

Sikkerhetskonsept 2000

Rapport nr 11 : 2000

Utvalg 32: Broer og tunneler, undergruppe for tunneler

Forfattere	Utvalgets medlemmer med Harald Buvik og Kjell Inge Davik som redaktører
Tittel	Sikkerhetskonsept 2000
Serie	NVF-rapporter
Utvalg	32 Broer og tunneler
ISSN	
Opplag	juni 2000: 250
Utgivelsessted	Oslo
Trykking	
Referat	Et sikkerhetskonsept for vegtunneler skal oppfylle den generelle målsettingen at sikkerhetsnivået i tunnelens inngangssone (dvs. 100 m før og de første 100 m inne i tunnelen) skal være på samme nivå som tilstøtende vegnett. Sikkerhetsnivået inne i tunnelen skal ligge på samme nivå som en tilsvarende veg uten vegkryss og gang-/sykkeltrafikk. Tilsvarende skal gjelde ulykkesalvorlighetsgrad (skadegrad). Dette skal danne grunnlaget for plan- og prosjekteringsfasen. Nivået skal videreføres i driftsfasen ved hjelp av ulike tiltak som enten har som hovedoppgave å forebygge at en hendelse inntreffer eller å begrense omfanget dersom hendelsen inntreffer.
Summary	Denne rapporten beskriver en rekke tiltak som virker forebyggende på at en uønsket hendelse skal kunne inntreffe. Dersom en hendelse likevel inntreffer, beskrives en rekke tiltak som skal kunne begrense omfanget.
Forsidefoto	

NVF-rapportene finnes hos de respektive lands sekretariat.
 Bestill via telefon, telefax eller pr. post. Adressene finnes på nest siste side.

Forord

Utvalg 32 i NVF besluttet på sitt møte i 1998 at underutvalget for tunneler skulle arbeide fram en rapport om «Sikkerhetskonsept» for vegtunneler. Rapporten henvender seg til personer som planlegger og prosjekterer nye tunneler, oppgraderer eksisterende tunneler samt drift og vedlikeholder eksisterende tunneler.

Gruppens mandat har vært:

I løpet av virksomhetsperioden fram mot NVF-kongressen i år 2000 skal det utarbeides en rapport som beskriver alle forhold som har betydning for trafikantenes, redningsmannskapenes og drift-/vedlikeholdspersonalets sikkerhet og helse.

Bakgrunnen for arbeidet var et ønske om å kartlegge sikkerhetsmessige forhold som sikrer at en tunnel ligger på samme sikkerhetsnivå som den tilstøtende vegstrekning. Sikkerhetsutstyr, rømningsveier, redningsveier og forhold til innsatsmyndigheter skal evalueres. Forhold som beskrives i denne rapporten kan anvendes både ved planlegging av nye tunneler og være et hjelpemiddel ved reovering av eksisterende tunneler. Formålet er bl.a. å komme fram til en riktig balansegang mellom tekniske og organisatoriske tiltak.

Det er også gruppens forhåpning at dette arbeidet skal legge grunnlaget for en videre utvikling for en forbedret totalvurdering av risikoreducerende tiltak.

Rapporten er utarbeidet av følgende personer:

Jan Eirik Henning	Vegdirektoratet	Norge (form.)
Bernt Freiholtz	Vägverket	Sverige
Tomas Sandman	Vägverket	Sverige
Jens Veilby Thomsen	Vejdirektoratet	Danmark (delv.)
Poul Hededal	Rambøll	Danmark
Olli Niskanen	Vägverket	Finland
Kjell Inge Davik	Vegdirektoratet	Norge (sekr.)
Harald Buvik	Vegdirektoratet	Norge (redaktør for rapporten)

Innholdsfortegnelse

Forord	3
Innholdsfortegnelse	4
Sammendrag Norsk	5
Sammendrag Finsk	6
Summary Engelsk	7
1.0 Tunnelsikkerhet – mål og forutsetninger	8
1.1 Sikkerhet ved drift og vedlikehold	10
1.1.1 Drift	10
1.1.2 Vedlikehold	10
1.1.3 HMS ved drift- og vedlikeholdsarbeid	11
1.2 Beredskapsplanlegging	11
1.3 Driftstilgjengelighet	11
1.4 Risiko og akseptkriterier	12
1.4.1 Risikovurdering	12
2.0 Sikkerhetskonsept	14
2.1 Metodikk og sikkerhetsfilosofi	14
2.1.1 Forebyggende sikkerhetstiltak	16
2.1.2 Redningssystem og skadebegrensende tiltak	16
2.2 Byggesteiner i den totale sikkerheten	18
2.3 Scenariebeskrivelser	19
2.3.1 Aktuelle scenarier	19
2.3.2 Risikoscenarier og hendelsestre	19
2.4 Effektsammenheng og risikoreduksjon	21
2.5 Tiltak og funksjonskrav	22
2.5.1 Forebyggende sikkerhetstiltak	24
2.5.2 Skadebegrensende tiltak og redningssystem	33
3.0 Videre arbeid	40
vedlegg 1, svensk eksempel	41
vedlegg 2, norsk eksempel	46

Sammendrag

Et sikkerhetskonsept for vegtunneler skal oppfylle den generelle målsettingen at sikkerhetsnivået i tunnelens inngangssone (dvs. 100 m før og de første 100 m inne i tunnelen) skal være på samme nivå som tilstøtende vegnett. Sikkerhetsnivået inne i tunnelen skal ligge på samme nivå som en tilsvarende veg uten vegkryss og gang-/sykkeltrafikk. Tilsvarende skal gjelde ulykkes alvorlighetsgrad (skadegrad). Dette skal danne grunnlaget for plan- og prosjekteringsfasen.

Nivået skal videreføres i driftsfasen ved hjelp av ulike tiltak som enten har som hovedoppgave å forebygge at en hendelse inntreffer, eller å begrense omfanget dersom hendelsen inntreffer.

En av de viktigste faktorene som påvirker ivaretagelsen av sikkerhetsnivået er et strukturert og systematisk drifts- og vedlikeholdsarbeid. Kunnskapen om drift og vedlikehold og behovet for vedlikeholdsvennlige løsninger også for sikkerhetsutstyr, må derfor inn i en tidlig fase av planleggingen av nye tunneler.

Sikkerhet i vegtunneler vil i stor grad handle om risiko for at hendelser inntreffer og eventuelt omfang av slike hendelser. Statistisk sett er vegtunneler den sikreste delen av vegnettet. Erfaringsmessig er det svært få alvorlige hendelser som har inntruffet. På tross av dette er det selvsagt viktig å gjøre optimale tekniske og organisasjonsmessige tiltak som nettopp ivaretar denne sikkerheten. Det er viktig å ha klart for seg at risikoen aldri kan være null!

Denne rapporten beskriver en rekke tiltak som virker forebyggende på at en uønsket hendelse skal kunne inntreffe. Dersom en hendelse likevel inntreffer, beskrives en rekke tiltak som skal kunne begrense omfanget.

De forskjellige tiltakene er kun beskrevet og gruppen har ikke hatt anledning til å gå i dybden i effekten av det enkelte tiltak og kombinasjoner av disse. Det primære sikkerhetsarbeidet må likevel være det forebyggende arbeidet, dvs. å hindre at hendelsen inntreffer. Målet for dette arbeidet må være at redningssystem og skadebegrensende tiltak så langt som mulig ikke skal behøve å komme til anvendelse.

Yhteenveto

Pohjoismaisen Tieteellisen Liiton, Jaoston 32; Sillat ja tunnelirakenteet, tunnelityöryhmä on laatinut kuluneen toimintakauden 1996 –2000 aikana tämän tunneleiden turvallisuutta käsittelevän ohjeistuksen suuntaviivat.

Tietunneleiden turvallisuuskonseptin pääasiallisena tarkoituksena on varmistaa, että turvallisuustaso tunnelin suuaukoilla (100 metriä sen ulko- ja sisäpuolella) on samalla tasolla tieverkon muiden osien kanssa. Turvallisuustason tunnelin sisäosilla tulisi olla sama kuin vastaavanlaisella tiellä, jolla ei ole liittymiä eikä jalankulku- tai polkupyöräliikennettä. Saman periaatteen tulee koskea onnettomuuksien vakavuusastetta (vahinkoluokkaa). Sen tulee olla perustana yleis- ja rakennesuunnitteluvaiheen suunnittelussa. Taso tulee edelleen säilyttää tunnelin käyttövaiheessa eri toimenpiteillä, joiden päätarkoituksena on estää vahinkojen synty tai rajoittaa syntyvien vahinkojen seurauksia.

Yksi tärkeimmistä tekijöistä suunnitellun turvallisuustason saavuttamiseksi on huolellisesti suunniteltu, systemaattinen käytön ja kunnossapidon organisointi. Sen saavuttamiseksi kunnossapidon ja tunnelin käytön tuntemusta samoin kuin huoltoystävällisten rakenteiden, yksityiskohtien ja turvallisuusvarusteiden tietämystä tarvitaan jo tunnelin suunnitteluprosessin aikaisessa vaiheessa.

Tieliikennetunnelien turvallisuus on pääasiassa riippuvainen tapahtumien onnettomuustodennäköisyydestä ja syntyvien tapahtumien laajuudesta. Tilastollisesti tietunnelit ovat tieverkon turvallisimpia osia. Vakavia onnettomuuksia on niissä tapahtunut erittäin harvoin verrattuna muualla teillä. Siitä huolimatta on erityisen tärkeää varmistaa suunniteltu turvallisuustaso teknisiltä ominaisuuksiltaan ja käyttöjärjestelmiltään optimaalisesti. On kuitenkin painotettava vielä, ettei riskitaso koskaan voi olla nolla.

Tämä raportti käsittelee lukuisan määrän toimenpiteitä, jotka vaikuttavat ehkäisevästi epätoivottujen tapahtumien syntyyn, samoin raportissa käsitellään toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on rajoittaa tapahtumien, onnettomuuksien laajuutta.

Turvallisuuteen vaikuttavat toimenpiteet on vain kuvattu, työryhmällä ei valitettavasti ole ollut mahdollisuutta syventyä yksittäisten toimenpiteiden vaikutuksiin. Turvallisuustyön ensisijainen tarkoitushan on ennaltaehkäisevä työ, estää tapahtumien synty. Työn päämääränä on, ettei pelastusjärjestelmiä eikä vahinkoja lieventäviäkään toimenpiteitä niin pitkälle kuin mahdollista koskaan tarvitsisi käyttää.

Summary

The Nordic Road Association, Committee 32 Bridges and Tunnels, has during the period 1996-2000 prepared a safety concept for road tunnels.

The main aim of a safety concept for road tunnels is to ensure that the safety level in the tunnel entrance zones (100 meters outside and 100 meters inside) is in equilibrium with the adjacent road network. The safety level inside the tunnel should be similar to the road system immediately outside, without any intersections or pedestrian/bicycle track. The same considerations should be done also for the seriousness of possible accidents (degree of injury). All this should be evaluated during the preparation of the main plan.

The designed safety level should be carried on to the maintenance and operation phase, by means of either:

- ◆ preventing the incident from arising or
- ◆ limiting the extent if the incident arises

One of the most important factors to keep up the designed safety level, is a thoroughly planned and systematic maintenance and operation scheme. The knowledge on maintenance and operation and the need for maintainable constructions, details and safety equipment, must hence be considered at an early stage in the planning procedure.

The safety in road tunnels will predominantly deal with the risk of an incident to arise and the extent of a possible accident. The road tunnel is statistically the safest part of the road network, and there have been very few serious accidents compared to the remaining roads. Nevertheless, it is of vital importance that the technical and organisational efforts ensure the designed safety level. It must also be pointed out that the risk is never zero!

This report presents a number of efforts for preventing the occurring of an incident. The report also presents means aiming to reduce the extent of an incident/accident.

The different efforts are described, but the working group did not have sufficient time for further detailing the effects of each effort and different combination settings.

Nevertheless, the primary safety work must focus on preventing an incident from arising. The main aim of this work is that the rescue system and the damage reducing efforts do not come into action.

1.0 Tunnelsikkerhet – mål og forutsetninger

Trafikkrelatert sikkerhetsarbeid og sikkerhetsforskrifter som blir lagt til grunn ved planlegging, prosjektering og bygging av trafikkanlegg under jord, utgår hovedsakelig fra de erfaringer som man har med trafikk på åpen veg. Bygging og drift stiller vegplanleggere og vegforvaltere overfor andre og mer komplekse problemstillinger i det sikkerhetsrelaterte arbeidet. Dette gjelder i forhold til planlegging av sikkerhet i selve trafikkavviklingen, men også ved vedlikeholdsarbeid, beredskapsarbeid og planlegging av redningstiltak.

