Skjal 5

Myndighet og regelverk
Konstruksjoner
Konstruksjonsteknikk
27.06.2024

Statens vegvesen

Risikovurderinger av vegtunneler

Veiledning til tunnelsikkerhetsforskriften

STATENS VEGVESENS RAPPORTER Nr. 989



Silje Drevdal, Statens vegvesen

Statens vegvesens rapporter

NPRA reports
Norwegian Public Roads Administration

Tittel
Risikovurderinger av vegtunneler

Undertittel
Veiledning til tunnelsikkerhetsforskriften

Forfatter
Henrik Bjelland, Inger Lise Johansen, Ove Njå, Willy Røed, Rune Winther

Avdeling
Konstruksjoner

Seksjon
Konstruksjonsteknikk

Prosjektnummer
23/95175

Rapportnummer
989

Prosjektleder
Inger Lise Johansen

Godkjent av
Ing-Cristine Ericson

Emneord
Risikovurdering, tunnelsikkerhetsforskriften, spesielle egenskaper, kritiske hendelser, risikoanalyse, risikoevaluering

Sammendrag
Tunnelsikkerhetsforskriften stiller krav til risikovurderinger for å sikre laveste tillatte sikkerhetsnivå for trafikanter i tunneler. For tunneler med spesielle særtrekk kan det være nødvendig med tiltak utover minstekravene i forskriften for å oppnå laveste tillatte sikkerhetsnivå. Ved unntak fra minstekravene må risikovurderingen vise at alternative tiltak gir lik eller bedre sikkerhet. Kjennskap til tunnelsystemets farer og risikovurdering av farlig gods er i alle tilfeller nødvendig. Veiledningen forklarer de forskriftsfestede kravene og konteksten for risikovurderinger, og gir råd og føringer for gjennomføringen av risikovurderinger.

Title
Risk assessment of road tunnels

Subtitle
Guidance to the tunnel safety directive

Author
Henrik Bjelland, Inger Lise Johansen, Ove Njå, Willy Røed, Rune Winther

Department
Structures

Section
Structural Engineering

Project number
23/95175

Report number
989

Project manager
Inger Lise Johansen

Approved by
Ing-Cristine Ericson

Key words
Risk assessment, tunnel safety directive, special characteristics, critical events, risk analysis, risk evaluation

Summary
The tunnel safety directive requires risk assessments in order to ensure a minimum level of safety for road users in tunnels. For tunnels with special characteristics, additional risk reducing measures may be necessary to achieve the minimum level of safety. For derogations from the minimum requirements, it must be demonstrated by risk assessment that alternative measures provide equivalent or higher safety. Knowledge of the tunnel system's hazards and risk assessment of dangerous goods are necessary in all cases. The guidance explains the requirements and context for risk assessment and provides guidance for carrying out risk assessments.

Forord

Risikovurderinger av vegtunneler gir veiledning for gjennomføring av risikovurderinger i henhold til forskriftene *Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler* (2007) og *Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse tunneler på fylkesvegnettet og kommunalt vegnett i Oslo* (2014), omtalt som tunnelsikkerhetsforskriftene (TSF/TSFF).

Veiledningen forklarer de forskriftsfestede kravene til risikovurderinger og konteksten vurderingene utføres i, og gir råd og føringer for gjennomføringen av risikovurderinger. Veiledningen er avgrenset til risikovurderinger etter TSF/TSFF, og forutsetter at risikovurderinger etter annet regelverk håndteres gjennom andre prosesser.

Formålet med risikovurderinger etter TSF/TSFF er å sikre laveste tillatte sikkerhetsnivå for trafikanter i tunneler. For tunneler med spesielle særtrekk, kan det være nødvendig med tiltak utover minstekravene i forskriften for å oppnå laveste tillatte sikkerhetsnivå. Ved unntak fra minstekravene må risikovurderingen vise at alternative tiltak gir lik eller bedre sikkerhet. Risikovurderinger av farlig gods er i alle tilfeller nødvendig. Det samme gjelder kjennskap til tunnelsystemets farer, som grunnlag for blant annet beredskapsplanlegging. Risikovurderinger handler med andre ord både om nødvendighet og handlingsrom.

Veiledningen består av to hoveddeler: 1) Formelle føringer for veiledningen og 2) Planlegging og gjennomføring av risikovurderingen, samt vedlegg.

Det er i tillegg etablert en rapportmal, som kan lastes ned i word-format fra vegvesen.no. Rapportmalen, med vedlegg, er slått sammen med veiledningen i dette PDF-dokumentet.

Veiledningen henvender seg til bestillere, brukere og utførere av risikovurderinger etter TSF/TSFF. Det forutsettes at utførere har risikofaglig kompetanse.

Veiledningen er utarbeidet av Proactima på oppdrag fra Myndighet og regelverk, i nært samarbeid med en referansegruppe bestående av representanter fra Myndighet og regelverk (Kristin Rygg Haugland, Sverre Kjetil Røed), Statens vegvesen divisjoner Drift og vedlikehold (Karoline Bakken Bråthen), Utbygging (Eva Westgaard Pettersen) og Transport og samfunn (Laila Felix), Møre og Romsdal fylkeskommune (Morten Mortensen) og Nye Veier AS (Sigrun Nilsen).

Metoden som beskrives i veiledningen representerer en ny tilnærming sammenlignet med tidligere praksis. Det er nødvendig å få erfaringer med hvordan metoden fungerer i praksis, og brukernes tilbakemeldinger vil være viktige for videre utvikling av veiledningen.

Myndighet og regelverk, Konstruksjoner

Innholdsfortegnelse

Del 1 – Formelle føringer for veiledningen 5
1 Innledning 6
1.1 Bakgrunn og formål med veiledningen 6
1.2 Veiledningens struktur 6
1.3 Målgruppe 6
1.4 Avgrensninger for risikovurderinger iht. denne veiledningen 7
1.5 Terminologi og forkortelser 8
2 Risikovurdering – Overordnede prinsipper 11
2.1 Hvorfor gjennomføre risikovurderinger? 11
2.1.1 Veiledning vs. TSF/TSFF 11
2.1.2 Risikovurderinger er beslutningsstøtte 12
2.1.3 Risikovurderinger og sentrale beslutninger 13
2.1.4 Risikovurdering som grunnlag for tunnelsystemets sikkerhetskonsept 15
2.2 Struktur i risikovurderingen 15
2.3 Risikovurdering vs. risikostyring 17
2.4 Hvem kan/skal gjennomføre risikovurderinger? 19
2.4.1 Uavhengighet 19
2.4.2 Kompetansekrav 19
Del 2 – Planlegging og gjennomføring av risikovurderingen 20
3 Risikovurderingsprosessen 21
4 Trinn 1a: Etablere rammer for risikovurderingen 22
4.1 Formål, rammer/krav, avgrensning og forutsetninger 22
4.1.1 Formål 22
4.1.2 Rammer/Krav 22
4.1.3 Avgrensning 22
4.1.4 Forutsetninger 23
4.2 Verdier som skal beskyttes 23
4.3 Sikkerhetsmål og evalueringskriterier for risiko 23
4.4 Objekt- og systembeskrivelse 24
4.4.1 Overordnet beskrivelse av tunnelsystemet 24
4.4.2 Detaljert beskrivelse av tunnelsystemet 25
4.5 Terminologi og forkortelser 25
5 Trinn 1b: Vurdere spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere og minstekrav 26
6 Trinn 2: Identifisere farer og uønskede hendelser 27
6.1 Identifisere andre spesielle særtrekk 27

6.2 Kartlegge generelle farer 27
6.3 Identifisere farer og uønskede hendelser relatert til spesielle egenskaper 28
6.4 Gjennomføring 29
7 Trinn 3: Risikoanalyse 31
7.1 Risikoanalyse av kritiske hendelser 31
7.2 Beskrive troverdige verstefallshendelser (TVH'er) 32
7.3 Analysere risiko og identifisere risikoreduserende tiltak 33
7.3.1 Analysetabell der årsaker, konsekvenser og sårbarheter beskrives. 34
7.3.2 Hendelsestreanalyse (ETA) 35
7.3.3 Feiltreanalyse (FTA) 35
7.3.4 Ventilasjonsberegninger og røyksimuleringer 36
7.3.5 Bow-tie 36
7.3.6 Om kvantitative analyser 37
7.4 Risikoanalyse av brannhendelser, herunder langsgående ventilasjon 37
7.5 Risikoanalyse av hendelser med farlig gods 38
7.6 Analyse av sårbarhet 39
7.7 Vurdering av sensitivitet 40
7.8 Vurdering av usikkerhet 40
7.9 Praktisk gjennomføring av risikoanalysen 40
8 Trinn 4: Risikoevaluering 42
8.1 Laveste tillatte sikkerhetsnivå 42
8.2 Risikoreduserende tiltak og sammenligning av løsninger 45
8.3 Håndtering av risiko 45
9 Referanser 47
Vedlegg 1 – Særtrekk for sikkerhetsparametere i TSF/TSFF 48

Del 1 – Formelle føringer for veiledningen

Denne delen av veiledningen setter risikovurderingen inn i en større kontekst.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og formål med veiledningen

Det er flere grunner til at denne veiledningen er utarbeidet:

- Etablere tydeligere retningslinjer for risikovurderinger som viser om tunnelen oppfyller laveste tillatte sikkerhetsnivå opp mot Tunnelsikkerhetsforskriften (TSF/TSFF).
- Det er formelle krav til utførelse av risikovurderinger[1] iht. TSF/TSFF, som det er nødvendig å forklare nærmere.
- Det er behov for både å effektivisere og strukturere risikovurderinger, og å styrke risikovurderingens rolle og betydning i arbeidet med å oppnå et sikkerhetsnivå som minst skal tilsvare laveste tillatte sikkerhetsnivå iht. TSF/TSFF. Viktige elementer her er beslutningsstøtte (formål), storulykkepotensiale (riktig fokus) og at analyse av risiko handler om mer enn fareidentifikasjon.
- Gode risikovurderinger er nødvendige for å kunne ha kontroll med sikkerheten i tunneler.

TSF/TSFF er grunnleggende risikobasert, og risikovurderinger er derfor ikke noe som bare skal gjøres av formelle grunner. Risikovurderinger spiller en helt sentral rolle i TSF/TSFF, blant annet ved at de brukes til å si noe om når det ikke er tilstrekkelig å følge minstekravene, og til å gi mulighet for å erstatte minstekrav med alternative løsninger. Risikovurderinger iht. TSF/TSFF handler derfor både om nødvendighet, og om handlingsrom.

For å bedre forstå risikovurderingens rolle i risikostyring og prosjektgjennomføring henvises det til kapittel 2.

1.2 Veiledningens struktur

Denne veiledningen består i praksis av to dokumenter: Selve veiledningen og en mal for risikovurderingsrapport. Begge disse dokumentene er nødvendige for å forstå og kunne gjennomføre risikovurderinger iht. veiledningen.

Selve veiledningen består av to hoveddeler:

- Del 1 gir formelle føringer for veiledningen, herunder avgrensninger mot andre deler av sikkerhetsstyringen.
- Del 2 beskriver planlegging og gjennomføring av risikovurderingen.
- I tillegg definerer Vedlegg 1 særtrekk for sikkerhetsparametere i TSF/TSFF.

Del 1 setter risikovurderingen inn i en større kontekst, for å unngå at den kun blir en overfladisk øvelse for å tilfredsstille formelle krav. Risikovurderinger bidrar med informasjon som er avgjørende i arbeidet med å forebygge ulykker og unngå tap av liv.

