikke studier, men noen tilfeldige systemer har vært testet i de store hendelsene vi har erfart siden 2011. Vi skal se på funksjonene som Evakueringsrom kan designes for å ivareta i sikkerhetsstyringen av tunneler, og knytte risikofaktorer til Evakueringsrom som integrert system i den operasjonelle delen av beredskapen ved fare- og ulykkessituasjoner i vegtunneler.

Kunnskapsgrunnlaget som er vesentlig for denne studien knyttes til trafikanter og deres evne til å registrere og kommunisere med teknologibaserte løsninger, hvor en del vil knyttes til kriser i utvikling. Tidsfaktoren spiller en viktig rolle. Vi har lett etter relevant litteratur som viser forskning som belyser dagens situasjon på områder hvor Evakueringsrom vil kunne influere på sikkerhetsnivået.

Hovedgrepet vi gjør er at vi «setter Evakueringsrom inn» i tunneler som har hatt større branner og som er grundigere undersøkt av Statens havarikommisjon for transport, og av adhoc-granskningskommisjoner for tre alvorlige europeiske tunnelbranner. Vi gjør da en kontrafaktisk analyse for å visualisere effekter av tiltaket i samfunnets forståelse av hendelsene (virkningshistoriene/reception history – Marcuse, 2009) hvor vi kan argumentere for at tiltaket eventuelt kunne bidratt til at situasjonen ble en annen. Kontrafaktiske hendelser er en metode som ofte er benyttet av historikere for å belyse viktige historiske hendelser og faktorer som påvirket hendelsesutviklingen (Renå, 2017).

Gjennom de kontrafaktiske hendelsene, hvor vi forutsetter at Evakueringsrom er implementert, ønsker vi å få frem forventede effekter og usikkerheter knyttet til Evakueringsroms funksjon. Vi kommer tilbake til begrepet kontrafaktiske hendelser i diskusjonen (kap. 6).

Når det gjelder de norske hendelsene (Oslofjord, Gudvanga I og II, og Skatestraumtunnelen) har vi kopiert teksten fra SHTs granskningsrapporter og lagt inn våre kommentarer underveis hvor sitatene er laget i en tekst med mindre størrelse. Vi har sitert teksten som er relevant for forståelsen av Evakueringsrom-konseptet. Dette har vi gjort for å lette lesningen, og fordi vi er ydmyke i forhold til undersøkelsesarbeidet som er gjort og ønsker ikke å utfordre eller fortolke arbeidet til SHT uten at vi konkret bemerker det. Referanse til undersøkelsene er gjort i overskriften.

Det er også mange usikkerheter i ulykkesundersøkelsene vi kommer til å bruke, usikkerheter vi reiser i analysene for å vise de samlede utfordringene som pilotprosjekter og fremtidig forskning vil kunne bidra med mer solid og validert kunnskap. Også innen tunnelsikkerhetsforskningen er det kamp om kunnskap, hvor begreps- og modellmakt er blant aspektene vi ønsker å utfordre i våre analyser. Vi håper og tror at tunneleiere, veg- og samfunnssikkerhetsmyndigheter, brann- og redningstjenesten, samt drifts- og vedlikeholdsaktørene i norske vegtunneler har et ydmykt forhold til tunnelsikkerhet og at det i dette arbeidet er felles interesser om å oppnå høyt sikkerhetsnivå og å redusere mulighetene for storulykker.

5. Resultater

5.1 Håndbok N500 og gjeldende beredskapstenkning

Beredskap kan oppfattes som alle tiltak som hindrer at en faresituasjon får utvikle seg til en ulykke eller tiltak som reduserer skadevirkningene av en ulykke. Et relevant beredskapstiltak er kommunikasjon med trafikantene, når det har inntruffet et eller annet i tunnelen og i verste fall et branntilløp. World Road Association (WOAD, 2016) har studert mer tradisjonelle kommunikasjonstiltak og vurdert effekten av disse i normalsituasjon, avvikssituasjon, ulykkessituasjon og branner. WOAD vurderer tiltakene generelt til å ha høy effektivitet, men det forutsetter at trafikantene er rasjonelt tenkende individer med forutsetninger til å forstå kritiske sjeldne hendelser (branner).

Håndbok N500 Vegtunneler kom ut i revidert utgave i november 2016. Denne utgaven har tatt inn beredskapsbegrepet som del av sikkerhetsstyringen av norske vegtunneler, hvor beredskapsanalyse er påkrevd for alle tunneler over 1000 m. Beredskapsanalysen skal se på alle fasene fra varslings, mobilisering, redning, evakuering og til normalisering. Det er litt underlig at kravene til beredskapsanalysen ikke inneholder de viktige fasene deteksjon og bekjempelse, som naturlig hører hjemme i en beredskapsanalyse (Njå, 1998).

N500 er hjemlet i forskrift til Veglovens § 13. Den gjelder alle veger i Norge, kommunale, fylkeskommunale og riksveger, og det gis ikke anledning til å fravike bestemmelser i N500 som er i strid med bestemmelser i Tunnelsikkerhetsforskriften. Selvreguleringsprinsippet som former sikkerhetstenkningen til norske vegmyndigheter krever at vegeier (tunneleier) kontinuerlig ser etter løsninger som vil forbedre sikkerhetsnivået. Vi mener at «dimensjonerende brukstid» som beskrevet i innledningen til N500 ikke må få den effekten at det blir en hvilepute, fremfor at kravet stilles til konstruksjonene selv. Praxis i myndighetsutøvelse er ofte at regelverket ses som løsninger som skal tilfredsstilles, heller enn funksjonskrav som skal bidra til måloppnåelse. For sikkerhetstiltak, eksempelvis Evakueringsrom, kan gjerne kravet være brukstid på 50 år, men Statens vegvesen som definert godkjenningsmyndighet må være oppmerksomme på tekniske løsninger som vil innebære forbedringer. Den teknologiske utviklingen skjer svært raskt og kravstrukturen innenfor tunnelsegmentet må ikke være til hinder for at dette segmentet er interessant som anvendelsesområde for ny teknologi.

Et detaljkrav er tunnelsikkerhetsforskriftens vedlegg I, punkt 2.3.4, som krever rømningsveier til det fri. Det lar seg ikke løse i den norske konteksten, noe vi vil komme tilbake til i kapittel 6. Gitt at N500 legges til grunn, vil Evakueringsrom være en del av delkapittel 3.5 *Utvidelse for nisjer*, hvor nødvendig plass for Evakueringsrom som er et teknisk bygg vil kunne ses som del av det gjeldende regelverket. Kravene til merking, dører og innredninger må tilpasses dimensjonerende hendelser for beredskapen i den angjeldende tunnelen, som bør tilpasses kravene beskrevet i teksten i kap 3.6 *Nødutganger*.

Et vesentlig problem er at til tross for at tunneler skal designes og bygges ved hjelp av risikovurderinger og beredskapsanalyser, er det ingen som har beskrevet hva som er akseptable risikonivå eller spesifikke krav til beredskapen. N500 stiller imidlertid krav om at Vegdirektoratet skal godkjenne metodikken som skal brukes for risiko- og beredskapsanalyser. En slik praksis kan bidra til at det ikke forekommer useriøse analyser, og slik sett er det en god ordning. Samtidig setter denne ordningen store krav til de som skal godkjenne metodededesignet, hvor risiko- og beredskapsanalyser inngår. Det er problemstillingene som skal løses ved hjelp av analysene som bestemmer metodebruken, inklusiv datainnsamling og analysemodeller. Når for eksempel effekt av evakueringsystemet inngår som del av analysen, stiller det krav til utvikling av dimensjonerende hendelse. Det vil være viktig å si noe om kompetanse og tilstand på trafikantene, og det vil være viktig å simulere brannscenariene som vil eksponere og kreve at for eksempel Evakueringsrom skal være effektive. Det vil kreve en involvert godkjenningsmyndighet. Standard metodededesign ser vi som vanskelig, dersom analysene skal ha reell funksjon som beslutningsstøtte.

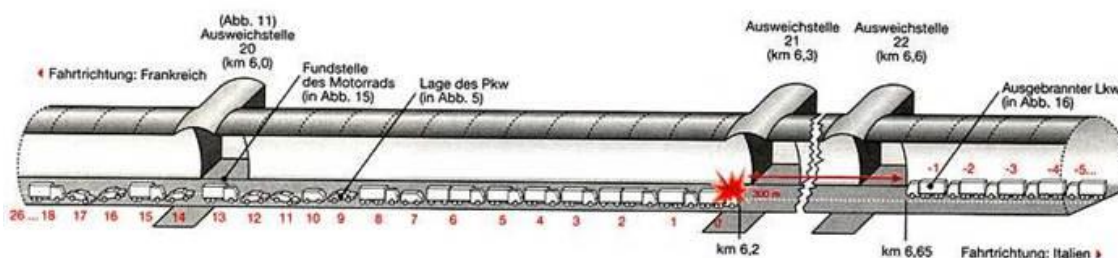
5.2 Brannutvikling, historiske data og kontrafaktiske hendelser

I dette kapitlet kommer utdrag av hendelsesbeskrivelsene fra de tre brannene rundt tusenårsskiftet i Sør-Europa og de fire store undersøkte hendelsene i norske vegtunneler siden 2011. Vi ser da bort fra «brunost-brannen», som var en minst like stor hendelse, men den utfordret ikke liv og helse og ble heller ikke undersøkt av SHT. Pågående undersøkelser av de siste hendelsene er heller ikke med. Vi har vurdert det som nødvendig å ta med helhetlige beskrivelser fra SHT, fordi de danner narrative og samfunnets forståelse av hendelsene. Den offisielle versjonen er viktig å vise til når vurderinger av et tiltak som Evakueringsrom skal gjøres.

5.2.1 Brannen i Mont Blanc-tunnelen (Duffé & Marec, 1999)

Mont Blanc tunnelen strekker seg mellom Frankrike og Italia. Tunnelen var en 11,5 km ettløpstunnel som starter på fransk side etter at kjøretøyene har tilbakelagt en 7% stigning over 4 km før tunnelportalen (Voeltzel & Dix, 2004 angir 2,4% som maksimal stigning i tunnelen). ÅDT var ca 6000 kjøretøy, mens tungbilandelen var over 40%.

Tunnelbrannen krevde 39 menneskeliv, inklusiv brannsjefen fra Chamonix brannvesen og en italiensk tunneloperatør. 14 brannmenn ble sendt til sykehus med røykskader. Brannen startet i en lastebil ca. 10:53, 24. mars 1999. Den belgiske lastebilen lastet med margarin og mel, entret tunnelen ca. 10:46 fra fransk side og lastebilen stoppet i havarinisje 21 når føreren oppdaget røyk. Alarmen gikk nesten umiddelbart etter at kjøretøyet stoppet og alarmsentralene på begge sider stengte tunnelportalene og iverksatte mobilisering av nødetatene. Det hopet seg raskt opp biler i begge retninger i tidsperioden fra 10:55 – 11:36, se figur 5.1.



Figur 5.1: The Mont Blanc Tunnel, left to France, right to Italy. Copyright Brandschutz 8-99 - (Landrover Club, 2002)

På fransk side var brann- og redningstjenesten i tunnelåpningen ca 11:10, dvs 12 minutt etter at de ble varslet, og ett minutt senere var de italienske brannmennene på plass (SITMB³). Før den tid var tunneloperatøren (ATMB⁴) inne med brannbil fra fransk side. Den ble stoppet ca 1200 meter fra kjøretøyet som brant. Andre brannbiler ble stoppet mye tidligere på grunn av røyk. Frem til kl 11:36 var det derfor mange brannmenn på fransk side som også ble fanget i røyk, totalt 17 personer var i stor fare. En dramatisk redningsaksjon reddet seks ATMB operatører ut gjennom ventilasjonskanaler. En tilsvarende aksjon ble gjennomført fra italiensk side, hvor fem brannmenn ble reddet ut. På dette tidspunktet var enhver redningsaksjon av trafikanter umulig, og redningstjenesten hadde heller ikke oversikt over om det befant seg levende trafikanter i tunnelen.

Med konstellasjonen gods og kjøretøy inne i tunnelen var røykgassene svært giftige. Det er antatt at de som døde av røykforgiftning døde relativt raskt (de klarte å gå 150 – 250 meter før de omkom). Røykventileringen og forholdene for øvrig i tunnelen gjorde det umulig for redningsmannskapene å ta seg inn, gjennomføre søk og redde ut pasienter. Brannen i rekkene av kjøretøy med sine enorme energimengder, varte i 53 timer før den ble slukket.

Den operative redningsaksjonen ble etter hvert flyttet over på italiensk side, med nye og friske ressurser. Det tekniske utstyret inklusiv kommunikasjonen sviktet, og manglende samvirke og samarbeid mellom etatene på hver side av tunnelen forsinket operasjonene. Granskningsrapporten beskriver følgende:

«It is thus that two agreements to improve safety in the tunnel was signed 2 October 1997 and on 19 February between the prefect of Haute-Savoie, the president of the Val d'Aoste region, and the president of the administrative board of the fire and rescue services of Haute-Savoie. Activities to inform and train firefighters from Haute-Savoie and Val d'Aoste, common drills, and the construction of a firefighting training facility for response in confined spaces have been planned and introduced for EU financing. Only the activities to inform and train the French and Italian firefighters, by making tunnel visits, took place before the 24 March 1999 fire.

3 SITMB – Societa Italiana del Traforo di Monte Bianco – tunneloperatør på italiensk side

4 ATMB – Autoroute et Tunnel du Mont Blanc – tunneloperatør på fransk side

In general, all the team leaders have insisted that this kind of response requires a high level of physical and psychological strength, in addition to special training”.

Energimengden i den samlede mengden kjøretøy som brant ble estimert til 6000 – 9000 GJ, som gir et snitt på 30 til 50 MW i perioden på over 50 timer. Intensiteten varierte, men ingen har forsøkt å simulere brannndynamikken i hendelsen. Bak den belgiske trekkvognen som startet brannen eskalerte brannen til andre kjøretøy slik at det brant i over en lengde på 500 meter. På motsatt side (mot Italia), smittet brannen over en avstand på 290 meter til en annen klynge kjøretøy, se figur 5.1.

Etter en alvorlig brann i 1990 ble det bygget 18 trykksatte tilfluktsrom med en avstand mellom hverandre på 600 meter (900 meter ved senter av tunnelen). I rommene var det lufttilførsel fra tunnelens ventilasjonssystem, med ulik løsning på italiensk og fransk side. Alle ble opprinnelig bygget for en brannmotstand i 2 timer, men en del var blitt oppgradert til å motstå brann i 4 timer før 1999. I tilfluktsrom #20 omkom to personer inne i rommet (en fra SITMB og en trafikant som kjørte personbil). Dette tilfluktsrommet er ikke nærmere beskrevet med hensyn til hva som eventuelt sviktet og hva det var bygget for. De øvrige tilfluktsrommene i bruk blir av granskningskommisjonen fremhevet som avgjørende for å redde de to gruppene av redningsmannskap (#17 og #24) som var fanget i røyken og som ble evakuert via luftkanalene.

Tidsperspektivet var ekstremt for de som var på den franske siden:

“On the French side and behind the burning lorry 2 truck drivers up front left their vehicles and run back towards the French entrance. They died probably of toxic smoke after 200 and 240 meters. This shows how fast and poisonous the smoke was. Car drivers also tried to escape but they managed to make only 100 - 500 meters before dying (Landrover Club, 2002)⁵”.

5 Vi har hentet de to bildene, figur 5.2 og 5.3, fra (Landrover Club, 2002), som vi antar har plukket dem rett ut av den originale franske granskningsrapporten. Den har vi ikke hatt tilgang til og kan da ikke identifisere hvem som eier bildene.



Figur 5.2: *Et av tilfluktsrommene etter brannen i Mont Blanc tunnelen*



Figur 5.3: *Tilfluktsrom #22 etter brannen*

Bildet, figur 5.3, viser tilfluktsrom #22, som var veldig nær området hvor brannen startet, se figur 5.1. Brannslukkingsapparatet er tatt ut av sitt feste og er plassert nær veggen. Bildet viser at her har røyk og sot kommet inn i rommet og dermed ødelagt integriteten til tilfluktsrommet. Ventilasjonsløsningen fungerte ikke. Uten denne svikten er det mulig å tenke seg at tilfluktsrommet kunne vært en effektiv beskyttelse, kanskje i hele scenarioet. Når det gjelder designgrunnlaget for tilfluktsrommet og løsningene som var valgt, har vi ikke kunnet oppdrive det, verken med hensyn til temperatur-tid relasjoner, eller andre krefter som tilfluktsrommet skulle motstå. Motstandsevne i to og fire timer, som granskningsrapporter beskriver, er mangelfulle beskrivelser.

Etter de store ulykkene i Europa ble det igangsatt flere forskningsprosjekter og nettverk, blant annet Fire In Tunnels (FIT Network), som utga rapporter om anbefalinger til design av tunneler. Når det gjelder rømningsveier og evakueringsrom sies følgende (Haack, 2005, p. 136):

“Escape routes should be designed as simple and logical as possible, clear simple marks should be available in order to show what route to follow. No obstacles should be present on the floor. Care should be taken into the fact that tunnel users will escape through the tunnel side they came in through, especially if the exit can be seen. No dead-ends should be indicated, other than in the case of escape rooms.

Escape rooms at appropriate distances along the tunnel will allow stranded people in the vicinity of the fire to get away from the fire into a shelter and is mainly used in longer tunnels where no possibility to create separate escape routes is possible. This shelter can be ventilated depending on the length of the tunnel and the traffic through it. Ventilation will be necessary if a very long fire is expected. These shelters should be present at appropriate distances along the tunnel. Closer exit spacings will allow a decrease in the number of victims. After the accident in Mont Blanc where a number of people died in such shelters it has been recommended not to construct these anymore”.

Her ligger også rasjonalet bak EU-direktivet som er påvirket av arbeidet som skjer i PIARC - Permanent International Association of Road Congresses, som er en del av World Road Association. Vi kommer tilbake til diskusjonen om bruk av evakueringsrom i andre sektorer i kap 6.3. Andre sektorer bruker tilfluktsrom aktivt i risikoområder som kan gi vel så alvorlige ulykker som tunnelhendelser, som viser at de har en helt annen tilnærming til personsikkerhet ved fare for branner, eksplosjoner og giftige gasser.

Hvordan ville Evakueringsrom ha bidratt til skadebildet i Mont Blanc tunnelen? I et lovfestet selvreguleringsregime ville først og fremst sikkerhetsanalysene og de avledede fare- og ulykkeshendelsene som ble dimensjonerende bidratt til valg av løsning for evakueringssystemet. Hva slags brannlast og hvor mange trafikanter ville blitt lagt til grunn som designpremisser er vanskelig å vite. I dette tilfellet blir det viktig å vise hvor Evakueringsrom skiller seg fra tilfluktsrommene i Mont Blanc tunnelen, og hvor det eventuelt vil være vesentlige forskjeller.

En dimensjonerende hendelse som reflekterer kaskade/eskalering vil måtte knyttes opp mot tunnelsystemet, ÅDT, tungbilandel og erfaring fra den daglige trafikkstyringen. Hendelsen 29. mars var ikke forbundet med spesiell trafikk, selv om kjøretøyet som tok fyr hadde en uheldig kombinasjon av last. Evakueringsrom ville måtte designes ut fra valgt(e) dimensjonerende hendelse(r). Med en så høy tungbilanden (over 40 %) er eskaleringspotensialet en alvorlig trussel.

Evakueringsrom har lukket uavhengig ventilasjonssystem for å sikre tilstrekkelig lufttilgang, et vesentlig skille fra tilfluktsrommene i Mont Blanc tunnelen.

Evakueringsrom ville vært innfelt i tunnelveggen, slik at flaten inn mot kjørebanelen og en lengde inn ville vært eksponert for de enorme brannlastene. Designet i tradisjonell forstand ville ikke stått imot 53 timer med intense temperaturlaster, men dette er et engineeringproblem som måtte løses i forhold til dimensjonerende hendelse.

Den viktigste størrelsen er utvilsomt evakueringsystemet på utsiden av Evakueringsrom, dvs tidlig varsling til trafikanter, monitorering av gasser og trafikantenes evakueringskompetanse (selvredning). Kun 7 av trafikantene hadde kommet seg ut av sine kjøretøy, hvilket tilsier at de ikke fikk tid til å forstå situasjonen som utspilte seg. Ser vi på evakueringsystemet som foreslått i kapittel 2 ville de fleste trafikantene, gitt entydig og rask varsling, hatt mulighet til å begi seg til egnet Evakueringsrom. Hvorvidt det ville vært mulig å styre trafikantene/trafikken for å unngå kaskade vil også være del av designet av evakueringsystemet. Kunnskap om Mont Blanc hendelsen er viktig når sikkerheten vurderes i norske tunnelsystemer.

5.2.2 Brannen i Tauerntunnelen

Tauerntunnelen er 6,5 km lang og forbinder tettstedene Flachau og Zederhaus nær Salzburg i Østerrike. ÅDT var ca 15.000, hvor tungbilandelen utgjorde 19%. Ventilasjonssystemet i denne tunnelen var full transvers inndelt i fire seksjoner. Tunnelen hadde ikke andre rømningsveier enn ut gjennom tunnelrommet til det fri.

Informasjonen rundt denne brannen er hentet fra Colombo (2001) og Voeltzel & Dix (2004). Brannen i Tauern-tunnelen i Østerrike den 29. mai 1999 førte til at 12 personer omkom og 60 personer ble røykskadet. På tidspunktet for ulykken var det vedlikeholdsarbeid som hadde pågått hele våren. Betongen i en strekning på 500 meter ble fornyet inklusiv maling, og det gjorde at et felt var stengt for trafikk og regulert med lysregulering. Ulykken skjedde ca 700 meter inn fra portalen i den nordøstre delen av tunnelen. Brannen startet ved at en lastebil kjørte inn i en stillestående kø bestående av flere kjøretøy, deriblant en lastebil med maling. Det dannet seg raskt et røyklag oppunder himlingen i tunnelen. Ved bakken var det en røykfri-sone i rundt 10-15 minutter, som gjorde at omlag 80 personer kom seg ut av tunnelen, enten til fots eller i kjøretøy. To personer ble også reddet ut av redningsmannskap. Åtte personer omkom i selve kollisjonen, mens de fire siste døde av den påfølgende brannen. Tre av disse ble funnet sittende i en bil, til tross for at de hadde mulighet til å redde seg selv ut i tide. En av disse tre, en gresk lastebilfører, hadde returnert til bilen sin for å hente noen dokumenter og gikk deretter inn i bilen til de to belgierne som satt i sin bil. Den siste, en tysk lastebilfører, ble funnet 800 meter fra brannstedet, hvor det ble antatt at han flyktet fra brannen. Tre kolleger flyktet til en havarinisje, hvor de fikk ringt til tunnel trafikksenteret, som igjen fikk brann og redningstjeneste til å hente dem ut.

Etter de første 15 minuttene ble varmen og brannen mer intens, og flere eksplosjoner inntraff. Mye røk ble fortsatt trukket ut, men etter hvert ble både varmen og røykutviklingen så intens at det ikke var mulig å holde transporten ut av tunnelen åpen. 16 lastebiler/vogntog og 24 personbiler brant opp i hendelsen.

Evakueringsrom ville vært redningen for den tyske lastebilføreren som ble funnet 800 meter fra sitt eget kjøretøy. Hvorvidt de tre andre ville endret sin atferd handler mer om det helhetlige evakueringsystemet, hvor varsling, informasjon og trafikantenes evakueringskompetanse er en del av vurderingen. Med forutsetning om et effektivt varslingsystem vil det være mulig å hevde at de fire trafikantene som ble drept av røykforgiftning kunne vært reddet med Evakueringsrom.

Denne hendelsen handler kanskje mest om trafikkstyring. Avvikssituasjoner i tunneler er en spesiell utfordring, hvor det å unngå påkjøring bakfra, i dette tilfellet veddet pågående vedlikeholdsarbeidet krever aktiv tunnelsikkerhetsstyring.

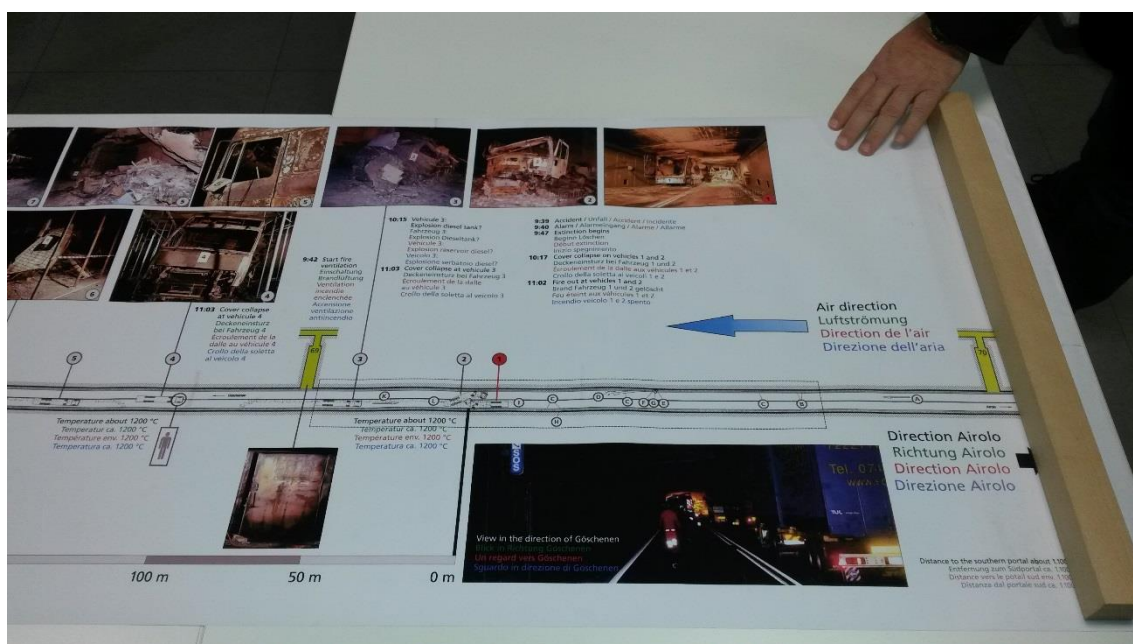
5.2.3 Brannen i St. Gotthard-tunnelen

Informasjonen om denne brannen er hentet fra (Bettelini, Neuenchwander, Henke, Gagliardi, & Steiner, 2003), besøk hos International Fire Academy (IFA) i 2015, Martin, Delémont & Calisti (2005) og Voeltzel & Dix (2004). St. Gotthardtunnelen var en 16,9 km ettløpstunnel med møtende trafikk. Tungbilandelen var 16%.

Brannen i St. Gotthardtunnelen den 24. oktober 2001 ble forårsaket av kollisjon mellom to lastebiler, kl. 09:37, hvor den ene var lastet med over 1000 bildekk. Brannen utviklet seg ekstremt raskt, og det ble produsert mye røyk og giftige gasser, noe som førte til at 11 mennesker omkom i brannen. Alle ble funnet nedstrøms brannstedet, hvor røykproppens fart var ca 2,5 m/s.

Av de omkomne ble fem funnet i sine biler, mens seks ble funnet flyktende fra brannstedet i ventilasjonsretningen. Fem ble funnet liggende i vegbanen, mens han siste ble funnet like utenfor et tilfluktsrom.

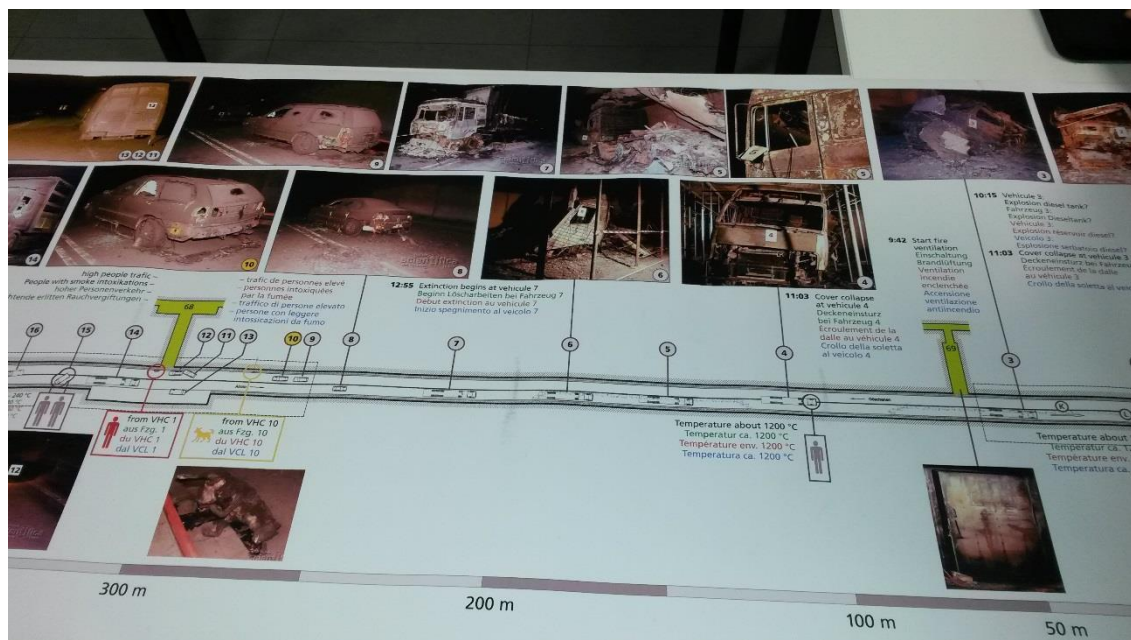
Bildene nedenfor er hentet fra IFA sitt treningscenter i Balsthal, Sveits. Alle brannmannskaper i Sveits som har tunneler i sitt ansvarsområde er pålagt å følge tunnelbrannopplæringen ved senteret. Senteret ble utviklet i kjølvannet av brannen i Gotthard-tunnelen, og IFA har selv undersøkt forholdene omkring trafikantenes atferd. Imidlertid er deres studie ikke offentliggjort utover at de bruker historiefortellingene i eget undervisningsarbeid. Vi har dermed ikke kunnet bruke det materialet spesifikt i vår analyse. Bildene under er tatt av Tormod Mehus, Rogaland brann og redning.