Alvorlige ulykker og branner i tunneler skjer forholdsvis sjelden. Dessuten opptrer de som regel som små hendelser med mindre konsekvenser både for trafikantene og konstruksjonen.

En trafikkulykke som resulterer i en brann kan få et helt annet ulykkesforløp og skadeomfang i en tunnel enn om tilsvarende hendte på åpen veg. I tunneler er det flere faktorer som reduserer sannsynligheten for at hendelser skjer:

- ingen sideaktivitet på vegen
- stabilt klima
- stabile lysforhold

På den annen side er det også trafikkfaktorer som kan påvirke risikoomfanget gjennom:

- å bedømme rett avstand til øvrige kjøretøy
- å bedømme vegens fall
- å kunne gjennomføre redningstiltak

Store og katastrofale ulykker kan inntreffe, og slike scenarier er man nødt til å vurdere, og så langt det er mulig prøve å forebygge gjennom konstruksjons-, utstyrs- og organisatoriske tiltak.

Arbeidet med tunnelsikkerhet krever en metodisk og systematisk håndtering av det ulykkesforebyggende arbeidet som redningstiltak, skadebegrensende tiltak og beredskapsplaner. Den sikkerhetsbeskrivelsen som er omtalt i kapittel 2 «Sikkerhetskonsept», skal gjøre det mulig å foreta et optimalt valg mellom ulike sikkerhetstiltak.

Foruten å utgjøre en viktig del av trafikksystemet, betraktes også vegtunneler som et byggverk ut fra brannvernmessige hensyn. Dette gjør at de må oppfylle gjeldene brannvernkrav for bygninger.

Innenfor rammene av de overgripende målene angis de respektive lands nasjonale bygningskrav, samt tekniske krav gjennom lovverkene.

Når det gjelder sikkerhet mot brann er det i EU gitt eksempler på slike krav:

Byggverk skal være prosjektert og bygd på en slik måte at:

1. byggets bærevne ved brann kan antas bestå under en bestemt tid
2. utvikling og spredning av brann og røyk innenfor byggverket begrenses
3. spredning av brann til nærliggende byggverk begrenses
4. personer som befinner seg i byggverket ved brann kan forlate dette eller reddes på annen måte
5. redningsmannskapets sikkerhet ved brann skal ivaretas

Byggverk skal videre være prosjektert og bygd på en slik måte at det ikke innebærer en uakseptabel risiko for ulykker ved bruk eller drift, som fall, sammenstøt, brannskader, elektriske støt eller eksplosjonsskader.

Andre vesentlige tekniske krav er at en planlagt nybygd tunnel eller total ombygging av en eksisterende skal gis det samme sikkerhetsnivået som den for det tilgrensende vegnettet.

Et overgripende mål for sikkerhetskonseptet for trafikk tunneler er:

å skape en optimal totalsikkerhet og en jevn fordeling mellom planlagte og gjennomførte sikkerhetstiltak. Dette forutsetter at ressurser er tilgjengelige og at disse disponeres slik at den totale sikkerheten blir optimal

og at summen av investeringskostnad og skadekostnad minimeres -dvs. at man velger et slikt nivå på den totale investeringskostnaden at summen av skadekostnad og investeringskostnad blir et minimum.

1.1 Sikkerhet ved drift og vedlikehold

Tunneler er ofte utrustet med avansert og kostbart utstyr. For å utnytte utstyret og sikre funksjonssikkerhet og levetid kreves både høy kompetanse og stor ressursinnsats innen drift og vedlikehold. Dette er helt avgjørende for at både utstyret i seg selv og tilgjengeligheten til forskjellig utstyr skal fungere til en hver tid. Kunnskap om drift og vedlikehold og behovet for vedlikeholdsvennlige løsninger må derfor inn i en tidlig fase av planleggingen av nye tunneler. En profesjonell og målrettet planlegging og gjennomføring av drift og vedlikehold i tunneler er derfor viktig for å sikre at:

- kravet til trafikantenes sikkerhet ivaretas
- kravet til god trafikkavvikling ivaretas
- kravet til god driftsøkonomi ivaretas

1.1.1 Drift

Driftsorganisasjonen skal sørge for at sikkerhetsnivået i tunnelen opprettholdes ved at forutsatte krav oppfylles. Dette innebærer at drift og vedlikehold skal tilrettelegges og gjennomføres slik at de forutsetninger som lå til grunn da tunnelen ble planlagt, videreføres også i driftsfasen.

Kunnskap om utstyret og dets virkemåte er en sentral del av dette.

Viktige elementer for å oppnå at sikkerhetsnivået opprettholdes er:

- valg av riktige konstruksjons- og utstyrsløsninger i planfasen
- tilstrebe en ensartet standard for tunneler av samme type og trafikkmengde når tunnelene ligger på samme vegstrekning
- riktig kompetansenivå i de ulike ledd i organisasjonen

1.1.2 Vedlikehold

Vedlikehold skal sørge for at sikkerhetsnivået i tunnelen opprettholdes ved at forutsatte krav oppfylles.

Kunnskap om utstyret og dets virkemåte er en sentral del av dette.

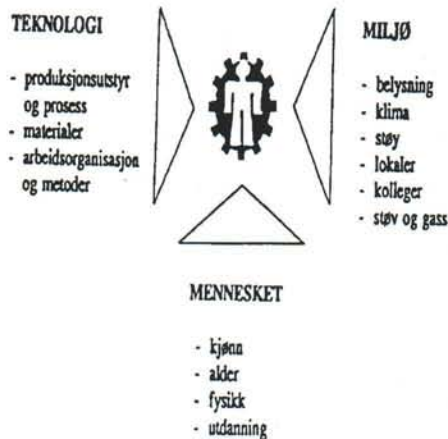
Vedlikehold skal så langt det er mulig utføres systematisk og med gitte tidsintervall.

I tunnelvedlikeholdet inngår ofte kompliserte tekniske installasjoner hvor det stilles store krav til systematisk og forebyggende arbeid. Dette influerer også på sikkerheten i tunnelen som er helt avhengig av at vedlikeholdsprosedyrene blir fulgt.

Uhell og ulykker kan ha sitt utspring i defekt utstyr eller i utstyrsfeil som skyldes mangelfullt eller feilaktig utført vedlikehold.

1.1.3 Helse, miljø og sikkerhet i drifts- og vedlikeholdsarbeid

Arbeid i trafikkerte vegtunneler kan være belastende. Dette fordi arbeidstakerne er utsatt for mange miljøfaktorer og belastninger samtidig, noe som gjør en samlet risikovurdering opp mot administrative normer og ev. andre grenseverdier vanskelig. Det er således viktig å styrke kunnskapen om de forskjellige miljøbelastningene og hvorledes den enkelte kan bidra til at eksponeringen reduseres.



1.2 Beredskapsplanlegging

En sentral del av sikkerhetsarbeidet er knyttet til utarbeidelse av beredskapsplaner. Det kreves gjennomarbeidede prosedyrer, klare og ansvarsbeskrevne tiltak og trening av menneskene som skal gjennomføre dem for å oppnå full effekt. Det er særdeles viktig å sikre at beredskapsplanen ikke blir en passiv hylleplan, men at den hele tiden er aktiv og brukes bevisst. Ajourhold av planen etter øvelser, utskifting av utstyr eller administrative endringer, krever en bevisst holdning til hvorfor slike planer blir utarbeidet og hva som er hensikten med dem.

1.3 Driftstilgjengelighet

Tilgjengelig sikkerhet i trafikksystemet må minimum ha et slikt nivå at de fastlagte sikkerhetsmål kan oppnås ved den aktuelle risikoeksponeringen. På den måten representerer lett trafikk, tung trafikk og trafikk med farlig gods ulike nivåer hva gjelder risikoeksponering. Den tilgjengelige sikkerheten kan dels utgjøre:

- de sikkerhetstekniske systemene
- økt beredskap i vegtrafikksentralen (VTS)
- økt beredskap for nødetatene i tilfelle helt eller delvis funksjonsbortfall i de sikkerhetstekniske systemene.

Dette innebærer at dersom tilstrekkelig sikkerhet ikke kan opprettholdes må risikoeksponeringen reduseres. Det kan oppnås gjennom ulike former for trafikkbegrensing som f.eks. restriksjoner for farlig gods, restriksjoner med tung trafikk, helt eller delvis stenging, etc.

Med bakgrunn i de fastlagte sikkerhetsmål skal tekniske systemer samt drift- og vedlikeholdsorganisasjonen dimensjoneres slik at driftstilgjengeligheten blir optimal.

1

1.4 Risiko og akseptkriterier

Å ferdes trygt på vegnettet handler både om det psykologisk følte risikonivå og det reelt opplevde nivå og hva man i ulike situasjoner aksepterer av risiko. Sikkerhet er en prioritert samfunnsoppgave hvor et overordnet kriterium vil være fokus på folks trygghet.

Enkelthendelser har vist hvor alvorlige konsekvenser brann i en tunnel kan få. Brann i en tunnel kan også gi skader på selve tunnelen som medfører stenging. Dette vil føre til omdirigering av trafikk, som kan føre til store og langvarige belastninger for omkringliggende miljø.

Aktiv bruk av risikoanalyse vil i framtiden bli vesentlig for å:

- vurdere sikkerheten i eksisterende tunneler
- bedre beslutningsgrunnlag for sikkerhetstiltak for nye tunneler

Avhengig av ulike formål kan da f.eks. følgende evalueres:

- personrisiko som følge av trafikk i tunnelen
- risiko for skader på konstruksjonen
- risiko som følge av brann med stort skadepotensial (katastrofefare)
- risiko for miljøbelastninger som følge av stenging av tunnel

1.4.1 Risikovurdering

Å vurdere risiko kan være en komplisert oppgave. De to sentrale delene i en risikovurdering er:

- sannsynligheten for at en hendelse inntreffer
- konsekvensen av hendelsen

Såvel sannsynligheten som konsekvensen kan i en viss utstrekning både beskrives og beregnes. For at man i kvantitative termer skal beskrive en risiko benyttes ofte produktet av sannsynlighet og konsekvens.

Eksempel på beskrivelse av risiko: Risiko = sannsynlighet \times konsekvens

Dette kan være en enkel måte å sammenligne ulike risikoer med hverandre på. Vanskeligheten blir når man skal vurdere konsekvensene, spesielt om konsekvensene skiller seg merkbart fra hverandre for ulike risikoer som skal sammenlignes. M.a.o. vil sammenligninger mellom en alvorlig ulykke med liten sannsynlighet men med meget store konsekvenser og en hyppigere ulykke med betydelig mindre konsekvenser være vanskelig å gjennomføre.

Det er som regel en mer sammensatt risikovurdering ved alvorlige ulykker der risikoen ikke bare kan beskrives som produktet av sannsynlighet og konsekvens. I slike tilfeller må man også ta i bruk kvalitative analyser i tillegg til de kvantitative metodene.

Nestenulykkene og -brannene er sjelden godt nok dokumentert. Det betyr at de få kjente store ulykkene og brannene ikke danner et godt nok grunnlag for å vurdere hyppigheten av lignende hendelser i framtiden. Sannsynligheten bedømmes ut fra et begrenset erfaringsmateriale. Det er da en viss fare for at man underreagerer når det går bra (nestenulykker) og overreagerer når det skjer en ulykke.

Inngangspartiene til tunnelene (100 m før og de første 100 m inne i tunnelen) har en høyere ulykkesfrekvens enn tunnelen for øvrig. Det er derfor spesielt viktig å ta hensyn til disse kritiske sonene.

Omfanget og dermed konsekvensen av en hendelse påvirkes av i hvilken grad hendelsen oppdages tidlig eller ikke. I en risikovurdering må derfor risikofaktoren korrigeres for ulike virkninger av slike forhold.

Trafikk i et tunnelmiljø kan innebære at ulike grupper blir eksponert for ulik risiko:

- Vedlikeholdpersonell
- Trafikanter
- Omgivelser (f.eks. konsentrasjon av luftforurensinger)
- Redningspersonell

Risikoanalyser bør gjennomføres så snart tunnelens utforming og forventet trafikk er bestemt. Det er viktig å presisere at risikoen aldri kan bli null, selv om det skjer svært få ulykker i vegtunneler.