1.3 Målgruppe

Veiledningen har mange målgrupper, med forskjellige behov:

- **Bestillere:** De som har i oppgave å sikre at risikovurderinger gjennomføres, og som derfor må bestille de konkrete risikovurderingene. Bestillerne må ha nok kunnskap om risikovurderinger til å kunne lage gode bestillinger, og gjøre gode vurderinger ved valg av utførende.
- **Brukere av resultatene:** Risikovurderinger gjøres for å gi beslutningsstøtte, og de som er involvert i disse beslutningene må ha tilstrekkelig forståelse for hva en

[1] I TSF/TSFF brukes begrepet risikoanalyse om det som her kalles risikovurdering.

risikovurdering er, og hva den ikke er. Dette gjelder bl.a. de som skal planlegge beredskap.

- **Utførende:** De som får i oppgave å gjennomføre risikovurderinger. Disse må få praktiske og formelle rammer som sikrer god gjennomføring. Ansvaret for at risikovurderingene blir gjort på et faglig forsvarlig nivå, og på et hensiktsmessig tidspunkt i planleggingen, ligger hos tunnelforvalter.

1.4 Avgrensninger for risikovurderinger iht. denne veiledningen

Risikovurderinger utført iht. til denne veiledningen skal i utgangspunktet dekke hele tunnelsystemet (se definisjon i delkapittel 1.5), og alle forhold ved tunnelsystemet som har relevans for sikkerhet. Det er imidlertid visse forhold som normalt ikke vil inkluderes, og veiledningen har følgende avgrensninger:

- Veiledningen er avgrenset til risikovurderinger som gjennomføres for å ivareta TSF/TSFF.
- Risikovurderingen tilpasses vurdering og utarbeidelse av sikkerhetsstrategi/ sikkerhetskonsept iht. TSF/TSFF, og går ikke inn i detaljløsninger. Detaljer forventes håndtert i egne analyser ifm. prosjektering. Det risikovurderingen imidlertid skal gjøre, er å klargjøre risikorelaterte krav og forutsetninger som er relevante å følge opp gjennom bl.a. detaljprosjektering.
- Risikovurderingen skal fokusere på verdien «Trafikanters liv».
- Analyse av trusler, dvs. tilsiktede handlinger for å skape uønskede hendelser, inngår kun i den grad de anses relevante mht. de farer og uønskede hendelser som er identifisert. Det betyr at det ikke gjøres en egen analyse for å identifisere mulige tilsiktede handlinger, men at det i forbindelse med farer og uønskede hendelser gjøres en vurdering av om tilsiktede handlinger kan være en utløsende hendelse eller en faktor som påvirker et hendelsesforløp.
- Generell trafikksikkerhet, f.eks. påkjørsler, inngår kun i den grad de:
    a. Skyldes spesielle egenskaper ved tunnelsystemet, og/eller
    b. Kan forårsake kritiske hendelser, dvs. uønskede hendelser som både har et betydelig potensial for tap av liv, og som truer sikkerheten til trafikanter som ikke er involvert i den utløsende hendelsen.
- Risikoanalyse og risikoevaluering gjøres kun for kritiske hendelser (se definisjoner i delkapittel 1.5). Trafikkulykker som ikke kan føre til kritiske hendelser inngår ikke i hverken risikoanalyse eller risikoevaluering.
- Driftssituasjoner skal i utgangspunktet begrenses til normal operasjon. Unntak kan være midlertidige faser forbundet med større bygge- eller vedlikeholdsarbeid.
- Risikovurderingen identifiserer, analyserer og evaluerer risiko, samt identifiserer, analyserer og evaluerer forslag til risikoreduserende tiltak. Risikovurderingen beslutter ikke hvilke tiltak som skal gjennomføres. Risikohåndtering er en risikostyringsaktivitet som ligger utenfor risikovurderingen (se delkapittel. 2.3).
- Risikovurderingen har ikke beredskap som et eget tema, men kan gjøre forutsetninger om beredskap, dersom det har betydning for konklusjonen i risikovurderingen.

1.5 Terminologi og forkortelser

Begrep/forkortelse	Forklaring	Kommentar
AID	Automatic incident detection	Norsk: automatisk hendelsesdeteksjon
ALARP	As low as reasonably practicable	Norsk: så lav [risiko] som praktisk mulig
Andre spesielle særtrekk	Egenskap ved et tunnelsystem som er utenfor det som anses som standard, og som har betydning for kritiske hendelser.	Kompletterer begrepet «spesielt særtrekk for sikkerhetsparametere», og benyttes for å sikre at risikovurderingen har tilstrekkelig fokus på alle typer egenskaper som kan påvirke sikkerheten mtp. storulykker.
Barriere	Tiltak som reduserer sannsynligheten for å utløse en fares potensial for skade, eller reduserer skadepotensialet.	Dette kan være både tekniske, operasjonelle og organisatoriske tiltak.
CFD	Computational fluid dynamics	
DG-QRAM	Dangerous goods quantitative risk assessment model	Risikoanalysemodell for å analysere risiko relatert til farlig gods i tunnel
DSB	Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap	
ETA	Event tree analysis	Norsk: hendelsestreanalyse
FTA	Fault tree analysis	Norsk: feiltreanalyse
Fare	Forhold som kan føre til en uønsket hendelse.	Fra NS 5814.
Fravik	Dispensasjon fra krav i en vegnormal.	
Generell fare	Farer som er relevante for tunneler både med og uten spesielle egenskaper.	Dette er farer som må kjennes til og følges opp, bla. gjennom beredskapsarbeidet, men som for tunneler uten særtrekk ikke krever tiltak utover minstekravene. Se også definisjon av «tunnelsystemets spesielle egenskaper».
HAZID	Hazard identification	Norsk: fareidentifikasjon
ISO	International standardization organisation	
Kritiske hendelser	Uønskede hendelser som både har et betydelig potensial for tap av liv, og som truer sikkerheten til trafikanter som ikke er involvert i den utløsende hendelsen.	Dette er i praksis det samme som det man kaller storulykker.
Minstekrav	Begrepet brukes om minstekravene nevnt i Vedlegg I til TSF/TSFF.	
PE-skum	Polyetylen-skum	Materiale for vann- og frostsikring i tunneler, svært brennbart
Risiko	Usikkerhet knyttet til om en uønsket hendelse vil inntreffe og hvilke konsekvenser den kan få.	Fra NS 5814.

Begrep/forkortelse	Forklaring	Kommentar
Risikoanalyse	Systematisk framgangsmåte for å beskrive risiko.	Fra NS 5814. Merk at NS 5814 og TSF/TSFF bruker begrepene forskjellig. Risikoanalyse iht. TSF/TSFF er det samme som risikovurdering i NS 5814, mens risikoanalyse i NS 5814 er en delaktivitet i en risikovurdering.
Risikoevaluering	Prosess for å vurdere om sikkerhetsmålene er nådd, ved å sammenholde resultatene fra risikoanalysen med evaluerings-kriteriene og gi beslutningstaker en anbefaling om risikohåndtering.	Fra NS 5814.
Risikostyring	Aktiviteter for å håndtere risiko, dvs. gjøre valg om løsninger, tiltak, mm., på basis av bl.a. risikovurderinger.	
Risikovurdering	Samlet prosess som består av å etablere rammer for risikovurderingen, identifisere uønskede hendelser, foreta risikoanalyse og foreta risikoevaluering.	Fra NS 5814. Bemerk at dette er det samme som risikoanalyse iht. TSF/TSFF.
Selvredningsprinsippet	Tunnelsystemet skal være tilrettelagt for at trafikantene skal kunne redde seg selv ved kritiske hendelser, enten med kjøretøy eller til fots.	Dette betyr at utforming, sikkerhetsutstyr og øvrige tekniske installasjoner i tunnelen skal gi støtte til trafikantene ved en evakuering.
Sikkerhetskonsept	Kombinasjonen av alle forebyggende og skadereduserende tiltak som skal til for å oppnå akseptabel sikkerhet for kritiske hendelser, som minimum laveste tillatte sikkerhetsnivå iht. TSF/TSFF.	
Sikkerhetsstyringssystem	Systematiske aktiviteter for å oppnå og opprettholde et sikkerhetsnivå.	
Sikkerhetsparameter	Liste over enkelte egenskaper som påvirker sikkerheten i en vegtunnel, jf. TSF/TSFF Vedlegg I, 1.1.2.	
Spesielt særtrekk for sikkerhetsparametere	En egenskap ved et tunnelsystem som er utenfor det som anses som standard, mht. listen over sikkerhetsparametere i TSF/TSFF, Vedlegg I, 1.1.2.	Dette begrepet er benyttet i TSF/TSFF, og eventuelle spesielle særtrekk som identifiseres gir krav til risikovurdering iht. §10 (ref. TSF/TSFF, Vedlegg I, 1.1.3). Vedlegg 1 i denne veiledningen inneholder mer konkret informasjon om dette.
Sårbarhet	Tunnelsystemets manglende evne til å motstå uønskede hendelser eller varige påkjenninger, samt til å opprettholde eller gjenoppta sin funksjon etterpå.	Fra NS 5814.
Tiltaksplan	Dokument med beskrivelse av tiltak for å tilpasse en eksisterende tunnel til bestemmelsene i forskriften.	Jf. TSF §14, TSFF §12.

Begrep/forkortelse	Forklaring	Kommentar
Troverdig verstefallshendelse, TVH	Verste troverdige hendelse, gitt at sikkerhetsutrustningen fungerer som den skal.	Hendelse som hensyntar konsekvenspotensialet, uten at man legger til grunn den absolutt verste tenkelige muligheten.
Trussel	Tilsiktet handling som kan føre til en uønsket hendelse.	Fra NS 5814.
TSF	Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften)	
TSFF	Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse tunneler på fylkesvegnettet og kommunalt vegnett i Oslo (tunnelsikkerhetsforskrift for fylkesveg m.m)	
Tunnelsystem	Selve tunnelen, med alle dens fysiske/tekniske enheter, samt omgivelser, brukere og andre aktører som kan påvirke eller bli påvirket av sikkerheten i tunnelen.	Merk at tunnelsystemet er mer enn den tekniske tunnelen. I praksis vil det måtte gjøres vurderinger i hvert enkelt tilfelle av hvor grensen for hva som skal tas med skal settes. For å kunne vurdere risiko forbundet med farlig gods kan det f.eks. være nødvendig å ta med omkjøringsvei som del av tunnelsystemet.
Tunnelsystemets spesielle egenskaper	Samlebetegnelse for: • Spesielt særtrekk for sikkerhetsparametere. • Egenskaper som ikke oppfyller minstekrav i TSF/TSFF. • Andre spesielle særtrekk.	Dette er de egenskapene ved tunnelsystemet som krever nærmere vurdering mht. påvirkning på sikkerhet/sikkerhetskonsept (sentralt i trinn 2). Fremfor å hele tiden måtte nevne alle tre er det praktisk å etablere en samlebetegnelse.
TUSI	TUnnelSIkkerhet	Modell for å beregne frekvens av trafikkulykker og brann i tunnel
TØI	Transportøkonomisk institutt	
Unntak	En situasjon der man har til hensikt å erstatte et minstekrav i TSF/TSFF, vedlegg I, med ett eller flere alternative tiltak som gir lik eller bedre sikkerhet.	Vilkår for unntak er gitt av definerte unntaks-bestemmelser i forskriften: Se TSF/TSFF §8 (2. og 6. ledd), §11 og Vedlegg I, 1.2.1.
Usikkerhet	Mangel på kunnskap	
Uønsket hendelse	Hendelse som kan medføre tap av verdier.	Fra NS 5814. I denne veiledningen er verdi definert som «trafikanters liv».
VTS	Vegtrafikksentralen	
ÅDT	Årsdøgntrafikk	Gjennomsnittstall for daglig trafikkmengde.