Figur 5.4: Kollisjonspunktet (kjøretøy 1 og 2), fører av kjøretøy 1 omkom like utenfor et tilfluktsrom. Foto: Tormod Mehus, RBR.

Bildet i figur 5.4 viser ulykkespunktet og hvordan ferden til lastebilen, #1, som kom sørfra (Airolo) forløp seg fra punktet A (helt til høyre i bildet) til selve kollisjonen (0 m). Først var den nær veggen i sin kjørebane (punktene B, C, E, F, G), for deretter å svinge over i motsatt kjørebane (punktene C og H). Lastebilen var lastet med tekstiler. Det var drivstoffet fra denne lastebilen som lakk ut og var arnestedet for katastrofebrannen. Føreren av dette kjøretøyet omkom ved rømningsdøren inn til «safety gallery» 68, se bilde i figur 5.5. Føreren av vogntoget som kom nordfra (Göschenen), forsøkte unnamanøver inn i kjørebane og kjøretøyene sto oppstilt som vist på bildet da det

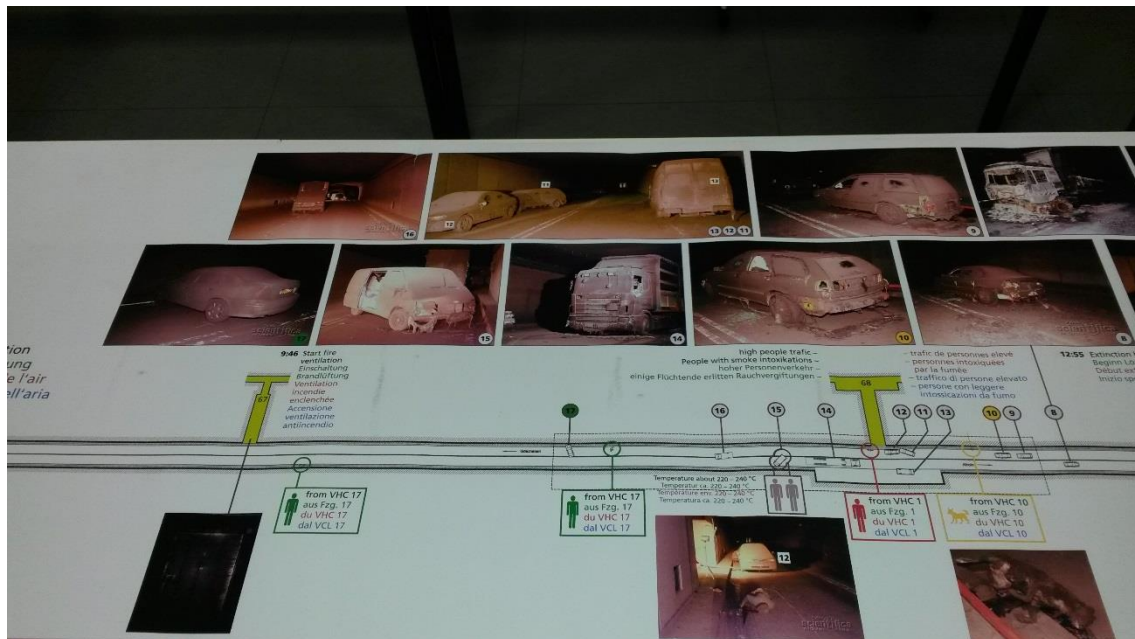
begynte å brenne. Luftstrømmen gikk fra sør mot nord, og hele 23 kjøretøy var involvert i hendelsen. Fører av vogntog nr. 2 overlevde brannen ved å ta seg inn i rømningstunnelen. Brannmannskaper fra Italia kom til brannstedet fra sin side (Airolo) og fikk startet brannslukking 09:47. Brannen i de to kjøretøyene var slukket ca. kl 11:00. Rømningsslusene og den parallelle rømningstunnelen reddet mange trafikanter.



Figur 5.5: Kjøretøyene nedstrøms brannen, tilfluktsrommene inntegnet. Foto: Tormod Mehus, RBR.

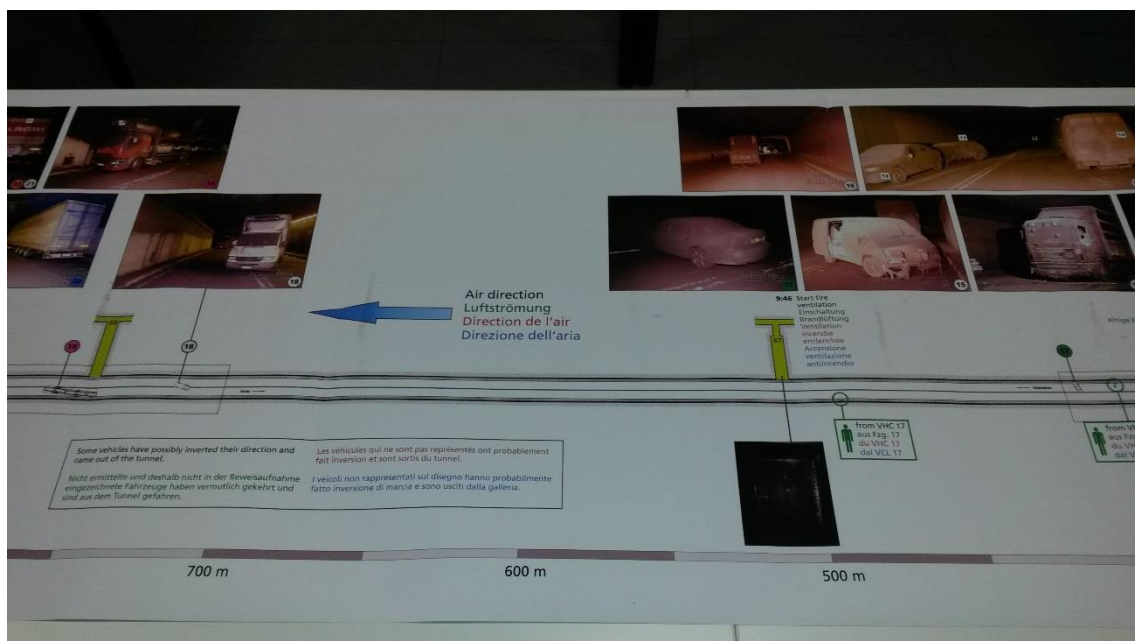
En av teoriene som IFA jobbet med i forhold til evakueringen, var at trafikantene som var i ferd med å rømme fra brannen enten ikke ble ledet mot rømningdørene inn til den parallelle rømningstunnelen, eller at de som fant dem ikke var i stand til å åpne dem (lukkemekanismen).

Intervjuer med overlevende avdekket at føreren av kjøretøy 4 sprang tilbake fra rømningstunnelen og omkom i eget kjøretøy. En interessant observasjon er at trafikantene i kjøretøy 4 – 14 alle kom seg inn i rømningstunnelen. Hunden i kjøretøy 10 klarte seg ikke. Brannmannskaper fra nordenden (Göschenen), kom inn via rømningstunnelen og fikk kjølt brannen fra bak vogntog nr 7, og fikk stoppet brannen der. Ca. kl 14, var brannen i kjøretøyene slukket, dvs brannen varte i ca 4 timer.

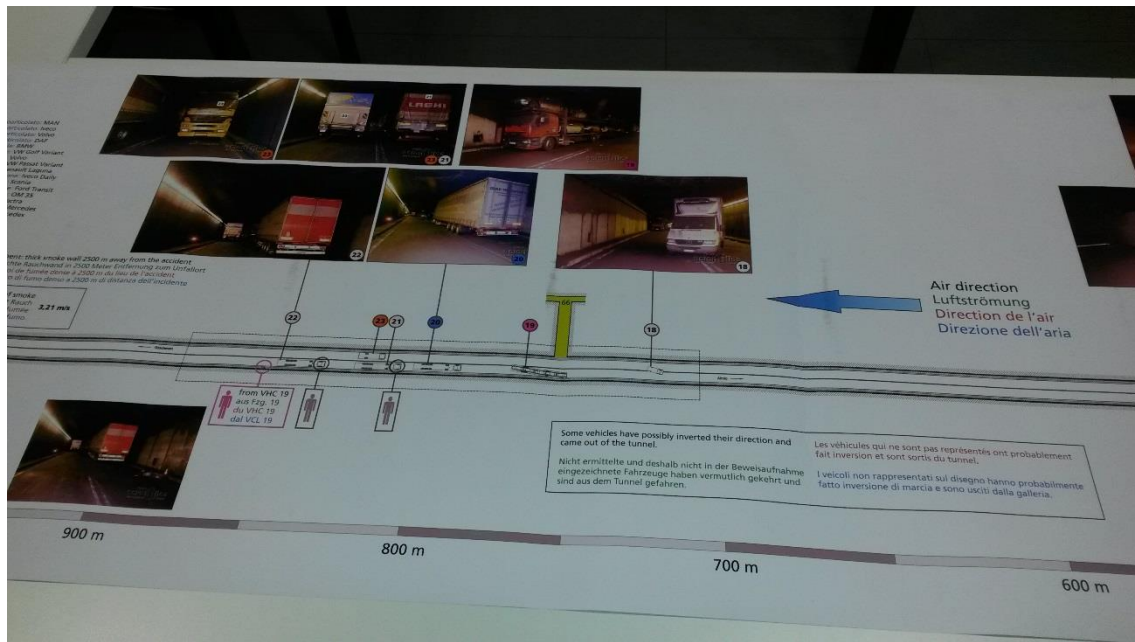


Figur 5.6: Strekket mellom rømningsrom 67 og 68. Foto: Tormod Mehus, RBR.

Trafikantene i kjøretøy 15 og 17 klarte seg ikke, de satt ca 300 – 400 meter fra brannstedet. Rømningsdøren inn til rømningsrom 67 var helt nedstøt.

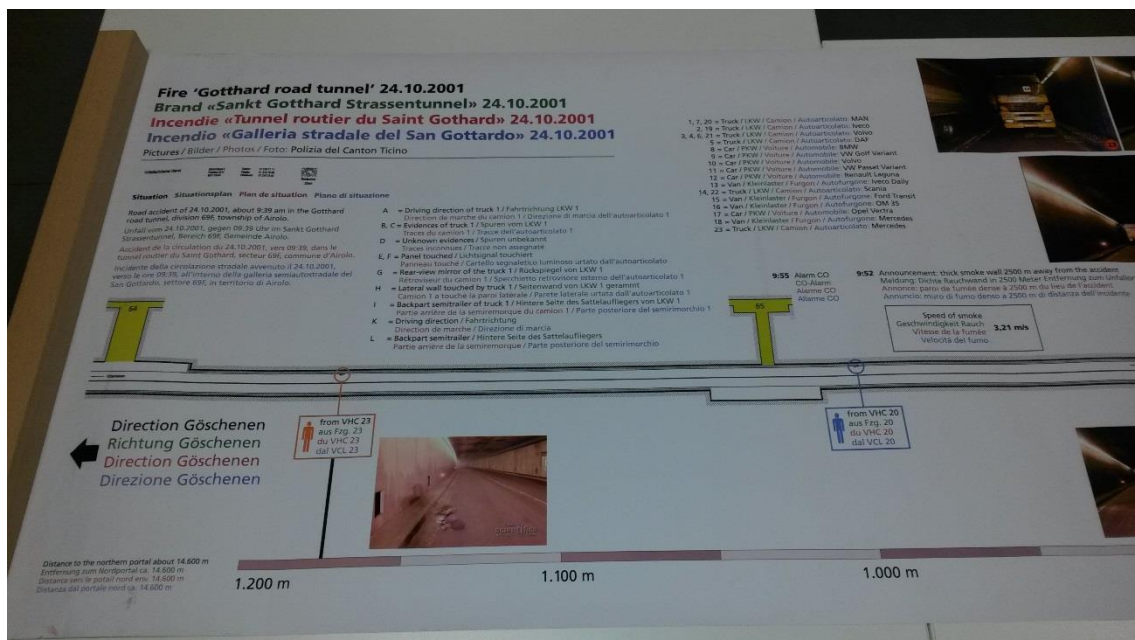


Figur 5.7: Sone 500 – 700 meter nedstrøms brannen, døren inn til tilfluktsrommet er vanskelig å se. Foto: Tormod Mehus, RBR.



Figur 5.8: Sone 700 – 900 meter nedstrøms brannen, hvor flere omkom inne i og utenfor kjøretøyene. Foto: Tormod Mehus, RBR.

Fører av lastebil, kjøretøy 21, ringte til sin arbeidsgiver ca. kl 09:59. Kort tid etterpå var han død.



Figur 5.9: Den siste omkomne var så langt som 1,2 km fra brannstedet. Foto: Tormod Mehus, RBR.

Vi har ikke hatt tilgang til intervjuer med pårørende og overlevende fra brannen, dvs datamaterialet til IFA eller granskningsrapportenes materialer. Halvparten av de

omkomne har sittet i egne kjøretøy, og vi antar at de har valgt det på grunn av at de har trodd at det var den sikreste løsningen.

Det er også en relativt stor andel førere, spesielt fra tunge kjøretøy, i branner i norske tunneler (se kapitlene nedenfor), som har tenkt slik. Giftigheten av røyken i Gotthardtunnelen var dødelig, og det å oppholde seg i røyken fikk fatale utfall for alle som ikke klarte å redde seg ut på egenhånd. Med senteravstand mellom rømningsrommene på 250 meter, konkluderer vi med at kompetansen til trafikantene og evnen tunneloperatører/redningstjeneste har å kommunisere med trafikantene er gjerne den viktigste faktoren. Design av rømningsrom med motstandsevne mot varme/røyk/trykk er et valg som må begrunnes i dimensjonerende hendelser.

Evakueringsrom i stedet for løsningen i Gotthardtunnelen ville utfordret brannmotstanden og integriteten av Evakueringsrom, dvs utformingen, og da i posisjonene # 69 og kanskje # 68, muligens flere. Brannmannskapene fra nord ville ikke kommet til brannen, og den kunne (ville) ha eskalert ytterligere, og dermed vært mer intens og vart lenger. Egen rømningstunnel er et bedre tiltak enn separate rømningsrom, gitt at informasjon, lukkemekanismer og ledesystemer er tilpasset trafikantene som evakuerer.

5.2.4 Brannen i Oslofjordtunnelen (SHT, 2013)

«Oslofjordtunnelen er en undersjøisk ettløpstunnel som ligger på Rv 23 mellom Måna i Frogn kommune i Akershus og Verpen i Hurum kommune i Buskerud.

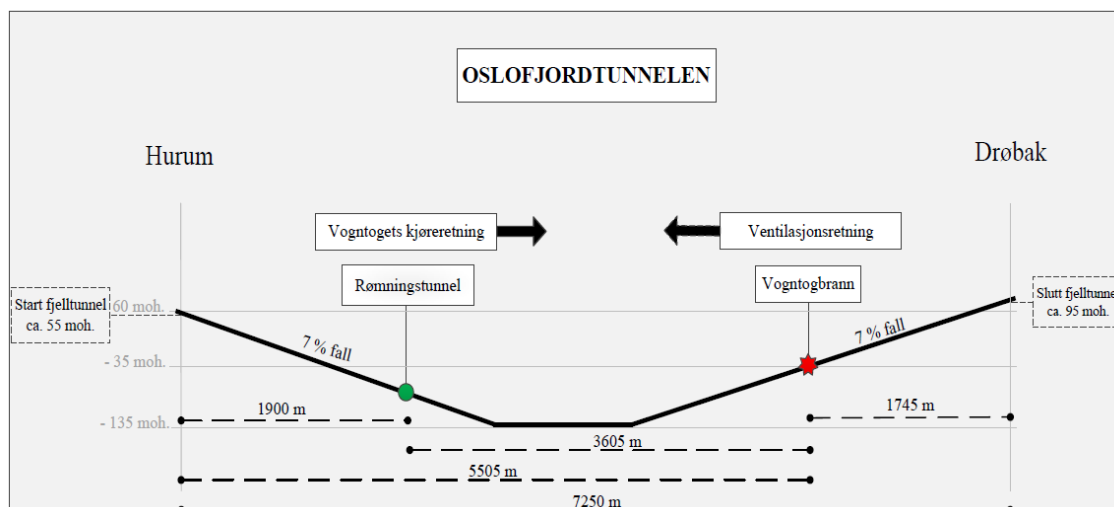
5.2.4.1 Generelt

Oslofjordtunnelen er om lag 7 200 m lang og er bygd etter retningslinjer gitt i Håndbok 021 fra 1992. Den er klassifisert i tunnelklasse C og har en T11 tunnelprofil med tre kjørefelt, hvorav to oppover og et nedover i begge kjøretretninger. Vertikal kurvatur er på 7 % med lavbrekk på 134 m.u.h. Laveste punkt er 2 700 m fra vestre utløp (mot Hurum). Tunnelstrekningen hadde på ulykkestidspunktet (23. juni 2011) en fartsgrense på 80 km/t. Utløpet på Hurumsiden ligger på ca. 55 moh. og på Drøbaksiden ca. 95 moh, dvs høydeforskjellen på utløpene er ca. 40 m.

Vogntoget, MAN TGA 18.430 trekkbil med 3-akslet Swartzmüller Semitrailer, stanset i høyre kjørefelt 1 455 m oppe i stigningen mot Drøbaksiden like ved døren til en SOS-stasjon. Dette er 1 745 m fra tunnelåpningen på Drøbaksiden. Fra brannstedet til tunnelåpningen på Hurumsiden er det 5 505 m, og til rømningstunnelen 3 605 m i retning mot Hurum, se figur 5.1. Ifølge videoovervåkingsbilder fra tunnelen startet brannen sannsynligvis noen meter før vogntoget stoppet. På tunnelveggen ved SOS-stasjonen hvor vogntoget stoppet var det montert ett brannskap med to brannslukningsapparat. Fra brannstedet til nærmeste snunisje var det ca. 400 m i hver retning.

Tunnelen var utstyrt med 99 AID-kameraer (AID – automatic incident detection) som gir sekvensiell bildeoverføring til VTS. Det var i tillegg to kameraer på Drøbaksiden og ett kamera på Hurumsiden. VTS får gjennom overvåkingssystemet fryst bilder når hendelser

oppstår. Når VTS oppdager hendelser i tunnelen varsles dette videre til politiet og redningsetatene.



Figur 5.10: Skjematisk tegning av Oslofjordtunnelen med avstander, fall m.m. Avstandene på skissen tar utgangspunkt i data fra beredskapsplanen for Oslofjordtunnelen. Illustrasjon: SHT

Antakelser om Evakueringsrom i Oslofjordtunnelen – kontrafaktisk situasjon

Oslofjordtunnelen er spesiell siden det i etterkant av hendelsen ble oppdaget at de utsprengte tverrslagene kunne utrustes som Evakueringsrom. Det er rimelig å anta at hvert tverrslag hadde et Evakueringsrom som ville passet i tverrslagsåpningen, dvs i tråd med det som er utviklet i dag.

For å anslå etableringen av Evakueringsrom i Oslofjord-tunnelen kunne vi tenke oss at brannen i mars samme året hadde vært utgangspunktet for designet, samt risikoanalysene som allerede var utført⁶. Samtidig måtte Evakueringsrom bli sett på som et verktøy med funksjoner som ville medført betydelige endringer i rutiner og arbeidspraksis for VTS-en i Oslo, drifts- og vedlikeholdspersonellet med ansvar for tunnelen (i og utenfor Statens vegvesen) og nød- og bergingstjenestene. Tidsfaktoren er både usikker og kritisk for å vurdere relevansen av Evakueringsrom, men funksjonene som blir designet inn forsøker vi å illustrere.

Det er vanskelig å presentere en hypotetisk valgt detaljert løsning, fordi den måtte tatt hensyn til erfaringsdata for tunnelen, risikovurderingene, og generell ekspertkunnskap hos vegeier. Ressursspørsmålet med hensyn til investering, drift og vedlikehold av

⁶ Det har vært mange hendelser i Oslofjordtunnelen og risikoanalyser forelå ved oppstarten av tunnelen. Etter brannen i 2011 ble det utført tre risikoanalyser, som skapte til dels stor debatt. Den siste analysen var knyttet til nøddrommene i tverrslagene, som ble relativt tilfeldig avdekket. Sikkerhetskontrollør motsatte seg løsningen med nøddrom, som hun mente var en legitimering av nøddromsløsningen. Mer informasjon kan hentes fra Njå, Vastveit, Abrahamsen og Eriksson (2013). I 2017 er det besluttet å bygge nytt løp for tunnelen slik at det blir en toløpstunnel.

Evakueringsrom vil også være en utfordring som vi ikke berører spesielt her. Vår tilnærming er at Statens vegvesen som vegeier kunne designet Evakueringsrom for å være mest mulig tilrettelagt for å møte selvredningsprinsippet. Evakueringsrommene ville vært koplet opp mot VTS/110-sentralen.

Vi forutsetter at beredskapsrutinene ville vært tilrettelagt for å sikre at alle trafikantene hadde funnet frem til Evakueringsrom og at det ble bekreftet fra dem som var i rommet før full ventilasjon og brannvesenets slokkearbeid startet. Det er en rekke størrelser som ville påvirket designet av Evakueringsrom, så som «dimensjonerende hendelse» (varmeutvikling, eksponering av giftige gasser, trafikkmengde, tilstand på trafikanter som forventes å evakuere), kommunikasjons- og varslingssystemer, ledesystemer, beredskapsprosedyrer.

Vi antar at evakueringssystemet inklusiv Evakueringsrom ville hatt alle funksjonene beskrevet i kap. 2, og vurderer betingelsene i selve hendelsen ut fra den forutsetningen.

5.2.4.2 Hendelsen inklusiv kommentarer

«Føreren har forklart at lasten veide mellom 22 000 – 23 000 kg. Totalvekten av vogntoget var ca. 40 000 kg. Ca. kl. 1433 kjørte vogntoget inn på Rv 23 og inn i det vestlige tunnelinnslaget av Oslofjordtunnelen. Et stykke oppe i stigningen mot Drøbaksiden giret han ned til sjette gir. Like etter hørte han en høy metallisk og romlende lyd fra motoren. Kort tid etter at føreren registrerte lyden stanset han vogntoget. Han var da ca. 1 745 m fra tunnelutgangen på Drøbaksiden. Et vogntog som kjørte bak kom i dette øyeblikket opp på siden og føreren i dette vogntoget informerte føreren av ulykkesvogntoget via samband om at det brant under førerhytta.»

Kommentarer knyttet til Evakueringsrom i tidligfase i en vurdering av når faren er/blir identifisert

Ville Evakueringsrom ha vært et prioritert mål blant trafikantene, også de som valgte å sitte i egne biler? SHT har ikke presentert mye tekst omkring kjøretøyet som var involvert i hendelsen og heller ikke om føreren av vogntoget. Det er en indikasjon på at et saktegående kjøretøy på Hurum-siden laget en større kø, men det er usikkert om vogntoget med papir var i den køen. Dersom vogntoget var i en lang kø og i tillegg til at også andre tunge kjøretøy⁷ var posisjonert nær det polske vogntoget, ville det vært rimelig at VTS og noen av tungbilførerne tok ansvaret for evakueringen mot det nærmeste Evakueringsrommet.

I hendelsen var avstanden mellom kjøretøyene såpass stor at eskalering ikke inntraff, men det ville vært en del av vurderingen som utrykningsleder og fagleder brann måtte gjøre. Da ville de også kunne gi råd til VTS om hvilke Evakueringsrom de ønsket å styre trafikantene inn i. Foruten de fire som valgte å sitte i sine kjøretøy, var alle andre trafikanter på vandring ut av tunnelen.

⁷ Det var en fører av et tungt kjøretøy som varslet den polske føreren om røykutviklingen

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Hendelsesbeskrivelsens detaljer, spesielt i de tidligste fasene.
- Trafikantenes forkunnskaper, evne og vilje til å benytte Evakueringsrom.
- Tilgjengeligheten av Evakueringsrom.
- VTS sin operasjonelle tenkning og bruk av Evakueringsrom.
- Kommunikasjonsteknologiens pålitelighet.
- Kunne vi hatt en situasjon med eskalering? Det kunne gitt stor varmepåkjenning direkte på et Evakueringsrom i bruk.

Tilbake til hendelsen:

«Ca. kl. 1436 forlot føreren førerhytta på høyre side, og iverksatte straks slökkingsarbeid. Han forsøkte med et brannslökkingsapparat fra bilen og to apparater fra tunnelen (se figur 5.2), men disse hadde ikke tilstrekkelig kapasitet til å slokke brannen.



Figur 5.11: Førerens slökkingsforsøk. Foto: Utklipp fra videoovervåking i tunnelen - Statens vegvesen



Figur 5.12: Røyk i tunnelen. Foto: Utklipp fra videoovervåking i tunnelen - Statens vegvesen

Vegtrafikksentralen (VTS) for Region øst i Oslo fanget opp hendelsen kl. 1436 via videoovervåkingssystemet, og varslet umiddelbart politiet som igjen foretok trippelvarsling til brann og helse. Føreren ringte 112, og hadde også kontakt med VTS via nødtelefon i tunnelen. Engelskkunnskapene hans var ikke tilstrekkelige til å få utnyttet samtalen. I henhold til tunnelens beredskapsplan stengte VTS kl. 1438 rutinemessig tunnelen i begge retninger med varsellys og bommer. Kl. 1440 satte VTS ventilasjonsviftene i brannventilasjonsmodus. Brannen eskalerte, og i det vogntogets tilhenger tok fyr hørte føreren at tunnelens ventilatorvifter startet. Røyken og ventilasjonsluften fra brannen ble ledet 5,5 km mot tunnelåpningen på Hurumsiden, og tunnelen ble fylt med røyk med en hastighet på 2-3 m/s. VTS hadde gjennom sitt videoovervåkingssystem en viss oversikt over de trafikantene som befant seg inne i tunnelen før denne ble røyklagt».

Kommentarer knyttet til føreres atferd, umiddelbar håndtering av situasjonen, varsling, og situasjonsforståelse

Ved installerte Evakueringsrom vil det være krav til skilting og varsling for å henlede oppmerksomheten til trafikantene. VTS/110/brann og redningstjenesten ville også måtte integrere Evakueringsrom i sine planer, rutiner og praksiser. Ved brannen i Oslofjordtunnelen hersket det usikkerhet (Njå & Kuran, 2015), fordi trafikantene ikke tok kontakt med VTS og radioinnsnakket ble ikke utført før 9 minutt etter at brannen var konstatert (14:36). Er det da rimelig å anta at trafikanter ville vært oppmerksomme på Evakueringsrom? Det er rimelig å anta at uten et generalisert opplæringsprogram eller informerte trafikanter (trafikantergrupper så som yrkessjåfører), ville det hersket like stor usikkerhet om rømningsveier. Da måtte eventuelt skiltingen (minimumstiltak ved installerte Evakueringsrom) og øvrige varslingssystemer (VTS, akustisk) spille vesentlige roller.

Utgangspunktet i denne situasjonen var at føreren resignerte sin slokkeinnsats. Fire førere satt i sine tyngre kjøretøy, og 25 – 35, personer var i ferd med å evakuere i respektive kjøretøy. SHT anslo at det var 34 trafikanter i tunnelen og at 25 lyktes med å evakuere ut tunnelåpningene (21 til Hurum og resterende til Drøbak inklusiv de 9 som

søkte tilflukt bak tunnelvelvingen). Njå & Kuran (2015) har reist spørsmål ved riktigheten av disse tallene, det kan ha vært noen flere i tunnelen omhyllt av røyk. Ville disse trafikantene hatt en annen atferd dersom det var installert Evakueringsrom?

Ja, det er stor sannsynlighet for at Evakueringsrom ville vært oppdaget før røykproppen kom. Sosial påvirkning av (uformelle) ledere ville også bidratt til at dette rømningsalternativet ville ha innvirket, dvs at en større andel av trafikantene ville valgt Evakueringsrom tidlig. Det er også rimelig å anta at flere, kanskje alle personene som valgte å sitte i sine kjøretøy ville valgt den løsningen. Det kommer an på forkunnskapene, og det faktum at de da hadde en mer aktuell rømnings situasjon enn å lete etter personbiler som kunne frakte dem ut. Blant de øvrige trafikantene, er det rimelig å tenke at vi ville hatt rådvilte personer i ferd med å rømme mot Hurum uten å vite at det fantes Evakueringsrom.

Det er rimelig å anta at beredskapen i Oslofjordtunnelen ville vært organisert rundt selvretningsprinsippet, som ville handlet om å få folk ut av tunnelen eller inn i Evakueringsrom før røykproppen tok dem. Det betyr at brannventilasjonen ikke ville blitt iverksatt før etter at VTS/110-sentralen/fagleder brann hadde manuelt kontrollert hvor mennesker befant seg og hva de gjorde. Innsatsleder brann måtte ventet med ventilasjonen så langt han fant det forsvarlig. Alle vitneutsagn og tidligere studier støtter opp om trafikantenes behov for mer tid, ikke mye, men tilstrekkelig for å forstå situasjonen og treffe valg. En tregere røykpropp ville hjulpet voldsomt, hvor Evakueringsrom ville vært relativt enkelt å forflytte seg til.