Viser analysen at forutsatte sikkerhetsmål ikke er oppnådd, skal det utarbeides forslag til ekstra sikkerhetstiltak. Dette kan vurderes gjennom forebyggende og/eller skadereduserende tiltak. I begge tilfeller vil det være aktuelt med kost/nytte-vurderinger av tiltakene. Analysen bør gjennomføres i samråd med redningsetatene.

2 Sikkerhetskonsept

2.1 Metodikk og sikkerhetsfilosofi

Et sikkerhetssystem i vegtunneler bygges opp rundt to sentrale temaer:

- de forebyggende sikkerhetstiltakene
- redningssystem og skadebegrensende tiltak

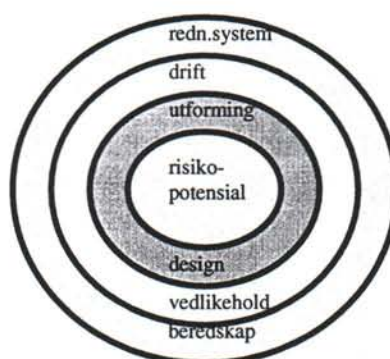
I det forebyggende sikkerhetsarbeidet vil geometrisk utforming og teknisk utrustning av tunnelen være avgjørende for det sikkerhetsnivå man oppnår. For å ivareta det sikkerhetsnivået som blir bygget inn i tunnelene er man helt avhengig av et strukturert og systematisk drifts- og vedlikeholdsarbeid. Det er derfor viktig å planlegge tunneler på en slik måte at dette kan gjennomføres på en praktisk, optimal måte.

Gjennom systematisk bruk av forebyggende sikkerhetstiltak basert på risikoanalyser, kan man legge basis for et vel definert sikkerhetsnivå. På den måten vil også risikoen reduseres for at en uønsket hendelse skal inntreffe.

Man må alltid ha et vel gjennomtenkt rednings- og skadebegrensende system for å begrense omfanget av en eventuell uønsket hendelse. Det overordnede målet for det forebyggende sikkerhetsarbeidet må være at rednings- og skadebegrensende systemer aldri skal komme til anvendelse.

Beredskapsplaner og redningsplaner er sentrale deler i det skadebegrensende sikkerhetsarbeidet. Gjentagne øvelser, testing av personell og utstyr som er knyttet til redningssystemet og et systematisk vedlikehold av alt sikkerhetsutstyr, er vesentlig for å opprettholde et definert sikkerhetsnivå.

Samspillet mellom risikopotensial, utforming og design, drift og vedlikehold samt redningssystem og beredskapsplanlegging illustreres av figuren nedenfor.



Sikkerhetskonseptets grunntanke ivaretas gjennom den geometriske utformingen og tekniske utrustningen av tunnelen. Dette vil til sammen være avgjørende for det forebyggende sikkerhetsnivå som oppnås. Kunnskap og erfaring om hendelser må tas hensyn til og videreføres ved nyprosjektering og utbedringer.

Eksempel på forebyggende sikkerhetstiltak samt redningssystem, skadebegrensende system, og innøvde beredskapsplaner opplistes nedenfor, gruppert etter den hovedfunksjon det respektive tiltak har:

Forebyggende system:	Skadebegrensende system inkl. redningssystem:
<ul style="list-style-type: none"> • utforming/design • utstyr • FDV-plan (forvaltning, drift og vedlikehold) 	<ul style="list-style-type: none"> • detektere hendelser • stanse inngående trafikk • varsle redningsetatene • sikre adkomstveger • førsteinnsats • evakuering • beredskapsplan

Både det helhetlige systemet og dets delfunksjoner må tilpasses funksjonskrav og funksjonsmål. På bakgrunn av funksjonskravene identifiseres, vurderes og kvantifiseres de risikoer som kan ha innvirkning på de gitte krav.

Sambandet mellom de eksponerte risikoer (eller belastninger) og de forebyggende tiltakene kan beskrives på følgende måte:

På den ene siden har vi en eksponert risiko (belastning); på den andre siden har vi de forebyggende tiltakene vi anvender for å minimere risikoen. De forebyggende tiltakene påvirker altså den risiko som trafikksystemet utsettes for. De interagerer med hverandre, hvilket illustreres med følgende bilde:

Interaksjon mellom eksponert risiko og forebyggende tiltak

<u>Eksponert risiko / belastning</u>	← interagerer →	<u>Forebyggende tiltak</u>
Fare/trafikk	← interagerer →	Restriksjoner på trafikken
Utløsende hendelse	← interagerer →	Trafikksystemfunksjon

På motsatt måte kan man beskrive sambandet mellom den potensielle skadegraden som en ulykke kan resultere i, og de redningssystemene og skadebegrensende tiltakene som vi innfører for å minimere konsekvensene.

Interaksjon mellom potensiell skadegrad og redningssystem og skadebegrensende tiltak

<u>Skadegrad</u>	← interagerer →	<u>Redningssystem og skadebegrensende tiltak</u>
Skade	← interagerer →	Restriksjoner på trafikken

2.1.1 Forebyggende sikkerhetstiltak

Det primære målet med alt sikkerhetsarbeid er det forebyggende arbeidet som går ut på å hindre at ulykken inntreffer. Det kan skje gjennom å:

- begrense og kontrollere risikoeksponeringen, og
- delvis redusere risikoen for at den utløsende hendelsen inntreffer

Begrensning og kontroll av risikoeksponeringen skjer først og fremst gjennom:

- restriksjoner på trafikken, tidsrestriksjoner, forbud mot farlig gods, etc.
- kvaliteten på kjøretøyene som også påvirker risikoeksponeringen

Å redusere risikoen for at den utløsende hendelsen skal inntreffe kan skje gjennom:

- å holde høy trafiksikkerhet - hvilket innebærer bra vegbaneforhold, gode sikt- og belyningsforhold, høy standard på inn- og utfartsramper, hastighetsregulering, etc.
- forhindre kødannelse - høyere kapasitet på utfartene enn på innfartene
- prioritere føreropplæring for ADR-klassifiserte kjøretøy
- holde høy standard på kjøretøyparken
- prioritere og gjennomføre systematisk vedlikehold

Om disse forebyggende tiltakene likevel ikke kan forhindre at ulykken inntreffer, skal redningssystemet og de skadebegrensende tiltakene være med på å minimere konsekvensene av ulykken.

2.1.2 Redningssystem og skadebegrensende tiltak

Tilstrekkelig nivå på redningssystem og skadebegrensende tiltak er alltid avhengig av de eksponerte risikoer som igjen er påvirket av de forebyggende tiltak. Det gjelder altså å finne en balanse i hele sikkerhetssystemet. Ved f.eks. en brann er kanskje det viktigste at det skal være mulig å gjennomføre en sikker redning før det foreligger fare for at mennesker som ikke er innblandet i primærulykken blir skadet eller forulykkes. Dessuten skal kostnadene for både de direkte og indirekte skadene begrenses.

Tiltak eller system som støtter effektiv redning kan man kategorisere som redningssystem. Tiltak eller system som støtter målet om å begrense skader og kostnader benevnes skadebegrensende tiltak. Det finnes imidlertid ingen klar grense mellom redningssystem og skadebegrensende tiltak. Ofte er systemene/tiltakene både redningssystem og skadebegrensende tiltak slik at begge begrepene dermed brukes som et samlebegrep. Også beredskapsplanlegging er en del av et slikt samlebegrep.

Vesentlige deler i et effektivt redningssystem er:

- ⇒ hurtig detektering av hendelsen

- ⇒ hurtig varsling og stenging
- ⇒ effektiv evakuering
- ⇒ effektive sikkerhetssystem som støtter sikker evakuering
- ⇒ effektiv adkomst til ulykkesstedet og nødvendige forutsetninger for redningsinnsats
- ⇒ godt gjennomarbeidete beredskapsplaner

Dessuten er det av meget stor betydning å:

- raskt kunne oppnå normal trafikkavvikling etter en ulykke
- minimere skade på mennesker, konstruksjoner og utstyr

Hurtig detektering vil gi redningsetatene mulighet til raskt å kunne konstatere hva som har skjedd, hvor det har skjedd og mulig omfang. Dette vil kunne ha stor innflytelse på effektiviteten på redningsinnsatsen.

Hurtig varsling og stenging vil kunne hindre at flere trafikanter blir innblandet i en allerede oppstått hendelse.

Et av de vesentligste sikkerhetskriterier når en brann har oppstått i en tunnel vil være tilgjengeligheten til sikre adkomst-/rømningsveger.

Eksempel på skadebegrensende tiltak er konstruksjonsmessig motstandsstyrke mot brann, slokkesystemer og annen teknisk utrustning som tjener som støtte til brannslukningsinnsats.

Tilstrekkelig nivå på redningssystem og skadebegrensende tiltak er alltid avhengig av de eksponerte risikoer som igjen er påvirket av de forebyggende tiltak.

Ut fra funksjonskrav identifiseres, vurderes og kvantifiseres de risikoene som kan ha innvirkning på de fastlagte krav.

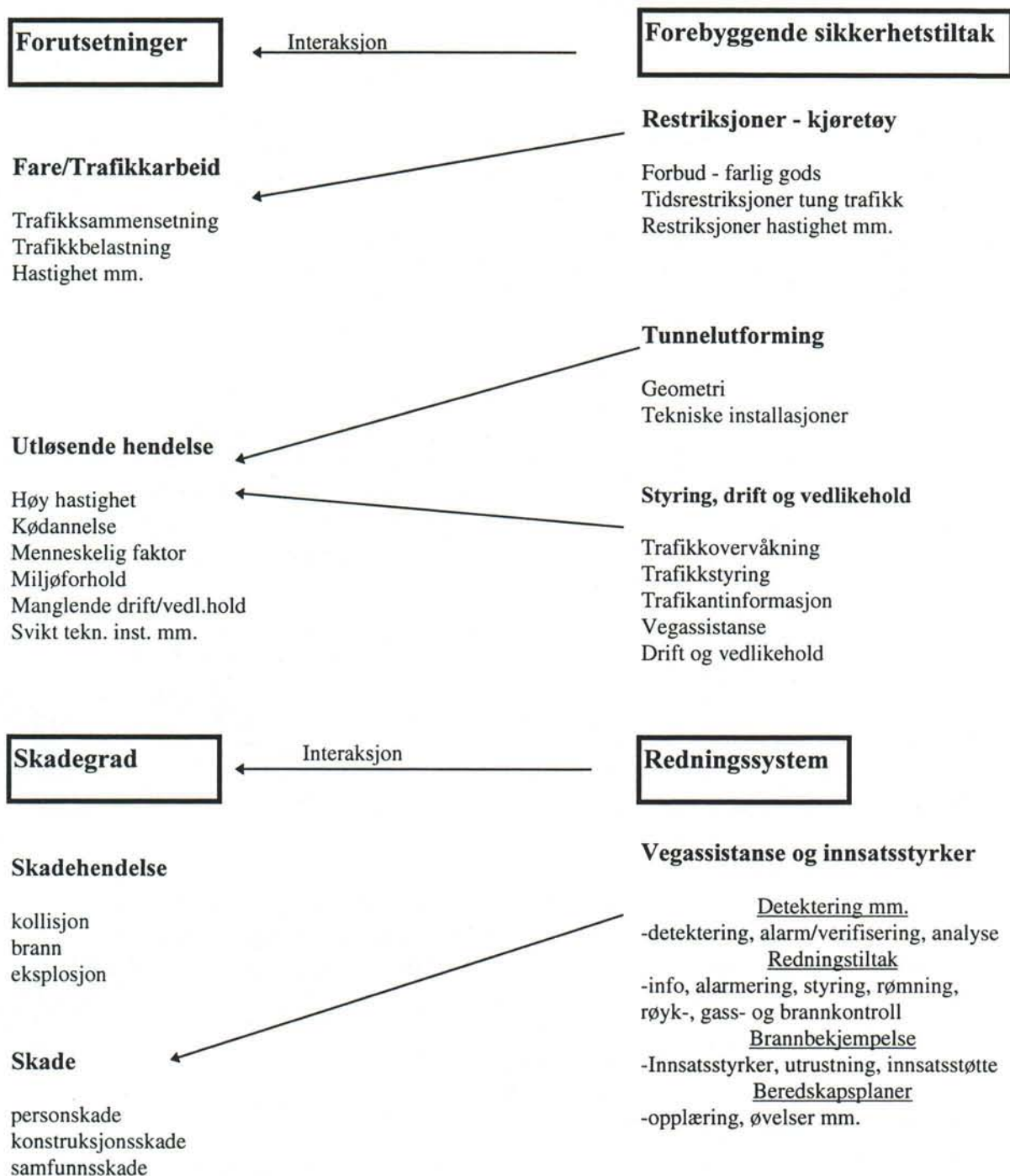
Tilstrekkelige sikkerhetstiltak = funksjon (vurdering av eksponerte risikoer)

Vurdering av eksponerte risikoer = funksjon (sannsynlighet for at hendelse inntreffer)

Uavhengig av størrelse og funksjon, er det viktig på et så tidlig tidspunkt som mulig å identifisere/klarlegge hvor ulykkespotensialet opptrer i tunnelen. Alle ulykker, også de som utvikler seg til en katastrofe, begynner i det små. Å hindre at det som i utgangspunktet er små ulykker får utvikle seg til å bli en katastrofe, er derfor en bærebjelke i et hvert sikkerhetskonsept.