2 Risikovurdering – Overordnede prinsipper

2.1 Hvorfor gjennomføre risikovurderinger?

Risikovurderinger gjennomføres av mange grunner, bl.a.:

- For å oppfylle formelle krav, TSF/TSFF i denne sammenheng.
- For å få grunnlag for beslutninger om bl.a.:
  - Sikkerhetskonsept/sikkerhetsstrategi
  - Løsninger.
  - Tiltak.
  - Unntak.
- For å ha reell kontroll med sikkerhet.
- For å få grunnlag for beredskapsanalyser og beredskapsplaner.
- For å kunne kommunisere risikobildet på en strukturert og systematisk måte til alle relevante aktører (redningsetater, myndigheter, mm.).

Risikovurderinger som utføres i samsvar med denne veiledningen skal fremskaffe kunnskap for å vurdere om tunnelsystemet er tilstrekkelig sikkert for trafikanter. Trafikantenes sikkerhet i en tunnel vil være avhengig av forhold og aktører også utenfor selve trafikkrommet. Enkelte av disse forholdene, som geografisk beliggenhet og kommunal brann- og redningsberedskap, vil måtte behandles som rammebetingelser for utforming og utrustning av tunnelen, og for fastsettelse av operasjonelle driftsbetingelser. Det forutsettes at risikovurderinger utført etter denne veiledningen gjør en bred kartlegging av tunnelsystemet for å avdekke hvilke rammebetingelser som foreligger, og hvor det finnes handlingsrom for å påvirke sikkerheten til trafikantene i tunnelen.

For å tydeliggjøre hva en risikovurdering med hjemmel i TSF/TSFF er og ikke er, går de følgende kapitlene nærmere inn på enkelte av formålene med risikovurderingen.

2.1.1 Veiledning vs. TSF/TSFF

Dette delkapittelet tydeliggjør relasjonen mellom TSF/TSFF og denne veiledningen ved å diskutere noen sentrale problemstillinger.

Krav til risikovurderinger[2] iht. §10

§10 stiller følgende overordnede krav til utførelse:

1. Risikoanalyse (dvs. risikovurdering) skal gjennomføres av et organ som er funksjonsmessig uavhengig av tunnelforvalter.
2. Risikoanalysen skal utføres etter en detaljert og godt definert metode som er i samsvar med den beste praksis som foreligger.

Følger man denne veiledningen, vil man oppfylle disse kravene. Det er i veiledningen tydeliggjort hvilke aktiviteter som krever uavhengighet, og den metodiske fremgangsmåten som beskrives vil være i samsvar med beste praksis. Dette betyr ikke at veiledningen bestemmer i detalj hvordan fremgangsmåten skal være, siden dette nødvendigvis må tilpasses det enkelte tilfellet.

[2] Det som benevnes som risikoanalyser i TSF/TSFF.

Krav til risikovurdering av spesifikke problemstillinger

TSF/TSFF definerer flere kriterier for når risikovurderinger skal gjennomføres:

- Dersom tunnelsystemet har spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere i TSF/TSFF, Vedlegg I, 1.1.2. Dette inkluderer følgende spesialtilfelle:
  - For tunneler med toveistrafikk og/eller enveistrafikkork, og ventilasjon i lengderetningen (TSF/TSFF, Vedlegg I, 2.9.3).
- For alle tunneler som gir adgang for transport av farlig gods (TSF/TSFF, Vedlegg I, 3.7).
- Dersom forbikjøring med tunge lastebiler i tunneler med mer enn ett kjørefelt i hver retning skal tillates (TSF/TSFF, Vedlegg I, 3.8).
- Dersom man har til hensikt å søke om unntak fra minstekrav, iht. definerte unntaksbestemmelser

Denne veiledningen er tilpasset til, og adresserer, hver av disse situasjonene.

Krav til sikkerhetsdokumentasjon

TSF/TSFF stiller en rekke krav til sikkerhetsdokumentasjonen som skal utarbeides. Risikovurderinger iht. denne veiledningen svarer ut følgende av disse:

- Beskrivelse av forebyggings- og vernetiltak som trengs for å ivareta trafikantenes sikkerhet.
- Risikoanalysen fastsatt i Vedlegg I, 3.7.
- En særskilt studie av farer, med beskrivelse av mulige ulykker som tydelig berører sikkerheten for trafikanter i tunneler og som vil kunne inntreffe i løpet av brukstiden.

Det betyr at en risikovurdering utført iht. denne veiledningen vil inneholde den informasjonen som er nødvendig for å svare ut disse kravene. En risikovurdering etter denne veiledningen vil også være en viktig del av grunnlaget for å etablere eller oppdatere beredskapsplaner.

2.1.2 Risikovurderinger er beslutningsstøtte

Risikovurderinger gjennomføres for å inngå som en del av et helhetlig underlag for å fatte beslutninger. Denne veiledningen er laget med utgangspunkt i den viktige, men begrensede, problemstillingen om en gitt vegtunnel er i samsvar med TSF/TSFF. Formålet med TSF/TSFF er å «sikre laveste tillatte sikkerhetsnivå for trafikanter i tunneler ved krav til å forebygge kritiske hendelser som kan sette menneskeliv, miljøet og tunnelanlegg i fare og til å sørge for vern i tilfelle av ulykker.»

I praksis tas beslutninger om sikkerhetsnivå for tunnelsystemer særlig ved planlegging av nye tunneler og oppgradering av eksisterende tunneler, samt ved endringer for tunneler i drift:

- For nye tunneler og tunneler som skal oppgraderes (etter TSF/TSFF), er problemstillingen knyttet til om *planene* for det nye tunnelsystemet med tilhørende forutsetninger er i samsvar med kravene fastsatt i TSF/TSFF, *gitt at planene realiseres og tunnelen settes i drift.*
- For tunneler i drift er problemstillingen knyttet til om det er endringer som tilsier at det er behov for å endre sikkerhetsdokumentasjonen, og vurdere behov for å søke ny brukstillatelse.

Sikkerhetsnivå uttrykkes ved hjelp av konseptet risiko. I praksis er vi interessert i å vite om et gitt tunnelsystem har et tilstrekkelig lavt risikonivå, eller om det må gjennomføres risikoreduserende tiltak.

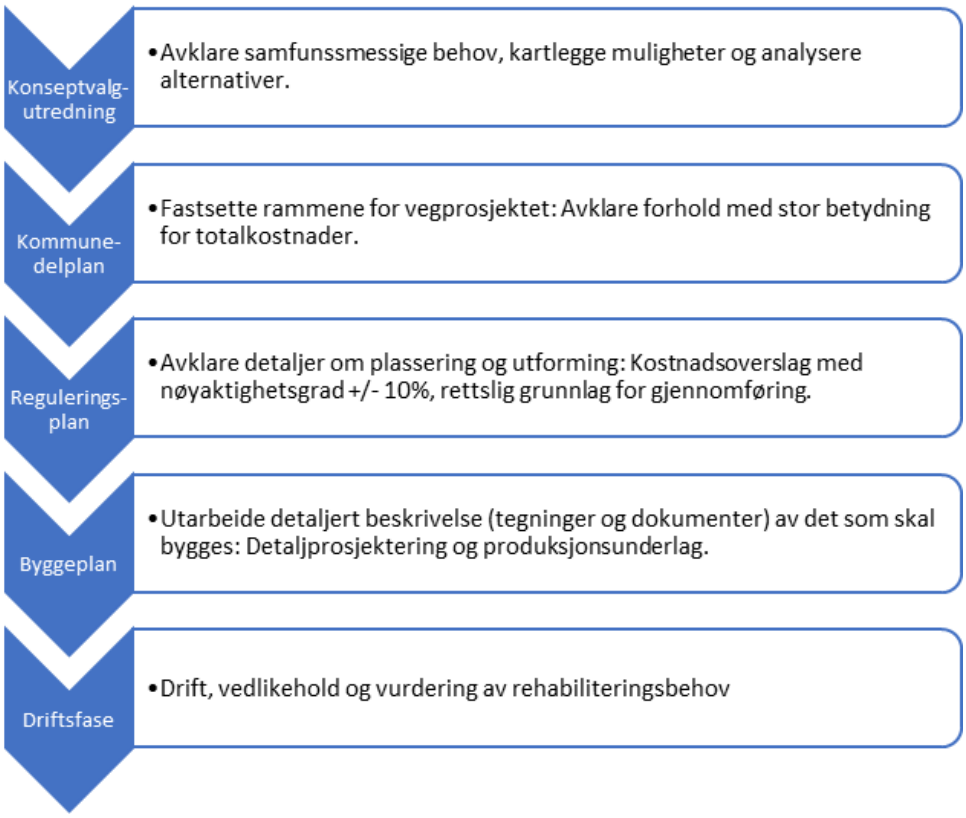
Risikovurderinger er et viktig verktøy fordi de gjør det mulig å forstå hva som påvirker sikkerhetsnivået, uavhengig av spesifikke løsninger, og dermed gi handlingsrom for løsningsvalg. På denne måten åpnes det for innovasjon, der vi kan finne nye og bedre løsninger på både erfarte og mulige utfordringer. Tunnelsystemet, som skal driftes i mange år framover, vil også bli bedre forberedt på endringer som kommer. Det er ikke slik at tunnelsystemet skal være utrustet for å håndtere alle tenkelige framtidige situasjoner og hendelser. Vi må imidlertid kjenne tunnelsystemets begrensninger slik at vi kan reagere hensiktsmessig dersom forutsetningene for forsvarlig drift utfordres av endringer i tilstand og/eller driftsbetingelser. Risikovurderingene er et viktig grunnlag for virksomhetenes risikostyring. Sammenhengen mellom risikovurdering og risikostyring omtales nærmere i delkapittel 2.3.

Risiko kan ikke måles objektivt på samme måte som avstanden mellom to nødutganger eller antall havarinisjer. I en risikovurderingsprosess gjøres det mange valg, blant annet om hva som er hensiktsmessige metoder, analyseteknikker og relevante data. Risikovurderinger fungerer derfor best når beslutningstaker er tydelig på hvilket grunnlag som kreves for å kunne ta beslutninger, involverer seg i arbeidet underveis og foretar en kritisk vurdering av arbeidet når analyserapporten foreligger. Risikovurderingene skal med andre ord ikke erstatte beslutningstakerens rolle, som er å sette risikoinformasjon i sammenheng med andre vesentlige verdier (kostnad, gjennomføringstid, miljøpåvirkning, fremkommelighet for trafikanter, m.m.), og fatte beslutninger.

2.1.3 Risikovurderinger og sentrale beslutninger

Risikovurderinger er, som nevnt ovenfor, et beslutningsunderlag, og må alltid tilpasses de beslutningene de skal støtte.

Figur 1 viser trinnene i offentlige planprosesser med overgang til bygge- og driftsfase. Den offentlige planprosessen er sentral i vegprosjekter for å sikre lokal forankring av planene og et rettslig grunnlag for å bygge og drifte et veganlegg i en kommune. Planprosessen skal også sikre prosjektmodning, der konsepter og skisser utvikles til detaljerte beskrivelser som danner grunnlag for bygging, drift og vedlikehold av veganlegget.



Figur 1: Trinnene i offentlige planprosesser.

I vegprosjekter som inneholder tunneler, vil det være relevant å vurdere om formålet med TSF/TSFF er ivaretatt i alle trinnene. I konseptvalgutredningen er det sentralt å sammenligne ulike alternativer og avdekke om noen av alternativene vil ha særlige utfordringer knyttet til sikkerhet. Typiske problemstillinger vil være:

- Hvilke tunnelalternativer gir høyest/lavest sikkerhetsnivå for trafikanter?
- Finnes det tunnelalternativer som ikke vil kunne ivareta trafikantenes sikkerhet iht. TSF/TSFF (gap mellom beskrivelse av tunnelsystemer og regelverk)?
- Hvilke risikoreduserende tiltak må regnes med ved valg av ulike tunnelalternativer?
- Vil det være behov for å søke om fravik fra normaler eller unntak fra forskrift?