For VTS/110-sentralen ville det vært avgjørende å sikre kontakt med fører av vogntoget for å instruere han om aktiv deltakelse i evakueringen. I dette tilfellet var det en polakk uten gode engelskkunnskaper, slik at alternativ beslutning kunne være å få han ut i retning Drøbak, som han gjorde.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Trafikantenes forkunnskaper.
- Trafikantenes tillit til Evakueringsrom.
- Hva som brant og giftigheten av dette.
- VTS sin operasjonelle tenkning og bruk av Evakueringsrom.
- Kommunikasjonsteknologiens pålitelighet.
- Avvikshåndtering av aktørene (VTS, nødetater, trafikanter).
- Trafikantenes forståelse av varslings systemet og skiltingen.
- Tilgjengelig rømningstid versus nødvendig rømningstid (mobilitet, situasjonsforståelse, avstander).
- Fagleder brann sin situasjonsforståelse og fortolkning av videobilder formidlet av VTS.
- Beredskapsledelse Vegvesen og nødetatens kunnskap om og forståelse av menneskelige reaksjoner i krisefaser.
- Samvirke mellom nødetater på begge sider for å få observerte mennesker ut.

Tilbake til hendelsen:

«Føreren besluttet å evakuere og begynte å gå i kjøreretning mot Drøbak, i motbakke. Det utviklet seg store mengder røyk i tunnelen, og føreren måtte legge seg ned på asfalten for å få tilgang på oksygen. Han lå der til det kom små tilsig av luft for å kunne fortsette flukten ut av tunnelen. Han ble etter en stund evakuert av et av politiets kjøretøyer⁸.

Brannen inntraff 1 745 m fra Drøbaksiden, mens ventilasjonen førte røyken mot Hurumsiden. Dette resulterte i at den delen av tunnelen (5 591 m) som lå på Hurumsiden av brannstedet ble fylt med tett røyk og mange av trafikantene fikk problemer med å evakuere.

SHT anslår ut i fra innhentet informasjon at det befant seg 34 trafikanter fordelt på 21 kjøretøy i tunnelen da brannen oppsto. I følge VTS' tekniske logg foretok VTS kl. 1445 innsnakk via bilradio til trafikantene i tunnelen for å forklare situasjonen (dette ble også gjentatt i ettertid).

En del trafikanter klarte å vende om før de entret tunnelen, da det hadde vært en viss opphopning av biler som hadde kjørt bak en arbeidsmaskin i vogntogets kjøreretning. Imidlertid hadde også enkelte kjøretøy forsert bommen og kjørt inn i tunnelen på tross av stengning.

Av de 34 trafikantene var det 25 som etter hvert klarte å komme seg ut av tunnelen på egen hånd, hvorav 21 evakuerte mot Hurum. Trafikantene som evakuerte i bilene sine kjørte i svært tett røyk og uten sikt. De brukte derfor alle tre kjørefeltene i tunnelen, og en del biler kolliderte med hverandre eller med tunnelveggene. Det var også fare for påkjørsel av de trafikantene som hadde forlatt bilene sine og evakuerte til fots. SHT har fått opplyst fra en bilfører at vedkommende, i lav hastighet, kjørte på en person som «trillet over bilen».

Redningsmannskapet måtte bistå med å evakuere ni trafikanter. Gjennom intervjuer med to av de ni trafikantene som ikke kom seg ut ved egen hjelp har SHT fått en beskrivelse av situasjonen inne i tunnelen mens slokke- og redningsarbeidet pågikk. De to trafikantene kom kjørende i hver sin bil fra Hurumsiden i retning mot Drøbak, et stykke bak vogntoget. Den ene føreren møtte røykproppen et stykke opp i stigningen mot Drøbak og klarte å snu bilen til tross for minimal sikt. Den andre føreren har forklart at hun forsøkte å snu bilen etter å ha hørt melding på radio fra VTS om å evakuere tunnelen umiddelbart. Imidlertid klarte hun ikke å vende om på grunn av den tette røyken som i løpet av sekunder omhylltet bilen. Føreren forlot derfor bilen og beveget seg i retning mot Hurum til fots. Etter kort tid ble hun plukket opp av føreren som hadde

⁸Njå & Kuran (2015) intervjuet 6 representanter fra nødetatene og der var det ingen som beskrev at de hadde plukket opp føreren, men de hadde møtt personen på veg ned med utrykningskjøretøyet fra brannvesenet uten å stoppe og da heller ikke å mottatt transportdokumenter. I den situasjonen var det ikke røyk oppstrøms brannen. Det hersker usikkerhet om Politiet i det hele var nede i tunnelen før hele situasjonen var avklart og alle trafikanter reddet ut.

lyktes med å snu bilen lengre fremme. Hun har beskrevet at sikten var så dårlig at hun ikke så hvem som satt ved siden av henne i bilen.

Bilen hadde etter hvert fem passasjerer om bord som var plukket opp underveis. Føreren av bilen forsøkte å kjøre i retning Hurum, men den tette røyken gjorde det svært vanskelig å navigere. Etter en rekke små kollisjoner med objekter inne i tunnelen, samt flere tilfeller av motorstans, valgte de seks som var i bilen å fortsette til fots. Situasjonen var nå preget av panikk og dødsangst.

Personene som gikk inne i den røykfylte tunnelen beskriver videre at det ikke var sikt i tunnelen og at de måtte føle seg frem langs tunnelveggen for å orientere seg. Etter en stund ble røyken så plagsom at det ble vanskelig å puste og bevege seg. Personene søkte tilflukt i to SOS-bokser, nr. 16 og nr. 21. Ved kontakt med VTS gjennom SOS-telefonene ble personene bedt om å søke tilflukt mellom betongvelvingen og fjellet. Adgang til dette «rommet» fikk de ved å krabbe gjennom inspeksjonsluker som befant seg bak SOS-boksene.

Åtte av de totalt ni personene i tunnelen som søkte tilflukt i SOS-boksene kom seg inn mellom betongvelvingen og fjellet. En person ble igjen i SOS-boksen til redningsmannskapene ankom. I rommet mellom tunnelkonstruksjonen og fjellet var luften mindre røykfyllt og kjøligere. Imidlertid er disse rommene beregnet for de som skal inspisere tunnelkonstruksjon, og er i utgangspunktet ikke konstruert som evakuerings- eller tilfluktsrom da de ikke er røykfrie eller brannsikre. VTS fikk informasjon om hvor de ulike personene i tunnelen befant seg via nummereringen på SOS-boksene. I tillegg fikk VTS-operatøren oppgitt personalia slik at de til en viss grad hadde kontroll på personene som var fanget i røyken. Denne informasjonen ble videreformidlet fra VTS til ledelsen for rednings- og slokkearbeidet. Etter om lag to timer ble trafikantene evakuert av røykdykkere fra brannvesenet. De to trafikantene som SHT har snakket med opplevde evakueringen fra tilfluktstedene og behandlingen på sykehuset som profesjonell og effektiv. Begge personene ble behandlet for alvorlige røykskader».

Kommentarer knyttet til kommunikasjon med trafikanter under rømning fanget i røyk

I den kontrafaktiske hendelsesbeskrivelsen vil vi på dette tidspunktet anta at til tross for alle forsøk ville det fortsatt være noen som var innhyllet i røyk uten å kunne evakuere. Det vil si at evakueringen ikke har fungert. Oppgaven ville da være å sørge for å styre trafikantene mot Evakueringsrom. Posisjonene og tilstandene til pasientene er viktig kunnskap i et redningsperspektiv.

Av de 20 – 40 personene som var innhyllet i røyk var minimum 18 eksponert over lengre tid (Njå & Kuran, 2015). Med skiltet Evakueringsrom ville det kun vært noen få (mindre enn fem) som ville blitt eksponert for røyk over noe tid. Erfaringen fra den reelle hendelsen var at trafikantene fant sammen og evakuerte i grupper. Med 250 meter avstand mellom rommene, skilting og markering ved nødtelefonene ville alle som forsøkte å rømme funnet Evakueringsrom i løpet av 5-10 minutt etter at de ble omhyllet av røyk. Utformingen av Evakueringsrom med kommunikasjonsmuligheter til nødtelefoner/VTS kunne forsterket trafikantenes innsats for å samle ytterligere trafikanter

under rømming. Evakueringsrom ville hatt tilstrekkelig kapasitet til å yte friskluft og krisekommunikasjon i hele innsatstiden for brannen i Oslofjordtunnelen.

Evakueringsrom sin funksjon i dette tilfellet vil være å beskytte trafikanter og samtidig informere om situasjonen, dvs sikre kontinuerlig kommunikasjon mellom trafikantene og redningsenhetene. Vårt syn er at det kun vil være få mennesker i røykfullt tunnelrom i denne fasen, og at flere barrierer måtte ha sviktet underveis, for at det skulle vært et stort antall personer å holde styr på her. I denne fasen er også ventilasjonsanlegget satt i full brannventilasjon for å redusere konsentrasjoner av giftige gasser og for å gi brannvesenet i Søndre Follo betingelser for å slukke.

Effekten av Evakueringsrom ville da ha vært en reduksjon i antall traumatiserte lettere brannskadde personer til maksimalt 5. Den reelle skadesituasjonen etter brannen er veldig uklar. En sannsynlig antakelse er 20 med varige skader i luftveier og/eller psykiske lidelser (inkludert 4 som satt i sine biler). Alle trafikantene Njå og Kuran intervjuet uttrykte at de hadde hatt stor dødsangst under selve hendelsen, som de bearbeidet på ulik vis etter hendelsen.

For øvrig ville Evakueringsrom hatt som funksjon å gi tilstrekkelig informasjon til redningsmannskapene slik at de kunne konsentrere seg om å lokalisere trafikanter det ikke var gjort rede for straks de beveget seg inn bak vogntoget.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Antallet trafikanter som ville benyttet Evakueringsrom. Alle som gikk til fots havnet på baksiden av hvelvingen, og det er god grunn til å anta at disse trafikantene ville da funnet Evakueringsrommene på et enda tidligere stadium.
- Røykgassenes innhold, toksiner.
- Helsetilstand på pasienter.
- Medisinske vurderinger.
- Menneskelige reaksjoner i krisen, det å kommunisere de beste løsningene.
- Koordinering mellom VTS/110 og redningslederne på skadestedet i bruken av Evakueringsrom.
- Krisekommunikasjonen mens trafikantene var inne i Evakueringsrom.
- Varmeberegningene og eksponering av røyk og varme på mennesker; «Grunnlaget for beregningene er en toakslet MAN TGA trekkbil påkoblet en treakslet semitrailer med presenningsoverbygg. Trekkbilens dekk og innhold i drivstofftanker er tatt med i beregningene, mens brennbare detaljer i bilens førerhus ikke er tatt med. SINTEF NBL har i beregninger lagt til grunn at 17 000 kg av lastens totalvekt på rundt 22 000 kg brant opp. På grunnlag av disse dataene har de estimert branneffekten til å ligge i området 110 – 130 MW. Da SHT i ettertid har fått opplysninger om at rundt 10 000 kg av lasten brant opp, anslås branneffekten med bakgrunn i figur 3-1 i rapporten fra SINTEF NBL å ligge i området 70 – 90 MW»

Tilbake til hendelsen:

«Oslofjordtunnelen har en utstrekning som gjør at den berører tre brannvesen. Det er Røyken, Hurum og Søndre Follo brannvesen (SFB). Ved behov kan brannvesenet søke

bistand fra omkringliggende brannvesen på begge sider av Oslofjorden. Ved melding om brann/ulykke blir det foretatt trippelvarsling for redningspersonell på begge sider av tunnelen.

Det er på forhånd bestemt at fagleder brann ved SFB leder brannvesenets innsats i tunnelen. Direkte innsats mot ulykke-/brannstedet skal foregå fra Drøbaksiden ved SFB som har flest ressurser. Røyken og Hurum brannvesen har ansvar for innsatsen fra Hurumsiden, som i hovedsak omfatter redning og evakueringsarbeid. Hurum brannvesen møter i bunnen av rømningstunnelen på Hurumsiden, mens Røyken brannvesen møter ved tunnelinngangen (bommen) på Hurumsiden.

SFB startet slokkingsarbeidet straks de kom fram til brannstedet (kl. 1449 – syv minutter etter at de hadde fått melding om brannen), men måtte i en liten periode trekke seg noe tilbake da en gassflaske og vogntogets dekk eksploderte. Samtidig med slokkingen evakuerte SFB trafikanter som befant seg på Drøbaksiden av brannstedet. Da de etter rundt 45 minutter hadde kontroll over brannen, startet de sammen med Oslo Brann- og Redningsetat også søk på Hurumsiden av brannstedet. Søket fra Drøbaksiden fungerte tilfredsstillende, da røyken ble ventilert mot Hurumsiden.

Brannventilasjon (2-3 m/s) i retning fra Drøbak mot Hurum ble igangsatt av VTS i henhold til tunnelens beredskapsplan. Oslofjordtunnelen har langsgående ventilasjon og ventilasjonsretningen er predefinert uavhengig av lokalisering av ulykke-/brannsted i tunnelen.

Operatørene på VTS var oppmerksom på at det var relativt mange biler og mennesker inne i tunnelen. De avventet derfor noe før de startet viftene. Av hensyn til at brannvesenet må ha klar sikt for å drive effektivt slokkearbeid, ble viftene til slutt startet. Viftene ble i følge hendelsesrapport fra VTS startet kl. 1440 - ca. fire minutter etter at brannen ble oppdaget av VTS gjennom overvåkingskamera nr. 926.

Innsatspersonellet fra Røyken og Hurum fikk store utfordringer i sitt redningsarbeid grunnet de omfattende røykmengdene. De har beskrevet for SHT at utfallet har vært heldig ved at det ikke ble fatale konsekvenser av brannen. Røyken brannvesen kom fram til tunnelinnløpet ca. 10 minutter etter at de mottok varsel fra Alarmsentral Brann Øst. Tunnelen var på det tidspunktet røykfri på Hurumsiden. Fire røykdykkere (to røykdykkerlag) gikk raskt inn i tunnelen for å starte søk. Da de kom rundt 600 m inn i tunnelen møtte de «røykproppen» som beveget seg raskt mot Hurumsiden. De mistet brått all sikt, og etter en rask rådslaging bestemte de seg for å gå ut av tunnelen. Røyken i tunnelen var på det tidspunktet så tett at de hadde mistet muligheten til å orientere seg. De la derfor en rund gjenstand på veibanen for å se hvilken vei den rullet, slik at de visste hvilken retning som var oppover og ut av tunnelen.

Ambulanser ble kjørt inn til skadestedet for raskere å kunne frakte personer ut. Det ble foretatt en fortløpende vurdering av de som ble evakuert fra tunnelen. Trafikantene som var lettere skadet ble behandlet på stedet, mens de som ble vurdert til å ha alvorligere røykskader raskt ble sendt videre til akuttmottaket ved Ullevål sykehus. På Hurumsiden ble de tilsvarende vurdert og sendt til Drammen sykehus.

Omkring 120 personer var involvert i det operative redningsarbeidet i Oslofjord-tunnelen. Politiet hadde 13 personer på Drøbaksiden og sju på Hurumsiden, mens brannvesenet hadde 23 personer på Drøbaksiden og 21 på Hurumsiden. Helsevesenet var fordelt med 27 på Drøbaksiden og ca. 30 på Hurumsiden.

Det digitale nødsbandet opplyses å ha fungert godt mellom nødetatene.

Trafikantene ble både fysisk og psykisk påvirket av den massive røykmengden som fylte tunnelen. Av de 34 trafikanter som evakuerte ut av tunnelen ble 32 transportert til sykehus for behandling, mens to ikke hadde behov for behandling».

Kommentarer knyttet til redningsaksjonen

Det er påvist en veldig uklar situasjonsforståelse mellom de tre innsatsenhetene, og da spesielt på Hurumsiden hvor brannvesenet entret den røykfylte tunnelen og utsatte seg selv for stor fare. Selv om kommunikasjonsmidlene på dette tidspunktet ville vært de samme er det all grunn til å tro at beredskapstenkningen og rutinene omkring redning ville vært helt annerledes, hvor nødetatene på den røykfylte siden ikke ville ha entret tunnelen uten sikker kunnskap om hvorfor de eventuelt skulle gjøre det. Det vil si at nødetatene for seg selv ville hatt en mye mindre stressende situasjon. På Drøbaksiden ville heller ikke ambulansetjenesten da bli «tvunget» til å kjøre ned i tunnelen mens brannsløkkings- og redningsaksjonen pågikk, eventuelt kun når situasjonen ville vært mer avklart. Innsatsleder brann ville vært mer avventende til røykventilasjonen. Kommunikasjonen mellom redningstjenesten og trafikanter i Evakueringsrom ville hjelpet selve redningsaksjonen. Ressursbehovet i situasjonen kunne vært kraftig redusert, og samtidig ville situasjonsforståelsen vært langt bedre med et stort antall vitneutsagn i sann tid.

Videre ville alle nødetatene hatt tilgang til bedre kunnskap via Evakueringsrom, VTS og 110-sentralen. Evakueringsrom ville gitt en langt bedre situasjonsforståelse og redusert forventninger om brannventilasjonens effekt, som ville senket kompleksiteten til fagleder brann sine vurderinger og beslutninger i sann tid.

Samtidig ville de aller fleste trafikantene ha evakuert før røyken eventuelt innhyllet dem, og dermed ville redningsaksjonen for nødetatene være kraftig redusert og spisset. En forsinket brannventilering ville gitt redusert forbrenning og økt konsentrasjon av giftige gasser. Dette ville truet pasienter som ikke hadde evakuert.

Svakhetene i samvirket mellom etatene som ble demonstrert i brannen ville vært redusert. Triageringen og den helsemessige forberedelsen kunne vært langt bedre forberedt.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Tilpasning av nødetatenes prosedyrer til Evakueringsrom.
- Krisekommunikasjonen og bruken av vitneutsagn fra Evakueringsrom i redningsarbeidet.
- Evakueringsroms termisk motstandsevne og gasstetthet (overtrykk).
- Tillit/pålitelighet av trafikanter/redningstjeneste relasjoner.

5.2.5 Første brannen i Gudvangatunnelen 5. august 2013 (SHT, 2015)

5.2.5.1 Generelt

«Gudvangatunnelen er en ettløpstunnel som ligger på E16 mellom Aurland og Voss. Tunnelen har en T8 tunnelprofil. Tunnelen er 11 428 m lang og ble åpnet for trafikk 17. desember 1991. Tunnelen har en stigning på 3,5 % fra Gudvangen mot Aurland. Den har en høydeforskjell på ca. 300 meter mellom Gudvangen og høyeste punkt, som ligger 300 meter vest for tunnelåpningen ved Langhuso (på Aurlandsiden).

Fartsgrensen på hendelsestidspunktet var 80 km/t. Det var etablert automatisk trafikk kontroll (ATK), med to fotobokser i hver retning. I følge tall fra Statens vegvesen var ÅDT-verdien for Gudvangatunnelen i 2012 på om lag 2050 kjøretøy/døgn. Trafikkmengden varierer over året, med en topp i juli på 3760 kjøretøy/døgn. Det er også en markant økning i helgene som følge av helgeutfart. Gudvangatunnelen hadde i 2012 en tungbilandel på 25,2 %.

I følge beredskapsplanen datert 5. juli 2006 hadde tunnelen sikkerhetsutrustning⁹. Da det på åpningstidspunktet ikke var satt spesielle krav til sikkerhetsutrustning valgte Statens vegvesen å utruste den etter kravene i klasse B (Håndbok 021), fordi disse kravene lå nærmest det som gjaldt for tilsvarende tunneler på tidspunktet siste utgave av beredskapsplanen for Gudvangatunnelen ble utarbeidet.

Deler av tunnelen var dekket med PE-skum (Polyetylen) – til sammen 151 m². Dette PE-skummet ble i 2012 dekket med sprøytebetong. På brannstedet var det ikke PE-skum, men fjellet over kjørebanelen var sikret med nett og bolter.

Det var forutsatt at evakuering skulle foretas gjennom tunnelåpningene på Gudvangensiden og Aurlandsiden. Tunnelen hadde ikke andre rømningsveier. Tunnelen hadde ikke rømningslys, men det var informasjonsskilt på alle nødtelefoner som viste avstand til de respektive tunnelåpningene».

Antakelser om Evakueringsrom i Gudvangatunnelen – kontrafaktisk situasjon

Gudvangatunnelen hadde en veldig høy tungbilandel, en av fire biler var tungbil. I travle perioder vil det være mellom 500 og 900 tungbiler som ikke fordeler seg jevnt over døgnet. Hver bil vil være i tunnelen ca 15 min, og det vil dermed sette et sterkt krav til Evakueringsrom.

For å anslå etableringen av Evakueringsrom i Gudvangatunnelen på dette tidspunktet, kunne vi tenke oss at den var inspirert av brannen i Oslofjordtunnelen, egen risikoanalyse som illustrerte veldig analog brann med den som skjedde, og de pågående modifikasjonsprosjektene til Statens vegvesen. Samtidig måtte Evakueringsrom bli sett

⁹ Tabellen beskriver at tunnelen hadde 18 havarinisjer (c/c 500 m), 6 snunisjer (c/c 2000 m), belysning 35 W lavtrykksnatrium lamper c/c 25 m, 90 vifter a 21 kW plassert i 4 grupper a 20 vifter og en gruppe på 10 vifter, avbruddsfri strømforsyning, 20 nødtelefoner c/c ca 500 m, 42 brannslukningsapparat c/c 250 m, rødt stopplinksignal, kommunikasjons- og kringkastingsanlegg og mobilnett (Telenor og Netcom).

på som et verktøy med funksjoner som ville medført betydelige endringer i rutiner og arbeidspraksis for VTS-ene i Bergen/Lærdal, de relaterte alarmsentralene i Sogn og Fjordane og i Hordaland, drifts- og vedlikeholdspersonellet med ansvar for tunnelen (i og utenfor Statens vegvesen) og nød- og bergingstjenestene. Tidsfaktoren er både usikker og kritisk for å vurdere relevansen av Evakueringsrom, men funksjonene som blir designet inn forsøker vi å illustrere.

Det er vanskelig å presentere en hypotetisk valgt detaljert løsning, fordi den måtte tatt hensyn til erfaringsdata for tunnelen, risikovurderingene, og generell ekspertkunnskap hos vegeier. Ressursspørsmålet med hensyn til investering, drift og vedlikehold av Evakueringsrom vil også være en utfordring som vi ikke berører spesielt her. Vår tilnærming er at Statens vegvesen som vegeier vil kunne designe Evakueringsrom for å være mest mulig tilrettelagt for å møte selvredningsprinsippet, dvs forholdet mellom tilgjengelig og nødvendig tid til sikker evakuering i dimensjonerende hendelse ville vært vurdert. Evakueringsrommene ville vært koplet opp mot VTS/110-sentralen, og vi forutsetter at beredskapsrutinene ville vært tilrettelagt for å sikre at trafikantene skulle finne vegen ut eller frem til Evakueringsrom. Innsatsleder brann ville etterlyst bekreftelse fra dem som var i rommet før full ventilasjon og brannvesenets slokkearbeid startet. Det er en rekke størrelser som ville påvirket designet av Evakueringsrom, så som «dimensjonerende hendelse» (varmeutvikling, eksponering av giftige gasser, trafikkmengde, tilstand på trafikanter som forventes å evakuere), kommunikasjons- og varslingssystemer, ledesystemer, beredskapsprosedyrer.

Evakueringsrom i Gudvangatunnelen ville vært installert med en CC avstand på ca. 1050 meter. Vi har da forutsatt at profilen på tunnelen medfører at en frisk person vil bruke ca. 10-12 minutter i normal gange (1,5-1,8 m/s) på å forflytte seg fra et Evakueringsrom til det neste, det er da ikke tatt hensyn til eventuell røyk og innholdet i denne. Det ville vært totalt 10 Evakueringsrom i tunnelen, med det første 1000 meter inn fra hver side og hver påfølgende 1050 meter.

Brannen intraff 8500 meter inn i tunnelen fra Gudvangen-siden, og da ville det nærmeste Evakueringsrommet (nr:8) ligge ca. 350 meter fra brannen. Rommet ville vært isolert med en antatt brannmotstand på H-120¹⁰ (2 timer hydrokarbonbrann). Rommene ville typisk vært dimensjonert for en tenkt buss og noen trafikanter for øvrig, i størrelse og luftforsyning for 40-60 personer. Alle rommene ville vært trykksatt med et overtrykk på 100 Pa mottrykk i tunnelen i to timer. Etter to timer eller mer ville luftforsyningen reduseres til kun å forsyne de rommene som fortsatt hadde evakuerte personer. De rommene ville fortsatt være trykksatte og levere pusteluft for en tilnærmet ubegrenset tid.

Rommene ville vært utstyrt med rampe og automatisk døråpning for enkel adkomst, luftsluse for å unngå direkte inntrengning av gasser og røyk, innlåst røykdykker-utstyr, toaletter, sitteplasser, førstehjelpsutstyr, vann, rømningsmasker, videoovervåkning og

10 I denne studien går vi ikke nærmere inn på relevante risiko- og ytelsesanalyser, som grunnlag for dimensjonerende hendelse og designforutsetninger, se for øvrig (Borg, Njå, & Torero, 2015) for anbefaling om design i henhold til selvreguleringsprinsippet.

videokommunikasjon mot VTS/110-sentralen. Vi antar at utstyret ville hatt alle funksjonene beskrevet i kap. 2, og vurderer betingelsene i selve hendelsen ut fra den forutsetningen.

5.2.5.2 *Hendelsen inklusiv kommentarer*

«Kl. 0930 den 5. august 2013 startet et polsk vogntog fra Bergen med retning mot Malmø i Sverige. Vogntoget hadde losset gods i Bergen, og var tomt da det returnerte sammen med et annet polsk vogntog som også skulle til Malmø. Førerne av vogntogene hadde radiokontakt med hverandre og fulgte E16 østover. Da de nærmet seg Vinje, ca. 20 km. vest for Voss stoppet de, da den ene føreren mente at han så røyk fra det andre vogntoget. Etter en kort stopp kjørte de videre da de konkluderte med at den angivelige røyken var damp fra eksosrøret siden de kjørte på en regnvåt vei.

Da de kom til Gudvangen stoppet vogntogene på bensinstasjonen som lå ved inngangen til Gudvangatunnelen. Her drakk de kaffe og fylte opp vannflasker før de fortsatte ut på E16 og kjørte inn i Gudvangatunnelen i retning mot Aurland. Ca. 6 kilometer inne i tunnelen merket føreren av vogntoget at han mistet kraften i motoren. Etter ytterligere 2 kilometer måtte han stanse. Han kjørte da ut til høyre, slo på varselblikkeren og gikk ut. Da oppdaget han flammer under førerhyttens venstre side. Føreren prøvde først å slukke brannen med et 6 kilo brannslukningsapparat som han hadde i bilen, men klarte det ikke før dette var tomt. Han prøvde deretter å få tak i andre brannslukningsapparater, men ingen av bilene som var i nærheten hadde det tilgjengelig. Det var heller ingen brannslukningsapparat i tunnelen i nærheten av det stedet vogntoget hadde stoppet. Føreren ba personene som var i de nærmeste bilene om å varsle politi, ambulanse og brann.

Vogntoget som brant stoppet i østgående kjørefelt (i retning mot Aurland) ca. 2880 meter før tunnelutgangen mot Aurland. Vogntoget hadde da tilbakelagt en strekning på ca. 8500 meter inne i Gudvangatunnelen. Føreren kjørte vogntoget ut mot høyre før det stoppet.



Figur 5.13: *Vogntoget i en tidlig fase av brannen. Foto: Monika Blikås (SHT, 2015)*

Brannen utviklet seg raskt, og i løpet av kort tid var vogntoget overtent og tunnelen begynte å bli fylt med tykk svart røyk. Føreren valgte da å søke tilflukt i en buss som hadde stoppet et stykke bak vogntoget.

Ca. kl. 1200 ble brannen varslet fra innringer/trafikanter til alarmsentralen 110 i Sogn og Fjordane (110SF). 110SF iverksatte umiddelbart (ca. kl. 1202) full alarm til Aurland brannvern stasjoner i Aurland og Gudvangen. Vakthavende i Aurland kvitterte på mottatt melding, fikk vite at det var brann i et vogntog og rykket umiddelbart ut til tunnelen. 110SF iverksatte deretter trippelvarsling til helse og politi.

I følge trafikktegnere var det kl. 1158 totalt 58 kjøretøy inne i Gudvangatunnelen – 43 i retning mot Aurland og 15 i retning mot Gudvangen. Umiddelbart før tunnelen ble stengt hadde det kommet ytterligere 18 kjøretøy inn fra Gudvangensiden. SHT hadde ikke oversikt over eiere av og trafikantene i alle kjøretøyene, og SHT konsentrerte undersøkelsen omkring de trafikantene som ikke kom seg ut, fanget av røyken inne i tunnelen.

Verken politi, brannvesen eller helse har loggført eksakt antall trafikanter og tidspunkter underveis i evakueringen. På grunnlag av mottatt informasjon kan 67 trafikanter redegjøres for i tunnelen – 47 av disse kom ut på Aurlandsiden av tunnelen og 20 kom ut på Gudvangensiden av tunnelen».