Når ulykkespotensialet er identifisert kan man legge inn ulike konstruksjonsmessige og utstyrsmessige barrierer som enten hver for seg eller samlet har som oppgave å forebygge at ulykker oppstår og forhindre at slike får utvikle seg videre.

2.2 Byggesteinene i den totale sikkerheten



2.3 Scenariebeskrivelse

2.3.1 Aktuelle scenarier

Sikkerhetskonseptet kan basere seg på følgende scenarier:

- Brann med røykutvikling i en eller to personbiler
- Brann med røykutvikling i lastebil/buss
- Brann eller røykutvikling i teknisk rom
- Kollisjon som involverer en eller flere personbiler
- Strømsvikt som forårsaker bortfall av lys, ventilasjon, pumper etc. (krav til funksjonssikkerhet)
- Redning/evakuering
- Havarete kjøretøyer i kjørebane
- Utslipp av gasser, brennbare væsker etc.
- Sammensatte ulykkeshendelser, ødelagte konstruksjoner pga kollisjoner eller varmeutvikling etc.

2.3.2 Risikoscenarier og hendelsestre

Hendelsestre kan benyttes for å beskrive størst mulig antall av relevante uhell og ulykker sett i forhold til:

- situasjonen i tunnelen når hendelsen inntreffer
- hva som skjer i forbindelse med selve hendelsen
- reaksjon på hendelsen

Bruk av hendelsestre er en mye brukt metode. Det er en grafisk framstilt scenarieanalyse. Det tar utgangspunkt i en starthendelse og et antall mulige hendelser som følge av starthendelsen og der alternativene for hver mulig hendelse kun er nei og ja.

Ut i fra dette vil vurderingene inneholde en rekke antakelser som framkommer etter følgende forutsetninger:

- tidspunkt for når hendelsen inntraff
- trafikk eller ikke i motgående felt/rør
- type hendelse (uhell - ulykke)
- type kjøretøy (personbil - lastebil)
- utvikles brann?
- blir brannen i så fall slukket etter kort tid?
- omfang av trafikkø som konsekvens av hendelsen
- inntreffer andre hendelser som konsekvens av første hendelse?
- aktivering av ventilasjon?
- muligheter for evakuering?
- redningsetatenes aksjon ved hendelsen

Viktige forutsetninger som må legges til grunn i analysene vil være kriterier for:

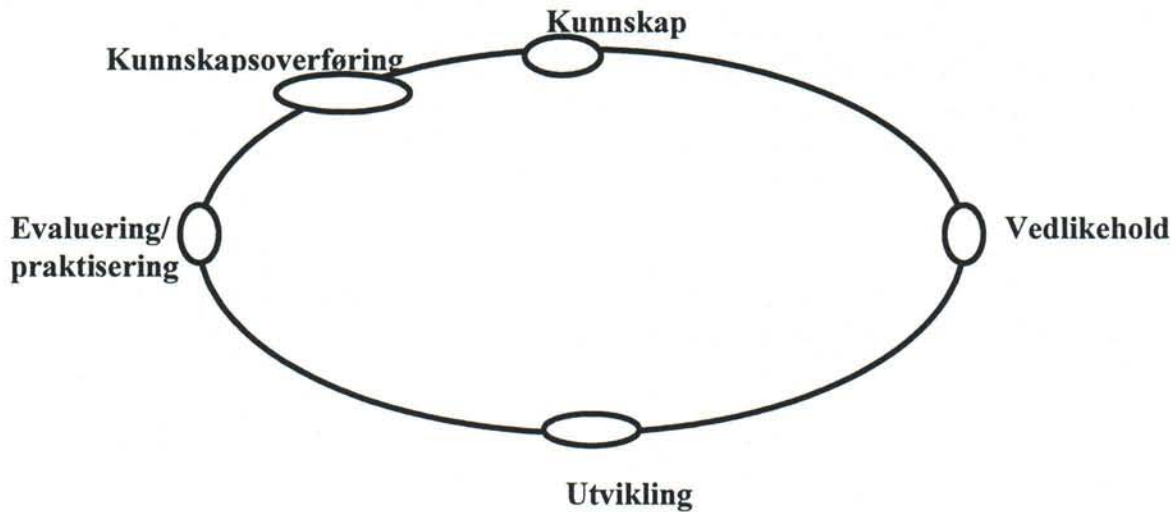
- * maksimalopphold i tunnel ut fra påvirkning av brann og/eller giftig gass
- * evakuerings tid for personer som er tvunget til å oppholde seg i tunnelen
- * mulighetene for å skaffe hjelp
- * tiden redningsetatene trenger for å nå hendelsesstedet

Dersom den aktuelle tunnel har høyere risikonivå enn de definerte sikkerhetsmål, må risikoreducerende tiltak innføres. Slike tiltak bør da prioriteres ut fra følgende valg:

- redusere sannsynligheten for at hendelser skal oppstå
- gjøre trafikantene i stand til å slokke en eventuell brann
- mulighet for rask og effektiv evakuering
- mulighet for rask stenging
- kommunikasjon mot sentral
- lette redningsetatenes innsats i tunnelen
- øke den eksterne beredskapen

2.4 Effektsammenheng og risikoreduksjon

Tunneler er utstyrt med mye teknisk utstyr. Dette er ofte komplisert utstyr som skal fungere enkeltvis og sammen i komplekse systemer. Dette innebærer store utfordringer for drift og vedlikehold av tunnelene.



Skal det nytte å investere i teknisk utstyr for å bedre sikkerheten i tunnelene, må det også investeres i menneskelig kompetanse som både skal forstå og beherske teknologien.

2.5 Tiltak og funksjonskrav

Sikkerhetsutrustning

Sikkerhetssystemene i trafikk tunneler består på den ene siden av forebyggende tiltak og på den andre siden av skadebegrensende tiltak og redningssystem. Enkelte av tiltakene kan både være forebyggende og skadebegrensende. Tiltak som er forebyggende virker for å hindre at hendelsen skjer, mens skadebegrensende tiltak virker etter at hendelsen er skjedd.

Sikkerhetsutstyr som finnes i tunneler kan omfatte en rekke ulike tekniske løsninger. Det kan enten være som en del av selve konstruksjonen eller som separat utstyr. I begge tilfeller vil oppgaven være å forebygge hendelser og/eller redusere konsekvensene av slike. Ulikt utstyr for detektering av røyk, gasser og/eller varme er aktuelle ut fra raskest mulig å kunne detektere hendelser. Automatisk detektering av farlig gods vil sikre at man til enhver tid vet hvor slikt gods befinner seg. Slikt teknisk utstyr er kostnadskreven og nytten må ses i forhold til trafikkmengden.

For alt sikkerhetsutstyr gjelder det at man har rutiner og metoder innenfor drift og vedlikehold som gir størst grad av sikkerhet for at både tekniske krav og/eller funksjonskrav for utstyret blir ivaretatt på en tilfredsstillende måte.

Nedenfor følger en oppstilling over en rekke tiltak som påvirker / er avgjørende for sikkerheten i vegtunneler:

Forebyggende og skadebegrensende tiltak

Forebyggende:

1. Geometri
(vegbanebredde, bankett, nisjer, havarilommer, profil, linjeføring, rømning, etc.)
2. Drift og vedlikehold
3. Sikt og belysning
4. Mekanisk ventilasjon
5. Trafikk og trafikkseparering
6. Trafikkovervåking
(ITV, kø- og hastighetsdetektering, siktmåling, ADR-identifisering, etc.)
7. Trafikkstyring
(vegassistanse, visningsskilt, oppmerking, kjørefeltsignaler, bommer, infotavler, høydehinder for kontroll av kjøretøy, etc.)
8. Trafikantinformasjon
(radio)
9. Brannsikring

**Skadebegrensende:
inkl. redningssystem**

1. Nødlys (prioritert belysning)
2. Ledelys
3. Servicetelefoner
4. Brannslukningsapparat
5. Anlegg for slukkevann
6. Nødutgangskilt
7. Vekselblinkanlegg
8. Manuelle bommer
9. Styrbare trafikkinstallasjoner
10. ITV
11. Kommunikasjonsanlegg og radio
12. Mekanisk ventilasjon
13. Trafikkstyring
14. Brannsikring
15. Redningssystem
16. Beredskapsplan

2.5.1 Forebyggende sikkerhetstiltak

Eksempler på tiltak for å begrense og kontrollere risikoeksponeringen

Identifisering av kjøretøy med farlig gods	Oppnås gjennom kontroll og mulighet for utvidet beredskap og mulighet for å oppdage og avlede kjøretøy
Restriksjoner	F.eks. tidrestriksjoner for å kontrollere risikoeksponeringen
Passeringskontroll	System som overvåker at kun klassifisert personell har tilgang til definerte driftsområder. Systemet overvåker også dørene i rømningsvegene.

Eksempel på tiltak for å redusere risikoen for at den utløsende hendelsen inntreffer

- Trafikksikkerhet, Trafikkovervåking/informasjon/styring/driftssikkerhet -

F1. Geometri

Tunnelprofiler	Tunnelklassifiseringen vil bestemme tunnelprofil. Profilet skal være hensiktsmessig i forhold til de estetiske og praktiske krav som blir stilt i gitte klasse. Profilet må gi plass for tekniske installasjoner, da spesielt skilt, vifter lysarmaturer etc. Behov for lokale utvidelser kan vurderes i helt spesielle tilfeller. Profilet må medføre at trafikanten føler seg trygg i trafikkrommet og at det innbyr til et riktig fartsnivå.
----------------	---

Linjeføring

Kravene til linjeføring i tunneler avviker fra veg i dagen på grunn av spesielle kjøreforhold.

Dimensjonerende fart er avhengig av horisontalkurve, tunnellengde og hastighet/tilstand på tilstøtende vegnett.



Kryss og ramper i tunneler

Kryss i tunnel gir ofte store bergrom. Av sikkerhetsmessige og ventilasjonsmessige grunner skal kryss i tunnel dimensjoneres for lavere trafikkmengder enn tilsvarende kryss i dagen. Det skal også unngås at kapasitetsproblemer i kryss utenfor tunnelen medfører hyppige kødannelser i tunneler.

Behov for støtpute, for eksempel energiabsorberende rekkverk, skal vurderes ved kryss i tunnel og ved avramper.

Kryss kan utformes som T-kryss, rundkjøring eller to-plan kryss.

Sideareal

Bredden på sidearealet påvirker siktlengden i kurver. Dette kan få betydning for tidligere oppdagelse av hindringer eller stopp i vegbanen. Sidearealet utgjør også en "sikkerhetsone" for havarerte kjøretøy (innen detektering og hastighetsnedsetting skjer). Etter at detektering og nødvendig trafikkregulering har skjedd har sidearealet en kapasitetspåvirkende funksjon ved gitte sikkerhetsnivåer.

Havarinisjer/snunisjer

I forbindelse med en trafikkhendelse vil vegskulderen være det umiddelbare sikkerhetsområdet for å plassere kjøretøy. I neste omgang må det avklares om det vil være behov for en sikrere oppstillingsplass i påvente av borttauing av kjøretøyet.

Havarinisjer skal muliggjøre parkering utenfor kjørebanelen ved nødstop. Nisjene kan også brukes for å gi plass til teknisk utstyr. Havarinisjer/snunisjer skal belyses særskilt slik at de visuelt skiller seg ut fra tunnelen for øvrig.



Rømning

Muligheten for å rømme tunnelen skal vurderes i de ulike tunnelklasser. I tunneler med tovegs-trafikk skal det legges opp et system som varsler trafikantene slik at de kan snu ved hendelser i tunnelen. Det må anlegges tydelig merkede snunisjer. I tunneler med parallelle tunnellop skal det i tillegg legges til rette for rømning via gangbare forbindelser mellom tunnellopene. Alle tverrforbindelser skal ha brannvegg.