Et sikkerhetskonsept som ivaretar formålet med TSF/TSFF, bør være utarbeidet senest i reguleringsplanfasen. Denne veiledningen er særlig rettet mot vurdering av sikkerhetskonsept. Sikkerhetskonseptet skal fastsette vesentlige sikkerhetstiltak, og danne grunnlaget for valg og detaljprosjektering i byggeplanfasen. Sikkerhetskonseptet skal beskrive vesentlige sikkerhetssystemer, driftsbetingelser og sentrale forutsetninger.

For tunneler i drift, som skal oppgraderes iht. TSF/TSFF, følges vanligvis ikke den offentlige planprosessen. For disse tunnelene er tiltaksplaner et sentralt dokument. Slike planer beskriver i prinsippet tunnelens planlagte sikkerhetskonsept. Tiltaksplaner bør derfor utarbeides på grunnlag av en risikovurdering utført etter denne veiledningen.

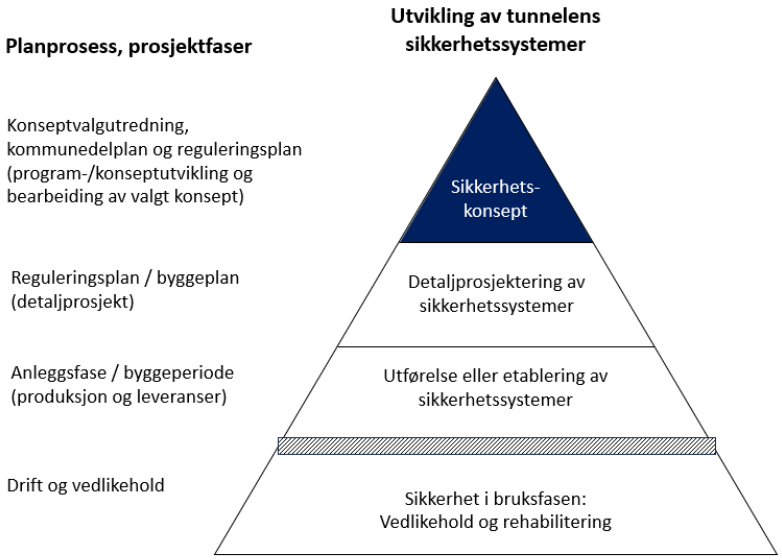
Risikovurderinger bør gjennomføres så tidlig som mulig, og gjentas i flere faser, selv om grunnlaget i tidlige faser kan være mangelfullt. Dette betyr at analyser i tidlige faser ofte blir enkle og overordnede, men likevel verdifulle fordi man så tidlig som mulig får kunnskap om

risiko som kan være avgjørende for de valg og beslutninger som skal tas. At en risikovurdering er overordnet behøver ikke bety at den ikke har stor verdi. Grunnleggende her er at valgmulighetene blir gradvis redusert jo senere i prosjektfasene man er, og at det er lettere å håndtere risiko når valgmulighetene er store.

2.1.4 Risikovurdering som grunnlag for tunnelsystemets sikkerhetskonsept

Risikovurderinger etter denne veiledningen skal understøtte tunnelsystemets sikkerhetskonsept. Merk at denne veiledningen ikke er utformet med tanke på å støtte analyser som kreves ved utledning eller dokumentasjon av ytelseskrav. Dette er noe som forutsettes håndtert i andre analyser.

Figur 2 beskriver hvordan et sikkerhetskonsept danner grunnlag for detaljprosjektering og utførelse. Pyramiden i sentrum av figuren viser utviklingen av tunnelens sikkerhetssystemer fra konseptnivå, gjennom detaljert beskrivelse, via utførelse til drift. Til venstre for pyramiden er utviklingen av sikkerhetssystemene koblet til offentlig planprosess og prosjektfaser. Sikkerhetskonseptet er grunnlag for detaljprosjektering og må derfor utvikles i de tidligste prosjektfasene.



Figur 2: Utvikling av tunnelens sikkerhetssystemer koblet til planprosess/prosjektfaser (inspirert av Sintef Byggforsk, 2021).

2.2 Struktur i risikovurderingen

Før vi beskriver hvordan risikovurderingen skal utføres, er det nyttig å vise hovedprinsippene og risikovurderingsprosessen som helhet.

Standarden NS 5814: Krav til risikovurderinger (2023) definerer risikovurderingen som en prosess med fire trinn:

1. Etablere rammer for risikovurderingen
2. Identifisere farer og uønskede hendelser
3. Risikoanalyse
4. Risikoevaluering

Disse trinnene bygger på hverandre, på følgende måter:

- Trinn 1 etablerer informasjon som benyttes i alle etterfølgende trinn.
- Trinn 2 identifiserer hvilke farer og uønskede hendelser som skal analyseres videre i trinn 3.
- Trinn 3 analyserer og beskriver risikobildet, og legger grunnlaget (sammen med informasjon etablert i trinn 1) for trinn 4.
- Trinn 4 evaluerer risikoen og konkluderer entydig med om sikkerhetsmål og evalueringskriterier er møtt slik tunnelsystemet er planlagt/bygd, eller med ett eller flere risikoreduserende tiltak.

Prosessen i NS 5814 er generell, og må tilpasses den enkelte kontekst. Risikovurderingsprosessen beskrevet i denne veiledningen er en tilpasning av NS 5814 til TSF/TSFF.

Et grunnleggende prinsipp i TSF/TSFF er at krav om å gjennomføre risikovurderinger iht. §10 er knyttet til om tunnelsystemet har spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere, eller om man har til hensikt å søke unntak fra minstekravene i Vedlegg I. Dersom dette ikke er tilfelle, er det kun krav om å gjøre risikovurdering iht. §10 for:

1) Farlig gods iht. Vedlegg I, 3.7.
2) Dersom det vurderes å tillate forbikjøring med tunge lastebiler i tunneler med mer enn ett kjørefelt i hver retning (TSF/TSFF, Vedlegg I, 3.8).

En viktig praktisk tilpasning i denne veiledningen er at det i overgangen mellom trinn 1 og 2 i NS 5814 er lagt inn et ekstra trinn: «Vurdere tunnelsystemet mht. sikkerhetsparametere og minstekrav i TSF/TSFF, Vedlegg I».

Trinnene «Etablere rammer for risikovurderingen» (trinn 1a) og «Vurdere tunnelsystemet mht. sikkerhetsparametere og minstekrav i TSF/TSFF, Vedlegg I» (trinn 1b) kan gjennomføres av f.eks. tunnelforvalter som grunnlag for bestilling av en risikovurdering iht. trinn 2-4.

I tråd med prinsippene i TSF/TSFF fokuserer risikovurderinger iht. denne veiledningen på tunnelsystemets spesielle egenskaper, dvs. egenskaper ved tunnelsystemet som vurderes å kreve nærmere vurdering mht. påvirkningen de kan ha på sikkerhet/sikkerhetskonsept. For tunneler med spesielle egenskaper gir det ikke nødvendigvis et tilstrekkelig sikkerhetskonsept å kun følge minstekravene, og derfor er en risikovurdering nødvendig.

Også for tunneler *uten* spesielle egenskaper vil det være nødvendig å kjenne til farer og sårbarheter, blant annet som grunnlag for beredskapsplanlegging. Måten denne typen (generelle) farer håndteres på i risikovurderingen, er at man systematisk går gjennom en sjekkliste, gitt i Vedlegg 2 til rapportmalen. Relevante farer inkluderes i resultatene fra risikovurderingen, sammen med en henvisning til videre oppfølging der det er nødvendig.

For resten av trinnet «Identifisere farer og uønskede hendelser», samt det påfølgende trinnet «Risikoanalyse», er følgende prinsipper lagt til grunn:

- Uønskede hendelser identifiseres ved å vurdere tunnelens spesielle egenskaper (særtrekk, mm.) opp mot pre-definerte ulykkestyper.
- Kritiske hendelser er et utvalg av de identifiserte uønskede hendelsene. Disse danner utgangspunktet for å beskrive troverdige verstefallshendelser (TVH'er), som kriteriene for risikoevalueringen baseres på. Med troverdig verstefallshendelse menes «Verste troverdige hendelse, gitt at sikkerhetsutrustningen fungerer som den skal». Poenget her er å *ikke* basere risikoevalueringen på absolutt verste tenkelige hendelser, fordi det sjeldent gir hensiktsmessig risikostyring.

Bemerk at sannsynligheten for at TVH'en skal inntreffe tas hensyn til gjennom vurderingen av hva som anses som «troverdig».

For å håndtere kravet i TSF/TSFF om at det selv i fravær av spesielle egenskaper skal gjøres risikovurdering ifm. farlig gods, skal det alltid defineres kritiske hendelser for hendelser med farlig gods. Dette sikrer at slike forhold blir analysert og evaluert, selv om det ikke skulle være identifisert særtrekk av betydning for farlig gods.

Et viktig valg som er gjort i denne veiledningen er at risikoevaluering, dvs. å vurdere om sikkerhetsmålene er nådd, er kvalitativ. Evalueringskriteriene er kvalitative, og evalueringsmetodikken består i å etablere en eksplisitt argumentasjon for hvorfor kriteriene er oppfylt.

Bemerk at selv om risiko*evalueringen* er kvalitativ, kan det være nødvendig å gjøre kvantitative analyser, f.eks. for å avgjøre hva som er «troverdig», eller om et alternativt tiltak gir lik eller bedre sikkerhet ved unntak.

2.3 Risikovurdering vs. risikostyring

Risikostyring kan defineres som «koordinerte aktiviteter for å rettlede og kontrollere en organisasjon med hensyn på risiko» (ISO 31000:2018). Risikovurderinger er ett av flere elementer i virksomheters risiko- eller sikkerhetsstyring. Å ivareta formålet med TSF/TSFF er en kontinuerlig prosess, gjennom prinsippet om virksomheters selvregulering (jf. internkontrollforskriften, TSF/TSFF §4).

Ulike tunnelforvaltere vil utforme egne risikostyringsprosesser og -verktøy for å følge opp sikkerhetsnivået i sine vegtunneler. Å gi føringer for virksomhetenes risikostyringsprosesser er ikke en del av denne veiledningen. For å kunne gjennomføre effektiv risikostyring må risikovurderingene utformes slik at de bidrar i risikostyringsprosessen. Tabell 1 skisserer hvilke krav som kan være aktuelle å stille til risikovurderinger som grunnlag for risikostyringsprosessen ifm. prosessoverganger.

Tabell 1: Mulige funksjonskrav til risikovurderingene, for å kunne fungere som grunnlag i kontinuerlige risikostyringsprosesser.

	Risikostyring ifm. prosessoverganger			
Funksjonskrav: Risikovurderingen må utformes og dokumenteres slik at det er mulig å…:	Fra sikkerhetskonsept til detaljprosjektering	Fra detaljprosjektering til bygging	Fra bygging til drift	Drift, vedlikehold og rehabilitering
…kontrollere at forutsetninger og driftsbetingelser i risikovurderingens systembeskrivelse fortsatt er gyldige.	X	X	X	X
…kontrollere at sikkerhetsmål og evalueringskriterier benyttet i risikoevalueringen fortsatt er gyldige.	X	X	X	X
…kontrollere grunnlaget for kartlegging av farer, uønskede hendelser og risikoreduserende tiltak, og vurdere om deter ny informasjon som gir behov for å oppdatere risikovurderingen.	X	X	X	X
…kontrollere og dokumentere at ytelseskrav til sikkerhetssystemer blir ivaretatt ved valg og detaljprosjektering av spesifikke løsninger. Betydningen av at disse kravene eventuelt ikke er oppfylt må vurderes opp mot risikovurderingen.		X		
…kontrollere og dokumentere at ytelseskrav til sikkerhetssystemer blir ivaretatt gjennom utførelse. Betydningen av at disse kravene eventuelt ikke er oppfylt må vurderes opp mot risikovurderingen.			X	
…kontrollere og dokumentere at ytelseskrav til sikkerhetssystemer er ivaretatt i drift av tunnelsystemet. Betydningen av at disse kravene eventuelt ikke er oppfylt må vurderes opp mot risikovurderingen.				X

Risikohåndtering er en del av risikostyringsprosessen, som en naturlig oppfølging av risikovurderingen. Eksempler på valg som gjøres ifm. risikohåndtering:

- Akseptere risiko dersom risikovurderingen konkluderer med at laveste tillatte sikkerhetsnivå er oppnådd.
- Gjennomføre risikovurderingens anbefalte risikoreduserende tiltak dersom risikovurderingen konkluderer med at slike tiltak er nødvendige for å sikre at laveste tillatte sikkerhetsnivå er oppnådd.
- Gjøre en ny vurdering av risikoreduserende tiltak dersom anbefalte tiltak fra risikovurderingen ikke er hensiktsmessig eller praktisk gjennomførbare.
- Søke om unntak fra et minstekrav fordi de ikke vurderes som realistisk å oppfylle, og risikovurderingen viser at tilsvarende eller bedre sikkerhet kan oppnås med alternative tiltak.
- Risikoreduserende tiltak gjennomføres, selv om laveste tillatte sikkerhetsnivå er oppnådd, for å forbedre sikkerheten ytterligere.