Kommentarer knyttet til kjøretøyets atferd, umiddelbar håndtering, varsling, og situasjonsforståelse

Ved installerte Evakueringsrom vil det være krav til skilting og varsling for å henlede oppmerksomheten til trafikantene. VTS/110-sentralen/brann og redningstjenesten ville også måtte integrere Evakueringsrom i sine planer, rutiner og praksiser. Er det da rimelig å anta at trafikanter ville vært oppmerksomme på Evakueringsrom? Det er rimelig å anta at uten et generalisert opplæringsprogram eller informerte trafikanter (trafikantergrupper så som yrkessjåfører), ville det hersket like stor usikkerhet om rømningsveier som i den reelle hendelsen. Da måtte eventuelt skiltingen (minimumstiltak ved installerte Evakueringsrom) og øvrige varslingssystemer (VTS, akustisk) spille vesentlige roller. Ville trafikantene hatt en annen atferd dersom det var installert Evakueringsrom?

Ja, det er stor sannsynlighet for at Evakueringsrom ville vært oppdaget før røykproppen kom. Sosial påvirkning av (uformelle) ledere (blant annet en polsk sjåfør og buss-sjåføren) ville også bidratt til at en større andel av trafikantene ville valgt Evakueringsrommet tidlig. Det er også rimelig å anta at flere, kanskje alle personene som valgte å sitte i sine kjøretøy også ville valgt den løsningen. Det kommer an på forkunnskapene, og det faktum at de da hadde en mer aktuell rømnings situasjon enn å lete etter personbiler som kunne frakte dem ut. Råd og veiledning fra VTS eller 110-sentralen ville også vært viktig. Blant de øvrige trafikantene, er det rimelig å tenke at vi ville hatt noen rådvillige personer i ferd med å rømme mot Gudvangen uten å vite at det fantes Evakueringsrom.

Det er rimelig å anta at beredskapen i Gudvangatunnelen ville vært organisert rundt selvredningsprinsippet, som da ville handlet om å få folk ut av tunnelen eller inn i Evakueringsrom før røykproppen tok dem. Det betyr at brannventilasjonen ikke ville blitt iverksatt før etter at VTS/110-sentralen/fagleder brann hadde manuelt kontrollert hvor mennesker befant seg og hva de gjorde, eventuelt hadde tatt ut flere situasjonsrapporter fra Evakueringsrom nær ulykkesstedet.

For VTS/110-sentralen ville det vært avgjørende å sikre kontakt med fører av vogntoget for å instruere han om aktiv deltakelse i evakueringen. I dette tilfellet var det en polakk som kunne samarbeidet med dem for å evakuere de nærmeste til Evakueringsrom.

Kritisk fase er de første ti minuttene etter at vogntoget har stoppet og da må Evakueringsrom utnyttes maksimalt. De første nødetatene kom ikke til tunnelåpningen på Aurlandsiden før det var gått 25 min. siden vogntoget stanset. En effektiv styring av trafikantene mot effektiv forflytning til Evakueringsrom, ville med høy sannsynlighet forhindre alle de opplevde skadene.

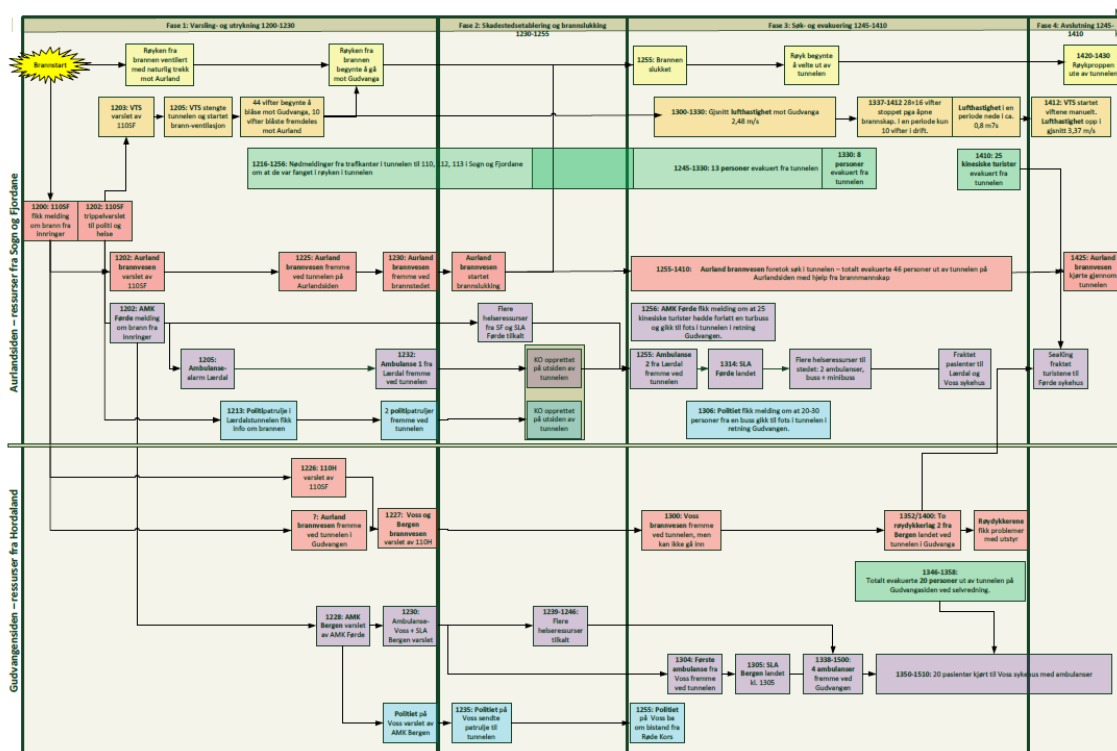
Hurtig radioinnsnakk og bruk av kommunikasjonsmuligheter med trafikantene kunne vært iverksatt. VTS og redningstjenesten kunne forbedret sin informasjons- og kommunikasjonstjeneste, også ut fra kommunikasjon med Evakueringsrommene. Ankommende biler kunne vært stoppet før de kom for nær brannstedet, og bidratt til iverksatt selvredning.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Trafikantenes forkunnskaper og evne til å kommunisere (etnisitet).
- Trafikantenes respons på Evakueringsrom.
- Evakueringsroms tilgjengelighet.
- VTS sin operasjonelle tenkning og bruk av Evakueringsrom.
- Kommunikasjonsteknologiens pålitelighet.
- Avvikshåndtering av aktørene (VTS, nødetater, trafikanter).
- Kvaliteten av inspeksjons- og vedlikeholdsprogrammet av teknisk utrustning i evakueringssystemet.
- Kriseledelse i de tidligste fasene.

Tilbake til hendelsen:

«Alle tidspunkter som gjengis i denne rapporten er systematisert på tidslinjen.



Figur 5.14: Tidslinje av hendelsesforløpet (SHT, 2015 – vedlegg B)

I henhold til tunnelens beredskapsplan og innsatsplan for VTS, iverksatte VTS-operatøren umiddelbart manuell stenging av tunnelen da de ble varslet om brannen. Stengingen ble gjort ved aktivering av blinkende røde lys utenfor tunnelen. Det var ikke montert bomber på utsiden av tunnelen.

Kl. 1205 startet VTS brannventilasjonen¹¹ i tunnelen, og umiddelbart etter dette ble brannen lokalisert til 3,05 km +/- 250 m fra tunnelåpningen på Aurlandsiden, da brannslukningsapparat i brannskap BS 133 ble fjernet. Gudvangatunnelen hadde langsgående ventilasjon og ventilasjonsretningen ved brann var i henhold til beredskapsplanen forhåndsbestemt til å gå i retning fra Aurland mot Gudvangen, med en hastighet på 1 – 2 m/s. Dette gjaldt uavhengig av lokalisering av hendelse-/brannsted i tunnelen. Retningen var fastsatt med bakgrunn i at direkte slokkeinnsats mot hendelse-/brannstedet skulle foregå fra Aurland brannvern, som hadde kortest utrykningstid til tunnelen.

Teksten under er utdrag fra SINTEFs rapport¹². Trafikantenes opplevelser kan på grunnlag av samtalene deles inn i tre opplevelsperioder hvor trafikantene;

¹¹ Den ventilasjonsretningen og -hastigheten som er beskrevet i beredskapsplanen i forbindelse med ventilering av tunnelen ved brann. Denne definisjon brukes også av brannvesenet og VTS.

¹² SINTEF gjennomførte datainnsamling som involverte 57 av de 67 som var fanget av røyken. Ni telefonintervjuer (noen ganger mer enn en person), ett ansikt til ansikt, tre besvarte spørsmål på epost (32 personer), samt beskrivelsen av en gruppe på 25 turister inklusiv sjåfør.

ikke opplevde at de var i fare,
følte uro eller usikkerhet,
følte at de var i fare/dødsangst.

Både de norske og utenlandske trafikantene har gitt en god beskrivelse av hvordan de oppfattet situasjonen i de enkelte fasene.

Fase 1 og 2 -trafikantene opplevde ingen fare.

Flere av trafikantene reagerte på at møtende biler blinket med lysene. Noen møtende biler kom med nødblink på. Trafikantene registrerte etter hvert at hastigheten ble redusert før bilene foran stoppet helt opp. De regnet med at det var en midlertidig trafikal stans. En del av bilene som ble stående i køen begynte å snu og kjører tilbake i samme retningen som de kom inn i tunnelen. Det var på dette tidspunktet ingen uro hos de trafikantene som var inne i tunnelen. Noen av de utenlandske turistene diskuterte farenivået med lange tunneler, men forventet at sikkerhetsnivået var i henhold til europeiske normer.

Fase 3 og 4 – trafikantene følte uro

Trafikantene begynte å føle uro da de forsto at noe unormalt var på gang. Personene i de bilene som sto lengst bak i køen gikk ut for å se hva som foregikk, men ingen av disse så hva som skjedde. De som sto nærmest vogntoget så at det brant. En del av disse kjørte forbi det brennende vogntoget, mens andre prøvde å snu og returnere mot Gudvangen. Flere av bilene som sto i køen hadde tilkoblet tilhengere eller campingvogner. Disse hadde problemer med å snu eller koble fra tilhengerne. Etter hvert hørtes det kraftige drønn som sannsynligvis kom fra vogntogets dekk som eksploderte på grunn av varmen.

Flere biler prøvde etter dette å snu og returnere. Det begynte nå å bli kaotisk da de fleste forsto at situasjonen begynte å tilspisse seg og at de kunne få problemer med å komme ut av tunnelen.

Fase 5 – følte at de var i fare

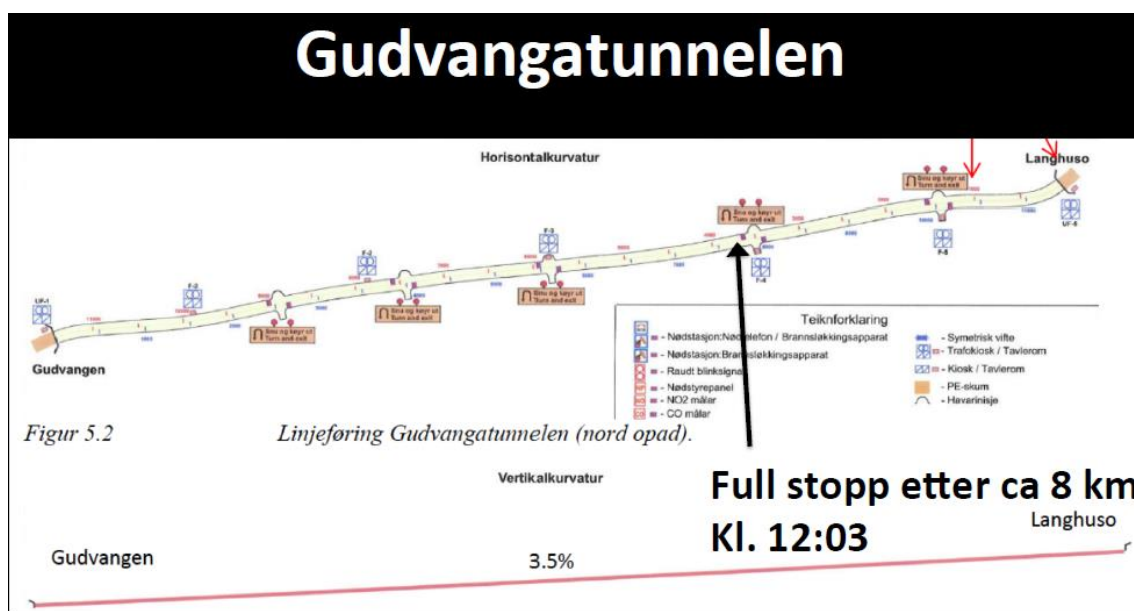
Plutselig kom røyken, og sikten og orienteringsevnen ble redusert. En sier at "røyken kom som sluppet ut av en sekk, nærmest som et snøras". Det oppsto nå et kaos der biler krasjet inn i hverandre, inn i tunnelveggen og folk ropte og skrek. Mange beskrev at det oppstod frykt, panikk og fullstendig kaos. Etter hvert som situasjonen med den tette røyken utviklet seg, valgte noen å bli i bilen mens andre valgte å forlate bilen og bega seg på veg tilbake mot Gudvangen der de kom fra. De som gikk ut famlet seg langs tunnelveggen med den ene hånden og et tøyestykke over munn og nese. De gikk i sikksakk på grunn av redusert eller manglende orienteringsmulighet. De slo seg i den ujevne tunnelveggen, skrapte seg opp og snublet i den ujevne veiskulderen».

Kommentarer knyttet til trafikantenes perspektiver i grønn og gul fase

SHTs beskrivelse over nødhjelpsaktørene viser et stort antall enheter som alle hadde behov for kunnskap om hendelsen. Det fikk de ikke, og SHTs flytdiagram (STEP) viser at

flere aktører ikke var på plass før etter mer enn en time etter at det var varslet om brann. De gyldne 10-15 minuttene er kritiske for trafikantenes situasjonsforståelse, og mulighet for aktive valg. En bedre styring av brannventilasjonen ville gitt handlingsrom til å identifisere og kontrollere evakueringen av trafikantene.

Dersom vi legger til grunn Einar Morlands beskrivelse av situasjonen de opplevde (Morland, 2016), får vi en øyenvitnebeskrivelse fra en trafikant som gjennomlevde alle fasene som ble beskrevet av Statens havarikommisjon for transport. I disse fasene hersket det stor usikkerhet blant trafikantene, usikkerheter som i den grønne fasen (fase 1 og 2) ikke triggert noen større bekymring. Morland har sannsynligvis vært i røykproppen fra han startet evakueringen til han kom seg ut (de var i alt 11 personer), dvs bilen fulgte proppen som gjerne var hendelsens sterkeste eksponering av røykgasser, dog uten at disse trafikantene hadde høyere forbruk av luft som følge av fysiske anstrengelser, som for eksempel de som gikk på egenhånd. Et budskap om å entre Evakueringsrom ville redusert skader og traumer for disse trafikantene.



Figur 5.15: Bilde fra Einar Morland sin presentasjon på konferanse på Sola (Morland, 2016)

Basert på rapportene etter hendelsene og emailkorrespondanse med SHT tolker vi «krisefasene» slik:

- Grønn sone er fra kødannelse til bekreftet brannhendelse (eller ulykke)
- Gul sone vil vi anta er fra bekreftet ulykkehendelse til konkret fare (røyk)
- Rød sone er tiden etterpå, som varte veldig lenge - dog heldigvis uten cyanid.

Det er usikkert om 12:00 er riktig tidspunkt for beregningen knyttet til starten av grønn sone. Det er ingen som har klart å tidfeste når trafikken stoppet opp, og hvor de som kom seg ut stod. Det er imidlertid vår referanse.

Fremme ved lastebilen er det full fyr i grønn sone, men informasjonen om evakuering flyter ikke bakover blant trafikantene som står i kø eller er i ferd med å ta seg til køen. Radioinnsnakket virket ikke, men her ville en eller noen få synlige trafikanter kunne spille vesentlige roller i formidlingen om å evakuere til Evakueringsrom. Det var et sterkt behov for at noen burde tatt ledelsen for evakuerings situasjonen, blant annet tungbilførerne. Evakuering kunne startet med resolutt informasjon fra VTS om å finne Evakueringsrom. Her kunne VTS/110-sentralen brukt medtrafikanter i en organisert evakuering. Usikre mennesker er svært lydheøre i krisesituasjoner. Førere av kjøretøy som ikke evnet å snu ville vært sentrale i denne gruppen. Etablering av Evakueringsrom ville krevd spesiell oppmerksomhet om varslingsfasen, og det er rimelig å tro at mange hadde oppfattet alternativet tidlig. Hvorvidt tungbilførere ville brukt dette alternativet fremfor å sitte i eget kjøretøy, krever et eget studium.

I gul sone, som er en forlengelse av grønn sone, og som i tid vil variere fra trafikant til trafikant, er selve situasjonsforståelsen det avgjørende spørsmålet. Hvordan få folk til å gjenkjenne farepotensialet? Det er snakk om få sekunder dersom trafikantene ikke har sett faren før røyken kommer over dem. I den situasjonen ville alternativet om Evakueringsrom vært åpenbart og skiltingen/lysmarkeringen ville bestemt tilgjengeligheten. Vi antar at trafikanter som hadde sett alternativet med Evakueringsrom ville brukt 2-5 minutt å rømme inn i rommet før røyken omhylltet dem, og 5 – 15 minutt etter at røyken omhylltet dem (de som gikk lengst gikk i 95 min og avla en strekning på 8 km).

Det er grunn til å tro at VTS/110-sentralen hadde hatt gode muligheter til å lede trafikantene i Gudvangatunnelen til effektiv selvredning til Evakueringsrom, før de ble innhentet av røyken.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Trafikantenes forkunnskaper og evne til å motta informasjon (språk).
- Trafikantenes forståelse av varslingsystem og skiltingen.
- Trafikantenes tillit til Evakueringsrom.
- En veldig ulik samling av trafikanter – sosial påvirkning.
- Trafikanter som valgte å sitte i egne biler er i liten grad studert for å avklare hva slags informasjon som skulle fått dem til å forsøke evakuering.
- Tilgjengelig rømningstid versus nødvendig rømningstid (mobilitet, situasjonsforståelse, avstander).
- Statens vegvesen sin håndtering av varsling og kommunikasjon til trafikantene.
- Kriseledelsens handlinger.
- Nødetatenes kommunikasjon til trafikantene.

Tilbake til hendelsen:

«Røyken og ventilasjonsluften fra brannen ble ledet 8,5 km mot tunnelåpningen på Gudvangensiden, og tunnelen ble fylt av røyk med en hastighet på rundt 2 m/s. Skilt

med «Snu og køyr ut» plassert inne i tunnelen ble ikke aktivert på grunnlag av meldingen som kom umiddelbart etter kl. 1205, fordi VTS ikke fikk bekreftet brannsted fra 110-sentralen/brannvesenet. Dette ble først gjort da fagleder brann bekreftet brannstedet ved å fjerne brannslukningsapparatet i brannskap BS 134 kl. 1244.

Flere trafikanter som ringte inn nødmeldinger til alarmsentralene i Sogn og Fjordane (brann, ambulanse og politi) beskrev en kritisk situasjon for de som oppholdt seg i den røykfylte tunnelen. Det ble gjennomført intervju/samtaler med representanter for 57 av de 67 personene som måtte evakuere. I tidsrommet 1200-1320 fikk de forskjellige nødsentralene flere telefon- og nødsamtaler fra trafikanter som var inne i Gudvangatunnelen. I 110SF sin logg ble det registrert en spesifikk innringer (varsel om brann kl. 1200), og at det løpende var mange innringere fra tunnelen. I politiets logg ble det registrert totalt fire innringere.

Den første nødmeldingen om stor røykutvikling fra en trafikant i tunnelen ble registrert kl. 1216 hos AMK Førde. Innringer var omtrent midt i tunnelen sammen med flere andre biler. Vedkommende beskrev at de ikke klarte å komme seg videre på grunn av tett røyk. AMK ga råd om at de skulle holde seg i bilen og stenge ventilasjonen. Politiet registrerte første nødmelding kl. 1223. Innringer var en tysk sjåfør med totalt fem personer i bilen, inkludert barn. Politioperatøren hadde kontakt med vedkommende frem til kl. 1239. Bilen kjørte i retning fra Gudvangen mot Aurland/Flåm. På anmodning fra 110SF hadde bilen klart å snu mot Gudvangen, men kolliderte til slutt og kom seg ikke videre.

Den neste nødmeldingen fra en trafikant til AMK Førde ble registeret kl. 1224. Innringer hadde problemer med å puste og hadde kjørt i tunnelveggen og kom ingen vei. Kl. 1233 fikk politiet en nødmelding fra et fransk par med to barn som gikk til fots i tunnelen og ikke klarte å orientere seg. I tidsrommet kl. 1234-1339 hadde politiet løpende kontakt med en norsk bilfører i tunnelen med to barn i bilen. Vedkommende klarte å snu bilen i retning Gudvangen og forsøkte å ta seg videre. Innringer informerte politiet om at de kunne observere omtrent 30 personer gående til fots i tunnelen. I tidsrommet mellom kl. 1238-1239 kom det ytterligere to andre lignende nødmeldinger til AMK.

Kl. 1246 mottok VTS den første meldingen fra en trafikant via tunnelens nødtelefon. Kl. 1253 kom nødmelding til politiet fra innringer med barn på syv år som gikk langs tunnelveggen i retning utgangen mot Gudvangen. Kl. 1256 kom melding til AMK om at 24 kinesiske turister hadde forlatt en turbuss og gikk til fots i tunnelen i retning Gudvangen. AMK ga beskjed om at brannvesenet var på vei fra begge sider. Siste innringer (kl. 1320) til politiet var en av de første bilene som hadde klart å snu og kjøre ut av tunnelen.

Alle opplevde situasjonen som svært dramatisk og ga uttrykk for at: "vi trodde ikke vi ville komme levende fra dette", "jeg hadde dødsangst, men ikke panikk og holdt datteren i hånden hele tiden", "vi manglet luft og var sterkt bekymret for at vi ikke ville overleve", "ble roligere etter hvert, men tvilte på at vi ville overleve", "vi trodde vår siste time var kommet", "vi var veldig slitne, undertrykte redselen og fokuserte på å komme oss ut", "vi trodde vi var fortapt, men kom oss opp og fortsatte", "ble mer og mer tungpustet og var bekymret for at vi ikke skulle komme oss ut i live".

En familie gikk med faren først og de andre fulgte hånd i hånd etter han. Faren følte seg fram langs tunnelveggen med en hånd og holdt en ryggsekk i den andre. Han slo seg kraftig mot tunnelveggen flere ganger. En gang så hardt at han fikk hjernerystelse, kastet opp, var forvirret og begynte å gå feil vei. En utenlandsk familie med tre barn valgte å forlate bilen for å evakuere til fots. Like etter at de gikk ut av bilen forsvant to av barna (13 år og 4 år) i røyken, og moren og faren fant dem ikke igjen. Foreldrene tok det tredje barnet (10 år) mellom seg og begynte å gå mot Gudvangen. Etter å ha gått i noe over en og en halv time, og tilbakelagt en strekning på rundt 8 kilometer med minimal sikt og i tett røyk, kom de ut av tunnelen i Gudvangen. De var da helt nedsotet og utmattet. På det tidspunktet visste de ikke hvor de to andre barna var eller hvordan det var gått med dem. De fikk etter hvert informasjon om at de hadde kommet ut av tunnelen på Aurlandsiden, og var tatt hånd om og befant seg på Lærdal sykehus.

Mange ga uttrykk for at de hadde forventet å møte redningspersonell på et tidligere tidspunkt og ikke først da de nesten var ute av tunnelen. Ett av de norske parene snakket med en tysk familie som var sjokkert over sikkerheten i tunnelen. De fleste av de som ble fanget i røyken har etter beskrivelsene de har gitt vært utsatt for store belastninger og sterke inntrykk. Flere av de utenlandske turistene mente at

- det burde etableres evakueringsrom
- internasjonale normer for tunneler måtte respekteres
- det måtte være nok oksygen tilgjengelig
- de som evakueres må få hjelp av redningsmannskaper underveis og proffe folk utenfor tunnelen for å ta i mot dem

Konklusjonen i rapporten viser at:

1. Blant trafikantene som ble behandlet for røykskader på sykehus etter brannen i Gudvangatunnelen den 5. august 2013 hadde 23 alvorlige skader og 5 meget alvorlige skader.
2. Sot og kullos (karbonmonoksid) bidro vesentlig til sykdom hos trafikantene. Cyanid (blåsyre) ble ikke påvist i blodprøver og klinisk var det heller ikke holdepunkter for alvorlige tilfeller av cyanidforgiftning.
3. Ung alder og god helse var trolig medvirkende årsaker til at liv ikke gikk tapt under brannen.
4. Trafikantene med de mest alvorlige symptomene hadde lengst opphold utenfor bil og høyest grad av fysisk anstrengelse i tunnelen.
5. Et forlenget opphold i tunnelen ville trolig satt minst fem av trafikantene i akutt livsfare.

For de øvrige 39 av de 67 trafikantene som ble fanget i røyken inne i tunnelen foreligger ikke tilgjengelig journal fra prehospital behandling. Rapporten konkluderer med at det for disse må antas at det forelå et større antall med lettere skader. I rapporten er det også laget en skjematisk oversikt over skadeomfang i forhold til evakueringsmåte. Den indikerer at de som har evakuert hele veien til fots er alvorligere skadet enn de som hele eller deler av tiden har oppholdt seg i kjøretøy.

Vurdering av skadegrad er iht. rapporten gjort med bakgrunn i de definisjonene som er gitt i Statistisk sentralbyrås (SSB) skadestatistikk for Veitrafikkulykker. Med bakgrunn i dette ble totalt 28 personer hardt skadet i henhold til SSBs definisjoner i forbindelse med brannen i Gudvangatunnelen».

Kommentarer knyttet til evakuering

Det var 67 personer som var innhyllet i røyk i denne hendelsen. Det fantes både gående, kjørende og trafikanter som stod i ro. Det var rød sone og trafikantene var i ferd med å bli traumatisert. Studiene gjort i forbindelse med SHTs undersøkelse har sett på 28 pasientjournaler, begrenset til fysisk påvirkning av røykgasser. Andre typer stressreaksjoner er i liten grad studert ift pasientene som ble innhyllet i røyk.

Med skiltet Evakueringsrom ville det kun vært noen få (mindre enn fem) som ville blitt eksponert for røyk over noe tid. Med ca 1 km avstand mellom rommene, skilting og markering ved nødtelefonene ville alle som forsøkte å rømme funnet Evakueringsrom innenfor svært kort tid, de fleste før røyken, og et mindre antall etter at de ble omhyllet av røyk (mindre enn 15 min). Utformingen av Evakueringsrommene med kommunikasjonsmuligheter til nødtelefoner/VTS kunne forsterket trafikantenes innsats for å samle ytterligere trafikanter under rømming. Evakueringsrom ville hatt tilstrekkelig kapasitet til å yte friskluft og krisekommunikasjon i hele innsatstiden for brannen i Gudvangatunnelen.

Effekten av Evakueringsrom ville da ha vært en reduksjon i antall traumatiserte lettere brannskadde personer til maksimalt fem personer. Den reelle skadesituasjonen er selv med rapportene til Sintef og UUS CBRNe-senteret veldig uklar (23 alvorlig skader og 5 meget alvorlige skader). Vi mener at Evakueringsrom ville redusert skadene fra 67 røykskadde til maks fem personer med lettere røykskade. Alle personer som hadde funnet frem til nærmeste Evakueringsrom ville oppholdt seg i tunnel-løpet i 12 minutter, lagt til grunn en ganghastighet på 5 km/t. Det var noen barn i tunnelen og vi har ikke oversikt over trafikantenes eventuelle bevegelsehemninger.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Antallet trafikanter som ville benyttet Evakueringsrom. Trafikantene i turistbussen sine aksjoner, tungbilførere og andre som satt i sine kjøretøy, samt de som strevde i eget kjøretøy for å komme ut.
- Sosialt ansvar for evakuering blant trafikanter som kommuniserer med VTS/110.
- Kjøretøyenes plassering og mulighet for å snu for selvredning.
- Krisekommunikasjonen mens det ikke var røyk.
- Krisekommunikasjon etter at trafikantene var innhyllet i røyk.
- Krisekommunikasjonen mens de var inne i Evakueringsrom.
- Brann- og redningstjenestens bruk av Evakueringsrom.
- Varmeberegningene og eksponering av røyk på mennesker; jfr. vedleggene til SHTs rapport

Tilbake til hendelsen:

«Umiddelbart etter at brannen i vogntoget ble varslet rykket alle nødetatene ut. Aurland Brannvern ba om bistand fra Lærdal, Voss og Bergen brannvesen umiddelbart etter utrykning. Helse Førde ba i tillegg om assistanse fra Helse Bergen. Følgende gjengis i forbindelse med redningsetatenes utrykning til Gudvangatunnelen:

Aurland brannvern ankom tunnelåpningen på Aurlandsiden med tre biler og ni personer ca. kl. 1225. Samtlige biler og personer kjørte direkte inn i tunnelen, og var framme ved brannstedet kl. 1230.

Ambulanse fra Lærdal ankom tunnelåpning på Aurlandsiden kl. 1232. De ventet på klarering fra brannvesenet til å dra inn i tunnelen.

En politipatrulje som var i Lærdaltunnelen fikk kl. 1213 informasjon om brannen, og kjørte utrykning til Gudvangatunnelen. Da de kom fram til tunnelåpningen på Aurlandsiden var allerede personell fra AMK der.

KO (Kommandoplass-innsatsledelsens plassering på skadestedet) ble opprettet på utsiden av tunnelåpningen på Aurlandsiden.