F 2 Drift og vedlikehold

De overordnede mål for drift og vedlikehold er at sikkerhetsnivået opprettholdes og at standard og økonomi optimaliseres samtidig som det skal tas hensyn til miljøpåvirkningene.

Dette innebærer at drift og vedlikehold skal tilrettelegges og gjennomføres slik at de forutsetningene som lå til grunn da tunnelen ble planlagt, videreføres i driftsfasen. Det må også tas hensyn til de tekniske forutsetningene som ligger til grunn for de valg som er gjort under planlegging og bygging.

F 3 Sikt og belysning

Funksjonskrav for belysning: Belysningen skal:

- virke optisk ledende for trafikanter
- gi tilstrekkelig siktlengde
- virke posisjonerende, dvs. markere tydelig kjørebanelenes begrensninger sideveis
- virke beroligende og ikke forårsake økt stress
- gi god kontrastvirkning mellom kjøretøy og tunnel

En jevn og god belysning har også stor betydning for skarpheten og kvaliteten på bildene fra ITV-kameraer.

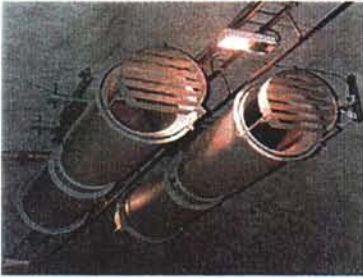
Tunnelbelysning

Hvitt tunnellys med god farvegengivelse. Belysningsstyrken tilpasset både dagslys og nattlys.

Inngangsbelysning

Inngangsbelysningen skal gi en myk overgang fra dagslys til tunnellys. Lysforholdene har stor betydning for ulykkesrisikoen. Dårlige lysforhold kan medføre en betydelig økning i ulykkesrisikoen.

F 4 Mekanisk ventilasjon



Ventilasjon benyttes for å transportere forurenset luft ut av tunnelen, inn i et renseanlegg, til ventilasjonstårn etc. Det er flere prinsipper for ventilasjon; langslufting, halvtverrlufting, tverrlufting. Mekanisk ventilasjon baseres i hovedsak på bruk av impulsventilatorer. I lange eller sterkt trafikkerte tunneler, eller der bestemte forurensingskrav gjøres gjeldende i områdene rundt tunnelåpningene, vil ventilasjon ved hjelp av ventilasjonstårn være aktuelt.

Ventilasjon er også en viktig faktor ved brann i tunneler. Den endimensjonale utformingen en tunnel representerer, vil gjøre det mulig å benytte ventilasjon til å styre avgassene i ønsket retning, slik at man kan komme til brannstedet fra den gunstigste siden.

For å oppnå en slik kontrollert strømning i tunnelen, må ventilasjonen utformes slik at:

- den har kapasitet til å overvinne trykkoppbyggingen i tunnelen. Både på grunn av generell oppdrift, ekstern vind og selve brannen, samt eventuell naturlig trekk på grunn av temperaturforskjeller ute og inne
- det sikres tilstrekkelig kapasitet i ventilasjonsanlegget i den tid som er nødvendig for å kunne evakuere tunnelen.

F 5 Trafikk og trafikkseparering

Trafikkseparering	Separering av trafikktyper.
Vegbanebelegning	Oppnå god friksjon og tilstrebe gode lys- og støyforhold.
Veglinjeføring	Mangel på referanser i horisontalplanet gjør det vanskelig for trafikantene å oppfatte vegens stigningsforhold. Dette kan påvirke både hastighetsvalg og måten å bedømme trafikksituasjonen på som reduserer sikkerheten. Dette kan tas hensyn til ved utformingen av tunnelene, for eksempel gjennom å synliggjøre stigningsforholdene med horisontale markeringer.
Tunnelrommet og trafiksikkerhet	Oppnådd standard på geometrisk utforming, siktforhold og skilting/oppmerking.
Gang- og sykkeltrafikk	<p>Det kan etter spesiell vurdering bli nødvendig å tillate gang- og sykkeltrafikk i tunneler når det ikke finnes gode alternative ruter. Tunnelen bør i så fall ha en begrenset lengde og det skal stilles spesielle krav til belysning og forurensingsnivå.</p> <p>Det skal etableres et fysisk skille med betongrekkverk eller høy kantstein mellom gang- og sykkeltrafikk og biltrafikk.</p>

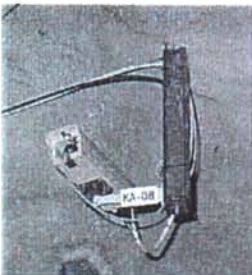
F 6 Trafikkovervåking

Trafikkovervåkingssystem

Vegtrafikksentral, VTS Vegtrafikksentral som overvåker og styrer trafikken

ITV-kameraer

Verifiserer hendelser, ulykker samt muliggjør en visuell overvåking. Videofilming gjør det mulig å se hva som har hendt umiddelbart etter tidspunktet for detektering.



ITV overvåking kan også være aktuelt med høy kapasitetsutnyttelse store deler av dagen i tunneler hvor mulige hendelser fremstår som spesielt kritiske med hensyn på objektiv verifisering som grunnlag for hurtig iverksetting av nødvendige tiltak.

	ITV overvåking krever tilknytning til fast bemannet overvåkingssentral.
Kødetektering (AID-system)	Registrerer saktegående kø og senker automatisk hastigheten ved kødannelse.
Detekteringssystem for stillestående kjøretøy	Registrerer stillestående kjøretøy enkeltvis.
Siktmåling	Registrerer siktbarhet i tunnelluften.
Hastighetsmåling	Måler og registrerer hastighetsovertredelser
Kjøretøyidentifisering (ADR-transp)	Identifisering av kjøretøy med farlig gods med det formål å oppnå kontroll og mulighet til utvidet beredskap.
Nødtelefoner (Servicetelefoner)	Nødtelefoner for å tilkalle hjelp.
GSM/NMT	Gir kommunikasjonsmuligheter i tunnelsystemet via særskilte radio- og antennesystemer.
Transport av farlig gods	<p>Normalt vil tunneler være åpne for transport av farlig gods. For tunneler i bystrøk, undersjøiske tunneler og i lengre betongtunneler bør det foretas særskilte vurderinger. Gjennom slike analyser skal det foretas en beregning og sammenligning av risikoen for personskader og materielle skader ved kjøring gjennom tunnel og på alternativ rute.</p> <p>OECD har utarbeidet av en risikomodell (QRAM) for transport av farlig gods.</p> <p>Tiltak som reduserer konsekvensene for uhell med farlig gods kan være;</p> <ul style="list-style-type: none"> • restriksjoner på transport • eskortering • overvåking/registrering • vannledning • brannventilasjon. <p>Transporter av farlig gods som ved en eventuell eksplosjon kan medføre stor fare for konstruksjonen må vurderes spesielt.</p>

F 7 Trafikkstyring

Vegassistanse Lokale redningsenheter som tilkalles ved motorstopp, bensinstopp, punkteringer etc. Vil også kunne tilkalles ved redningsoperasjoner.

Fjernstyrte trafikkregulerings-skilt. Omdirigering av trafikk. Gir VTS muligheter til kontrollert å omdirigere trafikk.

Gir VTS muligheter til å redusere tillatt hastighet og dermed redusere risikoen for ulykker ved mindre hendelser.

Gir mulighet for automatisk redusert tillatt hastighet ved kødannelser. VTS kan stenge enkelte kjørefelt eller redusere hastigheten og dermed redusere risikoen for ulykker.

Bommer Automatiske bommer benyttes for å oppnå entydig og hurtig stenging av tunneløp eller for å oppnå sikker leding av trafikantene. Bommene fjernstyres fra VTS eller lokal redningsentral og kan også styres manuelt. Alle fjernstyrte bommer skal være dekket med ITV-kameraer.



Informasjonstavler Plasseres i tilslutning til tunnelinnkjøringen og gir mulighet for omdirigering av trafikk

Trafikkskilt og oppmerking Vegsystemet bør utformes slik at behovet for skilting inne i tunnelen reduseres til et minimum, og skilt bør ikke settes umiddelbart inntil tunnelåpningen. Tunneler vegmerkes på samme måte som veg i dagen.

Høydehinder for kontroll
av kjøretøyhøyde

Behov for høydehinder skal vurderes i alle tunnelklasser. Høydehinder skal utføres så solid at kjøretøy som berører hinderet vil registrere dette, men ikke slik at last og lignende rives av kjøretøyet med fare for andre trafikanter. Dersom det er fare for hyppige skader på vifter eller andre installasjoner, kan hinderet bygges mer solid.

F 8 Trafikantinformasjon

Radio

Radio med innbrytningsmulighet for VTS for spesielt viktige opplysninger som berører sikkerheten. RDS-funksjonen utvider denne info-muligheten.



F 9 Brannsikring

Brannsikring av tunneler skal følge de retningslinjer som gjelder i det aktuelle land. Dimensjonerende brannbelastning skal fastsettes ut fra anleggets karakter avhengig av trafikkmengde, lengde, beliggenhet i forhold til redningsetater, konstruksjonstype etc. Det skal i den sammenheng stilles krav til brann-dokumentasjon av installasjoner.

Krav vil variere ut fra konstruksjonstype og trafikkmengde. Ved tunneler i fjell vil man kunne akseptere lokale destruksjoner, mens dette eksempelvis vil være helt uakseptabelt for senketunneler. Akseptkriterier vil for disse konstruksjonene måtte fastsettes spesielt for hvert enkelt tunnelanlegg.

2.5.2 Skadebegrensende tiltak og redningssystem

For at trafikantene skal kunne oppfatte evakueringsordrer klart og tydelig skal slike meddelelser kunne skje ved hjelp av to forskjellige tiltak:

1. via informasjonsmetoder inne i tunnelen og
2. gjennom forutbestemte tiltak.

Tiltaksinstruksjoner for simulerte og innøvde scenarier tas fram. Det må bygges opp et informasjons-, varslings- og styringssystem som er tilpasset formålet. Slokningsutstyr skal være tilgjengelig i et slikt omfang og funksjon at trafikanter og/eller redningspersonell skal ha mulighet til å gjøre en meningsfylt sløkkeinnsats. Videre skal evakuering kunne skje under sikre forhold.

Brannteknisk klassifisering	Bærende hovedsystem: Dimensjonerende brann vurderes
Ekspløsjonsvern	Bærende konstruksjoner: Dimensjonerende ekspløsjonslast vurderes
Brannseksjonering	Lokaler med ulike virksomheter plasseres normalt i ulike brannceller. Avvik fra slik brannseksjonering kan godtas for ventilasjon som passerer flere brannceller innen ett og samme bygningsverk.
Brannvegg	En brannvegg skal i tilfelle brann i bygningsdel hindre brannspredning til en nærliggende branncelle i løpet av den tiden som er nødvendig for å iverksette trygg evakuering.
Felles innfartsramper for to tunnelrør	Behov av brannavskiller vurderes
Avløp	Oppsamling og drenering av farlige væsker for å begrense skadegraden. Kapasitet på avløpet.
Overføring av brannrøyk	Sikkert system som hindrer at røyk spres mellom tunnelrør (f.eks. føre portal lenger ut på ene løpet enn det andre)
Faste brannsløkningsystem, pumpe- og VA stasjoner	Egnede tiltak for å redusere ekspløsjonsrisikoen i samband med f.eks. tømning av olje- og/eller bensinavskiller.

S 1 Prioritert belysning Prioritert belysning, (nødllys) skal etableres i alle tunneler som har belysning og skal sikre at trafikanter har tilstrekkelig lys til å bevege seg kontrollert i tunnelen etter strømsvikt.

S 2 Ledelys Ledelys etableres for å sikre trafikantene kontrollert retningsangivelse mot utgang ved røykfylte tunneler. Lysene skal monteres i høyde 1 m over kjørebanelen og lysene skal i hele tunnelens lengde være plassert slik at det sikres sikt fra lys til lys.



S 3 Servicetelefon Servicetelefoner plasseres langs tunnelen og med avstand som er avhengig av tunnelklasse og skal gi trafikantene direkte kontakt med bemannet nødsentral for melding om hendelser. Telefonene skal gi ringesignal når røret løftes av og responstiden skal være maks. 2 sek. Telefonene skal være detekterbar for mottaker og alle samtaler skal kunne overhøres dersom flere telefoner benyttes samtidig.