2.4 Hvem kan/skal gjennomføre risikovurderinger?

2.4.1 Uavhengighet

TSF/TSFF §10 stiller krav til at «Risikoanalyse skal gjennomføres av et organ som er funksjonsmessig uavhengig av tunnelforvalter». Vegdirektoratet[3] har fastsatt at «uavhengighet er ivaretatt hvis enheten som gjennomfører risikoanalyse av en vegtunnel og tunnelforvalter har forskjellige styringslinjer og funksjoner.» Så lenge prinsippet om uavhengighet er ivaretatt kan tunnelforvalter gjennomføre risikovurderingen selv, eller sette ut arbeidet til interne/eksterne ressurser. Dersom risikovurderingen gjennomføres av et konsulentfirma, kan ikke samme person eller avdeling utføre både risikovurdering og prosjektering. På samme måte som for tunnelforvalter må det dokumenteres uavhengighet i styringslinja.

Dersom tunnelsystemet ikke har spesielle særtrekk mht. sikkerhetsparametere eller egenskaper som ikke er i tråd med minstekravene i TSF/TSFF, Vedlegg I, er det kun krav til å vurdere risiko ifm. farlig gods. Foruten risikovurderingen av farlig gods, kan tunnelforvalter da vurdere å gjennomføre risikovurderingen selv.

2.4.2 Kompetansekrav

På lik linje med elektro, konstruksjon, vegplanlegging, landskapsarkitektur, mm., må sikkerhet og risikostyring betraktes som et fag. Kvalitet i fagets leveranser forutsetter en grunnleggende forståelse av risikokonseptet, analysemetoder, datainnsamling og kvalitetssikring av resultater.

Prosessleder for risikovurdering må ha:

- Erfaring med gjennomføring av lignende risikovurderinger.
- Kunnskap om, og erfaring med, grunnleggende analysemetoder, bl.a. HAZID, hendelsestreanalyse og feiltreanalyse.
- Overordnet kunnskap om prinsipper for analyse av brann-/røykspredning.

Risikovurderinger er grunnleggende tverrfaglige. Personell med kompetanse på mange ulike områder må derfor trekkes inn som fageksperter og bidra med kunnskap og informasjon.

Det er ikke nødvendig at prosessleder selv ivaretar alle kompetanseområder, men prosessleder må sørge for at personell med særskilt og relevant fenomen- og systemkompetanse knyttet til vegtunneler involveres i risikovurderingen. Dette vil typisk omfatte personell som står for scenarioanalyser, med formell kompetanse innen brann- og fluiddynamikk, ventilasjon og trafikkmodellering. Analyse av brann-/røykspredning forutsetter at den som utfører analysen har spesialkompetanse for denne type analyser, og tilgang til relevante analyseverktøy.

For øvrig må både utførende, bestillere og brukere ha tilstrekkelig kompetanse til å forstå hvordan risikovurderinger kan gi beslutningsstøtte.

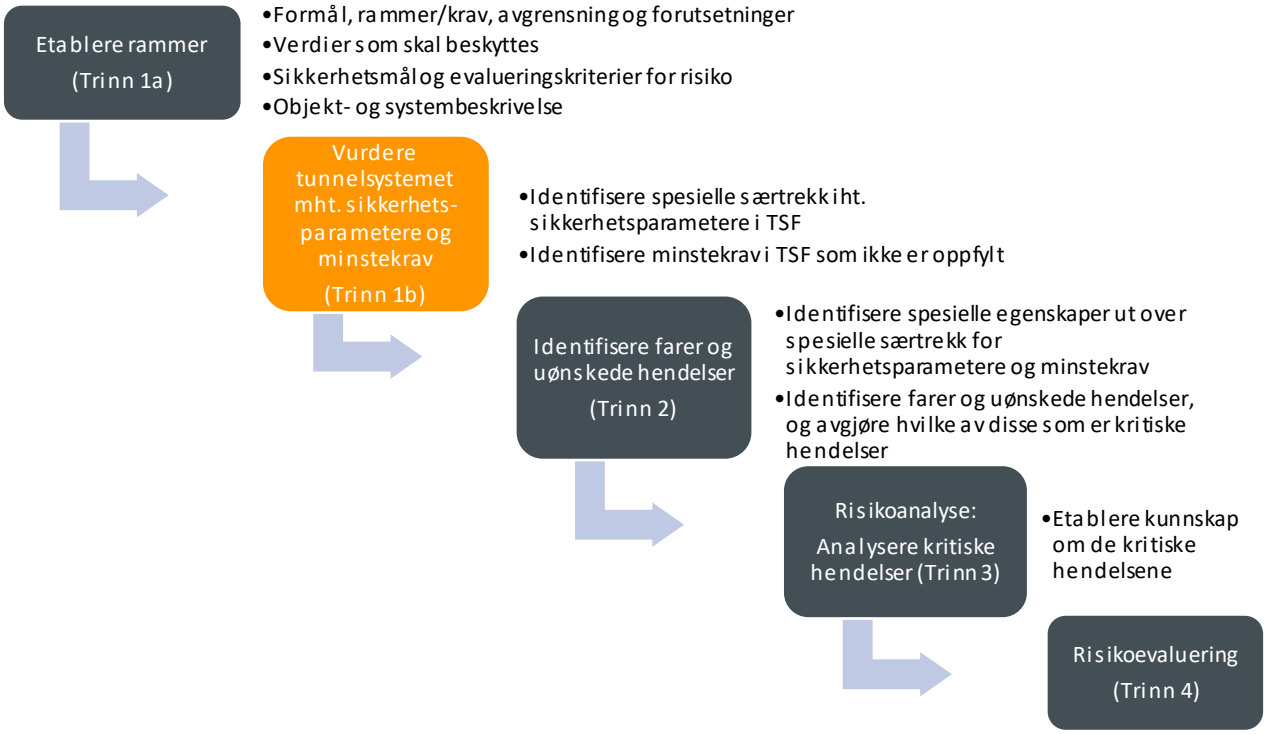
[3] https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/tunneler/regelverk-og-veiledning/tolkning-av-regelverk/uavhengighet-ved-gjennomforing-av-risikoanalyser-for-vegtunnel/

Del 2 – Planlegging og gjennomføring av risikovurderingen

Denne delen beskriver prinsipper og føringer for planlegging og gjennomføring av risikovurderingen. Rapportmalen inneholder også informasjon som er relevant for denne delen av veiledningen.

3 Risikovurderingsprosessen

Før vi går inn på de enkelte trinnene i risikovurderingsprosessen, er det hensiktsmessig å se prosessen som helhet, som illustrert i Figur 3 nedenfor. Selv om prosessen illustreres som en sekvensiell prosess, er det viktig å merke seg at den tidvis vil være iterativ, ved at noen av trinnene gjentas i flere omganger.



Figur 3: Oversikt over hovedaktivitetene i risikovurderingsprosessen.

Dette gjelder bl.a. trinn 1a og 1b, som ofte vil måtte gjennomføres i flere omganger. Først av bestiller, som et grunnlag for å bestille en risikovurdering, deretter av utfører som en del av selve risikovurderingen. Dersom trinn 1a/b gjøres som grunnlag for en bestilling, er det behov for mindre detaljer enn når det gjøres sammen med trinn 2-4. Dette betyr at trinn 1a/b, i hvert fall delvis, vil måtte repeteres i forbindelse med trinn 2-4. Iterasjoner må også forventes mellom trinn 3 og 4, fordi det ved start av risikoanalysen ikke alltid er helt klart hva som er nødvendig for å kunne gjennomføre risikoevalueringen.

4 Trinn 1a: Etablere rammer for risikovurderingen

Hvert delkapittel nedenfor refererer til et tilsvarende delkapittel i rapportmalen. Overskriftene er de samme her som i rapportmalen, for lettere å kople veiledning med rapportmal.

4.1 Formål, rammer/krav, avgrensning og forutsetninger

4.1.1 Formål

Her skal man kort beskrive følgende:

- Hvorfor risikovurderingen skal gjennomføres.
- Hvilke behov risikovurderingen skal dekke.
- Hvilke beslutninger risikovurderingen skal danne grunnlag for.
- Spesielle problemstillinger risikovurderingen skal belyse.

Å tydeliggjøre det som er spesifikt for denne risikovurderingen er viktigere enn å gjenta i detalj alle formaliteter.

Som nevnt tidligere kan beskrivelsen av formålet måtte oppdateres etter gjennomføringen av trinn 1a/b.

4.1.2 Rammer/Krav

Her er det relevant å beskrive:

- Hvem som er oppdragsgiver og beslutningstaker.
- Hvilke andre interessenter som skal involveres.
- Eventuelle føringer som er lagt for gjennomføringen av risikovurderingen, f.eks. valg av metoder.

I tillegg kan det være relevant/nødvendig å beskrive krav til kunnskapsgrunnlaget for risikovurderingen, bl.a.:

- Hvilken kunnskap om tunnelsystemet er nødvendig?
- Hvilken kjennskap til relevante farer, trusler og uønskede hendelser må være på plass?
- Hvilken kunnskap om risikovurderingsmetoder må være tilgjengelig?

Hva som er det nødvendige kunnskapsgrunnlaget, må sees i sammenheng med både formål og avgrensninger for risikovurderingen. Dette kan være utfordrende å beskrive skikkelig før man har startet arbeidet med trinn 2-4. Beskrivelse av rammer/krav kan derfor måtte oppdateres etter hvert som trinnene i risikovurderingen gjennomføres.

4.1.3 Avgrensning

Her skal det gis en kort beskrivelse av hvilke avgrensninger som gjøres for risikovurderingen. Utgangspunktet vil alltid være de generelle avgrensningene beskrevet i delkapittel 1.4. Det er imidlertid viktig at avgrensningen som beskrives stemmer overens med formålet for risikovurderingen. Dersom det bestemmes at enkelte risikoforhold skal vurderes i separate rapporter, må dette tydelig beskrives i avgrensningen. Avgrensningen som gjøres har betydning for gyldigheten til konklusjonene i risikovurderingen.

4.1.4 Forutsetninger

Erfaringsmessig er håndtering av forutsetninger en utfordrende oppgave. Vanlige feil er at man som forutsetninger beskriver både avgrensninger, informasjon om systemet og konkrete krav, mens det som faktisk er forutsetninger gjerne finnes igjen på andre steder i dokumentet.

Å gjøre en forutsetning er *å gå ut fra noe som gitt*[4]. Grunnen til at vi forutsetter noe er for å håndtere usikkerhet. Om et forhold ikke er usikkert er det et faktum, og ingen forutsetning er nødvendig.

Et eksempel på en forutsetning er «*Det vil etableres en brannstasjon i umiddelbar nærhet til tunnelen*».