Skadestedsledelse fra politiet og AMK befant seg i KO. Det var ingen representanter fra brannvesenet i KO, da skadestedsleder fra brannvesenet valgte å oppholde seg ved brannstedet og lede innsatsstyrken fra dette stedet for å ivareta sikkerheten til innsatspersonellet fra brannvesenet som var i aksjon inne i tunnelen.

Da Voss brannvesen ikke fikk melding fra 110H før kl. 1229, ankom de Gudvangen først kl. 1300. Brannsjef på Voss ga mannskapene ordre om å vente på utsiden fordi det ble forventet at tett røyk vil møte dem, og at det dermed kunne oppstå kollisjoner med biler og personer som var på vei ut av tunnelen.

Kl. 1304 ankom første ambulanse fra Voss til Gudvangen.

Første røykdykkerlag fra Bergen brannvesen ankom Gudvangen kl. 1352 og gjorde seg klare. Mannskapene fikk ordre om at ingen skulle i innsats før nødvendig utstyr var på plass og klart.

Andre røykdykkerlag fra Bergen brannvesen ankom Gudvangen kl. 1400.

Aurland brannvern rykket inn i tunnelen med totalt ni personer (brannsjef, to sjåførere og seks røykdykkere), og var framme ved brannstedet ca. kl. 1230. Røykdykkerbilen og brannbilen ble rygget inn slik at de kunne evakuere raskt dersom det skjedde noe uforutsett. De koblet opp vannet fra tankbilen og tre røykdykkere startet slukningsarbeidet. Da slukkingen startet brant det fremdeles fra påfyllingsrørene til begge dieseltankene og i brennbart materiale i førerhytten og på semitraileren. Samtidig raste det mye stein ned fra tunneltaket på grunn av varmen fra brannen. Brannvesenet fikk raskt kontroll, og meldte kl. 1255 at brannen nesten var slukket.

Da varmen fra vogntoget var redusert gikk tre røykdykkere i gang med å få personer ut av bilene som stod nærmest brannstedet. De fikk hentet ut 10-15 personer, to hunder og en kanin i de første bilene. Brannvesenet rygget deretter røykdykkerbilen med tre røykdykkere videre inn i tunnelen. Da de kom ca. 500 m forbi brannstedet støtte de på

biler som hadde kollidert med hverandre og/eller med tunnelvegg. Brannmannskapet fikk ut alle personene i disse bilene. De måtte dytte fem biler med håndmakt for å komme videre i tunnelen. Mannskapet har beskrevet at sikten var veldig dårlig (0 – 2 meter), og dette ble forsterket da det manglet lys i tunnelen rundt brannstedet. Da de på returen passerte det utbrente vogntoget raste det steiner fra tunneltaket på brannstedet, men ingen personer ble truffet av disse steinene.

Da tunnelen ble klarert av brannvesenet rykket ambulanser og ambulanspersonell inn til brannstedet og tok hånd om de personene som brannvesenet hadde evakuert fra den røyklagte delen av tunnelen. Disse personene ble fraktet videre ut av tunnelen hvor de ble tatt hånd om av helsepersonell som gjorde en vurdering av den enkelte, og sendte de det var behov for videre til sykehus.

Aurland brannvern forsterket bemanningen med fire røykdykkere fra redningsbilen, fikk tak i oksygen fra ambulansene som var kommet til skadestedet, og var klar til å rykke inn i tunnelen igjen. Røykdykkerbilen ble rygget inn helt til de kom til den belyste delen av tunnelen. Da ble bilen snudd og kjørt fremover i retning Gudvangen. Det var tett røyk i tunnelen, med minimal sikt. Biler og snuplasser ble sjekket for personer. De fikk da hjulpet ut en til to biler med personer i, som selv kjørte ut etter brannbilen.

Da mannskapet kom 7 km inn i tunnelen, var de nesten tomme for luft. Sikten var dårlig og de kunne ikke se mer enn 10-20 meter framover. Nødsambandet fungerte ikke på skadestedet, men lenger inn i tunnelen hadde de AMK Førde på sambandet. Røykdykkerleder ga beskjed om at de trengte mer luft. Etter en stund kom Aurland brannvern med en pickup og Lærdal brannvern med en bil.

De tre bilene rykket deretter lenger inn i tunnelen. Mannskapet fant noen personer ved ca. 7,6 km. De ble tatt med i pickupen og kjørt ut av tunnelen på Aurlandsiden. På det interne sambandet fikk røykdykkerbilen fra Aurland brannvern vite at det var ca. 30 personer ved 8 km (dette var blant annet kinesiske turister som hadde forlatt en turbuss). Røykdykkerbilen fortsatte videre, og da de kom til ca. 8 km møtte de 25 personer som ble tatt inn i røykdykkerbilen. Røyken var tett, men var i ferd med å tynnes ut. Bilen hadde ikke plass til alle personene i tillegg til mannskapet, så to røykdykkere fra Aurland brannvern ble stående igjen i tunnelen. Disse hadde egne flasker med komprimert luft for ca. 30 min. Personene fra tunnelen ble kjørt ut og overlatt til helsepersonell. Brannmannskapet kjørte deretter tilbake til tunnelen for å sjekke om de fant flere personer og hente røykdykkerne som stod igjen. Kl. 1428 ga Aurland brannvern beskjed om at det ikke var flere personer i tunnelen. Det ble deretter foretatt finsøk, uten at det ble funnet flere personer i tunnelen. Da det siste søket var gjennomført hadde brannvesenet totalt hentet ut 47 personer til Aurlandsiden av tunnelen.

Mellom kl. 1346 og 1358, begynte folk å komme ut av tunnelen. Først kom tre puljer med gående personer. Det var først en gruppe på tre personer (to voksne og et barn) som hadde kommet vekk fra to andre barn i kaoset i tunnelen. Deretter kom grupper av fire personer og to personer gående. Til slutt kom en Volkswagen Caravelle kjørende ut av tunnelen med 11 personer og en hund. Totalt antall personer som evakuerte ut av tunnelen på Gudvangensiden var dermed 20.

Røykdykkere hentet deretter ut trafikanter fra biler som sto inne i tunnelen og transporterte de til brannstedet, hvor ambulanser tok imot dem og transporterte dem videre ut av tunnelen. Trafikantene som ble transportert med ambulanse ut av tunnelen fikk oksygen, før de ble transportert videre til sykehus.

Etter hvert som trafikantene kom ut av tunnelen ble det gjort en vurdering av pasientenes tilstand, og de som hadde størst behov ble prioritert for videre transport til Lærdal og Voss sykehus:

- I tidsrommet fra kl. 1245 til kl. 1330 ble 13 personer evakuert ut av tunnelen. Av disse ble ni personer kjørt med buss til Lærdal sykehus, to ble kjørt med ambulanse til Lærdal og to ble fraktet med luftambulans (LA Førde) direkte til Voss sykehus.
- Ca. kl. 1330 ble åtte personer evakuert ut av tunnelen. Disse personene ble fraktet videre i tre ambulanser til Lærdal sykehus.
- Kl. 1410 ble 24 kinesiske turister evakuert. Disse ble fraktet med Sea King helikopter til Førde sykehus.

Brannen i Gudvangatunnelen satte store krav til ledelse og koordinering, da innsatsen måtte organiseres fra to sider. I tillegg måtte innsatsen fra tre nødetater samordnes. Ansvaret for brann og ambulansetjenesten på Aurlandsiden var underlagt Aurland brannvern og Helse Førde. På Gudvangensiden var Voss og Bergen brannvesen styrt av 110SF/Aurland brannvern, mens ambulansepersonellet var underlagt Helse Bergen.

Aurland brannvern ankom hendelsesstedet før politiet. Brannsjefen i Aurland, som da var overordnet leder for brannvesenet, tok derfor ansvar for ledelse av skadestedet inntil politiet ankom. Overordnet leder for brannvesenet valgte å bli med inn til brannstedet og overtok i tillegg til å være overordnet leder for brannvesenet også innsatsledelsen fra utrykningsleder (overordnet vakt), som ble utpekt som røykdykkerleder.

Da politiet ankom stedet (noe etter kl. 1230) overtok de skadestedsledelsen og etablerte kommandoplass (KO) utenfor tunnelåpningen på Aurlandsiden. Politiet og fagleder Helse oppholdt seg på KO, og organiserte den overordnede ledelsen for sine etater fra dette stedet.

Overordnet ledelse for brannvesenet valgte å bli ved brannstedet for å ivareta sikkerheten til innsatspersonellet fra brannvesenet som var i aksjon inne i tunnelen. Der opererte han både som utrykningsleder og overordnet leder (fagleder brann) med det strategiske ansvaret. Dette bød på utfordringer, da all kommunikasjon med ledere for øvrige redningsetater og andre brannvesen måtte foregå med mobiltelefon fordi sambandet i tunnelen ikke fungerte. Totalt ringte overordnet leder/utrykningsleder 64 samtaler i løpet av hendelsen.

Totalt var det 15 kjøretøy med 67 personer som ble fanget i røyken i tunnelen. Disse oppholdt seg i den røykfylte tunnelen i et tidsrom på mellom 50 og 95 minutter før de ble reddet ut. 28 av disse personene ble utsatt for så sterk røykpåvirkning at de måtte behandles på sykehus.

Styring av ventilasjonsanlegget i forbindelse med brann i Gudvangatunnelen utføres normalt av VTS etter rutiner fastlagt i samarbeid med brannvesenet. Brannvesenet kan ved behov be VTS avvike fra fastlagte rutiner. Brannvesenet har også mulighet til selv å styre ventilasjonsanlegget fra styringsskap på utsiden av begge tunnelåpningene.

Før brannen startet gikk trekken mot Aurland, og ventilasjonsanlegget gikk med nesten full kapasitet i samme retning (74 av 84 tilgjengelige vifter). Da melding om brann ble mottatt av VTS ble ventilasjonsanlegget satt i brannmodus, som i følge beredskapsplanen på hendelsestidspunktet tilsa en lufthastighet på 1 – 2 m/s i retning fra Aurland mot Gudvangen. I følge opplysninger fra VTS var styringen av brannventilasjon programmert til å gi en lufthastighet på 2,5 m/s når den ble aktivert, mens full brannventilasjon var programmert til å gi en lufthastighet på 3,6 m/s.

Da ventilasjonsretningen ble snudd startet 44 av viftene å blåse mot Gudvangen, mens 10 av viftene fremdeles blåste mot Aurland. De 10 viftene fortsatte å blåse mot Aurland i rundt halvannen time etter at ventilasjonsretningen var snudd mot Gudvangen. Ved reversering av trekkretningen ble lufthastigheten redusert fra ca. 3 m/s i retning mot Aurland til ca. 2 m/s i retning mot Gudvangen. Den gjennomsnittlige lufthastigheten i retning mot Gudvangen var 2,48 m/s i tidsrommet mellom kl. 1300 og 1330.

I tidsrommet mellom kl. 1337 og 1412 stoppet først 18 av de 44 viftene, og deretter stoppet ytterligere 16 vifter. Årsaken til at viftene stoppet var høyst sannsynlig at telefon/brannskap ble åpnet. I en periode på rundt 15 minutter (mellom kl. 1354 og 1409) var kun 10 vifter i drift mot Gudvangen. På det tidspunktet hadde også de 10 viftene som tidligere blåste i retning mot Aurland stoppet. Dette resulterte i at lufthastigheten i retning mot Gudvangen i en periode var nede i ca. 0,8 m/s.

Ca. kl. 1409 begynte VTS å starte viftene manuelt, og kl.1413 ventilerte 64 vifter mot Gudvangen. Lufthastigheten kom da opp i en gjennomsnittshastighet på 3,37 m/s.

Tunnelen har belysning med 450 stk. 35 W lavtrykkslamper med en innbyrdes avstand på ca. 25 meter. Inngangs-/overgangssonene har ekstra belysning. I hvert skap for brannapparat er det egen belysning som blir dekket av nødstrøm ved strømstans. Disse lysene vil tenne som ledelys ved strømstans, men er i følge Statens vegvesen ikke tilstrekkelig ved røykutvikling i tunnelen.

På hendelsestidspunktet var en av lyskursene i tunnelen slått av på grunn av jordfeil. Det resulterte i en mørklagt strekning på ca. 1000 meter som startet ca. 7 kilometer fra innkjøringen på Aurlandsiden av tunnelen. Den mørklagte strekningen var merket med skilt «annen fare» med underskilt «lys mangler».

Lyset over brannstedet var intakt inntil kablet smeltet som følge av brannen, med det resultat at kursen kortsluttet og overstrømsvern ble løst ut. Tidspunkt da sikring ble koblet ut var 5. august 2013 kl. 1209».

Kommentarer knyttet til redningsaksjonen og de kontekstuelle forholdene

Redningsaksjonen var preget av stor usikkerhet og innsatsleder brann sin sterke operative involvering. Vi har sett på selvevalueringsrapportene fra nødetatene. Kritikkk har vært reist av nødetatene selv og SHT med hensyn til hvordan oppdraget ble løst, først og fremst for å bidra til læring. Kommunikasjonen sviktet, ledelse av operasjonene

sviktet, entring av tunnel (rygging) var farlig, varslingen av samvirkende aktører sviktet, triagering ble ikke utført av kompetent personell med mer. Samlet var dette forhold som ble svært utfordrende for redningstjenesten. Idegrunnet om ventilasjonsretninger, det å slokke brannen for så å redde pasienter ble utfordret. Hele 47 pasienter ble hentet ut på Aurland-siden, mens de resterende evakuerte selv ut på Gudvanga-siden.

Det er påvist en veldig uklar situasjonsforståelse mellom innsatsenhetene, og da spesielt på Gudvangen-siden hvor brannvesenet entret tunnelen, som etter hvert ble røykfylt og de utsatte seg dermed selv for stor fare for å bli kjørt ned av evakuerende trafikanter. Selv om kommunikasjonsmidlene på dette tidspunktet ville vært de samme er det all grunn til å tro at beredskapstenkningen og rutinene omkring redning ville vært helt annerledes, hvor nødetatene på den røykfylte siden ikke ville ha entret tunnelen uten sikker kunnskap om hvorfor de eventuelt skulle gjøre det. Bedre kommunikasjon med trafikantene ville også bidratt vesentlig i forståelsen.

Det vil si at nødetatene for seg selv ville hatt en mye mindre stressende situasjon. På Aurlandsiden ville heller ikke brann- og redningstjenesten bli «tvunget» til å rygge inn i delvis røyklagt tunnel. Kommunikasjonen mellom redningstjenesten og trafikanter i Evakueringsrom ville hjulpet selve redningsaksjonen. Ressursbehovet i situasjonen kunne vært kraftig redusert, og samtidig ville situasjonsforståelsen vært langt bedre med et stort antall vitneutsagn i sann tid. Det ville sannsynligvis ikke vært noen å redde i røykfylt område.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Tilpasning av nødetatenes prosedyrer til Evakueringsrom.
- Håndtering av ventilasjonen.
- Krisekommunikasjonen og bruken av vitneutsagn i redningsarbeidet.
- Brann- og redningstjenestens samvirke og samhandling, gitt en raskere rømmingssituasjon for trafikanter.
- Øvings- og opplæringsregimet i samvirkende etater gitt tunnelbrann.

5.2.6 Andre brannen i Gudvangatunnelen (SHT, 2016b)

5.2.6.1 Generelt

Se kapittel 5.2.5 for generell introduksjon til Gudvangatunnelen.

«På hendestidspunktet bestod tunnelens sikkerhetsutrustning av nedsenkbare bommer, havarilommer, snunisjer, nødskap, og brannslukkere jevnt fordelt i tunnelen. Av kommunikasjon var det installert Nødnett, nødtelefoner, samt mobildekning på både Telenor og Netcoms mobilnett. Det er også kameraer i tunnelen.

Gudvangatunnelen er utstyrt med tellepunkt for registrering av trafikkmengde. To av disse tellepunktene er koblet opp mot fotobokser (Automatisk trafikkontroll – ATK) som er montert inne i tunnelen.

Statens vegvesens beredskapsplan for Gudvangatunnelen datert 5. januar 2015 inneholder informasjon om tunnelkonstruksjon, sikkerhetsutstyr og strategier i beredskapssituasjoner. I beredskapsplanens risikoanalyse fremgår det at en kan forvente en brann i tungt kjøretøy i tunnelen hvert 24. år».

Antakelser om Evakueringsrom i Gudvangatunnelen – kontrafaktisk situasjon

Forutsetningen her er at tunnelen er tilsvarende beskrivelsen i kap. 5.2.5. Gudvangatunnelen hadde en veldig høy tungbilandel, en av fire biler var tungbil. I travle perioder vil det være mellom 500 og 900 tungbiler som ikke fordeler seg jevnt over døgnet. Hver bil vil være i tunnelen ca 15 min, og det vil dermed sette et sterkt krav til Evakueringsrom.

For å anslå etableringen av Evakueringsrom i Gudvanga-tunnelen på dette tidspunktet, kunne vi tenke oss at den var inspirert av brannene og håndteringene i Oslofjordtunnelen og Gudvangatunnelen, egen risikoanalyse og de pågående modifikasjonsprosjektene til Statens vegvesen. Samtidig måtte Evakueringsrom bli sett på som et verktøy med funksjoner som ville medført betydelige endringer i rutiner og arbeidspraksis for VTS-ene i Bergen/Lærdal, de relaterte alarmsentralene i Sogn og Fjordane og i Hordaland, drifts- og vedlikeholdspersonellet med ansvar for tunnelen (i og utenfor Statens vegvesen) og nød- og bergingstjenestene. Tidsfaktoren er både usikker og kritisk for å vurdere relevansen av Evakueringsrom, men funksjonene som blir designet inn forsøker vi å illustrere.

Det er vanskelig å presentere en hypotetisk valgt detaljert løsning, fordi den måtte tatt hensyn til erfaringsdata for tunnelen, risikovurderingene, og generell ekspertkunnskap hos vegeier. Ressursspørsmålet med hensyn til investering, drift og vedlikehold av Evakueringsrom vil også være en utfordring som vi ikke berører spesielt her. Vår tilnærming er at Statens vegvesen som vegeier vil kunne designe Evakueringsrom for å være mest mulig tilrettelagt for å møte selvredningsprinsippet, dvs forholdet mellom tilgjengelig og nødvendig tid til sikker evakuering i dimensjonerende hendelse ville vært vurdert.

Evakueringsrom ville vært koplet opp mot VTS/110-sentralen, og vi forutsetter at beredskapsrutinene ville vært tilrettelagt for å sikre at trafikantene skulle finne vegen ut eller frem til Evakueringsrom. Innsatsleder brann ville etterlyst bekreftelse fra dem som var i rommet før full ventilasjon og brannvesenets slokkearbeid startet. Det er en rekke størrelser som ville påvirket designet av Evakueringsrom, så som «dimensjonerende hendelse» (varmeutvikling, eksponering av giftige gasser, trafikkmengde, tilstand på trafikanter som forventes å evakuere), kommunikasjons- og varslingsystemer, ledesystemer, beredskapsprosedyrer.

Evakueringsrom i Gudvangatunnelen ville vært installert med en CC avstand på ca. 1050 meter. Vi har da forutsatt at profilen på tunnelen medfører at en frisk person vil bruke ca. 10-12 minutter i normal gange (1,5-1,8 m/s) på å forflytte seg fra et Evakueringsrom til det neste, det er da ikke tatt hensyn til eventuell røyk og innholdet i denne. Det ville

vært totalt 10 Evakueringsrom i tunnelen, med det første 1000 m inn fra hver side og hver påfølgende 1050m.

Da brannen var 360 meter inn i tunnelen fra Flåm-siden ville det nærmeste Evakueringsrommet (nr:10) ligge ca. 650 meter fra brannen. Rommet ville vært isolert med en antatt brannmotstand på H-120 (2 timer Hydrokarbon brann). Rommene ville typisk vært dimensjonert for en tenkt buss og noen trafikanter for øvrig, i størrelse og luftforsyning til 40-60 personer. Alle rommene ville vært trykksatt med et overtrykk på 100 Pa mot trykk i tunnelen i for eksempel to timer. Etter to timer eller mer ville luftforsyningen vært redusert til kun å forsyne de rommene som fortsatt hadde evakuerte personer. Evakueringsrom ville fortsatt være trykksatt og levert pusteluft, men da for en tilnærmet ubegrenset tid.

Rommene ville vært utstyrt med rampe og automatisk døråpning for enkel adkomst, luftsluse for å unngå direkte inntrengning av gasser og røyk, innlåst røykdykker utstyr, toaletter, sitteplasser, førstehjelpsutstyr, vann, rømningsmasker, videoovervåkning og videokommunikasjon mot VTS/110-sentralen. Vi antar at utstyret ville hatt alle funksjonene beskrevet i kap. 2, og vurderer betingelsene i selve hendelsen ut fra den forutsetningen.

5.2.6.2 Hendelsen med kommentarer

«I 13-tiden passerte bussen Flåm på vei mot Gudvangen. Etter å ha kjørt inn i den 5 km lange Flenjatunnelen på E16 merket bussføreren at han mistet motorkraft, men han så ingen varsler i dashboard. Da bussen etter kort tid fikk motorkraften tilbake fortsatte han som planlagt. Vitneutsagn fra en trafikant som kjørte bak bussen i Flenjatunnelen beskrev at det kom damp bak bussen, samt en lukt av kjølevæske. Vitnet kjørte bak og observerte at bussen kjørte merkbart sakte i begynnelsen av tunnelen, for så å øke hastighet midtveis i Flenjatunnelen. Ved utgangen av Flenjatunnelen observerte vitnet blålig røyk fra under bussen. Ca. midt på strekningen mellom tunnelene, la vitnet seg litt over midten av veien og blinket med lysene for å forsøke å varsle bussføreren. Bussen fortsatte på den ca. 800 meter åpne strekningen mellom Flenjatunnelen og den 11,4 km lange Gudvangatunnelen vestover på E16. Da bussen hadde kjørt inn i Gudvangatunnelen oppdaget bussføreren i sidespeilet at det kom flammer bak på venstre side av bussen. Bussens brannsløkkeanlegget løste ut, og det kom varsler i både dashboard og signalhorn.

Bussens kjølesystem var konstruert med en hydraulisk oljepumpe direkte koblet på drivakselen til motoren. Den hydrauliske oljepumpen var koblet med en høytrykkslange til en hydraulisk motor som drev kjøleviftene. Oljereturen fra viftemotoren ble med lavt trykk ført mot en ekspansjonstank og videre tilbake til hydraulikkpumpen. Dette hydrauliske systemet var lukket og rommet 10-12 liter olje.

Det ble observert at det var hull i forbindelse med rørstussen til hydraulikkslangen på trykksiden før motoren ble tatt ut, samt at det var mye smeltet aluminium på pumpen».

Kommentarer knyttet til varsling, situasjonsforståelse og rømning

Ved installerte Evakueringsrom vil det vært krav til skilting og varsling for å henlede oppmerksomheten til trafikantene. Er det rimelig å anta at trafikanter ville vært oppmerksomme på Evakueringsrom? Uten et generalisert opplæringsprogram eller informerte trafikanter (trafikantergrupper så som yrkessjåfører), ville det hersket like stor usikkerhet om rømningsveier som ble identifisert i selve hendelsen. For å sikre en bedre og mer effektiv situasjonsforståelse og rømning måtte eventuelt skiltingen (minimumstiltak ved installerte Evakueringsrom) og øvrige varslingssystemer (VTS, alarmsentralene, akustisk varsling) spille vesentlige roller.

Ville disse trafikantene hatt en annen atferd dersom det var installert Evakueringsrom?

Ja, det er stor sannsynlighet for at Evakueringsrom ville vært oppdaget før røykproppen kom. Sosial påvirkning av (uformelle) ledere ville også bidratt til at dette rømningsalternativet ville ha innvirket, dvs at en større andel av trafikantene ville valgt Evakueringsrom tidlig. Det er også rimelig å anta at flere, kanskje alle de personene som valgte å sitte i sine kjøretøy også ville valgt den løsningen. Det kommer an på forkunnskapene, og det faktum at de da hadde en mer aktuell rømningsssituasjon enn å lete etter personbiler som kunne frakte dem ut.

Strategien omkring brannventilasjonen var ugunstig. Viftene var forriglet med brannsløkkingsapparatet i tunnelen. I denne situasjonen var den naturlige ventilasjonen mot Flåm, for deretter å bli snudd mot Gudvangen for så bli vendt til Flåm igjen. Det medførte at fem personer ble sittende halvannen time i røyk. Evakueringsrom ville ha gitt disse anledning til å evakuere før røyken, eventuelt å sikre at de evakuerte kun i en liten tid i røyken. Evakueringsrom ville vært plassert ca 600 m fra brannstedet. Bussjåføren hadde ca 20 min fra han stoppet til han plukket ned brannsløkkingsapparatet fra veggen. Evakuering av alle trafikanter via Evakueringsrom innenfor denne tiden burde vært en oppnåelig oppgave.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Trafikantenes forkunnskaper.
- Trafikantenes tillit til Evakueringsrom.
- Trafikantenes forståelse av varslingssystem og skiltingen.
- Tilgjengelig rømningstid versus nødvendig rømningstid (mobilitet, situasjonsforståelse, avstander).
- VTS sin operasjonelle tenkning og bruk av Evakueringsrom.
- Kommunikasjonsteknologiens pålitelighet.
- Avvikshåndtering av aktørene (VTS, nødetater, trafikanter).

Tilbake til hendelsen:

«Bussføreren stoppet bussen på nærmeste sidelomme 360 meter inn i Gudvangatunnelen og fikk alle passasjerene ut av bussen. Bussføreren tok så brannsløkkingsapparatet fra bussen og tømte det i motorrommet uten å åpne

motorromsluken. Deretter, kl. 1315, ringte han politiets nødnummer (112) på mobiltelefon.

Brannen så først ut til å slokke, men da denne blusset raskt opp igjen, tok bussføreren et brannslukkingsapparat fra veggen i tunnelen for å prøve å slokke en gang til. Da bussføreren tok av brannslukkingsapparatet (kl. 1318) utløste det en automatisk funksjon som medførte at ventilasjonen og trekkretningen på røyken i tunnelen, som opprinnelig hadde gått mot Flåm denne dagen, skiftet retning mot Gudvangen.

På samme tidspunkt kom en tilfeldig forbipasserende kjørende i en tom varebil (Mercedes Sprinter) gjennom tunnelen. Føreren av varebilen klarte å få plass til alle de 32 busspassasjerene som stod utenfor bussen i tunnelen og fraktet dem ut av tunnelen til Gudvangen.

Brannslukkingsapparatet som bussføreren hadde tatt fra veggen ga ingen effekt på brannen i motorrommet. Da det virket nytteløst å slokke brannen, gikk han videre innover i tunnelen for å varsle andre trafikanter. Bussføreren rakk å komme ca. 300 meter videre inn i tunnelen fra brannstedet, før røyken innhentet han. Bussføreren søkte tilflukt i et vogntog som stod parkert i retning mot Flåm og ble sittende der sammen med vogntogsjåføren. Figur 5.7 og figur 5.8 viser sikten i tunnelen 3,5 km fra utgangen i retning Flåm kl. 1338 og kl. 1339.



Figur 5.16: Vogntog snudde 3,5 km inn i tunnelen mot Gudvangen, kl. 1338. Foto: Utklipp fra Statens vegvesen



Figur 5.17: *Sikten ble svært dårlig på samme sted kl. 1339. Foto: Utklipp fra Statens vegvesen*

Vogntoget med vogntogsjåføren og føreren av den brennende bussen, en annen fører i en tom buss og to personer i en personbil med campingvogn ble fanget i røyken ca. 700 meter fra utgangen på Flåmsiden i den 11,4 km lange tunnelen.

Trafikantene var i kontakt med nødetatene på mobiltelefon gjennom hendelsen og fikk beskjed om å sitte i kjøretøyene og puste gjennom fuktete håndklær, mens brannvesenet var på vei. Underveis ble det meddelt at ett av kjøretøyene målte 55 °C utenfor kjøretøyet, at det var null sikt, kraftige smell og røykinntrenging».

Kommentarer knyttet til trafikantenes kommunikasjon og situasjonsforståelse

Tidlig kommunikasjon med VTS ville sikret at hele busslasten ble informert om Evakueringsrom. Da ville ikke sjåføren av den tomme varebilen hatt så kritisk verdi.

Dersom denne hendelsen hadde forløpet seg noe annerledes og den tomme varebilen ikke hadde ankommet bussen i brann så snarlig, og buss-sjåføren ikke hadde benyttet brannslukker i tunnel som igjen snudde ventilasjonsretningen, så kunne denne hendelsen fått et helt annet utfall. VTS hadde hatt flere alternativer dersom brannslukkingsapparatene ikke hadde vært forriglet med brannventilasjonen. Et åpenbart scenario ville vært at røyken ville sperret for evakueringsmulighetene mot Flåm, og Evakueringsrom 600 meter lengre inn i tunnelen ville gitt de 31 passasjerene fra bussen en trygg evakueringsmulighet.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Trafikantenes forkunnskaper.
- Trafikantenes tillit til Evakueringsrom.
- VTS sin operasjonelle tenkning og bruk av Evakueringsrom.
- Kommunikasjonsteknologiens pålitelighet.
- Avvikshåndtering av aktørene (VTS, nødetater, trafikanter).
- Røykens innhold og pasientenes oppholdstid i denne.
- Tidsaspektet frem til full situasjonsforståelse.
- Strategi mhp brannventilasjon.
- Bistand til bussjåføren om Evakueringsrom og evakuering.

Tilbake til hendelsen:

«De fem personene som var igjen i tunnelen, ble funnet av Voss brannvern sine røykdykkere og transportert til sykehus for å bli behandlet for røykskader ca. 1,5 time etter at de ble fanget i røyken.