S 4 Brannslukningsapparat Skap med brannslukningsapparat plasseres med jevne mellomrom gjennom tunnelen til bruk for trafikantene for å slukke brann. Skapene skal være detekterbare for bemannet nødsentral, være nummererte og innvendig belyste. Både åpning av skapdør og fjerning av brannslukningsapparat skal være detekterbart for bemannet nødsentral. Ved ITV-overvåking skal aktuelt kamera aktiveres ved at skapdør åpnes.

S 5 Anlegg for slukkevann Slukkevann kan etableres ved hjelp av brannhydrant. Dette vil først og fremst være aktuelt der vannledning kan fremføres uten store kostnader. Tankvogn med tilstrekkelig kapasitet kan være et alternativ

For tunneler med separat ledningssystem for oppsamling av spylevann, oljesøl, bensin etc. kan det alternativt etableres egne

brannvannskummer i tilknytning til drencsystemet. Normalt plasseres slike kummer i havarinisjene.

Alternativt til brannhydranter kan det etableres egne brannvannskummer tilkoblet drencsystemet. Løsningen tillates kun hvis tunnelen i tillegg til drencsystem har et separat system for spylevann. Ved ev. ulykker som kan føre til utslipp av brennbare væsker, skal spylevannsledningen samle opp disse uavhengig av drencsystemet.

S 6 Nødutgangskilt

For å markere nødutganger (for eksempel tverrforbindelser mellom parallelle tunneler), brukes symbol for nødutgang. Utgang/Exit-skiltet settes parallelt med tunnelveggen og skal ikke være belyst. De andre skiltene skal settes opp vinkelrett på kjøreretningen, og skal være innvendig belyste.

S 7 Vekselblinkanlegg

Når tunnelen skal stenges for trafikk pga. høyt forurensningsnivå, trafikkulykke eller av andre spesielle årsaker, skal rødt vekselblinkanlegg benyttes.



Rødt vekselblinkanlegg kan plasseres på to alternative steder:

- I tilknytning til tunnelportal
- Umiddelbart etter det sted som er definert som omkjøringspunkt for tunnelen

I enkelte tilfeller kan det være aktuelt å sette opp signaler begge steder. Ved plassering av anlegget må det tas hensyn til de krav som stilles til estetisk utforming av tunnelportalen og omgivelsene.

Rødt vekselblinkanlegg kan aktiveres:

- ◆ Automatisk på grunnlag av detektert for dårlig luftkvalitet
- ◆ Fjernstyrt fra vegtrafikksentral
- ◆ Lokalt via betjeningspaneler i anlegget

S 8 Manuelle bommer

Manuelle bommer for stenging kan etableres ved tunneler for å kunne sperre raskt uten medbrakt sperreutstyr. Bomarmen skal være så lang at den sperrer aktuelle felt, men slik at det er mulig å kjøre ut av tunnelen.

S 9 Styrbare trafikk- installasjoner

Etablering av trafikkstyringsanlegg utover røde vekselblink-anlegg og manuelle bommer skal være basert på en spesiell vurdering av behov. Styrbare trafikkinstallasjoner kan bestå av følgende utstyrstyper:

◆ Automatiske bommer

Benyttes enten for å oppnå entydig og hurtig stenging av tunnellopp eller for å oppnå sikker leding av trafikantene, f.eks. gjennom midtdeler ved tovegsregulering i normalt envegsrettede tunnellopp. Automatiske bommer kan utføres som heve-/senke-bommer eller som svingbommer i horisontalplanet.

Alle fjernstyrte bommer skal være dekket med ITV-kamera slik at operatøren kan kontrollere bommens posisjon.

◆ Variable skilt

Variable skilt kan utføres med ulike teknologier. Det mest vanlige er mekanisk variable skilt eller diodebaserte skilt.

◆ Kjørefeltssignaler

Kjørefeltssignaler er lyssignalhoder med en rekke aktuelle tilstander som f.eks. mørk, grønn venstrepil, gul venstrepil etc. Kjørefeltssignaler skal kun benyttes for å angi unormal bruk av kjørefelt. Normalt skal signalene være sløkket.

S 10 ITV

Verifiserer hendelser, ulykker samt muliggjør en visuell overvåking. Videofilming gjør det mulig å se hva som har hendt umiddelbart etter tidspunktet for detektering.

S 11 Komm.anlegg/radio

Det skal etableres kommunikasjonsanlegg som er nødvendig for å gi redningsetatene radiodekning i tunneler. Det forutsettes at nødetatens radiosystem har god dekning på utsiden av tunnelen, og at styrelinjer ikke må etableres.

S 12 Mekanisk ventilasjon

Ventilasjon benyttes for å transportere forurenset luft ut av tunnelen, inn i et renseanlegg, til ventilasjonstårn etc. Det er flere prinsipper for ventilasjon; langslufting, halvverrlufting, tverrlufting. Mekanisk ventilasjon baseres i hovedsak på bruk av impulsventilatorer. I lange eller sterkt trafikkerte tunneler eller hvor bestemte forurensningskrav gjøres gjeldende i områdene

rundt tunnelåpningene, vil ventilasjon ved hjelp av ventilasjonstårn være aktuelt.

Ventilasjon er også viktig ved brann i tunneler. Den en-dimensjonale utformingen en tunnel representerer vil gjøre det mulig å benytte ventilasjon til å styre avgassene i ønsket retning, slik at man kan komme til brannstedet med friskluft i ryggen.

For å oppnå en slik kontrollert strømming i tunnelen, må ventilasjonen utformes slik at:

- Den har kapasitet til å overvinne trykkoppbyggingen i tunnelen på grunn av naturlig trekk og oppdrift på grunn av temperaturforskjeller ute og inne.
- Det sikres tilstrekkelig kapasitet i ventilasjonsanlegget i den tid som er nødvendig for å kunne evakuere tunnelen (spesielt gjelder det å sikre hovedstrømstilførsel mot brann, slik at den ikke faller ut i tidlig fase).

S 13 Trafikkstyring

Utredning av behovet for trafikkregulerende utstyr ut over rødt vekselblinkanlegg bør gjennomføres i en tidlig planfase.

Følgende hovedaspekter klarlegges:

- Trafikkreguleringsprinsipper ved stengt tunnel
- Behov for overvåkings- regulerings- og varslingsystemer for å ivareta trafikksikkerhet og optimal trafikkavvikling i anlegget

Behovsanalysen utføres normalt med utgangspunkt i følgende hovedelementer:

- Forventet hyppighet av trafikale hendelser (Bilbranner, ulykker med personskaade, ulykker med materiell skade og kjøretøystopp)
- Omfang og strategi for gjennomføring av vedlikeholdsarbeider i tunnelen
- Miljømessige aspekter knyttet til aktuelle omkjøringstraseer for tunnelen.
- Kapasitetsanalyser

På grunnlag av ovenstående kan det anslås forventet bruksfrekvens for trafikkreguleringsutstyr.

Behov for automatisk detektering av trafikale hendelser ut over det som oppdages av operatørene i vegtrafikksentral via overvåkingsanlegg, vurderes i hovedsak ut fra følgende:

- Nødvendig som grunnlag for drift av lokale trafikkstyringssystemer som tilfartskontroll, køvarslingssystemer etc.
- Nødvendig for å sikre rask oppdagelse av hendelser i tunnelen som grunnlag for manuell iverksettelse av trafikkreguleringer.

Trafikkstyringssystemer knyttet til tunneler kan inndeles i to kategorier:

- Ferdig programmerte tiltak som iverksettes kontrollert av operatør i vegtrafikksentral (overvåkingssentral) eller fra kontrollpaneler ute i tunnelanlegget.
- Dynamiske systemer som regulerer trafikken eller varsler trafikantene direkte på grunnlag av sanntidsdetektering av aktuell trafikksituasjon.

Hendelsesdetektering:

Hendelsesdetekteringssystemer installeres i tilfeller hvor det raskt er viktig å oppdage unormale hendelser, f.eks. kjørestopp i kjørebaneln, langsomtgående kø, etc.

Detekteringssystemene kan inndeles i to hovedkategorier:

- Indirekte detektering
Et kjøretøystopp i kjørebaneln eller en trafikkulykke detekteres eksempelvis ved redusert avviklingskapasitet i et snitt / over en delstrekning oppstrøms havarert kjøretøy.
- Direkte detektering
Disse systemene er primært innrettet mot detektering av enkeltkjøretøy som stanser i kjørebaneln og derved kan utgjøre en potensiell fare for følgeulykker, uten at det medfører vesentlig redusert avviklingskapasitet oppstrøms hendelsesstedet.

Hendelsesdetekteringssystemer kan være basert på ulike teknologier:

- Induktive sløyfer
- Billedtolkingssystemer (videodetektering, VIP-systemer)
- Infrarøde detektorer

S 14 Brannsikring Brannsikring av tunneler skal følge de retningslinjer som gjelder i det aktuelle land. Dimensjonerende brannbelastning skal fastsettes ut fra anleggets karakter avhengig av trafikkmengde, lengde, beliggenhet i forhold til redningsetater, konstruksjonstype etc. Det skal i den sammenheng stilles krav til branndokumentasjon av installasjoner.

Krav vil variere ut fra konstruksjonstype og trafikkmengde. Ved tunneler i fjell vil man kunne akseptere lokale destruksjoner, mens dette eksempelvis vil være helt uakseptabelt for senketunneler. Akseptkriterier vil for disse konstruksjonene måtte fastsettes spesielt for hvert enkelt tunnelanlegg.

S 15 Rednings-system

Det skal være mulig å gjennomføre en sikker redning innen det foreligger fare for at mennesker som ikke er innblandet i primærulyken blir skadet eller forulykker. Dessuten skal kostnadene for de direkte og indirekte skadene begrenses.

S 16 Beredskaps-plan

En beredskapsplan er en avtale mellom tunneleier og redningsetatene om hva som skal gjøres og hvilken ansvarsfordeling som gjelder om det oppstår hendelser i tunnelen. Det er således nødvendig at alle deltar i utarbeidelse av planen og at den holdes ajour dersom forhold som er beskrevet i planen endrer seg.

Beredskapsplanen skal normalt bestå av tre deler:

1. En beskrivelse av tunnelen, utstyret i tunnelen, omkjøringsruter og disponibelt utstyr som kan anvendes ved brann og andre ulykker.
2. En risikoanalyse som består av en gjennomgang av sannsynlige ulykkeshendelser, samt en beregning av sannsynligheten for brann, ulykker og kjøretøystans i tunnelen.
3. En beskrivelse av nødvendige innsatsfaktorer, organisering av redningsarbeidene og innsats ved ulike typer hendelser.

Ut over dette kan hver enkelt redningsetat og tunneleier utarbeide innsatsplaner som vedlegg til beredskapsplanen.

3.0 Videre arbeid

De forskjellige tiltakene som er vurdert i denne rapporten er kun beskrevet på et generelt nivå og arbeidsgruppen har ikke hatt anledning til å gå i dybden i effekten av det enkelte tiltak og kombinasjoner av disse. Det vil derfor være naturlig at det arbeides videre med disse spørsmålene som er knyttet til praktisk sikkerhetsarbeid.

Det vil bli mer og mer fokus knyttet til trafikk i vegtunneler. Den senere tids ulykker i vegtunneler i Europa bare forsterker en slik utvikling. Kravene til sikkerhetstiltak og kunnskap om hvilke konsekvenser hendelser medfører blir forsterket. Hendelser vil komme til å skje også i fremtiden. Det er da viktig at man har sikkerhetssystemer som avdekker hva som har skjedd, hvorfor det skjedde og hvilke tiltak som skal iverksettes for å hindre at lignende hendelser skjer igjen.

Vedlegg 1, Svenskt exempel:

Säkerhet vid användning

Allmänt

Allmänna funktionskrav är följande:

- tunneln skall utformas så att risken för olyckor inte är större än i motsvarande ytmiljö
- tunnel skall utformas så att olyckors konsekvenser begränsas
- trafikanter eller andra personer som vistas i en tunnel skall ges möjlighet att påbörja brandbekämpning
- trafikanter och andra personer som vistas i en tunnel skall ges tillfredsställande möjlighet att utrymma tunneln
- räddningstjänsten skall kunna göra räddningsinsatser
- räddningsmanskapets behov av säkerhet skall tillgodoses
- utveckling och spridning av brand, brandgas och toxiska ämnen skall kunna begränsas.

Säkerhetsåtgärderna kan ha olika primär inriktning:

-olycksförebyggande, dvs med huvudsyfte att begränsa antalet olyckor

-skadebegränsande, dvs med huvudsyfte att begränsa risken för följdolyckor och att begränsa skadeverkan i själva olyckan, t ex genom att förbättra utrymnings- och angreppsvägar vid brand.