For den som gjør en forutsetning er betydningen av forutsetningen åpenbar. For andre som skal forholde seg til forutsetningene, kanskje lenge etter at risikovurderingen er gjort, kan dette være vanskeligere å forstå. Det er derfor viktig at man i tabellen som er satt inn i rapportmalen benytter kolonnen for «betydning» når man beskriver en forutsetning, for å sikre allmenn forståelse av forutsetningen. Dette er spesielt viktig fordi man både i senere planfaser, og over tunnelsystemets levetid, gjør vurderinger av om forutsetningene i risikovurderingen fortsatt er gyldige. Dersom det skjer endringer som medfører at visse forutsetninger ikke lenger er oppfylt, vil dette påvirke gyldigheten av risikovurderingen, og kunne gi behov for risikoreduserende tiltak. For eksempelet med etablering av brannstasjon, kan brudd på denne forutsetningen føre til at risikovurderingen for brann i tunnelen må oppdateres.

4.2 Verdier som skal beskyttes

For risikovurderinger som gjennomføres i henhold til denne veiledningen er det kun verdien «trafikanters liv» som skal analyseres. Andre verdier, som f.eks. ytre miljø, forutsettes håndtert gjennom andre aktiviteter.

Forslag til standardtekst er lagt inn i rapportmalen.

4.3 Sikkerhetsmål og evalueringskriterier for risiko

Sikkerhetsmålet er basert på formålsparagrafen i TSF/TSFF, og avgrensningen som er gjort mht. hvilken verdi som skal beskyttes.

TSF/TSFF §1, Formål: *Formålet med forskriften er å sikre laveste tillatte sikkerhetsnivå for trafikanter i tunneler ved krav til å forebygge kritiske hendelser som kan sette menneskeliv, miljøet og tunnelanlegg i fare og til å sørge for vern i tilfelle av ulykker.*

Sikkerhetsmål og evalueringskriterium er definert som følger:

Tabell 2: Sikkerhetsmål og evalueringskriterier

Sikkerhetsmål	Sikkerheten til trafikantene er ivaretatt.
Evaluerings-kriterium	Sikkerheten til trafikantene som ferdes i tunnelen skal være ivaretatt for alle troverdige verstefallshendelser, gitt at sikkerhetsutrustningen fungerer som den skal. For unntak fra minstekrav skal alternative tiltak gi tilsvarende eller bedre sikkerhet.

Det gjøres unntak for trafikanter som er direkte involvert i hendelsen, for eksempel trafikanter som sitter fastklemt i et kjøretøy som begynner å brenne. Med «ivaretatt» menes at tunnelmiljøet er overlevbart og ikke til hinder for selvredning.

[4] https://snl.no/forutsetning

I dette trinnet er det tilstrekkelig å gjengi sikkerhetsmål og evalueringskriterium som formulert i Tabell 2.

En problemstilling som ofte vil være relevant er håndteringen av bevegelseshemmede og andre som vil kunne ha en vesentlig lavere evakueringshastighet enn andre, dersom evakuering ikke kan skje med bil. Denne problemstillingen skal vurderes i sensitivitetsvurderingene underveis i risikoanalysen.

Forslag til standardtekst er lagt inn i rapportmalen.

4.4 Objekt- og systembeskrivelse

Objekt- og systembeskrivelsen inngår i kapittel 1 i rapportmalen.

Informasjonen i dette kapittelet er hoveddelen av grunnlaget for risikovurderingen og må derfor beskrive det tunnelsystemet som skal vurderes. Noen ganger er det en planlagt ny tunnel, andre ganger en tunnel i drift. I begge tilfeller skal tunnelen, slik den er planlagt, beskrives.

Objekt- og systembeskrivelsen er inndelt tematisk, som følger:

1. Overordnet beskrivelse av tunnelsystemet
    a. Oversikt
    b. Avgrensning av tunnelsystemet
2. Detaljert beskrivelse av tunnelsystemet
    a. Detaljtegninger
    b. Tunnelsystemets egenskaper

Nedenfor er en nærmere beskrivelse av innholdet i objekt- og systembeskrivelsen.

4.4.1 Overordnet beskrivelse av tunnelsystemet

Hensikten med den overordnede delen av objekt- og systembeskrivelsen er at leseren raskt skal få forståelse for tunnelsystemet.

Normalt bør følgende være inkludert i oversiktsbeskrivelsen:

- Oversiktskart som viser tunnelens geografiske plassering.
- Kort tekstlig oppsummering av nøkkeldata. Detaljer gis i neste delkapittel.
- Skisse av tunnelløsning (tegning som viser tunnelløp og kjørefelt).
- Skisse av omgivelser (gjerne i form av et kartutsnitt med angivelse av spesielt interessante forhold i tunnelens nærhet).
- Eventuelle innvilgede eller planlagte fravik fra vegnormaler.

Når avgrensningen av tunnelsystemet skal beskrives, er det normalt den geografiske og tekniske avgrensningen som er viktigst, men i situasjoner med f.eks. større oppgraderinger kan også operasjonelle forhold være relevante å avklare.

Teknisk avgrensning handler om hvilke fysiske elementer som inngår. Dette er konstruksjoner, strømforsyning, kommunikasjon, belysning, sikkerhetssystemer, o.l.

Geografisk avgrensning er hvor mye av områdene rundt den fysiske tunnelen som skal inkluderes. Dette vil ofte være hensiktsmessig å vise ved hjelp av kart og terrengmodeller. Ved vurdering av farlig gods, kan det være nødvendig å inkludere omkjøringsveier som en del av tunnelsystemet.

Operasjonell avgrensning er hvilke driftssituasjoner som vil bli tatt med i risikovurderingen. Vanligvis vil dette kun være «Normal drift», men det kan i noen tilfeller være aktuelt å også ta med f.eks. spesielle bygge- eller vedlikeholdsaktiviteter.

Rapportmalen har en enkel tabell for beskrivelse av de tre typene avgrensning. Merk at det underveis i risikovurderingen kan bli nødvendig å justere avgrensningene, og at dette kapittelet da må oppdateres.

4.4.2 Detaljert beskrivelse av tunnelsystemet

I den detaljerte beskrivelsen av tunnelsystemet er målsettingen å gi et så godt grunnlag for risikovurderingen som mulig, tilpasset den fasen prosjektet er i. Rapportmalen har organisert informasjonen i hovedtemaer, med tabeller.

Det må alltid vurderes om andre egenskaper enn de som er nevnt i rapportmalen skal legges til. Dette er spesielt aktuelt for «Trafikk/bruk», «Omgivelser» og «Relevante organisasjoner» (Vedlegg 1 til rapportmalen).

4.5 Terminologi og forkortelser

Her skal man kopiere inn fra tabellen i delkapittel 1.5, og legge til begreper som er spesifikke for den aktuelle risikovurderingen.

5 Trinn 1b: Vurdere spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere og minstekrav

Dette trinnet i risikovurderingen er ikke beskrevet i NS 5814, men er tatt med for å rette søkelys på to situasjoner som begge utløser krav om risikovurdering iht. §10 i TSF/TSFF:

1. Spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere: Egenskaper ved tunnelsystemet som skiller seg ut mht. sikkerhetsparameterne definert i TSF/TSFF, Vedlegg I, 1.1.2. Hvis tunnelsystemet har slike spesielle særtrekk, stilles det krav til den videre analysen i TSF/TSFF, §10.
2. Minstekrav i TSF/TSFF, Vedlegg I, som ikke er oppfylt: Hvis tunnelsystemet har egenskaper som gjør at minstekrav i TSF/TSFF, Vedlegg I, ikke er oppfylt, *og* det planlegges å søke om unntak[5], stilles det krav til den videre analysen i TSF/TSFF, §10. Noen minstekrav åpner opp for alternative løsninger uten at det er nødvendig å søke om unntak. For noen av disse er det krav til risikovurdering, andre ikke.

Måten dette gjøres på er beskrevet i rapportmalen. Hovedprinsippet er å gå systematisk gjennom alle deler av objekt- og systembeskrivelsen og vurdere om tunnelsystemet har spesielle egenskaper innenfor hver av de to typene forhold nevnt over.

I tillegg til særtrekkene som identifiseres over, skal også forbikjøring med tunge lastebiler tas med som et særtrekk, dersom tunnelen har mer enn ett kjørefelt i hver retning, *og* det vurderes å tillate slik forbikjøring.

Merk at et særtrekk kan være relativt vanlig i norske tunneler og likevel være et spesielt særtrekk for sikkerhetsparametere. For eksempel er det ikke uvanlig at tunneler er lange. Dette er likevel et spesielt særtrekk, fordi lengde representerer en betydelig risikopåvirkende faktor som må vurderes i hvert enkelt tilfelle. En kan derfor ikke argumentere med at det kun er «uvanlig lang tunnel» som er et særtrekk.

For spesielle særtrekk for sikkerhetsparameterne i TSF/TSFF, er det i Vedlegg 1 – Særtrekk for sikkerhetsparametere i TSF/TSFF, gitt definisjoner av hva som anses som spesielt. Noen av definisjonene representerer formelle krav i TSF/TSFF, andre er kun veiledende.

Merk at vurderingen av sikkerhetsparametere og minstekrav kun identifiserer de av tunnelens spesielle egenskaper som utløser formelle krav i TSF/TSFF. I neste trinn, «Identifisere farer og uønskede hendelser», utfylles denne oversikten med andre spesielle særtrekk. Dette er andre egenskaper som anses å kunne påvirke risikoen ifm. kritiske hendelser og dermed valg av sikkerhetskonsept, for eksempel gang-/ sykkeltrafikk i tunnelen.

Denne aktiviteten kan gjøres uten å måtte oppfylle kravet til uavhengighet i TSF/TSFF, §10. I praksis kan det være hensiktsmessig at en eller to personer med relevant kunnskap om tunnelsikkerhet og TSF/TSFF lager et utkast, og at dette utkastet deretter gjennomgås av andre for kvalitetssikring og komplettering. Det er helt nødvendig at flere personer involveres, slik at et tilstrekkelig bredt omfang av kompetanse og erfaring er tilgjengelig. Feilvurderinger i denne aktiviteten får direkte og betydelig effekt for de neste trinnene i risikovurderingen.

[5] En tunnel som ikke oppfyller alle minstekravene i TSF, Vedlegg I, vil per definisjon ikke være sikker nok iht. TSF. Dette betyr at dersom man velger å ikke oppfylle et minstekrav må det kompenseres med alternative risikoreduserende tiltak, og det må søkes om unntak iht. definerte unntaksbestemmelser.

6 Trinn 2: Identifisere farer og uønskede hendelser

Identifikasjon av uønskede hendelser gjøres ved at man først kartlegger farer og deretter spesifiserer uønskede hendelser. For å strukturere dette arbeidet er følgende hjelpemidler etablert:

- En standardisert struktur for objekt- og systembeskrivelse.
- En egen metode for å identifisere tunnelsystemets spesielle egenskaper.
- En sjekkliste over farer som kan være relevante for tunneler både med og uten spesielle egenskaper
- En pre-definert liste av ulykkestyper som skal kombineres med de identifiserte spesielle egenskapene, for å identifisere farer og uønskede hendelser relatert til de spesielle egenskapene.

Gjennomføringen av dette trinnet i risikovurderingen består av følgende sekvens av aktiviteter:

1. Identifisere spesielle særtrekk som kommer i tillegg til de spesielle egenskapene som ble identifisert i forrige trinn (trinn 1b).
2. Kartlegge generelle farer, dvs. farer som kan være relevante for tunneler både med og uten spesielle egenskaper.
3. Identifisere farer og uønskede hendelser relatert til tunnelsystemets spesielle egenskaper.