Ved Statens vegvesens tellepunkt i tunnelen, som ligger 3,5 km fra Langhuso, ble det registrert 19 kjøretøy som hadde snudd og var på vei tilbake til Gudvangen mellom kl. 13:23:03 og kl. 13:38:40. De tre siste var to vogntog og varebilen med turistene fra bussen. Dvs. at alle personbilene som kom fra Gudvangen og ikke hadde tilhenger fikk snudd i tunnelen. Det var ca. 16 personbiler som snudde mindre enn 3,2 km fra brannen. Alle personbilene som kom fra Flåm rygget ut av tunnelen.

Bussføreren ringte politiets nødnummer på mobil etter at han hadde tømt bussens brannsløkkingsapparat uten effekt kl. 1315. Politiet og Akuttmedisinsk kommunikasjonsentral (AMK) ble umiddelbart satt i konferansetelefon og trippelvarsling ble gjennomført i løpet av to minutter. Alarmsentralen Sogn og Fjordane (110-sentralen) ringte Vegtrafikksentralen (VTS) umiddelbart kl. 1317 og ba om at tunnelen skulle stenges.

VTS senket bommer og rødt stoppblinksignal ble satt på ved begge tunnelåpningene i Gudvangatunnelen. Operatøren på VTS spurte alarmsentralen om ventilasjon skulle igangsettes (brannventilasjon mot Gudvangen), men ble bedt om å vente med det. Like etterpå, kl. 1318, ble brannventilasjonen igangsatt automatisk da bussføreren tok av brannsløkkingsapparatet fra veggen i tunnelen. Kl. 1326 oppdaget operatøren på VTS at den automatiske brannventilasjonen var startet, og informerte 110-sentralen om dette. Kl. 1326 aktiverte VTS stopplys (rød vekselblink) og skilt med teksten «snu og kjør ut/stop and exit» ved snuplassene innover i tunnelen fra Gudvangen.

VTS oppdaget på kamera at to vogntog stod avventende og ville bli innhentet av røyken. Operatør på VTS fikk da beskjed av faggruppelider på VTS om å bruke innsnakk med følgende melding: «Det brenner i Gudvangatunnelen på E16, røyken går mot Gudvangen. Evakuer.» Ved første forsøk ble samtalen brutt. Operatør fikk beskjed om å prøve igjen, og ca. kl. 1333 gikk meldingen ut. VTS så at meldingen nådde frem, og begge vogntogene klarte å snu og kjøre ut. Trafikkoperatør formidlet i tillegg via NRK Trafikk at

«Det er brann i Gudvangatunnelen, trafikanter må evakuere og røyken går mot Gudvangen».

«Aurland brannvern rykket ut til Gudvangatunnelen og var inne ved brannstedet kl. 1330, ca. 15 minutter etter brannen ble ringt inn. Aurland brannvern fikk store utfordringer med å slokke brannen, samtidig som de fikk melding om at det var trafikanter fanget i røyk lenger inn i tunnelen mot Gudvangen. Aurland brannvern hadde gjennomført strekningen på 360 m fra tunnelåpningen på Flåmsiden til brannstedet og forsikret seg om at det ikke var trafikanter i dette området. Aurland brannvern valgte derfor å stoppe slokkearbeidet og besluttet å snu ventilasjonsretningen. Ved å snu ventilasjonsretningen ville man oppnå at strekningen på 11,1 km der trafikantene befant seg mellom brannstedet og tunnelåpningen i Gudvangen ble tømt for røyk.

Meldingen om å snu ventilasjonen ble videreført til VTS gjennom 110-sentralen kl. 1353, 23 minutter etter at Aurland brannvern var kommet inn til brannstedet. Deretter returnerte Aurland brannvern til utgangen på Flåmsiden. Da VTS fikk melding om å snu ventilasjonen ble dette gjort umiddelbart. Røyken som på dette tidspunktet hadde kommet ca. 6,9 km inn i tunnelen mot Gudvangen ble snudd og ført tilbake i retning mot brannen og tunnelåpningen på Flåmsiden.

Voss brannvern ble varslet i forbindelse med trippelvarslingen og ankom tunnelåpningen i Gudvangen ca. kl. 1400. Voss brannvern fulgte røykens tilbakegang i tunnelen i ca. 40 minutter før de kom frem til trafikantene som var fanget i røyken. Trafikantene ble fraktet ut av tunnelen av ambulanspersonell. Voss brannvern begynte med slokking av den brennende bussen i et krevende miljø med nedfall fra tunneltaket. Etter ca. 20 minutters arbeid var det kun etterslokking som gjenstod.

Fire personer av fem ble sendt til observasjon og behandlet for røykskader på sykehus.

På grunnlag av de tilgjengelige dataene, ble brannen beregnet til å ligge på ca. 30 MW»

Kommentarer knyttet til redning og evakuering

Det var fem personer som var innhyllet i røyk i denne hendelsen. Gitt situasjonen med disse fem trafikantene, så ville Evakueringsrom vært tilgjengelig, og innenfor en god tidsmargin gitt dem tid til å evakuere. Pasientene med lengst oppholdstid i røyk satt i ca 90 minutt, og det er rimelig å tro at dette kunne vært unngått.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Antallet trafikanter som ville benyttet Evakueringsrom. Trafikantene i turistbussen sine aksjoner, tungbilførere og andre som satt i sine kjøretøy, samt de som strevde i eget kjøretøy for å komme ut.
- Krisekommunikasjonen mens det ikke var røyk.
- Krisekommunikasjon etter at trafikantene eventuelt var innhyllet i røyk.
- Tilpasning av nødetatenes prosedyrer til Evakueringsrom.
- Krisekommunikasjonen og bruken av vitneutsagn i redningsarbeidet.
- Brann- og redningstjenestens samvirke og samhandling, gitt en raskere rømmingssituasjon for trafikanter.
- Evakueringsroms funksjonsevne i røyk.

5.2.7 Brannen i Skatestraumtunnelen (SHT, 2016a)

5.2.7.1 Generelt

«Skatestraumtunnelen er en undersjøisk ettløpstunnel som ligger på Fv 616 mellom Hamnen på Rugsundøya og Klubben på Bremangerlandet i Bremanger kommune. Tunnelen er 1902 meter lang og har en årsdøgntrafikk (ÅDT) på om lag 300 kjøretøy. Den er utformet etter Statens vegvesens Håndbok 021 –Vegtunneler. I følge Statens vegvesen er andelen tunge kjøretøy på om lag 10 %. Tunnelen har en kjørebanebredde på 6 meter med en betongskulder på 1 meter på hver side. Frihøyde er på 4,5 meter. Fartsgrensen i tunnelen er 80 km/t. Tunnelen har en stigning på 10 % på hver side av tunnelens laveste punkt som ligger om lag 80 meter under havnivå. Tunnelen ble åpnet for trafikk 12. juli 2002. Tunnelen har en havarinisje/snunisje for store kjøretøy i det dypeste punktet av tunnelen, to havarinisjer i stigningen mot Hamnen og en i stigningen mot Klubben. Disse er store nok til at person-/varebiler lett kan snu.



Figur 5.18: Kart med Skatestraumtunnelen innfelt (SHT, 2016a)

Skatestraumtunnelen har to dreneringssystem. Et er for oppsamling og håndtering av vaske- og spylevann/overvann fra veibanen og et for drenering av grunnvann. Begge dreneringssystemene ligger langs sidearealet under veibanen med kjeftsluk/sandfang og inspeksjonskummer hver 80 meter. I bunnen av tunnelen er det et oppsamlingsbasseng hvor alt vannet (både spylevann/overvann og grunnvann), samles opp før det pumpes ut ved hjelp av automatiserte pumper. Overvannsrøret er tett (uten

perforering), da dette skal lede overvann/spylevann/oljesøl ned til oljeutskilleren. Dreneringsrøret er perforert, da dette skal samle opp grunnvann og lede det til slambassenget. Pumpeledningen er også tett da den skal lede vann som pumpes fra oppsamlingsbassenget ut av tunnelen.

Sandfangkum med kjeftsluk og spor i asfalten etter rennende bensin er en del av spyle-/overvannsystemet som har til hensikt å drenere vekk overflatevann/oljesøl fra veibanen i forbindelse med vasking av tunnelen/lekkasje fra kjøretøy. Systemet har ikke hatt kapasitet til å fange opp bensinen som har rent videre nedover langs kantsteinen.

Tunnelen har langsgående ventilasjon med luftinntak gjennom portalene. Det er montert fire vifter i hver ende av tunnelen. Viftestyringen skjer automatisk på grunnlag av målinger av CO- og NO-konsentrasjonen inne i tunnelen. Anlegget kan kjøres manuelt fra VTS i Lærdal og Bergen eller overstyres fra et nødstyrepånel utenfor tunnelen. Styling av ventilasjonsanlegget i forbindelse med brann utføres normalt av VTS etter rutiner fastlagt i samarbeid med brannvesenet. Brannvesenet har selv anledning til å styre ventilasjonen via nødstyrepånelet utenfor tunnelen.

Retningen på brannventilasjonen er forhåndsbestemt og skal være i retning fra Klubben mot Hamnen. Denne beslutningen er tatt i samråd med det lokale brannvesenet. Ved manuell overstyring kan trekkretningen endres. Når ventilasjonsanlegget er satt i brannmodus vil det gi en stabil trekk på ca. 2 m/s. Anlegget har ikke redundans i strømforsyningen og vil ikke fungere hvis det oppstår en svikt i strømforsyningsnettet.

Gjennom hele tunnelen er det montert tverrstilte tunnellysarmatur med 55W QL-lamper med 18 meters senteravstand. De er av utførelse IP 66. Det er montert ekstra lysarmatur ved inngangssonene.

Det er radio- men ikke mobildekning i tunnelen. VTS har mulighet til å gjennomføre innsnakk til trafikantene via radio. Det er også installert radiosamband for nødetatene i tunnelen».

Antakelser om Evakueringsrom i Skatestraumtunnelen – kontrafaktisk situasjon

Med en ÅDT på 300 og tungbilandel på 10%, vil et anslag på kjøretøy med farlig gods være 1-2 kjøretøy i døgnet. For å anslå etableringen av Evakueringsrom i Skatestraumtunnelen som en hypotetisk hendelse kunne vi tenke oss at den var inspirert av tidligere branner og de pågående modifikasjonsprosjektene til Statens vegvesen. Samtidig måtte Evakueringsrom bli sett på som et verktøy med funksjoner som ville medført betydelige endringer i rutiner og arbeidspraksis for VTS-ene i Bergen/Lærdal, de relaterte alarmsentralene i Sogn og Fjordane og i Hordaland, drifts- og vedlikeholdspersonellet med ansvar for tunnelen (i og utenfor Statens vegvesen) og nød- og bergingstjenestene. Tidsfaktoren er både usikker og kritisk for å vurdere relevansen av Evakueringsrom, men funksjonene som blir designet inn forsøker vi å illustrere.

I Skatestraumtunnelen ville det vært installert to Evakueringsrom med en CC avstand på ca. 630 meter. To Evakueringsrom ville vært nødvendig for å unngå Evakueringsrom i bunnen av tunnelen. Vi har da forutsatt at profilen på tunnelen medfører at en frisk person vil bruke ca. 5-6 minutter i normal gange (1,5-1,8 m/s) på å forflytte seg fra et Evakueringsrom til det neste, det er da ikke tatt hensyn til eventuell røyk og innholdet i

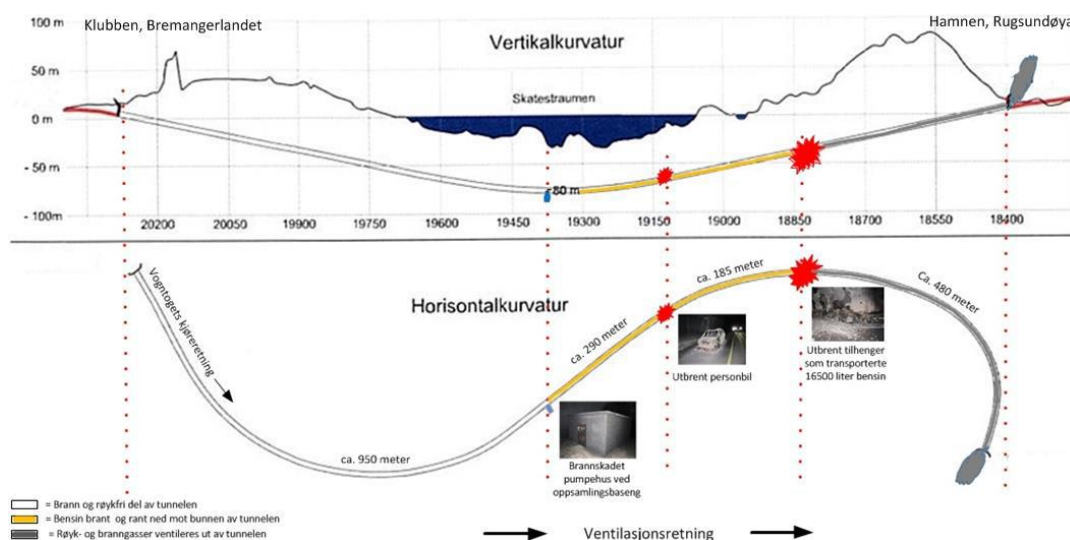
denne. Fra portalen på hver side ville Evakueringsrommet ligget ca. 630 meter inn. Hovedbrannen var 450 meter inn i tunnelen fra Hamnen-siden, og da ville det nærmeste Evakueringsrommet (nr:1) ligge ca. 180 meter fra brannen. Rommet ville vært isolert med en brannmotstand på H-120 (to timer hydrokarbonbrann). Rommene ville typisk vært dimensjonert for en tenkt buss og noen trafikanter for øvrig, i størrelse og luftforsyning for 40-60 personer. Begge rommene ville vært trykksatte med et overtrykk på 100 Pa mot trykk i tunnelen i for eksempel to timer. Rommene ville vært utstyrt med rampe og automatisk døråpning for enkel adkomst, luftsluse for å unngå direkte inntrengning av gasser og røyk, innlåst røykdykker-utstyr, toaletter, sitteplasser, førstehjelpsutstyr, vann, rømningsmasker, videoovervåkning og videokommunikasjon mot VTS/110-sentralen. Vi antar at utstyret ville hatt alle funksjonene beskrevet i kap. 2, og vurderer betingelsene i selve hendelsen ut fra den forutsetningen.

5.2.7.2 Hendelsen inklusiv kommentarer

«Da vogntoget hadde kjørt av fergen på Oldeide, stoppet føreren for å slippe forbi de bilene som kom av fergen etter vogntoget. Dette for å unngå å ha disse bak seg da veien mot Florø var smal og svingete. Han ønsket heller ikke å ha kjøretøy bak seg gjennom Skatestraumtunnelen, som har sitt laveste punkt 80 meter under havflaten og et fall/en stigning på 10 %, se figur 5.10.

Ca. 10 minutter etter at vogntoget startet fra Oldeide fergekai med retning mot Florø, kjørte det inn i Skatestraumtunnelen på Fv 616. For å unngå varmgang i bremsene ved nedkjøring til tunnelens laveste punkt benyttet føreren kun bilens retarder og motorbrems. Rundt 450 meter etter at vogntoget startet oppkjøringen fra bunnen av tunnelen hørte føreren et smell, og merket at vogntogets hastighet økte uten at han ga mer gass. Da han kikket i speilene så han at tilhengeren hadde løsnet fra trekkbilen og sto med fremre høyre hjørne mot tunnelveggen et stykke bak lastebilen. Han stoppet lastebilen og gikk ut, og så da at deler av tilhengerdraget fremdeles var festet til bilen. Tilhengerdraget var røket i framkant av innfestingen til tilhengeren, se figur 5.13.

Utskrift fra tankbilens fartsskriver viser at den like etter innkjøring i Skatestraumtunnelen holdt en registrert hastighet på 74 km/t. Hastigheten økte ned mot bunnen av tunnelen, og var 89 km/t da den startet oppkjøringen fra bunnen av tunnelen. Da tanktilhengeren løsnet fra trekkbilen var registrert hastighet redusert til ca. 45 km/t.



Figur 5.19: Hendelsessted og vogntogets kjøretning. Kart: Vegkart, Statens vegvesen

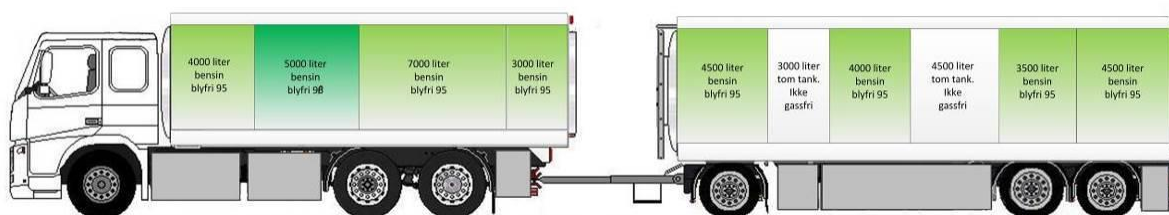
Da han så mot tilhengeren, oppdaget han at det rant bensin fra tilhengerens fremre tankrom. Føreren varslet umiddelbart Vegtrafikkentralen (VTS) om hendelsen via tunnelens nødtelefon, slik at de fikk stengt tunnelen. Han varslet samtidig en møtende personbil slik at den fikk snudd og kjørt ut av tunnelen.

Føreren av vogntoget var en norsk mann på 52 år på hendelsestidspunktet. Han hadde vært ansatt i Måløy Havneservice AS i flere år, og hadde lang erfaring som tankbilsjåfør. Han hadde ansvar for oppfølging og vedlikehold av firmaets kjøretøy, og var en av firmaets nøkkelpersoner når det gjaldt innkjøp av kjøretøy og utstyr.

Utskrift av aktivitetslogg for førerens kjøre- og hviletid viser at han helgen før hendelsen hadde en foreskrevet ukehvil. Arbeidsdagene mellom siste ukehvil og den aktuelle hendelsen var gjennomført i henhold til fastsatte arbeidstids-, og kjøre- og hviletidsbestemmelser.

Det var også 16 andre trafikanter i tunnelen da hendelsen inntraff. Disse trafikantene var fordelt på fem kjøretøy (fire personbiler og en campingbil).

Vogntoget besto av en treakslet tankbil og en treakslet tanktilhenger. Det var lastet med 35 500 liter bensin som skulle leveres i Florø. Bensinen var lastet på vogntoget som vist i figur 5.11.



Figur 5.20: Lastens plassering på vogntoget som var involvert i hendelsen i Skatestraum-tunnelen 15. juli 2015. Illustrasjon: SHT

Lastebilen var en 2011 modell MAN 26.540, type 6x2-2 LL/LLS. Den var registrert ny på nåværende eier (Måløy Havneservice AS, Måløy) 23. september 2011, og hadde påmontert en tank av type HNK Bilcon, med fire separate tankrom, se figur 5.11. Bilen ble siste gang godkjent i periodiske kjøretøykontroll 21. august 2014.

Bilen var godkjent for transport av væsker med flammepunkt ikke høyere enn 60° (FL + AT kjøretøy). ADR godkjenningssattest ble første gang utstedt 30. september 2011, og ble siste gang fornyet 24. september 2014, med gyldighet til 2. oktober 2015.



Figur 5.21: Tanktilhenger av tilsvarende fabrikat og type som den som brant i Skatestraum-tunnelen. Foto: SHT

Tanktilhengeren var en 1997 modell Eurotank type ET. Tanken var bygget i aluminium og var selvbærende. Den hadde seks separate tankrom, se figur 5.2.4.3. Tanktilhengeren ble registrert første gang 23. juli 1997. Forrige eier kjøpte den i 1999 og eide den fram til Måløy Havneservice AS kjøpte den 19. januar 2012. Måløy Havneservice AS var eier på hendelsestidspunktet.

Tanktilhengeren var godkjent for transport av væsker med flammepunkt ikke høyere enn 60° (FL + AT kjøretøy). ADR godkjenningssattest ble første gang utstedt 23. juli 1997, og ble siste gang fornyet 30. april 2015, med gyldighet til 30. april 2016.

Tilhengerdraget var ved levering fra tilhengerfabrikant utstyrt med påsveide stigtrinn på hver av de to dragstengene, og en påsveiset strekkmetallrist på toppen. Denne påsveisingen var ikke utført av VBG, som har produsert tilhengerdraget.

Undersøkelse av tilhengerdraget, som SHT og Forsvarets laboratorietjeneste har gjennomført, viser at det var store innvendige rustskader i begge dragstengene til tilhengerdraget. Disse rustskadene resulterte i overbelastning av dragstengene, som medførte at disse røk under kjøringen i tunnelen».



Figur 5.22: Rustskader i tilhengerdrag påvist i kontroll hos Statens vegvesen i mai 2011. Foto: Statens vegvesen

Kommentarer knyttet til varsling, situasjonsforståelse og rømning

Hendelsen var ingen typisk hendelse og den ville stilt store krav til VTS om rask respons. Føreren av tankbilen handlet raskt og fikk varslet møtende trafikk, og dermed ville Evakueringsroms funksjon vært rettet mot trafikantene som eventuelt befant seg i den 1,5 km strekningen bak hengeren og ut til Klubben. Fra tankbil-føreren oppdaget at tilhengeren forsvant til det begynte å brenne gikk det to minutter. Trafikantene som allerede hadde punktert, stoppet og gått ut, ville gjerne valgt å løpe i retning av Evakueringsrom i retning Klubben?

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Trafikantenes forkunnskaper.
- Trafikantenes kunnskap om Evakueringsrom

- Trafikantenes tillit til Evakueringsrom.
- Prosedyrer for bruk av Evakueringsrom.
- VTS sin operasjonelle tenkning og bruk av Evakueringsrom.
- Kommunikasjonsteknologiens pålitelighet.
- Avvikshåndtering av aktørene (VTS, nødetater, trafikanter).

Tilbake til hendelsen:

«I overkant av to minutter etter at føreren oppdaget at hengeren hadde løsnet fra bilen hørte han et nytt smell, og så da at det hadde begynt å brenne i bakkant av tanktilhengeren. Ventilasjonen i tunnelen førte røyken fra brannen i retning mot tankbilen, og føreren valgte da å kjøre bilen ut av tunnelen. Røykutviklingen fra brannen tiltok, og den siste strekningen før tankbilen var ute kjørte den i tett røyk. Føreren parkerte tankbilen i god avstand fra tunnelåpningen, men måtte senere flytte den på grunn av meget stor røyk- og varmeutvikling.

Etter tankvogntoget kjørte fire personbiler og en campingbil inn i tunnelen. Tre av personbilene og campingbilen klarte å snu og kjøre ut av tunnelen, mens en personbil ble forlatt 150 m bak den havarerte tilhengeren. Føreren og passasjerer fra personbilen som ble forlatt evakuerte etter hvert i campingbilen som var en av de to siste bilene som forlot tunnelen. Brannen i tanktilhengeren og tunnelen utviklet seg raskt, og store deler av bensinen som var i tilhengerens fremre tankrom rant ut og ned mot bunnen av tunnelen. All bensinen ble etter hvert antent, og brannen spredde seg fra bunnen av tunnelen opp til de østre utløpet, som utgjør en strekning på ca. 900 meter. Tanktilhengeren og den evakuerte personbilen brant opp, og tunnelen og infrastrukturen i denne ble påført store skader.

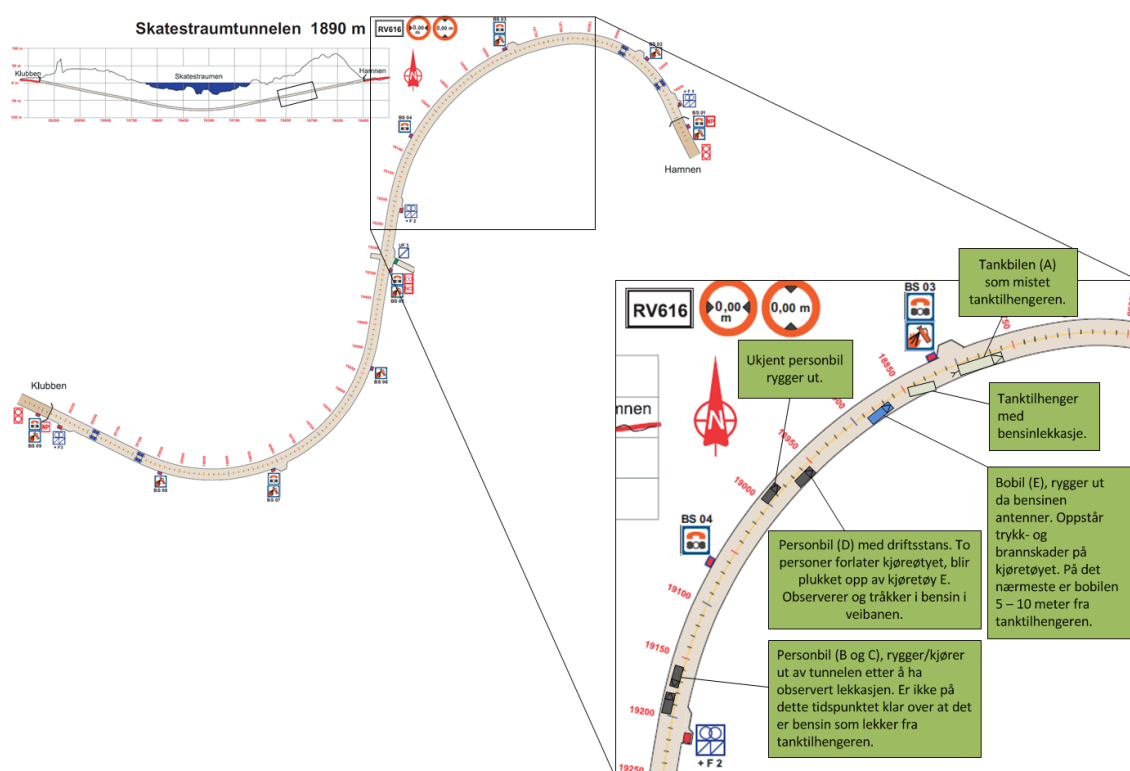
Da tilhengeren løsnet fra tankbilen var det fire personbiler og en campingbil inne i tunnelen. Den første bilen (personbil) tok igjen vogntoget like etter bunnen av tunnelen, og kjørte etter det til tilhengeren løsnet fra bilen. Føreren av personbilen reagerte på at tilhengeren begynte å vingle kraftig 50 – 100 meter før den løsnet og traff tunnelveggen. Da føreren av personbilen så at det rant væske fra tanktilhengeren, valgte han å snu og kjøre tilbake samme veien som han kom inn. Han fikk varslet den første bilen han møtte på returen, mens de tre andre fortsatte videre mot den havarerte tanktilhengeren.

Like etter at campingbilen startet oppkjøringen fra tunnelen registrerte føreren og passasjerer at det rant væske nedover langs høyre kant av sitt kjørefelt. På vei oppover kjørte de forbi en personbil som sto stille i deres kjørefelt, før de kom fram til tilhengeren som hadde kjørt inn i tunnelveggen.

I det campingbilen var 5 – 10 meter bak tanktilhengeren hørte de et smell, og det begynte å brenne rundt tilhengeren. Trykkbølgen fra brannen førte til at campingbilens panser ble presset oppover og lyktene på bilen løsnet. Føreren begynte umiddelbart å rygge tilbake mot bunnen av tunnelen. De to i bilen fortalte at brannen spredde seg raskt i bensinen som rant i veibanen. Da de rygget nedover sto flammene fra den rennende bensinen opp langs siden på campingbilen.

Da campingbilen nærmet seg bunnen av tunnelen tok de igjen to personer som løp nedover. De kom seg etter hvert inn i campingbilen, og det viste seg å være føreren og passasjeren i personbilen som campingbilen hadde kjørt forbi på vei opp mot tankbilen. De to personene fortalte at de hadde stoppet fordi de hadde punktert, og forlot bilen og løp nedover mot bunnen da de hørte smellet og så brannen ved tanktilhengeren. Da de forlot bilen tråkket de ut i den rennende bensinen.

Campingbilen rygget så videre ned mot bunnen av tunnelen og et stykke opp mot Bremangersiden. Da de følte de var i sikkerhet, snudde føreren campingbilen og kjørte ut av tunnelen. Figur 5.14 viser kjøretøyenes plassering/posisjon i tunnelen i tidsrommet det begynte å brenne i tilhengeren».



Figur 5.23: Kjøretøyenes posisjon i tidsrommet det begynte å brenne i tilhengeren. Illustrasjon: SHT

Kommentarer knyttet til kommunikasjon med trafikanter, rømning og evakuering

Bilen som kjørte inn i bensindampen var nummer tre etter tankbilen. Selv med god og tidlig varsling fra VTS er det ikke sikkert Evakueringsrom ville redusert antall skadde i denne hendelsen.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Kunne Evakueringsrom bidratt til at evakueringen ble forsinket, dvs økt fare for personskade?
- Ville Evakueringsrom bidratt til at de to trafikantene fra den punkterte bilen ikke hadde blitt evakuert?
- Evakueringsroms kopling mot nød- og kriseprosedyrer.

Tilbake til hendelsen:

«Fem av 17 personer som befant seg i tunnelen da tilhengeren begynte å brenne ble påført lettere røykskader.