Ofta påverkar åtgärder båda inriktningarna.

Önskad säkerhet kan åstadkommas med olika åtgärdstyper:

-vägutformning

-övervakning, styrning och kommunikation

-utrymnings- och räddningstjänstinsatser.

Åtgärder för brandskydd behandlas i Tunnel 99, kapitel 4.

Kompletterande krav på utformning och utförande av bl a säkerhetsanordningar anges i Tunnel 99, kapitel 8.

Säkerhetsutrustning

Val av säkerhetsutrustning bestäms av tunnelklass. Tunnelklass skall väljas vid riskanalys och utgör underlag för val av säkerhetsnivå.

Val av tunnelklass

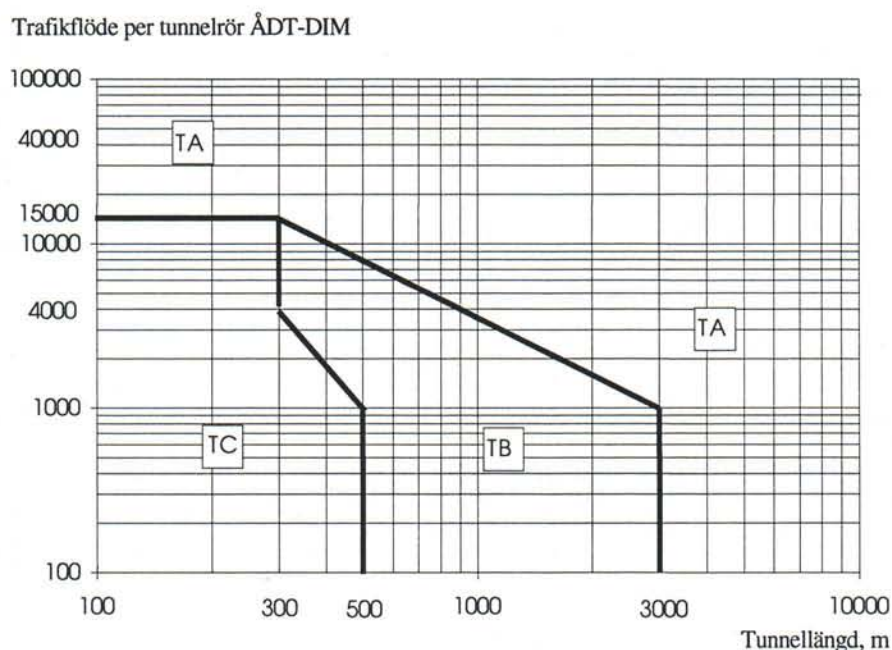
Tunnelklass skall bestämmas som TC, TB eller TA och med följande metodik:

-bestäm dimensionerande årsdygnstrafik ÅDT-DIM, se VU 94, del 4

-bestäm tunnelns längd

Vid bestämning av tunnelklass skall längden av övertäckt väg utanför tunneln, exempelvis ljusskärmar, räknas in i tunnellängden.

-välj förslag till tunnelklass enligt figur.



Figur Tunnelklass för tunnelrör

-Korrigerera eventuellt tunnelklass med hänsyn till följande ytterligare faktorer:

-typ och frekvens av tunga transporter, särskilt farligt gods

-om fotgängare, cyklister eller långsamgående trafik är tillåten

-vid plankorsningar eller av- och påfarter i tunneln bör övervägas att höja tunnelklass till minst TB

-vid svår linjeföring t ex branta backar och små radier, bör övervägas att höja tunnelklass till minst TB

-vid enkel linjeföring eller kort tunnel kan övervägas att sänka tunnelklass

-vid tunnel under vatten bör övervägas att höja tunnelklass till minst TB.

Tunnelklass TC

En tunnel i lägsta klass TC skall normalt ha följande säkerhetsutrustning:

- höjdbegränsningsportaler
- infartssignaler och infartsbommar
- längsta avstånd i tunnel mellan angrepps-/utrymningsvägar skall vara 150 m
- hjälptelefon och/eller larmknapp
- nödbelysning och utrymningslarm med ljud- och ljussignaler
- handbrandsläckare/inomhusbrandpost
- övervakning av driftfunktioner.

Tunnelklass TB

Tunnelklass TB skall normalt ha samma säkerhetsutrustning som tunnelklass TC och dessutom:

- automatiskt brandlarm
- manuellt styrda körfältssignaler
- TV-övervakning av larpunkter för trafikincidenter.

Tunnelklass TA

Tunnelklass TA skall normalt ha samma säkerhetsutrustning som tunnelklass TB. Dessutom bör följande ytterligare behov övervägas:

- Trafikövervakningsfunktioner som:
 - hastighets- och/eller ködetektering med automatiskt larm om kö
 - emissionsdetektering med larm om hög nivå.
- Trafikinformations- och styrningssystem som:
 - radio/högtalare
 - VMS-skyltar för t ex omledning
 - kövarningssystem.

Förstärkt brandskydd som t ex kortare avstånd mellan angrepps- och utrymningsvägar.

- Automatisering av fler övervakningsfunktioner.

Vägutformning och vägutrustning

Väg i tunnel skall utformas enligt VU 94 med följande förtydliganden och tillägg.

Tunnel skall ha allmän belysning och nödbelysning, se VU94, del 14 och Tunnel 99, kapitel 8.4.

Vägren och eventuellt utrymme utanför vägren skall utformas med hänsyn till hinderfri bredd enligt VU94, 5.2.

Behov för drift- och underhåll, nöduppställning och nödväg till larmställe/utrymningsväg och tillgänglighet för olycksbekämpning kan ge ytterligare breddbehov i tunnelklass TB och TA.

Vägren, som ingår i nödväg och/eller skall användas för nöduppställning, bör ha vägmarkeringsklass minst H0,20B, se VU 11.1.

Nödväg bör med hänsyn till personer med funktionshinder inte ha kantsten.

I tunnelklass TB och TA skall nödväg med minst 1,0 m bredd på ömse sidor i tunnelrör finnas utanför körfält.

Nöduppställningsplatser bör i första hand lokaliseras till lågpunkter eller uppforsbackar. De bör utrustas med hjälptelefon. Nöduppställningsplats bör lokaliseras till sträcka med goda siktförhållanden.

Nischer och utrustning vid dessa som hjälptelefoner, brandsläckare m m i tunnelvägg samt skyddsbarriär eller motsvarande skall placeras och utformas med hänsyn till risker vid påkörning, evakueringskrav m m.

Raklinje kan utformas med enkelsidigt tvärfall.

Tvärfall på raklinje bör inte överstiga 2,5 % och inte understiga 1,5 %.

Vändplatser skall anordnas när fordonen i en tunnel skall kunna evakueras bakåt i körriktningen.

Behov av vändplatser som medger vändning av dragbil med påhågs- eller släpvagn skall vara angivet i den tekniska beskrivningen.

Överfarter skall anordnas när fordonen i ett tunnelrör skall kunna evakueras via ett parallellt tunnelrör.

Behov av överfarter mellan parallella tunnelrör skall vara angivet i den tekniska beskrivningen.

Sikt

Halten stoft i tunneln får inte bli så hög att sikten understiger värden på sikt enligt VU 94.

Stofthalt av fordonsemissioner kan beräknas enligt Emissionsberäkningar för vägtunnlar (Vägverket).

Vägledande information vid bedömning av siktreduktion på grund av luftens innehåll av stoft kan fås ur Studie av förutsättningar för stoftavskiljning (Vägverket).

Vedlegg 2: Norsk eksempel

602 Sikkerhetsutrustning

602.1 Sikkerhetsutrustning i de ulike tunnelklasser

I figur 6.2 er det angitt hvilke krav som stilles til sikkerhetsutrustning i de ulike tunnelklasser. En fylt sirkel gir kravene til normalstandard. Angitt utstyr skal installeres. En åpen sirkel betyr at det kan vurderes å fravike normalstandarden. Det må i så fall dokumenteres at spesielle forhold gjør dette nødvendig.

I figur 6.3 – 6.8 er plassering av havarinisjer, servicetelefoner og brannslukningsapparat vist skjematisk for de aktuelle tunnelklasser.

For utforming av nisjer, rømningsveger mv. henvises til kapittel 4, Geometrisk utforming.

I avsnitt 602.2 er det nærmere beskrevet hvilke krav som gjelder for de ulike installasjoner som inngår i sikkerhetsutrustningen.

For strømforsyning, belysning og ventilasjon henvises til kapittel 10, Tekniske anlegg.

UTRUSTNING ● Krav ○ Vurderes	TUNNELKLASSER						MERKNADER
	A	B	C	D	EI	EII	
Havarinisjer	○	●	●	●	●	●	Se kapittel 4, Geometrisk utforming
Snunisjer	○	●	●	●	-	-	Klasse B, C, D
Rømningsmulighet til fots	○	○	○	○	●	●	Alle to-løps tunneler skal ha gangbar tverrforbindelse for hver 250 m.
Strømforsyning, belysning og ventilasjon	Se kapittel 10, Tekniske anlegg						
Avbruddsfri strømforsyning (nødstrøm)	●	●	●	●	●	●	Belysning ved strømutfall. Se avsnitt 1003.6
Ledelys			○	●	●	●	Ca. 62,5 m avstand. Se avsnitt 602.202
Servicetelefon	○	●	●	●	●	●	Klasse A : For hver ca. 500 m ¹⁾ B : For hver ca. 500 m (i havarinisje) C : For hver ca. 375 m (i havarinisje) D : For hver ca. 250 m (Begge sider) EI : For hver 500 m ²⁾ EII : For hver ca. 250 m ²⁾
Brannslukningsapparat	●	●	●	●	●	●	Klasse A, B : For hver ca. 250 m ³⁾ C, D : For hver ca. 125 m ³⁾ EI : For hver ca. 125 m ²⁾ EII: For hver ca. 62,5 m ²⁾
Uttak for brannvann	○	○	○	○	○	○	
Utgangsskilt og nødutgangsskilt	●	●	●	●	●	●	Se avsnitt 602.206.
Lyssignal, rødt vekselblinkanlegg	-	○	●	●	●	●	Se avsnitt 602.207. Klasse A og B: Bør installeres ved tunnallengde over 500 m.
Manuelle bommer for stengning	○	●	●	●	●	●	Automatiske bommer vurderes ut fra forventet bruksfrekvens. Se avsnitt 602.209
Trafikkstyringsanlegg	-	-	○	○	○	○	Se avsnitt 602.209 og 603
ITV-overvåking	-	-	-	○	○	●	Se avsnitt 602.210 og 603
Kommunikasjons- og kringkastingsanlegg	●	●	●	●	●	●	Se avsnitt 602.3
Mobiltelefon	○	○	○	○	○	○	Avklares med mobiltelefonoperatørene.
Høydehinder (avviser)	○	○	○	○	○	○	Ved frihøyde < 4.6 m vurderes automatisk varsling i tillegg.

Figur 6.2 Sikkerhetsutrustning i tunneler

- 1) Krav dersom tunnallengde er større enn 500 m.
- 2) Pr. tunnellop.
- 3) Monteres ensidig med angitt avstand. I tillegg monteres brannslukningsapparater ved alle servicetelefoner motsatt side.