6.1 Identifisere andre spesielle særtrekk

Før man kan gå i gang med å kartlegge farer, er det viktig å sikre at oversikten over tunnelsystemets spesielle egenskaper er komplett. Fra forrige trinn har vi oversikt over de spesielle egenskapene som er relatert til sikkerhetsparametere og minstekrav i TSF/TSFF, men dette er ikke nødvendigvis en komplett liste. Man må alltid være oppmerksom på at et tunnelsystem kan ha egenskaper som er problematiske mht. sikkerhet, og som ikke fanges opp ved hjelp av pre-definerte sikkerhetsparametere og minstekrav. Dette kan f.eks. gjelde tunnelsystemets bruk (f.eks. stor andel syklister eller busser), eller tekniske løsninger (f.eks. utilstrekkelig brannsikret PE-skum).

Objekt- og systembeskrivelsen er et viktig utgangspunkt når de spesielle egenskapene skal identifiseres. Et kreativt element er nødvendig for å sikre at egenskaper som ikke er kjent fra før også blir identifisert. Det kreative elementet bør ivaretas av et tverrfaglig team, ikke av enkeltpersoner.

Dersom trinn 1 a/b gjøres sammen med trinn 2-4, kan det være hensiktsmessig å identifisere minstekrav fra TSF/TSFF som ikke er oppfylt, spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere og andre spesielle særtrekk i én og samme operasjon.

6.2 Kartlegge generelle farer

Kartleggingen av generelle farer gjøres med utgangspunkt i sjekklisten i Vedlegg 2 i rapportmalen. Relevante farer og eventuell oppfølging av disse tas med som del av dokumentasjonen fra risikovurderingen.

Bemerk at generelle farer som ikke påvirkes av tunnelsystemets spesielle egenskaper ikke tas med videre inn i hverken risikoanalyse eller risikoevaluering, men følges opp gjennom andre prosesser og i beredskapsplanleggingen. Generelle farer som påvirkes av tunnelsystemets spesielle egenskaper tas med videre i risikovurderingen.

6.3 Identifisere farer og uønskede hendelser relatert til spesielle egenskaper

Fremgangsmåten for å identifisere farer og uønskede hendelser relatert til tunnelsystemets spesielle egenskaper er beskrevet i rapportmalen. Hovedprinsippene er som følger:

- Alle tunnelsystemets spesielle egenskaper vurderes opp mot pre-definerte ulykkestyper (Tabell 3).
    - Dersom en bestemt spesiell egenskap kan ha betydning for en ulykkestype, defineres ulykkestypen som en uønsket hendelse, og så beskrives alle farer/forhold av relevans for denne kombinasjonen av egenskap og ulykkestype.
- Det gjøres en vurdering av om noen av de spesielle egenskapene kan ha betydning for *andre typer* uønskede hendelser enn de pre-definerte ulykkestypene. Slike uønskede hendelser dokumenteres på samme måte som for forrige punkt.
    - Et eksempel er oversvømmelse av en senketunnel.
- De uønskede hendelsene som er vurdert å kunne bli påvirket av tunnelsystemets spesielle egenskaper *og* har et betydelig potensial for tap av liv og som truer sikkerheten til trafikanter som ikke er involvert i den utløsende hendelsen, defineres som kritiske hendelser og tas med inn i neste trinn (se kapittel 7 Trinn 3: Risikoanalyse).
- Uønskede hendelser med farlig gods skal *alltid* tas videre som kritiske hendelser til risikoanalysen, uansett om det er identifisert spesielle egenskaper av betydning eller ikke (jf. TSF/TSFF, Vedlegg I, 3.7).
- Dersom det er identifisert spesielle egenskaper som påvirker sannsynligheten for eller konsekvensene av brann, skal brann i tungt kjøretøy alltid tas videre som en kritisk hendelse.

Sjekklisten i Vedlegg 2 i rapportmalen vil være et hjelpemiddel også for å identifisere farer relatert til tunnelens spesielle egenskaper. Selv om det er vanskelig, må man i tillegg forsøke å identifisere mulige «sorte svaner[6]», dvs. ekstreme hendelser som er overraskede sett i lys av den kunnskapen vi har fra før. Dette er en kreativ aktivitet, og bør i de fleste tilfeller gjøres som et arbeidsmøte med deltagere som til sammen har bred kompetanse og erfaring med tunneler og tunnelsikkerhet.

Tabell 3: Beskrivelse av pre-definerte ulykkestyper (=generiske uønskede hendelser).

Type	Uønsket hendelse/ulykkestype	Kommentar
Brann	Brann i lett kjøretøy	Dette er hovedtyper av hendelser. Mer spesifikke beskrivelser av brannscenarier gjøres i forbindelse med beskrivelse av «troverdige verstefallshendelser» i risikoanalysen.
	Brann i tungt kjøretøy	
	Brann i infrastruktur	
Hendelse med farlig gods	Lekkasje av farlig gods	Må spesifiseres nærmere i det enkelte tilfelle, med kategorier iht. ADR. Dette gjøres i forbindelse med beskrivelse av «troverdige verstefallshendelser» i risikoanalysen.
	Brann i farlig gods	Må spesifiseres nærmere i det enkelte tilfellet, basert på informasjon om typer av trafikk og gods som trafikkerer tunnelen.
	Eksplosjon i farlig gods	Må spesifiseres nærmere i det enkelte tilfellet, basert på informasjon om typer av trafikk og gods som trafikkerer tunnelen.
Sammenstøt	Møteulykke	

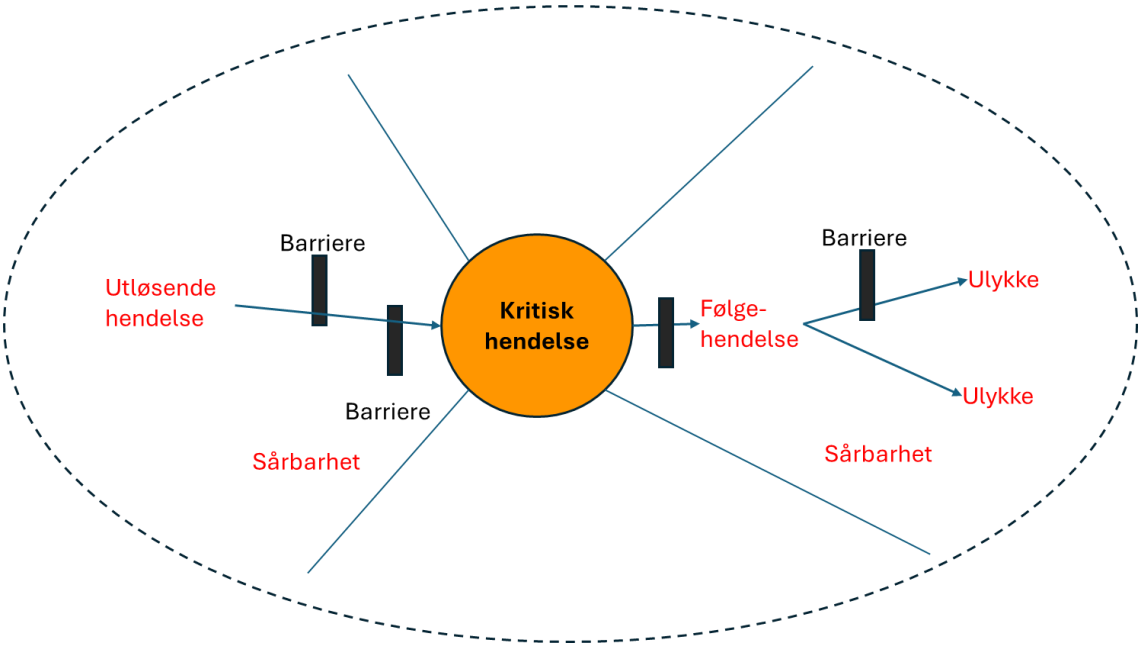
[6] https://snl.no/sorte_svaner

Type	Uønsket hendelse/ulykkestype	Kommentar
	Påkjøring bakfra/ved feltskifte	Denne type hendelser vurderes kun i den grad det er egenskaper ved tunnelsystemet som i vesentlig grad kan påvirke disse hendelsenes sannsynlighet eller konsekvens, eller disse hendelsene er vesentlige som utløsende hendelser for storulykker.
	Påkjøring av myke trafikanter eller objekter	
	Utforkjøring/påkjøring av konstruksjon	
Annen uønsket hendelse		Er tatt med fordi det alltid må vurderes om det kan være relevante ulykkestyper som ikke faller innenfor de som er pre-definert.

Merk at en ulykkestype godt kan være både årsak (utløsende hendelse) og konsekvens (følgehendelse) for andre ulykkestyper. F.eks. kan brann i kjøretøy forårsake brann i infrastruktur, og sammenstøt kan utløse både brannscenarier og hendelser med farlig gods. Ofte vil man derfor finne at disse ulykkestypene henger sammen ved at de kan inngå i samme scenario. Slike sammenhenger forventes identifisert og analysert i risikoanalysen.

Bow-tie (Figur 4)) er et diagram som visualiserer sammenhengen mellom utløsende hendelser, kritiske hendelser og følgehendelser, samt barrierer som kan påvirke hendelsesforløpet. Diagrammet kan også inkludere sårbarhet, spesielle egenskaper og andre risikopåvirkende faktorer.

Se delkapittel 7.3.5 og Figur 5 for utdypende forklaring og et eksempel på bow-tie som verktøy i risikoanalysen.



Figur 4 Prinsippskisse av bow-tie diagram

6.4 Gjennomføring

Trinn 2 kan gjennomføres på flere måter. Fordi det er en stegvis prosedyre som bygger på informasjon fra tidligere trinn, er det ofte hensiktsmessig at én eller to personer med analysekompetanse lager et utkast, som så bearbeides av en større arbeidsgruppe i et arbeidsmøte. På den måten oppnås den nødvendige interaksjonen og kreativiteten som kun

oppstår i muntlig dialog. Arbeidsmøtet bør systematisk gå gjennom alle kombinasjoner av spesielle egenskaper og ulykkestyper, og for hver av disse vurdere om:

1. Utkastet er komplett og korrekt
2. Om det er noe i utkastet som ikke er relevant, og derfor skal fjernes.

Rapportmalen beskriver bare hvordan resultatene presenteres. Det må derfor legges inn en beskrivelse av hvordan denne aktiviteten ble gjennomført i praksis.

7 Trinn 3: Risikoanalyse

I praksis vil dette trinnet være en iterativ prosess, og beskrivelsen av aktiviteter skal ikke tolkes som en strengt ordnet sekvens. I noen tilfeller kan man beskrive TVH'er uten mye analyser i forkant, andre ganger vil det kreve mer før man har tilstrekkelig grunnlag for å spesifisere hva som er troverdig.

7.1 Risikoanalyse av kritiske hendelser

Risikoanalysen bygger direkte på forrige trinn, som har gitt kunnskap om:

- Hvilke kritiske hendelser som skal tas videre i risikoanalysen.
- Hvordan de kritiske hendelsene påvirkes av tunnelsystemets spesielle egenskaper.

Hovedformålet med risikoanalysen er å få bedre kunnskap om risiko relatert til de kritiske hendelsene, legge grunnlaget for evalueringen, og bidra til identifisering av forslag til risikoreduserende tiltak.

For å forstå strukturen i risikoanalysen må vi gå tilbake til hvordan både evalueringskriteriet og troverdige verstefallshendelser er definert:

Evalueringskriteriet: «*Sikkerheten til trafikantene som ferdes i tunnelen skal være ivaretatt for alle troverdige verstefallshendelser, gitt at sikkerhetsutrustningen fungerer som den skal*.»

Troverdig verstefallshendelse (TVH): «*Verste troverdige hendelse, gitt at sikkerhetsutrustningen fungerer som den skal.*»

For å kunne gjennomføre risikoevalueringen må risikoanalysen sikre at vi har:

- Tilstrekkelig konkrete beskrivelser av de aktuelle TVH'ene.
- Kunnskap om risiko forbundet med TVH'ene.