Den første meldingen om hendelsen ble mottatt av VTS via Skatestraumtunnelens nødtelefon kl. 1025. Meldingen kom fra føreren av vogntoget og gikk ut på at det lekket bensin fra en tilhenger. VTS stengte tunnelen umiddelbart. Alarmsentralen Sogn og Fjordane (ALSF) mottok melding om brann i tilhenger i Skatestraumtunnelen fra fører av vogntoget kl. 1027. De iverksatte umiddelbar trippelvarsling, og varslet politiet og AMK Sogn og Fjordane. Innsatspersonell fra alle redningsetater ble umiddelbart sendt til stedet.

Kl. 1101 ble det meldt at 13 personer hadde kommet ut av tunnelen på Klubben. Kl. 1112 ble røykdykker sendt inn i tunnelen fra Klubben. Kl. 1120 ble det meldt at totalt 17 personer var evakuert mot Klubben og en person mot Hamnen. Disse ble tatt hånd om av redningspersonell.

Kl. 1128 kom røykdykkerne ut av tunnelen. De meldte at det ikke befant seg personer mellom den brennende tilhengeren og utgangen av tunnelen.

Tilhengeren som løsnet fra tankbilen ble totalskadet i brannen som startet da tilhengerens last på 16 500 liter begynte å brenne. Det var kun utbrente rester av tilhengerens for- og bakaksel igjen da brannen var slukket.

En av personbilene som kjørte inn i tunnelen etter vogntoget, ble forlatt ca. 150 meter bak vogntoget fordi den ikke var kjørbar. Personbilen som ble forlatt brant opp.

Campingbilen var 5 – 10 meter fra tanktilhengeren da bensinen antente. Kjøretøyet hadde trykkskader i motorrommet, panseret og hengslene til dette, samt varme- og smelteskader på overflatene på høyre side i tillegg til ødelagte frontlys.

Brannen som oppsto i forbindelse med bensinlekkasjen førte til stor varme- og røykutvikling. Store deler av sprøytebetongen på tunnelveggen og i tunneltaket i området rundt den havarerte tilhengeren løsnet og falt ned. Det medvirket til at det også begynte å brenne i isolasjonsmaterialet (PE-skummet) som var montert bak sprøytebetongen.

Tunnelen ble påført store røyk- og varmeskader i den delen som lå mellom den havarerte tanktilhengeren og utløpet på Hamnen (Rugsundøysiden). Her gikk det spesielt hardt ut over ventilasjonsvifter og elektroinstallasjoner.

Hendelsesstedet hadde en utstrekning på ca. 900 meter. Det strakk seg fra tunnelens lavbrekk, som ligger 80 meter under havflaten, til tunnelens vestre portal som ligger ved Hamnen på Rugsundøya.

Tanktilhengeren ble stående med tankens fremre høyre hjørne mot tunnelveggen i en høyrekurve med radius 400 m og en avstand på 475 meter fra bunnen av tunnelen og 425 fra tunnelåpningen ved Hamnen. Her har veibanen et fall i lengderetningen på om lag 10 % og et ensidig tverrfall mot høyre, sett i kjøreretningen til tankbilen. Tunnelen

var dekket med PE-skum og fiberarmert sprøytebetong. I umiddelbar nærhet til stedet hvor tanktilhengeren løsnet finnes det en SOS-telefon og en havarilomme på venstre side av veibanen sett i kjøreretningen til tankbilen.

Da brannen oppstod i tunnelen fungerte imidlertid ikke systemet for innsnakk. Dette var ukjent for operatøren ved VTS. I Statens vegvesen egen evalueringsrapport «Brann i Skatestraumtunnelen. Evalueringsrapport», Statens vegvesen 2016, står følgende: VTS hadde fokus på bruk av innsnakk og informerte 110 om denne muligheten. Utfra loggene kommer det ikke frem hva 110 responderte på denne anmodningen.

VTS operatør som håndterte hendelsen var ikke klar over at innsnakk under gjeldende tidspunkt var satt ut av drift. Dette var rapportert til VTS, men ikke videreformidlet. Rutinene for dette blir evaluert og fulgt opp av VTS».

Kommentarer knyttet til redningsaksjonen

Ville de to personene som ble plukket opp, også blitt plukket opp dersom det hadde vært Evakueringsrom? Når det gjaldt redningsaksjonen, hvor røykdykkere var inne i tunnelen ville Evakueringsrom kunne bidratt til å redusere usikkerheten om hvorvidt det var folk eller ikke, dvs gitt at det ble brukt av trafikanter, de overlevde og kunne kommunisere.

Usikkerhet i forutsetninger, antakelser og funksjoner

- Evakueringsrom vil kreve at brann- og redningstjenesten øver og trener med utstyret for å trekke ut kvalitetene.
- Varmebelastning på Evakueringsrom, overlevelsessevne og hvorvidt mennesker kunne overleve brannen.
- Brannscenariet
- Evakueringsmuligheter for mennesker.
- Tilpasning av nødetatenes prosedyrer til Evakueringsrom
- Krisekommunikasjonen og bruken av vitneutsagn fra Evakueringsrom i redningsarbeidet

6. Diskusjon

6.1 «Situation awareness» og menneskelige reaksjoner i brann- og røyksituasjoner

Njå & Kuran (2015) fant at mennesker har sin rasjonalitet i krisehendelser, men slike situasjoner er forbundet med så mange andre signal og begivenheter at situasjonsforståelsen ofte avviker med den reelle. Det er ikke en form for undergraving av realitetene som er problemet, det er å rette oppmerksomheten mot realitetene. Her kan forbedrede kommunikasjonssystemer bidra sammen med funksjonelle Evakueringsrom slik at de blir et naturlig valg i kriser. Det er evakueringsystemet som er viktig, ikke Evakueringsrommet i seg selv.

Å erkjenne at tunneler er et farlig sted ved branner er ikke vanskelig å formidle til trafikanter. Det er vanskeligere å formidle strategier de skal følge i ulike situasjoner og hva de eventuelt skal se etter i det fare oppstår. Selvredningsprinsippet er i liten grad kjent (Knapstad & Bjørnsen, 2017; Vatsvåg, 2016). Ulykkesrespons handler kun om overlevelsessevne, og det å begrense skader på liv og helse. Evakueringsrom vil være et tiltak som vil handle om ulykkesrespons, og da som et verktøy trafikanter må bli kjent med og akseptere finnes i tunneler.

Det er nær sammenheng mellom beredskap og ulykkesrespons, tidsfaktoren er ekstremt kritisk. Det vil si at trafikanter i umiddelbar nærhet av brannstedet må ha forstått hva som er i ferd med å skje, og de må ha identifisert korrekt selvredningsatferd. Erfaring fra hendelsene i de norske tunnelene viser at det i svært begrenset grad er oppnådd, og vi har heller ikke kunnskap om hvordan mennesker vil forholde seg til ulike typer varsling i reelle kriser. Evakueringsrom sine funksjoner og brukssituasjoner bør derfor testes ut for å skape et bedre bilde av menneskelig respons. Heller ikke i fremtiden kan tunneleiere regne med at alle klarer å evakuere i røykfrie miljø. Eksponering, tåleevne, og løsninger tilpasset brukergruppene (trafikanter) er kjernen av forskningsaktiviteten her. Assistert redning og evakuering må kun unntaksvis være løsningen, det bør etableres tiltak som forsterker evnen til selvredning. Forskningsresultater (Gandit, Kouabenan, & Caroly, 2009; Kinatader et al., 2013; Nilsson, Johansson, & Frantzich, 2009) viser at trafikantoppmerksomhet oppnås ved å bruke redundante systemer som rettes mot ulike sanser (visuelle, audiovisuelle, bevegelse/vibrasjon, lukt). Informasjonen til trafikantene om evakuering må være kort, enkel og entydig.

Trafikanter og andre brukere av tunnelene er i stand til å lære ulykkesrespons, og det å gjenkjenne faresignaler. Hvordan slik opplæring og erfaringsoverføring skal oppnås krever skreddersydde løsninger, som i dag ikke er utprøvd. FoU-aktivitetene det vil være snakk om her er å utfordre en massestrategi, hvor alle skal ha opplæring, fysisk erfare og respondere på hendelser under utvikling, eller at det settes opp ulike former for simuleringer. Vil en massestrategi på opplæring øke kunnskapen om tunnelbranner og riktig selvredning blant trafikantene? Vi tror at Evakueringsrom også kan være et eksperiment for å teste ut ny opplæringsplan for nye førere som skal følge kravet om sikker tunnelkjøring. Innføringen av Kommisjonsdirektiv 2014/85/EU av 1. juli 2014 om

endring av Europaparlament- og rådsdirektiv 2006/126/EF om førerkort (EUR- Lex, 2014) skal være tiltak for å styrke sikkerhetsnivået i tunneler. Direktivet innebærer endringer i vedlegg II som gjelder krav til innhold i teoretisk og praktisk førerprøve, og i vedlegg III som gjelder helsekrav for førerkortinnehavere. Bakgrunnen for direktivet er at det har blitt gjort store forbedringer når det gjelder tunnelenes utrustning og utforming innenfor EU-landene. For at disse forbedringene skal være effektive, forsøker direktivet å sikre at trafikanter kjenner til og forstår prinsippene for sikker kjøring i tunneler, og kan anvende disse under egen kjøring.

En annen ide er å avgrense kunnskapsoverføring til utvalgte grupper som forutsettes å ta ansvar i selvredningsprosesser. Dette kan være profesjonelle sjåførere, så som tungtransport, taxi-næringen og vaktjenester, som vil få en omfattende innføring i Evakueringsrom-systemet. Det vil si å avgrense opplæringsaktivitetene, men samtidig sikre at det alltid vil være noen til stede i kritiske branner med formell opplæring. Vil en seleksjonsstrategi på opplæring øke sannsynligheten for funksjonell selvredning blant trafikantene?

Det er ulike måter å øke kunnskapen på, måter som vil forsterke selvredningskompetansen blant trafikanter som blir involvert i reelle tunnelbranner. Vi mener at trafikantene må få bedre anledning til selv å reflektere (Sommer, Njå, & Braut, 2013) over brannhendelser i trygge omgivelser, men hvor sansene blir utfordret.

6.2 Diskusjon om usikkerhetene reist i analysen

Dette kapitlet tar opp forhold vi mener er viktige for å forstå mulighetene Evakueringsrom har til å bedre brannberedskapen i norske (og internasjonale) tunneler i tråd med Stortingets vedtatte mål og reguleringsprinsipper. Stortinget har pålagt Regjeringen, Samferdselsdepartementet og underliggende etater å følge Nullvisjonen. Nullvisjonens etiske komponent sier at «tap av liv eller permanente skader i trafikken er uakseptabelt. Ethvert menneske er unikt og uerstattelig». Det kan reises spørsmål ved om vegmyndighetene og vegeier kan i tråd med Nullvisjonen sette på røykventilasjon ved brann i en tunnel, når de vet at det befinner seg trafikanter nedstrøms som de utsetter for livsfare. Først i kapitlet setter vi studien vår i et kritisk lys.

6.2.1 Metodisk tilnærming

I vår studie har vi benyttet kontrafaktiske hendelser som metode. Denne metoden har vesentlige svakheter, hvor de viktigste er forutsetningene og forventningene som trekkes inn i et narrativ. Usikkerhet må diskuteres for å sikre troverdighet. I granskninger etter alvorlige ulykker og katastrofer, for eksempel Tsunami-katastrofen i det sørvestlige Asia julen 2004 (Reinås, 2005) og 22. juli-kommisjonens arbeid (NOU 2012: 14) etter terroraksjonene mot Regjeringskvartalet og Utøya, er bruk av kontrafaktiske hendelser viktige grep for å få frem svikt. Det er Politiet som får brorparten av kritikken fra 22. juli-kommisjonen, hvor alle ledd har sviktet; Terroristen ble ikke stoppet før 22. juli; Terroristen ble ikke stoppet utenfor Regjeringskvartalet; Terroristen ble ikke stoppet like etter bombeaksjonen på veg til Utøya og; Terroristen fikk holde på alt for lenge på

Utøya. Kommisjonen knytter alvorlige svikt, i hovedsak i Politiet til at alle disse forholdene fikk skje. Et eksempel på en kontrafaktisk hendelse henter vi fra rapportens side 126:

Dersom den lokale aksjonsplanen hadde vært gjennomført, ville politiet ifølge kommisjonens estimat ha kunnet ankomme til øya cirka kl. 18.15.

Enhver forelder som vet når sitt barn ble skutt har dermed fått dokumentasjon på denne svikten, og det reiser selvfølgelig spørsmål om strafferettslig ansvar. Dokumentasjonen er ikke er annet enn hypoteser med mange forutsetninger og usikkerheter, som Gjørvekommisjonen ikke har gjort rede for.

I motsetning til granskningsrapportene nevnt over er det i vår metode vektlagt å adressere usikkerheter i analysen, slik at vi ikke fremstiller vurderingene som annet enn hypoteser. Det er hypoteser som krever nærmere studier. Vi vil inkludere disse usikkerhetene i våre anbefalinger til testopplegg omkring løsningene for Evakueringsrom, som kommer i kap. 6.3.

6.2.2 Evakueringsrom garanterer selvredning?

I denne rapporten har vi blant annet brukt Statens havarikommisjon for transport sine rapporter fra de fire store brannene siden 2011. Det har vært flere branner og tilløp til branner etter disse. SHT har pågående analyser, nå også etter siste brannen i Oslofjordtunnelen. Hovedproblemet er at trafikantene må skjønne når det er fare på ferde, dvs når de skal iverksette selvredning. Etter brannen i Oslofjordtunnelen i 2011 er dette fortsatt en stor utfordring. Svært få trafikanter vet hva de skal se etter og hva de skal gjøre når branner har inntruffet. Potensialet for forbedring her er formidabelt og Evakueringsrom kan være et egnet verktøy. En bedre kontroll av trafikkbildet er nødvendig. SEROS/UIS jobber med disse problemstillingene i to PhD-prosjekter og flere pågående masterstudier.

Grunnlaget for EU-direktivets krav om at alle rømningsveier skal lede ut til det fri, er først og fremst begrunnet i hendelsene i Mont Blanc-tunnelen, og muligens St. Gotthard-tunnelen (trafikantene fant dem ikke eller de klarte ikke å åpne dørene). Det er ikke hendelsene i seg selv som begrunnet forbudet mot tilfluktsrom, men de påfølgende granskningene og forskningsaktivitetene som kom i kjølvannet av hendelsene. Granskerne av Mont Blanc hendelsen hadde et veldig normativt perspektiv hvor de «sauset sammen» svakheter hos ulike aktører med endringer i reguleringer og sikkerhetsløsninger. Forskerne, i stor grad finansiert av EU med nær kopling til PIARC bidrog til å forsterke dette. PIARC konkluderte etter hvert at evakueringsrom ikke var anbefalt løsning (Voeltzel & Dix 2005; Haack, 2005). Det har ikke vært noen grundig forskningsinnsats bak disse anbefalingene.

EU-reguleringen gjør det vanskelig for norske myndigheter og tunneleiere å opprettholde selvredningsprinsippet i norske tunneler. De fleste tunnelene i Norge er eldre enn «tunnelsikkerhetsdirektivet» (2004). I stedet for å ikke gjøre noe vil Evakueringsrom bidra til forbedrede løsninger. Hvordan tunneleiere og norske myndigheter vil løse de europeiske regulatoriske utfordringene er i liten grad diskutert i offentligheten, men det

kan være alt fra å jobbe politisk for å endre regelverket til byråkratisk for å søke fravik fra EU-direktivets vedlegg I, punkt 2.3.4.

Skal Evakueringsrom bli oppfattet som et reelt selvredningstiltak, må det diskuteres hva kravene til slike rom skal være. Brunostbrannen varte i fire dager, brannen i Mont Blanc-tunnelen varte i 53 timer, St Gotthard i fire timer, mens de «folkerike» brannene i norske tunneler var over på 90 minutter. Hva skal vi kreve ift integriteten på rommene? Er 2-4 timer rimelig, hva skal avstanden mellom rommene være og hva skal kravet til temperatur være inne i rommet? Lovfestet selvregulering krever at dette blir en vurdering som må gjøres for hver tunnel ut fra omgivelser, trafikkmengde, tilgang for nødetater osv. Passiv brannbeskyttelse, kjøling av rommene med kald luft, lokal kjøling og aktiv brannbeskyttelse vil gjøre at det går an å designe rom som vil motstå de fleste scenariene, det er valg av dimensjonerende hendelse som vil være utfordringen. I dag sitter myndigheter, tunnelforvaltere, transportnæring og øvrige brukere passive og nærmest venter på krisen som vil kreve mange mennesker. Er dette en ønsket trening eller er det fragmentering av ansvar som er årsaken til handlingslammelsen?

Med Evakueringsrom vil innsatsleder brann få et bedre bilde i sann tid som en innsatsleder i andre situasjoner har store problemer å skaffe, også i «normale» redningsinnsatser (Bøhm, 2017; Rake & Njå, 2009).

6.2.3 Dimensjonerende hendelser - katastrofepotensialer

I denne studien har vi analysert Evakueringsrom mot syv alvorlige hendelser, fra ulike epoker og med litt ulike karakteristika. De europeiske er dramatiske med flere tapte menneskeliv men også nærmere 20 år gamle, mens de norske er nylige hvor røykgassene ikke hadde samme alvorlighet. Eksisterende forskning på tunnelbranner vil ikke kunne vise trender eller forklaringer som gir grunn til å skille norske og europeiske hendelser, det er ingen restriksjoner på tungtransport i Norge som ikke finnes i Europa. Brannene i Europa drepte trafikantene raskt når de ble utsatt for røyk, mens i Norge har vi hatt tre hendelser, hvor menneskene tålte røykgassene i mer enn 90 minutter. Vi har ikke sett på helseskadene som følge av røykgassene for de som faktisk overlevde brannene i Europa, og vi har liten kunnskap om langtidsvirkninger for overlevende i de norske brannene. Før vi får troverdig kunnskap om røykgassers innhold i branner i norske tunneler og eventuell manipulering av ventilasjonsforholdene, vil norske myndigheter måtte bidra til at selvredningsprinsippet ivaretas på en bedre måte enn vi ser i dag. Evakueringsrom er en løsning som vil være spesielt viktig i forbindelse med ulykker og branner med katastrofepotensial. Eldre mennesker, barn og personer med funksjonsnedsettelse er spesielt utsatte i forbindelse med en stor tunnelbrann. Evakueringsrom vil også kunne gi disse gruppene et livreddende alternativ.

6.2.4 Forberede trafikanter på Evakueringsrom

Et typisk trekk blant trafikanter i Norge og Europa er at de velger å sitte i egne kjøretøy. Konklusjonen fra Gudvanga I og II samt Oslofjordtunnelen var at det var en god løsning i situasjonene. I Europa fikk løsningen fatale følger for de som valgte det. Vi har for øvrig

sett at i de norske hendelsene samlet trafikantene seg og det er en sterk solidarisk effekt i evakueringsfasen. Trafikantene ønsker å ta seg ut vegen de kom inn.

En opplæringsprosess som har til hensikt å forberede trafikantene på Evakueringsrom i tilfelle nød/brannhendelser vil kreve aktiv innsats fra myndighetene, dvs de som sertifiserer trafikantene og som følger dem opp med hensyn til kompetanse. Det er et krav i trafikkopplæringen som ble gjort gjeldende fra 2017, og her ligger det mange åpninger for å benytte tunneler og andre opplæringsfasiliteter til slike formål. Standardiserte Evakueringsrom som del av helhetlige evakueringsystemer, som inkluderer alle tiltak og rutiner for deteksjon, varsling, informasjon/kommunikasjon og evakuering/rømning må formidles testes og reflekteres over. Trafikantene må møte disse situasjonene på en helt annen måte enn hva studier viser i dag (Knapstad & Bjørnsen, 2017). Bli Evakueringsrom løsningen for fremtiden, behøves det et antall Evakueringsrom for opplæringsaktiviteter også.

Tillit er et nøkkelord her. Hvordan sikre at trafikantene vil tro på at det å rømme til Evakueringsrom vil være en god løsning? En trafikanter som overlevde brannen i Oslofjordtunnelen 2011 sa: *De har laget en 20-25 såkalt brannsikre rom, det kan kanskje være greit det, men jeg vet ikke om det er forskjell på å bli stekt eller kokt* (Njå & Kuran, 2015, s. 33). I en opplæringsprosess må Evakueringsrom oppleves og det må gis solid kunnskap om evakueringsystemets funksjonalitet og motstandsevne mot varme og gass-påkjenninger.

6.2.5 Håndtering av helhetlige situasjoner – samvirke?

Samvirkeprinsippet har potensial for forbedring med hensyn til tunnelbrannberedskap. Et typisk trekk med flere av hendelsene, både i Europa og i Norge er at samvirket er i liten grad utviklet. Mont Blanc tunnelen er gjerne et ekstremt tilfelle hvor italienerne og franskmenn så på sine halvdel som sitt isolerte ansvar og utviklet beredskapsløsninger nærmest uavhengig av den andre parten. I Norge er beredskapsanalyser et nytt krav i tunnelsikkerhetsarbeidet, som kan gi stor uttelling på samvirket i beredskapen. Vi tror at situasjonsforståelse, tidlig informasjon til trafikantene og tilpasning av egne prosedyrer og tiltak til samvirkende aktører har størst potensiale. I så måte vil det kunne måles i bruken av Evakueringsrom, som vil være forutsetningen for et velfungerende evakueringsystem i tunneler. Heldigvis har vi ikke hatt branner hvor flere busser med store antall passasjerer har vært involvert, for eksempel en langt mer alvorlig hendelse enn den vi så i Gudvanga II. Uten evakueringsrom vil en slik situasjon være særdeles truende.

Nødetatene er svært opptatt av samvirke og utvikler opplærings- og øvelsesaktiviteter med samvirke som eget tema. I Rogaland er tunneler en stor bekymring for nødetatene på grunn av det store antallet tunneler som allerede er i regionen i tillegg til alle de nye tunnelene som vil være i drift de neste 5-10 årene. Når det gjelder tunnelbrannsikkerhet er det litt rart at verken vegeier, vegmyndighet eller transportnæringen selv har stått frem og forlangt å delta som samvirkende aktører. En sikkerhetsstyring av tunneler som relateres til tunnelsystemet i sin helhet (Leveson, 2011) burde være en spennende løsning for et ambisiøst Statens vegvesen.

6.2.6 Erfaringer fra Oslofjordtunnelen

Eureka overtok i april 2017 drift og vedlikehold av luftsystemene i evakueringsrommene i Oslofjordtunnelen (20 stk). Eureka sine oppgaver er:

- Månedlig kontroll av alle systemene for å sørge for at de er klare til bruk ved behov.
- Bytte luft i flasker på årlig basis iht. Lov om åndedrettsvern.
- Utvikle instruks for drift og vedlikehold av systemene fremover, som skal danne konkurransegrunnlaget for utlysning av vedlikeholds kontrakten fremover.
- Diverse oppgave, så som å innføre en del nye kvalitets- og sikkerhetsforbedringer av systemene og rutinene, for eksempel kalibrering av manometer, kontroll av luftkvalitet, funksjons testing av skap med mer.

Eureka har på eget initiativ også gjennomført en test av et tilfluktsrom i tunnelen for å kunne gjøre en egen evaluering av kvaliteten og funksjonaliteten til luftsystemene.

Eureka mener at de nåværende systemene ikke har tilstrekkelig kapasitet og overlevelsessevne ved en potensiell storbrann i Oslofjordtunnelen, jfr hendelsen i Skatestraumtunnelen eller brannene i Europa. Eureka mener at:

- grunnlaget for skapene er basert på en gammel tilfluktsromstandard.
- det er ikke tilstrekkelig pusteluft til det antallet personer som hvert rom er godkjent for i to timer.
- luften som leveres klarer ikke å opprettholde et stort nok overtrykk. Ved en større brann kan dette medføre at røyk- og branngasser presses inn i evakueringsrom.
- det er ikke lukkede sluser for adgang til rom. Ved en brannspredning bak hvelvet vil det kunne medføre at mange rom vil bli utilgjengelige. Tunnelen er forøvrig isolert med PE skum i store seksjoner mellom hvelvet og fjellet, som er en trussel i seg selv.
- systemene fremstår som upålitelige og vanskelige å regulere til korrekt luftleveringsmengde.

Eureka var i Oslofjordtunnelen på inspeksjon den 2. mai, hvor Eureka fant en kritisk feil på system P. 5. mai brant det i tunnelen og to personer evakuerte til Evakueringsrom P. Brannen var ikke omfattende og brukerne benyttet ikke luftflaskene, selv om det burde vært en innarbeidet prosedyre uansett ved reell evakuering. Trafikantene var i kontakt med VTS men ble ikke instruert eller de forsto ikke hvordan flaskene skulle aktiveres. Trafikanten som åpnet døren til Evakueringsrommet fikk brannskader i hånden, som viser at håndtakene ikke har vært egnet.

Det er behov for oppdatering av prosedyrer hos VTS for å gi flerspråklige instruksjoner i rommene.

6.2.7 Evakueringsrom integrert i dagens beredskapsplaner for en undersjøisk tunnel

Vi har sett på Rogaland brann og redning sin «beredskapsplan tunnel» revidert 23.01.2015 og vurdert hvordan en slik plan kunne integrere Evakueringsrom som en del av beredskapssystemet. Beredskapsplanen er inndelt i temaene; Melding; Varsling; Stab; Materiell & planverk; Praktisk ansvar; Evakuering; Prioritering; Informasjon til utenforstående; Informasjon til andre myndigheter; HMS Prosedyrer; og Revidering. Planen knyttes til objektplaner for den enkelte tunnel, hvor vi for eksempel kan tenke oss Byfjordtunnelen like utenfor Stavanger. Objektplanen gir en oversikt over tunnelen og alle sikkerhetstiltakene presentert på skisser, den illustrerer kommunikasjonssystemene, kritisk inventar som PE-skum, ventilasjonsretning, rømningslys, skilt, nisjer, sensorer, med mer. Planen sier noe om kjørevei (også alternativ), forventninger til Vegvesenet (punkt for utsjekking), utstyr som må med, oppmøte-/kommandoplass, mulighet for innsnakk på P1, videoovervåkning, røykventilasjon, samband, slokkevann, nødstyrepanel i kiosk utenfor hver munning, og sikkerhetsutrustning.

Det er mange vurderinger som innsatsleder/fagleder brann må gjøre ved en større innsats som inkluderer trafikanter som kan bli tungt eksponert for røyk. Beredskapsplanen er generell og vil være en del av lederens internaliserte fagkunnskap, mens objektplanen er to skisser og en tolvpunkts liste med kommentarer som kan være nyttig verktøy i situasjonen der og da. Når det gjelder listen vil 8-9 punkter være aktuelle å vurdere eller se til for innsatslederen, men i realiteten vil han/hun være øvd og trent i tunnelobjektene slik at alt er velkjent.

Installerte Evakueringsrom er fullstendig i tråd med beredskapsplanen til RBR, som slår fast at liv og helse har prioritet uansett. Det betyr at i meldingsfasen (punkt 1) må det etterspørres om Evakueringsrom er tilgjengelig og hvordan trafikanter evakuerer (i tunnelen er det videoovervåkning). Det spørsmålet må komme frem før spørsmålet om røykventilering, som vil være en vurdering fagleder må ta i samråd med VTS. Under punktet om varsling vil det også være naturlig at samvirke med VTS og de andre nødetatene bringes inn for å sikre at trafikantene blir informert og kommunikasjonslinjer tilrettelegges for sikker evakuering (fortrinnsvis ut, eventuelt til Evakueringsrom).

Forutsetningen er en veldig aktiv VTS og 110-sentral. Bruk av og tilgang til Nødnettet er også en problemstilling her. Som innsatsleder brann blir det viktig å vite hvem som er i Evakueringsrom og hvem som fortsatt er i bil eller på vandring. Radioinnsnakk og variable informasjonsskilt som beredskapstiltak må prioriteres og sikres høy pålitelighet og tilgjengelighet. Brann- og redningstjenesten må bli gode på å lese skadebilder på video. Hvor lenge skal innsatsleder brann utsette brannventilasjonen? For innsatsleder brann er et av hensynene å unngå at «backlayering» utsetter angrep samt at bilister blir lurt av vifteretning. Det betinger mye informasjonsarbeid opp mot brukere av tunneler, som må komme raskt til Evakueringsrom. Trafikanter som kommer til Evakueringsrom må sørge for situasjonsrapport og de må ta en rolle i å sikre at alle med behov for

evakuering kommer inn i Evakueringsrom. Informasjonen fra Evakueringsrom blir en del av beslutningsunderlaget for fag-/innsatsleder brann om å sette på maksimal ventilasjon, i dette tilfellet fra Harestad (Randaberg) mot Sokn (Rennesøy). Av andre viktige hensyn er lokasjonen av brannen, eskaleringspotensial, egen sikkerhet/HMS, og usikkerhet knyttet til trafikantene (antall, tilstand, posisjon). Dette vil være koplet til beredskapsplanens punkt 6 «Evakuering».

Røykventilasjonen som et sikkerhetstiltak kan dermed brukes mer aktivt, ved å avvente så lenge som mulig til trafikantene har rapportert at de er i sikkert område, eller at røykproppen har nådd personer inne i tunnelen. På det tidspunktet må full ventilasjon eventuelt settes på, og dagens rutiner følges.

Dersom vi snakker om tunneler uten overvåkning, for eksempel Finnøytunnelen, blir meldings- og varslingsfasen enda viktigere hvor kommunikasjonen med innringer (ofte er det fører av tungt kjøretøy) blir sentral. Innringer/tungbilfører må ta aktiv rolle i evakueringsfasen til Evakueringsrom (ofte fra kjøretøy som ikke kan snu inne i tunnelen) og eventuelt gi situasjonsrapporter. Da er disse grunnlaget for fagleders beslutning om røykventilasjon hvor trafikanter med mulighet for å ta seg til Evakueringsrom får optimalisert sin mulighet.