Rapportöversikt

Från innevarande och sista kongressperiod

Nr/år: Titel

- 1/1992 Teknisk utveckling innenfor vegarbeidsdrift.
Utvalg 63 - Vegmaskiner
- 2/1992 Lastföreskrifter, broförvaltning och armerings-korrosion. Rapport från seminarium i Nynäshamn.
Utskott 61 - Broar och tunnelkonstruktioner
- 3/1992 Informationsteknologi i nordisk trafik.
Utskott 53 - Informationsteknologi och trafikreglering
- 4/1992 Mennesket i vegmaskinen II.
Utvalg 63 - Veg-maskiner
- 5/1992 Miljöeffekter av drift och underhåll av vägar och gator.
Utskott 41 - Drift och underhåll av vägar och gator
- 6/1992 Piggdekk og vintervedlikeholdsstrategi i Norden. Utvalg 41 - Drift og vedlikehold av veger og gater
- 7/1992 Utmattingskriterier for asfaltbelegninger.
Utvalg 33 - Asfaltbelegninger
- 8/1992 Utbildning av maskinförare i Finland.
Utskott 63 - Vägmaskiner
- 9/1992 Nya vägtyper.
Utskott 22 - Projektering av vägar och gator
- 10/1992 Trafikkavvikling i nordiske tunneler.
Utvalg 22 - Projektering av veger og gater
- 11/1992 Kvalitetssikring i vägprojektering.
Utskott 22 - Projektering av vägar och gator
- 12/1992 Ett miljöanpassat transportsystem - tre framtidsbilder.
Utskott 24 - Miljö
- 13/1992 Resmönstret och dess utveckling.
Ad hoc utskott. Transport i större städer
- 14/1992 Ombygning af det eksisterende trafiknet - muligheter og følgerikninger.
Ad hoc udvalg. Transport i større byer
- 15/1992 Veg, buss eller bane? - virkninger av transportinvesteringer.
Ad hoc utvalg. Transport i større byer
- 16/1992 Avgiftsordninger i byer.
Ad hoc utvalg. Transport i større byer
- 17/1992 Storstadstrafik och miljö.
Ad hoc utskott. Transport i större städer

- 18/1992 Hur påverkas bygg- och anläggsmaskinerna av EG.
Utskott 63 - Vägmaskiner
- 19/1992 Trafiksäkerhetsåtgärder i väg- och gatumiljö.
Utskott 52 - Trafiksäkerhet
- 20/1992 ADB-strategi. Statusrapport.
Utskott 62 - Datateknologi och mätteknik
- 21/1992 Utbildningssituationen i Norden.
Ad hoc utskott. Utbildning inom väg- och trafiksektorn
- 22/1992 Stadsport - att forma en stadsentré.
Utskott 24 - Miljö
- 23/1992 Kvalitet.
Utskott 41 - Drift och underhåll av vägar och gator
- 24/1992 Miljøkapasitet.
Utvalg 24 - Miljø
- 25/1992 Asfaltdekker for lavtrafikkerte veger.
Utvalg 33 - Asfaltbelegninger
- 1/1993 Menneskets kapasitet som trafikant.
Utvalg 52 - Trafikksikkerhet
- 2/1993 Broförvaltning, broestetik. Beständig brobetong och teknisk livslängdsmodulering.
Utskott 61 - Broar och tunnelkonstruktioner
- 2b/1993 Fire foredrag fra NVF-kongressen i Tammerfors 1992.
Utvalg 65 - Kjøretøyer utforming og egenskaper
- 3/1993 Nordisk strategi för trafiksäkerhetsarbete i tätort.
Utskott 52 - Trafiksäkerhet
- 4/1993 Tunge køretøyer's nedbrydning af vejbefestelser - Supersingeldæk
Udvalg 34 - Vejes konstruktion
- 5/1993 Vejafvanding.
Udvalg 34 - Vejes konstruktion
- 6/1993 Ventilation av vägtunnlar.
Utskott 61 - Broar och tunnelkonstruktioner
- 7/1993 Informasjon til vejholder.
Utvalg 41 - Drift og vedligeholdelse af vejer og gader
- 8/1993 Prioritering av mindre trafiksäkerhetsåtgärder i tätort.
Utskott 52 - Trafiksäkerhet
- 9/1993 Rapport från NVF-seminarium i Reykjavik, augusti 1993.
Utskott 61 - Broar och tunnelkonstruktioner
- 1/1994 Rør i vegbygging.
Utvalg 34 - Vegens konstruksjon
- 2/1994 Däckens betydelse før ett säkert väggrepp vintertid.
Utskott 65 - Fordons utformning ochegenskaper
- 3/1994 Har kollektivtrafiken en framtid.
Utskott Ad hoc - Transport i større städer
- 4/1994 Information til vejholderen.
Utvalg 41 - Drift og vedligeholdelse af veje og gader

- 5/1994 Udbud af og tilsyn med driftsarbejder.
Utvalg 41 - Drift og vedligeholdelse af veje og gader
- 6/1994 Tema "Overvåking" - Info om politietstrafikkarbeide i Danmark, Finland, Norge og Sverige.
Utvalg 52 - Trafikksikkerhet
- 7/1994 Seminar om drift och underhåll av entre-prenader för väger och gator.
Utskott 13 - Administration och arbetsorganisation
Utskott 41 - Drift och underhåll av väger och gator
- 8/1994 Trafikinformatiønsteknikens (RTI) framtid i Norden: Delphiundersøkning.
Utskott 53 - Trafikinformatiønsteknik
- 9/1994 Aktuellt om broar och tunnlar. Belysning och under-håll, kloridskador, häng- och sned-kabelbroar, träbroar, upphandling och kvalitetssäkring.
Utskott 61 - Broar och tunnlar
- 1/1995 Livslängdskostnader för olika beläggningstyper och underhållsåtgärder. (Redovisning av 1994 års huvudemne)
Utskott 33 - Asfaltbeläggningar
- 2/1995 Nordisk asfaltforskning 1994. (Redovisning av 5 nordiska FoU-projekt)
Utskott 33 - Asfaltbeläggningar
- 3/1995 Ledelsesinformasjonssystemer i Norden Statusrapport
Utvalg 62 - Datateknologi og måleteknikk
- 4/1995 Belysning af vejtunneler
Utvalg 61 - Broer og tunneler (underutvalg tunneler)
- 5/1995 Seminar om funksionsentreprenader. Nybyggnad og underhållsbeläggningar.
Utskott 33 - Asfaltbeläggningar
- 6/1995 Bro - Seminarium mitt i Norden. Hur skapar vi funktionella, økonomiska och estetisk tilltalande broar i Norden ?
Utskott 61 - Broar och tunnlar
- 7/1995 Modell för kvalitetssystem för maskinentreprenörer.
Utskott 63 - Vägmaskiner
- 1/1996 Vasking av skilt , kantstolper og vegmerking.
Utvalg 63 - Vegmaskiner
- 2/1996 Oppgjørsformer for maskinleie.
Utvalg 63 - Vegmaskiner
- 3/1996 Fremgangsmåte for Produktutvikling/FoU - Maskin
Utvalg 63 - Vegmaskiner
- 4/1996 Utprøving av salttyper forbruk i vintervedlikeholdet.
Utvalg 63 - Vegmaskiner
- 5/1996 Levetidskostnader - LCCLevetidsgevinster - LCP Med beregningsmodeller.
Utvalg 63 - Vegmaskiner
- 6/1996 Godstransport i større städer. Seminarrapport.
Ad hoc - Transport i større städer
- 7/1996 Drift og vedlikehold av tunneler.
Utvalg 61 - Bruer og tunnelkonstruksjoner
- 8/1996 Tillståndsmätning drift och underhåll.
Utskott 41 - Drift och underhåll av vägar och gator
- 9/1996 Godstransportsystemet i Norden. Uppbyggnad, funktion och konkurranssituation.
Utskott 21 - Planläggning av vägar och gator
- 10/1996 Cykeltrafik i større städer Seminarrapport.
Utskott Ad hoc - Transport i større städer

- 11/1996 Från väg till gata.
Utskott 22 - Projektering av vägar och gator
- 12/1996 Handlingsplaner for trafik og miljø i større byer. Seminarrapport.
Udvalg Ad hoc - Transport i større byer
- 13/1996 Scenarier og strategier for internasjonal godstrafikk.
Utvalg 21 - Planlegging av veger og gater
- 14/1996 Vegsektoren som motor for sysselsettings- og næringsutvikling.
Utvalg 13 - Administrasjon og arbeidsorganisasjon
- 15/1996 Tilstandsstyrt drift og vedlikehold av veger. Sammenligning mellom nordiske land basert på avviklede seminarer 1991-1994.
Utvalg 41 - Drift og vedlikehold av veger og gater
- 16/1996 Drift- og underhållsentreprenader for vägar och gator. Seminarrapport.
Utskott 13 - Administration och arbetsorganisation
Utskott 41 - Drift och underhåll av vägar och gator
- 17/1996 Rekonstruktion af gader efter opgravning.
Udvalg 34 - Vejes konstruktioner
- 18/1996 Konsekvenser av bristande vägunderhåll. Seminarierapport.
Utskott 33 - Asfaltbeläggningar
- 1/1997 Vägtransporttelematik. Nordisk terminologi.
Utskott 53 - Transportinformatik
- 1/1998 Seminarierapport.
Broseminar i Korsør august 97.
Utskott 32 – Broer og tunneler
- 2/1998 Upphandling av funktionella egenskaper inom beläggningsområdet - Underlag för kommunala beställare.
Utskott 33 - Asfaltbeläggningar
- 3/1998 Tynne belegninger
Utskott 33 - Asfaltbelegninger
- 4/1998 Nordisk asfaltforskning åren 1995-1997.
Utskott 33 - Asfaltbeläggningar
- 5/1998 Seminarium: Tunna beläggningar - kommunernas räddning?
Utskott 33 – Asfaltbeläggningar
- 1/1999 Strategisk miljøkonsekvensbedömning i transportsektorn. Rapport fra arbeidsgruppe
Utskott 51 - Miljö
- 2/1999 Forspændingssystemer i broer i Norden.
Utvalg 32 – Bro- og tunnelkonstruktioner
- 3/1999 Telependling
Utvalg 11 – Informasjonsteknologi
- Bakom lyckta dörrar.
Seminarierapport september 1999
Utskott 23 - Transport i större städer
- The Tallinn Environment Seminar 10.9.1999
Seminar report
Utskott 51- Miljö
- 4/1999 Utstyr for drift og vedlikehold av gang-/sykkelveger. Utprøving av bæremaskin og utstyr.
Utvalg 42 – Vegarbeidsmaskiner

- 5/1999 Utstyr for rensk under stålrekkverk
Utvalg 42 – Vegarbeidsmaskiner
- 6/1999 Seminarierapport. »Går bättre miljø att köpa?»
Miljökrav vid upphandlingar – hot eller möjligheter.
Utskott 51 – Miljö
(OBS!! Blev fel år, skulle vara 1998)
- 1/2000 Seminarierapport. »Kompetensförsörjningen inom väg- och anläggningsområdet»
Utskott 33 – Asfaltbeläggningar
- 2/2000 Asfaltens gröna bok
Utskott 33 – Asfaltbeläggningar
- 3/2000 Bæredygtig mobilitet
Udvalg 21 – Planlægning
- 4/2000 Upphandlingssystem som främjar utveckling – hur får vi det?
Utskott 31 – Vägbyggnad
- 5/2000 Anläggningsmaskinbranschen i Norden (*Med Sverige som utgångspunkt*)
Utskott 42 – Vägmaskiner
- 6/2000 Tunga fordons mått och vikt – Regelverken i Norden och i EU
Utskott 54 – Fordons utformning och egenskaper
- 7/2000 Veghøvelens utnyttelse og økonomi – Planleggingsmodell for disponering av veghøvel
Utvalg 42 – Vegarbeidsmaskiner
- 8/2000 Nollvisionens möjligheter
Utskott 52 – Trafiksikkerhet
- 9/2000 Sammenhæng mellem transportmidler, nye kollektive transportmidler.
Rapport fra seminar i København, april 1999
Udvalg 23 – Transport i større städer
- 10/2000 Transportinformatik i Norden – Statusrapport 1999
Utskott 53 – Transportinformatik
- 11/2000 Sikkerhetskoncept 2000
Utvalg 32 – Bro- og tunnelkonstruktioner

Danmark

NVF
C/o Vejdirektoratet
Niels Juels Gade 13
Postboks 1569
DK-1020 KÖPENHAMN K

Tfn +45 33 93 33 38
Fax +45 33 32 98 30
E-mail: cjh@vd.dk

Finland

NVF
C/o Vägverket
Postbox 33
FI-00521 HELSINGFORS

Tfn +358 204 44 2575
Fax +358 204 44 2471
E-mail: par-hakan.appel@tielaitos.fi

Färöarna

NVF
C/o Landsverkfrøðingurin
Postbox 78
FO-110 TORSHAVN

Tfn +298 31 13 33
Fax +298 31 49 86
E-mail: lv@lv.fo

Island

NVF
C/o Vegagerðin
Borgartúni 7
IS-105 REYKJAVIK

Tfn +354 563 1400
Fax +354 562 2332
E-mail: rj@vegag.is

Norge

NVF
C/o Vegdirektoratet/Biblioteket
Postboks 8142 Dep.
NO-0033 OSLO

Tfn +47 22 07 36 21
Fax +47 22 07 34 92
E-mail: biblvd@vegvesen.no

Sverige

NVF
C/o Vägverket, Butiken
Röda vägen 1
SE-781 87 BORLÄNGE

Tfn +46 243 755 00
Fax +46 243 755 50
E-mail: vagverket.butiken@vv.se

Alla rapporter kan erhållas från resp lands sekretariat. Beställ via telefon, fax, per post eller via NVF:s hemsida www.nvfnorden.org