6.3 Funksjonaliteter i Evakueringsrom tilpasset norske tunneler

Vi avslutter dette kapitlet med å vise til erfaringer fra andre sektorer som har risikoforestillinger som inkluderer minst like ekstreme hendelser som vi finner i tunneler, hvor Evakueringsrom er anbefalt løsning.

6.3.1 Erfaringer fra andre sektorer og risikoutsatt industri

Vi har ikke gjort en omfattende studie av erfaringer fra andre sektorer, men vi avgrenser til sektorer hvor Eureka har levert evakueringsrom:

- Olje og gassindustrien offshore / onshore
- Petrokjemisk industri
- Gruveindustrien

I olje og gass-industrien og petrokjemi-bransjen har evakueringsrom vært i bruk i lang tid. Evakueringsrom designes ut ifra lokasjon, påkjenninger og tid de skal fungere, dvs basert på risikovurderinger. Noen av disse evakueringsrommene (Shelter In Place) skal stå midt i prosessanleggene for å beskytte personer som arbeider i disse områdene ved utslipp av giftig gass, brann eller potensiell eksplosjon.

Engineeringen sine hovedaktiviteter er som følger: Først gjøres det analyser av gassen operatøren har i områdene og hvilke konsentrasjoner som kan oppstå ved en «blow out» fra reservoaret eller ved lekkasje på prosessanlegget. Ut fra dette gjøres det risikoanalyser og simuleringer på hendelser som kan forekomme.

Risikoreduserende tiltak vil da typisk være redundante nedstengningsventiler «ESD¹³» som sikrer nedstengning av lekkasje innen en bestemt tid. Det kan være slukkeanlegg som kan nedkjempe mindre branntilløp og middels store branner og kan kjøle ned omkringliggende rør og tanker ved en potensiell brann.

På bakgrunn av analyser av prosess, reservoarer og aktivitetene i områdene utvikles og predikeres kvantitative mål på konsentrasjoner av giftige og eksplosive gasser. Her ligger grunnlaget for hvilke gasskonsentrasjoner, varmelaster og eksplosjonstrykk Evakueringsrom skal kunne motstå. Sikkerhetsmarginer designes inn. Antall personer som arbeider i området er typisk dimensjonerende for størrelse på Evakueringsrom, typisk 0,6 m² per person, fritt gulvareal i selve Evakueringsrommet og størrelsen på sluse inn til rommet.

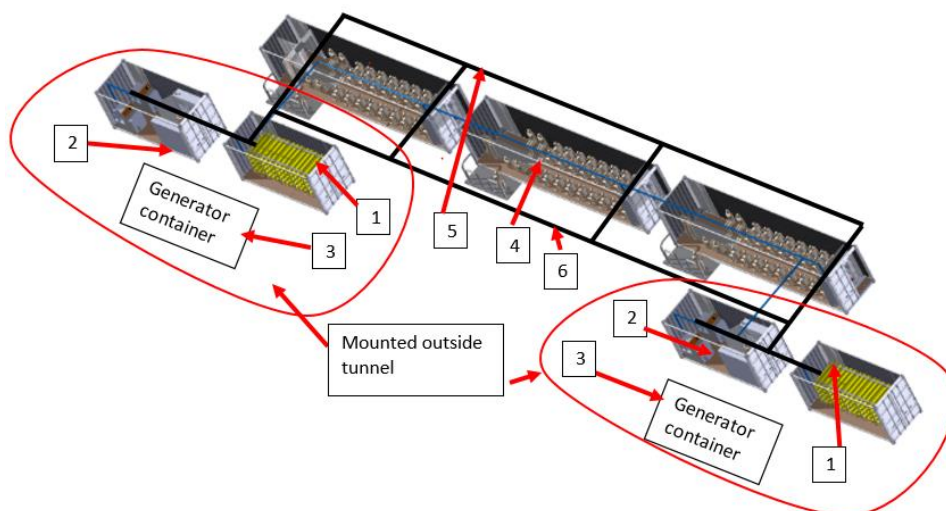
Omgivelsestemperaturer og varmelaster ved brann brukes for å dimensjonere kjøleanlegg, termisk isolering, og passiv brann beskyttelse. Når Evakueringsrom er plassert tett på prosesslinjer kan dette typisk stille krav til beskyttelse mot jet brann en viss tid, for eksempel ved en lekkasje på en gasslinje med påfølgende antennelse av gassen. Ved potensiell overopphetning av et gassrør, tank el., lekkasje av lettantennelige gasser, kan dette danne grunnlaget for krav til beskyttelse mot eksplosjonslaster. Samlet gir dette spesifikasjonen med krav til evakueringsrommene (Tengizchevroil, 2013).

6.3.2 Optimalisering av Evakueringsrom i et evakueringsystem tilpasset designprinsippene som styrer utformingen av norske tunneler

Hvordan utvikle dimensjonerende ulykkeshendelser for sikkerhet, beredskap og respons, som ivaretar samvirkeprinsippet? Hvilke hendelser bør det være, og hvordan kan det danne grunnlaget for selvredning? Ved Universitetet i Stavanger har vi vært opptatt av disse problemstillingen og vi har foreslått noen løsninger, se for eksempel (Bjelland, Njå, Heskestad, & Braut, 2014; Borg, Njå, & Torero, 2015). Begge referansene over viser anbefalinger til designprosesser for å finne frem til gode løsninger, i dette tilfelle for Evakueringsrom. Vi avgrensner fremstillingen nedenfor til anbefalte løsninger og krav, hvor vi tenker oss at Evakueringsrom er en del av evakueringsystemet i tunneler. Dette er en forlengelse av presentasjonen av Evakueringsrom i kapittel 2.

I tunneler kan typisk dimensjonerende hendelse være brann i to til tre timer, opp mot 150 - 200 MW. Hendelser med mennesker involvert har til nå i Norge vært nedkjempet og tunnelen ferdigsøkt i løpet av 90 minutter. Dersom tunneleier velger å benytte seg av en pusteluftkompressor, kan denne levere luft til 1 til 2 rom over lengre tid ved spesielle branner som tar lang tid å nedkjempe. Ved bruk av en kombinasjon av lagret pustet luft og pusteluftkompressorer kan systemet i en tidlig fase av en nødsituasjon levere store luftmengder til alle rommene i tunnelen. Etter en periode kan en operatør på utsiden av tunnelen blokkere ut Evakueringsrom som ikke er benyttet av evakuerte, for å levere luft til Evakueringsrom som behøver luften.

¹³ ESD – emergency shut down



Figur 6.1: Systemet av Evakueringsrom

På utsiden av hver tunnelåpning kan et oppsett som vist i figur 6.1 sikre forsyning til Evakueringsrom (4) i tunnelen under en nødsituasjon. Det samlede systemet av Evakueringsrom (figur 6.1) består av to flaskebank-konteinere (1) to generator-konteinere (3), to kompressorer og kontrollroms-konteinere (2). Systemet består også av redundante linjer for luftforsyning (5, 6). Tallene i parentes viser til angivelsene på tegningen.



Når det gjelder Evakueringsroms brannmotstand er to timer med en brann helt inntil konstruksjonene designkriteriet, basert på en standard brannkurve (ref ISO, xx). Ved å trekke Evakueringsrom noe vekk fra kjørebanelen og opparbeide terrenget kan tunneleier øke tiden for beskyttelse mot brann betraktelig. Evakueringsrommene må brannsikres mot eventuelle brannlaste som kan oppstå både for å ivareta integriteten i stålkonstruksjonene og å ivareta en temperatur i oppholdsrommet på under 40 grader.

Å installere Evakueringsrom langs hele tunnelens lengde med en avstand på 250-500meter vil gi trafikanter i en tunnelbrann mulighet for å komme seg ut av tunnelrommet hvor det kan oppstå ekstremt høye temperaturer, varme og giftige røykgasser og kjøretøy som tar seg frem med dårlig sikt. Brannene i Europa var intense, og spesielt i Mont Blanc tunnelen. Den brannen drepte røyksponte raskt, granskningsrapporten anslo innen 15 min. Ved lignende forhold i Norge som dimensjoneringskriterium kan ikke Evakueringsrom ha en større senteravstand enn 500 meter.

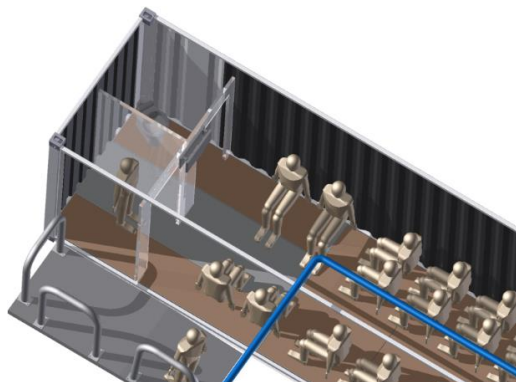
For å minimere vedlikehold i tunnelene kan de tekniske installasjonene i stor grad flyttes til utsiden av tunnelen slik at utstyret kan vedlikeholdes mens tunnelen er i drift. Ved

bruk av redundante tilførsler fra hver side av tunnelene vil man til enhver tid ha 100% kapasitet mens vedlikehold utføres.

Selve Evakueringsrom-kontaineren bør dimensjoneres for å sikre en hel buss med passasjerer (turister med ulik etnisitet og kondisjonering). Her vil det være viktig og finne en løsning hvor universell utforming tilstrebes, og inkluderer for eksempel gamle, barn, handikappede og fremmedspråklige.

Evakueringsrommene kan inneholde følgende hovedelementer:

- En rullestolrampe og dører som åpnes ved motoriserte døråpnere og trykknapp.
- En sluse som hindrer direkte åpning mellom oppholdsrom og tunneløp.
- Et hovedoppholdsrom som kan gi sikre omgivelser for et gitt antall mennesker (ca 50) med sittemuligheter og arealer for rullestoler og skadde.
- Et eget avlukke med toalettfasiliteter.



Rommene vil være helt automatiske og det vil ikke kreve noen aksjoner fra personer som tar i bruk et slik rom. Ved ankomst til rommene vil en video/bildeserie startes automatisk og personer vil bli informert om hva de skal gjøre. Utstyr for kommunikasjon med VTS og 110-sentralen/fagleder brann er del av systemet. En person må ta ansvaret for å kommunisere med redningstjenesten utenfor.

Oppholdsrommet er trykksatt med et minimum overtrykk mot tunneløp på 100 Pa og luftslusen 50 Pa for å unngå innsig av branngasser fra utsiden.

Slusene vil kunne utstyres med innlåst utstyr for å bistå evakueringspersonell, for eksempel kommunikasjon til operasjonsleder, røykdykker-utstyr og førstehjelps-utstyr. Ved å gi Evakueringsrom multiple funksjonaliteter og relatert utstyr, vil det føre med seg vedlikeholds- og inspeksjonsaktiviteter for å holde utstyret operativt.

Evakueringsrommene bygges som moduler opp til størrelse 3,5x3,5x12 meter. Modulene er enkle å installere, også i eksisterende tunneler. En løsning er å retningsbore mellom nisjene som sprenges ut for konteinerne, for å sikre uavhengige og nedkjølte lufttilførsler til Evakueringsrom, samt at det skal være mulig å bytte ut moduler for oppgradering og reparasjon etter en hendelse. Evakueringsrom vil bli standardisert, slik at opplæring av redningspersonell, trafikanter, vedlikeholdsoperatører etc. skal bli så enkel som mulig.

Hvordan sikre at oppmerksomheten til trafikanter blir dreiet mot det spesifikke farlige forholdet som er oppstått og at korrekt rømningsatferd utvises? Vi diskuterte økt kunnskap, kompetanse og tillit blant brukerne av tunnelene i kapitlene over. Det er et viktig element av Evakueringsrom, men vi beskriver ikke det ytterligere her. Vi går heller ikke inn på funksjonene beskrevet i kap. 2. Tunnelleiere bør imidlertid vurdere bedre ledning inn mot Evakueringsrom, ved bruk av gangsoner og ledelys.

Gangsoner og ledelys: Som et hjelpende tiltak for å lede personer ut av tunnel eller inn til evakueringsrom i tett røyk kunne et lyssatt leidersystem vært innført slik at personer kan følge leder til nærmeste evakueringsrom eller ut av tunnelen. Leder kunne vært montert med en avstand på ca: 80-100cm fra tunnel vegg slik at personer som ferdes i tunnelen til fots kan komme seg ut av kjørebanelen for en tryggere evakuering.

6.3.3 Forslag til pilot-testing og videre utvikling av Evakueringsrom

Implementeringsforskning vil være det førende designet for testingen av Evakueringsrom. For eksempel vil det være viktig å avdekke konsekvenser av implementering av tiltaket i et livsløpsperspektiv. Det krever etiske vurderinger, kost/nytte-effekter og en kontinuerlig vurdering av forskningskvalitet. Evakueringsrom sine funksjoner bør derfor testes ut i varierte oppsett for å skape et bedre bilde av menneskelig respons. Heller ikke i fremtiden kan tunneleiere regne med at alle klarer å evakuere i røykfrie miljø. Eksponering, tåleevne, og løsninger tilpasset brukergruppene (trafikanter) er kjernen av forskningsaktiviteten her. Evakueringsrom vil være en del av sikkerhetssystemet som skal virke ved behov i den daglige sosio-tekniske konteksten ute i tunnelsystemet med alle samvirkende aktører. Forskningen er med andre ord behovsdrivet, løsningene må være dynamiske og tilpasningsdyktige, hvor fasene for studiene splittes i følgende:

Fase 1. Mulighetsfasen

Studie av muligheter for Evakueringsrom i den helhetlige sikkerhetsstyringen av tunneler utvikles med basis i dagens kunnskap. Eureka's aktiviteter både i Oslofjord-tunnelen, deres praksis i andre næringer og demonstrasjoner av Evakueringsrom er med på å bygge kunnskap om effekter. Studien i denne rapporten er også en del av dette.

Fase 2. Storskala funksjonstesting

Det er ønskelig å teste en konteiner i en storskala funksjonstest. Rogaland brann og redning kjører tester kontinuerlig i sine undersjøiske tunneler, og et av forslagene er å utvikle et eksperiment med et installert Evakueringsrom. Dette kan skje i nær fremtid. Lignende eksperimenter kan også gjøres i Runehamar-tunnelen og andre steder. Dersom systemet blir funnet relevant for implementering i operative tunneler, må det legges til rette for opplæring av brukere.

Fase 3. Fullskala i tunnel

Gradvis implementering av Evakueringsrom, hvor noen tunneler velges ut, og erfaringer skaffes systematisk. I denne fasen er det to hensyn som skal utfordres. Det første er interaksjoner med trafikanter, dvs vi må finne tunneler hvor andelen av hyppig brukere av tunnelen er et kriterium.

Det andre hovedmålet er å fremprovosere mer aggressive miljø for å studere funksjoneringen over tid, for eksempel å montere Evakueringsrom i spesielt utsatte tunneler med hensyn til miljøbetingelser (korrosjon, slitasje med mer). En løsning kan være å se på tilrettelegge opplæringsenhetene med Evakueringsrom for systematisk datainnsamling i form av dokumenterte endringer, motstandsevne, svikt osv.

7. Konklusjoner

I denne studien har vi presentert Evakueringsrom anvendt i norske vegtunneler. Metodisk har vi analysert tiltaket med kontrafaktiske hendelser koplet til narrativene til Statens havarikommisjons sine fire store undersøkelser av tunnelbranner siden 2011 og vi har sett på tunnelkatastrofene i Sør-Europa rundt tusenårsskiftet. I alle brannene ville Evakueringsrom kunne redusert skadeomfanget vesentlig, spesielt brannene i Gudvanga-tunnelen og Oslofjordtunnelen. Brannen i Skatestraum-tunnelen er forbundet med stor usikkerhet når det gjelder effekten av Evakueringsrom. Bedre evakueringsystem ville også redusert skadeomfanget i de europeiske tunnelene, men i disse tunnelene fikk vi kaskadesituasjoner, som ga brannlaster på strekninger opp mot en km. Slike situasjoner er meget utfordrende for nødetatene, og Evakueringsrom må baseres på dimensjonerende hendelser som er relevante for den spesifikke tunnelen.

Forskere på kriser og krisehåndtering viser til mangel på tidlig situasjonsforståelse (situation awareness) som forklaring på at skadeomfanget eskalerer, enten det er jordskjelv i Italia, flommer i Øst-Europa, eller tunnelbranner i Norge. Å forbedre trafikantenes forutsetninger for selvredning er det derfor liten uenighet om. Evakueringsrom kan være en funksjonell løsning. Heller ikke i fremtiden kan tunnelleiere regne med at alle klarer å evakuere i røykfrie miljøer. Eksponering, tåleevne, og løsninger tilpasset brukergruppene (trafikanter) er kjernen av forskningsaktiviteten her. Evakueringsrom må tilpasses evakueringsystemet for den enkelte tunnel. Senteravstander større enn 500 meter vil være vanskelig å forsvare når selvredningsprinsippet legges til grunn.

Granskningsrapporten illustrerer på mange måter en byråkratisk sendrektighet mellom italienske og franske myndigheter, hvor ingenting ble løst før det var for sent. Det er ikke vanskelig å trekke paralleller til norske forhold og det faktum at det ikke i sterkere grad utvikles løsninger for å øket tunnelbrannsikkerheten, for eksempel Evakueringsrom, og at det frigis konstruksjoner som kan brukes til testing, trening og opplæring. Historien fra Mont Blanc kan veldig gjerne gjenta seg i Norge, selv om det er få norske tunneler med tungbilandel over 40 %.

Evakueringsrom er velkjent teknologi brukt i andre høyrisikosektorer som har minst like alvorlige scenarier som tunneler. Vi har foreslått en gradvis innføring og testing av Evakueringsrom i tre faser; Mulighetsfasen, Storskala funksjonstesting; og Fullskala implementering i tunnel. Uten tilsvarende løsninger som Evakueringsrom vil det være vanskelig for tunnelleiere av lange og komplekse ettløpstunneler å hevde at selvredningsprinsippet er ivaretatt.

8. Referanser

- Aven, T., Boyesen, M., Njå, O., Olsen, K. H., & Sandve, K. (2004). *Samfunnssikkerhet*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Bergen, B., Medeiros-Ward, N., Wheeler, K., Drews, F., & Strayer, D. (2013). The Crosstalk Hypothesis: Why Language Interferes with Driving. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(1), 119-130. doi:10.1037/a0028428
- Bettelini, M., Neuenschwander, H., Henke, A., Gagliardi, M., & Steiner, W. (2003). *The Fire in the St Gotthard Tunnel of October 24, 2001*. Paper presented at the International Symposium on Catastrophic Tunnel Fires (CTF), Borås, Sweden, November 20 – 21, 2003.
- Bjelland, H., Njå, O., Heskestad, A. W., & Braut, G. S. (2014). The Concepts of Safety Level and Safety Margin: Framework for Fire Safety Design of Novel Buildings. *Fire Technology*, 1-33. doi:10.1007/s10694-014-0400-y
- Borg, A., Njå, O., & Torero, J. L. (2015). A Framework for Selecting Design Fires in Performance Based Fire Safety Engineering. *Fire Technology*, 1-23. doi:10.1007/s10694-014-0454-x
- Bøhm, M. (2017). *Opplevelser fra at blive "ramt" i hverdagens operative innsatser. Bruken av hjelmkameraet som oppmerksomhedsunderstøttende teknologi [Recalls from "being struck" in everyday emergencies – The use of helmet-mounted cameras as an awareness supporting technology]*. (PhD), Roskilde University, Roskilde.
- Colombo, A. G. (Ed.) (2001). *Lessons Learnt from Tunnel Accidents. Nedies (Natural and Environmental Disaster Information Exchange System) project*: EUR report 2001.
- Duffé, P., & Marec, M. (1999). *Task Force for Technical Investigation of the 24 March 1999 Fire in the Mont Blanc Vehicular Tunnel*: Minister of the Interior - Ministry of Equipment, Transportation and Housing.
- Flottorp, S. & Aakhus, E. (2013). Implementeringsforskning: vitenskap for forbedring av praksis. *Norsk epidemiologi*, 23(2), 187-196.
- Fofanova, J., & Vollrath, M. (2012). Distraction in older drivers – A face-to-face interview study. *Safety Science*, 50, 502-509. doi:10.1016/j.ssci.2011.10.017
- Gandit, M., Kouabenan, D. R., & Caroly, S. (2009). Road-tunnel fires: Risk perception and management strategies among users. *Safety Science*, 47(1), 105-114. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2008.01.001
- Gehandler, J., Ingason, H., Lönnemark, A., Frantzych, H., & Strömberg, M. (2014). Performance-based design of road tunnel fire safety: Proposal of new Swedish framework. *Case Studies in Fire Safety*, 1(0), 18-28. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csfs.2014.01.002>
- Haack, A. (2005). *Technical Report Part 1: Design Fire Scenarios*. Retrieved from http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=services&sub=standards_regulations&pag=fire&art=library&niv01=fit:
- Hollnagel, E., Woods, D. D., & Leveson, N. (Eds.). (2006). *Resilience engineering: concepts and precepts*. Aldershot: Ashgate.
- Ingason, H., Li, Y. Z., & Lönnemark, A. (2014). *Tunnel Fire Dynamics*. New York: Springer New York.
- Jenssen, G. D., Bjørkli, C. A., & Flø, M. (2006). *Vurderinger E39 Rogfast: trygghet, monotoni og sikkerhet i krisesituasjoner og ved normal ferdsel* (STF50 A06109). Retrieved from Trondheim:
- Jøssang, T. I. (2016, 18.08). Krever redningsrom i Rennfast og Finnfast. *Stavanger Aftenblad*.
- 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 Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 17(0), 20-32. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2012.09.001

- Knapstad, T., & Bjørnsen, G. (2017). *Sikker kjøring i tunneler. En studie av trafikanters kunnskap om kjøring i norske tunneler, og hvordan norske myndigheter kan tilrettelegge for læring som utvikler trafikanters kompetanse i tunnelsikkerhet*. (MSc), University of Stavanger, Stavanger.
- Landrover Club. (2002). The Mont Blanc Disaster - 41 deaths, 52 hours burning. Retrieved from <http://www.landroverclub.net/Club/HTML/MontBlanc.htm>
- Lee, J. D., Boyle, L. N., Strayer, D. L., Turrill, J., Cooper, J. M., Coleman, J. R., . . . Biondi, F. (2015). Assessing Cognitive Distraction in the Automobile. *Human Factors: The Journal of Human Factors and Ergonomics Society*, 57(8), 1300-1324. doi:10.1177/0018720815575149
- Leveson, N. (2011). *Engineering a safer world: systems thinking applied to safety*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Marcuse, H. (2009, 3 June). Reception History: Definition and Quotations. Retrieved from <http://www.history.ucsb.edu/faculty/marcuse/receptionhist.htm>
- Martin, J.-C., Delémont, O., & Calisti, C. (2005). Tunnel fire investigation II: The St Gotthard Tunnel fire, 24 October 2001. In R. Carvel & A. Beard (Eds.), *The Handbook of tunnel fire safety* (pp. 53-76). London: Thomas Telford.
- Nilsson, D., Johansson, M., & Frantzich, H. (2009). Evacuation experiment in a road tunnel: A study of human behaviour and technical installations. *Fire Safety Journal*, 44(4), 458-468. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2008.09.009>
- Njå, O. (2016). *Utfordringer og kunnskapsstatus i tunnelsikkerhet. Designprinsipper og funksjonelle krav og problemstillinger som innspill til Statens vegvesens arbeid med å etablere etatsprogram om tunnelsikkerhet*. Stavanger.
- Njå, O. (2017). *Mulighetsstudie - Roadrunner [Feasibility study - Roadrunner]*. Stavanger: International Research Institute of Stavanger.
- Njå, O., & Kuran, C. (2015). *Erfaringer fra redningsarbeidet og selvredningen ved brannen i Oslofjordtunnelen 23. juni 2011 [Experiences from the rescue work and the self rescue in the Oslofjord tunnel fire 23 June 2011]*. Stavanger: International Research Institute of Stavanger.
- Njå, O., Vastveit, K. R., Abrahamsen, E. B., & Eriksson, K. (2013). *Evaluering av risikovurderinger i Statens vegvesen. Beslutningsstøtte og læringsverktøy. [Evaluation of risk assessments in the Norwegian Public Roads Authority: Decision support and learning tool]*. Stavanger: International Research Institute of Stavanger.
- NOU 2012: 14. *Rapport fra 22. juli-kommisjonen [Report from the 22 July Commission]*. Oslo: Statens forvaltningstjeneste. Informasjonsforvaltning.
- Rake, E. L., & Njå, O. (2009). Perceptions and performances of experienced incident commanders. *Journal of Risk Research*, 12(5), 665-685.
- Rausand, M., & Utne, I. B. (2009). *Risikoanalyse : teori og metoder*. Trondheim: Tapir akademisk forl.
- Reinås, J. (2005). *26.12 Rapport fra evalueringsutvalget for flodbølgekatastrofen i Sør-Asia [Report from the evaluation commission for the tsunami catastrophe in South Asia]*. Retrieved from Oslo:
- Renå, H. (2017). 22. juli-kommisjonens analyse, vurderinger og konklusjoner. *Norsk statsvitenskapelig tidsskrift*(01), 10-36.
- Ringstad, A. J. (1994). Perceived danger and the design of underground facilities for public use. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 9(1), 5-7. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/0886-7798\(94\)90003-5](http://dx.doi.org/10.1016/0886-7798(94)90003-5)
- Schubert, H. M., Høj, N. P., & Faber, M., H. (2011). *Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels*. Retrieved from Brunnen, Switzerland:
- SHT. (2013). *Rapport om brann i vogntog på Rv 23, Oslofjordtunnelen, 23. juni 2011* Rapport vei (online),

- SHT. (2015). *Rapport om brann i vogntog på E16 i Gudvangatunnelen i Aurland 5. august 2013. [Report on fire in a heavy goods vehicle in the Gudvanga tunnel on the E16 road in Aurland on 5 August 2013]* Rapport vei (online),
- SHT. (2016a). *Rapport om brann i tanktilhenger i Skatestraumtunnelen i Sogn og Fjordane 15. juli 2015* Rapport vei (online), Retrieved from <https://www.aibn.no/Veitrafikk/Avgitte-rapporter/2016-05>
- SHT. (2016b). *Rapport om bussbrann i Gudvangatunnelen på E16 i Aurland 11. august 2015* Rapport vei (online), Retrieved from <https://www.aibn.no/Veitrafikk/Avgitte-rapporter/2016-03>
- Sommer, M., Njå, O., & Braut, G. S. (2013). A model for learning in emergency response work. *International Journal of Emergency Management*, 9(2), 151-169.
- Store Norske Leksikon. (2016). Universell utforming. Retrieved from https://snl.no/universell_utforming
- Strayer, D., & Cooper, J. (2015). Driven to Distraction. *Human Factors*, 57(8), 1343-1347. doi:10.1177/0018720815610668
- SVV. (2013). *Rapport: Automatisk hendelsesdetektering i tunnel. Teknologisammenligning*. Oslo: Statens vegvesen.
- SVV. (2014). *Veileder i trafikkdata: veiledning [håndbok V714]* Håndbok (Statens vegvesen : online), Vol. V714.
- SVV. (2016). *Håndbok N500 Vegtunneler*. Oslo: Statens vegvesen.
- Søvik, A. P. (2015, 21.04). [Tunnelliste].
- Tengizchevroil. (2013). Specification: Design and Construction of Shelter in Place Locations. Kazakstan.
- Tollaksen, T. G. (2016, 15.07). Pusser opp Rennfast for 160 mill., men må ha dispensasjon. *Stavanger Aftenblad*.
- Vatsvåg, N. (2016). *En undersøkelse av ulike faktorerets betydning i forhold til opplevd trygghet ved tunnelkjøring – en studie basert på fokusgruppeintervju og en spørreundersøkelse blant norske trafikanter*. (MSc), University of Stavanger, Stavanger.
- Vegtilsynet. (2015). *Tilsynsrapport sak 2015-05. Risikoanalyse av vegtunneler*. Voss: Vegtilsynet.
- Voeltzel, A., & Dix, A. (2004). A comparative analysis of the Mont Blanc, Tauern and Gotthard tunnel fires. *Routes/Roads*, October 2004(324), 18-36.
- WHO. (2014). *Implementation research toolkit: workbook* Retrieved from http://www.who.int/tdr/publications/year/2014/9789241506960_workbook_eng.pdf
- WOAD. (2016). *Improving Safety in Road Tunnels through Real-Time Communication with Users*. Retrieved from <http://www.piarc.org/en/order-library/24148-en-Improving%20safety%20in%20road%20tunnels%20through%20real-time%20communication%20with%20users.htm>
- Young, K. L., & Salmon, P. M. (2015). Sharing the responsibility for driver distraction across road transport systems: A systems approach to the management of distracted driving. *Accident Analysis & Prevention*, 74, 350-359. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.03.017>
- Young, K. L., Salmon, P. M., & Cornelissen, M. (2013). Distraction-induced driving error: An on-road examination of the errors made by distracted and undistracted drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 58, 218-225. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.06.001>



International Research Institute of Stavanger

Hovedkontor

Postboks 8046
4068 Stavanger
Tlf: +47 51 87 50 00
Fax: +47 51 87 52 00

Besøksadresse: Prof. Olav Hanssensvei 15

E-post: firmapost@iris.no

Org. nummer: 988 944 459 MVA

Bergen

Thormøhlensgate 55
5508 Bergen

Mekjarvik

Mekjarvik 12
4070 Randaberg