TVH'ene utledes fra de kritiske hendelsene, og risikoanalysen fokuserer derfor spesifikt på disse. Sentralt i dette er følgende aktiviteter:

Beskrive TVH'er: TVH'ene beskrives slik at de blir tilstrekkelig presise for risikoanalysen og risikoevalueringen.

Analysere risiko og identifisere risikoreduserende tiltak: Risikoanalysen skal analysere scenarioer basert på de kritiske hendelsene/TVH'ene, og kartlegge de mulige konsekvensene for trafikantenes sikkerhet. Formålet med risikoanalysen er å synliggjøre og gi kunnskap om hvordan de ulike kritiske hendelsene vil kunne utvikle seg, hvilke tiltak som kan redusere risiko, og gi et grunnlag for risikoevalueringen.

Å beskrive TVH'er krever kunnskap om hva som kan skje mht. de kritiske hendelsene, og risikoanalysen bidrar med slik informasjon. *Dette betyr at det å analysere risiko og det å beskrive TVH'er i praksis ofte blir en gjentagende prosess.*

Risikoanalysen skal også inneholde vurderinger om usikkerhet, sensitivitet og sårbarhet, og skal synliggjøre forutsetninger som har betydning for resultatene av risikoanalysen.

Nedenfor beskrives gjennomføringen av de mest sentrale aktivitetene i risikoanalysen.

7.2 Beskrive troverdige verstefallshendelser (TVH'er)

Som nevnt må TVH'er beskrives tilstrekkelig presist til at de kan brukes i forbindelse med risikoanalysen og risikoevalueringen. Et typisk eksempel er valg av dimensjonerende brannscenario. Uten å presisere brannscenarioet kan det ikke gjøres noen analyse av røykspredning, og heller ingen risikoevaluering. Beskrivelse av TVH'er gjøres ved å konkretisere fenomenet (f.eks. brannen) og brukssituasjonen for de kritiske hendelsene. Som nevnt i delkapittel 6.3 skal brann i tungt kjøretøy alltid tas med som en kritisk hendelse hvis brannscenarier skal analyseres.

Fenomen: Dette handler i hovedsak om *hva* som potensielt kan skje. Typiske eksempler er forskjellige typer brannscenarier og hendelser med farlig gods. For å identifisere mer spesifikt hvilke fenomener som er relevante, er det nyttig å se på hvilke farer som er forbundet med hver kritisk hendelse.

Brukssituasjon: Mens fenomen handler om *hva* som kan skje, handler brukssituasjon om *under hvilke omstendigheter* fenomenet inntreffer. I de aller fleste tilfeller vil det kunne være forskjellige trafikksituasjoner, som f.eks. døgnvariasjon, pulstrafikk fra ferje, gjennomsnittlig ÅDT, etc. For å fange opp den fulle bredden av brukssituasjoner er det nødvendig å både gå gjennom objekt- og systembeskrivelsen, og de spesielle egenskapene som er identifisert. Egenskaper som påvirker brukssituasjonen, er spesielt viktige å ta med i TVH'ene.

Det kan synes naturlig å gå til ytterpunkter for både fenomen og brukssituasjon når TVH'er skal beskrives, men det er flere grunner til at det ikke alltid er hensiktsmessig, bl.a.:

- En situasjon som er «verst tenkelig» mht. både fenomen og brukssituasjon er ikke nødvendigvis troverdig, selv om både fenomenet og brukssituasjonen hver for seg er det.
- Mindre alvorlige hendelser kan kreve andre tiltak enn de mest alvorlige, og om vi kun ser på de alvorligste er det ikke sikkert vi identifiserer alle relevante tiltak.

I valget av hva som skal anses som troverdig ligger i praksis en vurdering av hva som anses tilstrekkelig sannsynlig til at hendelsen er relevant.

Vurderinger av hva som anses troverdig kan gjøres både kvalitativt og kvantitativt, og involvere både årsaks- og konsekvensvurderinger. Det skal i alle tilfeller gis en begrunnelse. Noen ganger vil det kunne ligge en detaljert analyse bak vurderingen, i andre tilfeller en overordnet vurdering. Verktøy som TUSI/TØI-modellene kan være aktuelle verktøy i denne sammenheng, så lenge man er oppmerksom på begrensningene i disse.

Tabellen nedenfor viser *eksempler* på TVH'er.

Tabell 4: Eksempler på TVH'er.

Uønsket hendelse	Fenomen	Brukssituasjon	TVH	Begrunnelse for TVH
Brann i lett kjøretøy	5 MW brann i personbil	Gjennomsnittlig ÅDT, brann på mest ugunstige sted.	#1: 5 MW brann i personbil på minst gunstige sted i tunnelen, med i størrelsesorden 20 andre kjøretøy i tunnelen, jevnt fordelt på begge kjøreretninger.	Brann i personbil skjer nasjonalt daglig, og er derfor en troverdig hendelse. Størrelsen på brannen er ansett som typisk for denne situasjonen. Trafikkmengde og plassering av brannen er valgt for å sikre at det er en utfordrende, men like fullt troverdig, situasjon som analyseres og evalueres.
Brann i lett kjøretøy	Brann i elbil personbil.	Køsituasjon, brannsted midtveis i tunnelen.	#2: Brann i elbil personbil ved stillestående kø midtveis i tunnelen.	Brann i elbiler skjer ikke like ofte som i fossildrevne biler, men skjer hyppig nok til at det er en troverdig hendelse. Elbilbranner er utfordrende å slukke, og er valgt for å få sikre at disse blir analysert og evaluert. Stillestående kø skjer daglig, og ved å plassere brannen midtveis gjøres aksjoner fra redningsetater mer utfordrende enn andre plasseringer.
Brann i tungt kjøretøy	70 MW brann i lastebil	Køsituasjon, brannsted på antatt mest ugunstige sted	#3: 70 MW brann i lastebil med brennbar last ved stillestående kø på mest ugunstige sted i tunnelen	Nærliggende fabrikk gjør at det går mange tunge kjøretøy med brennbart gods gjennom tunnelen. Brannsted settes til mest ugunstige sted i tunnelen. Foreløpige beregninger viser at dette er 300 meter før portal ved Riskeby, i og med at det noen ganger er tilbakestuing av kø 2-300 meter fra rundkjøringen ved Riskeby.

Hvor mange TVH'er som skal spesifiseres er det ingen fasit på, siden dette må vurderes ut ifra tunnelsystemets egenskaper. Er det få spesielle egenskaper, og dermed få kritiske hendelser som inngår i risikoanalysen, blir det også få TVH'er. Merk også at det kan være relevant å beskrive flere TVH'er for en enkelt kritisk hendelse, og at det for noen kritiske hendelser ikke alltid beskrives TVH'er (fordi det ikke finnes noen som anses som troverdige).

7.3 Analysere risiko og identifisere risikoreduserende tiltak

Formålet med denne delen av risikoanalysen er å etablere mer kunnskap om risikobildet for de kritiske hendelsene, beskrive TVH'er, etablere grunnlaget for risikoevalueringen, samt identifisere risikoreduserende tiltak. Dette gjøres ved å analysere sårbarheter, årsaker, konsekvenser og usikkerhetsfaktorer relatert til hver kritisk hendelse. Disse analysene vil kunne innebære både kvalitative og kvantitative analyser, og vil kunne kreve bruk av flere forskjellige risikoanalysemetoder. Hva som faktisk skal gjøres i hvert enkelt tilfelle vil avhenge av hvilke særtrekk og kritiske hendelser som er identifisert. Kritiske hendelser relatert til

brannscenarier for tunneler med særtrekkene toveistrafikk eller enveistrafikkork og langsgående ventilasjon, vil f.eks. kreve analyser av røykspredning.

Det forutsettes at prosessleder har tilstrekkelig kompetanse til å identifisere disse behovene, og sikre at hensiktsmessige metoder blir brukt. I denne veiledningen gir vi bare overordnede råd om valg og bruk av risikoanalysemetoder.

Fordi utførelsen av denne aktiviteten vil kunne variere mye fra gang til gang er det i rapportmalen ikke lagt inn noe forslag om standardtekst. Beskrivelse av valgte metoder må derfor etableres hver gang.

Den overordnede strategien for risikoanalyse av kritiske hendelser er å gjøre sårbarhetsvurderinger, årsaksanalyse og konsekvensanalyser for å beskrive scenarier med utgangspunkt i de kritiske hendelsene. I spørsmålsform kan dette formuleres som følger:

1. Hva kan få kritiske hendelse til å inntreffe (årsaker)?
2. Har tunnelsystemet egenskaper som fører til at det mangler eller har redusert evne til å motstå eller håndtere den kritiske hendelsen (sårbarheter)?
3. Hva er de mulige konsekvensene dersom den kritiske hendelsen inntreffer?
4. Hvilke risikoreduserende tiltak er mulige? Tiltak kan både redusere sannsynligheten for en kritisk hendelse (gjøre den mindre sannsynlig), og gjøre den mindre alvorlig (redusere konsekvensene dersom den inntreffer).

Vi har fra identifikasjonen av farer og uønskede hendelser allerede en viss oversikt over både årsaker og konsekvenser, men skal nå gå i mer detalj. Hvor detaljert disse analysene skal gjøres avhenger av den konkrete situasjonen. Kriterier for når analysen er detaljert nok er:

- Analysen gir tilstrekkelig grunnlag for å beskrive TVH'ene presist, og gjennomføre risikoevalueringen.
- Analysen gir tilstrekkelig grunnlag for å identifisere risikoreduserende tiltak.

Hva dette betyr i praksis må avgjøres av prosessleder.

At omfanget av forskjellige risikoanalyser som inngår i en risikovurdering tidvis kan være stort, illustreres av følgende eksempler:

- Ventilasjonsberegninger og røyksimuleringer for å demonstrere hvordan røyken vil spre seg i tunnelen, inkludert tidsaspektet.
- Analyse av effekten av avløpssystem for farlig gods, og hvilke implikasjoner tiltakene eller mangel på tiltak har på sikkerheten til trafikantene.
- Analyse av hvordan evakuering vil foregå. Her må det gjøres betraktninger om evakuering med eget kjøretøy er realistisk, med utgangspunkt i tunnelens utforming og metode for varsling av trafikantene, eller om evakuering til fots skal legges til grunn.
- Analyse av varsling og gjennomføring av evakuering sett opp mot tiden det tar for brannen å utvikle seg.

Fordi det ikke kan standardiseres hvilke analyser og metoder som skal utføres, gir vi i det følgende kun en kort beskrivelse av de mest aktuelle metodene, og noen råd om hva de er egnet til.

7.3.1 Analysetabell der årsaker, konsekvenser og sårbarheter beskrives.

Dette er den enkleste løsningen, og er ikke noe annet enn en tradisjonell kvalitativ analysetabell slik vi kjenner den fra fareidentifikasjoner. En slik metode er egnet dersom både årsaker og konsekvenser relatert til en kritisk hendelse er enkle og oversiktlige, med få relevante årsaker og lite variasjon i de mulige konsekvensene. En slik analysemetode vil normalt *ikke* være tilfredsstillende for brannhendelser. Denne metoden kan imidlertid være nyttig for å identifisere mulige risikoreduserende tiltak.

7.3.2 Hendelsestreanalyse (ETA[7])

En hendelsestreanalyse er en metode for å analysere konsekvenser. Metoden er godt egnet til å kartlegge hvilke scenarier som kan inntreffe som følge av en kritisk hendelse, og hvilke forhold/hendelser som påvirker utviklingen av disse scenariene. Ofte vil det være en rekke barrierer som er ment å redusere konsekvenser når noe uønsket skjer, og en hendelsestreanalyse kan brukes til å systematisk analysere hvordan feil i disse barrierene påvirker scenariene hvis en kritisk hendelse inntreffer. Grenspørsmålene i hendelsestreet vil vanligvis være en kombinasjon av hendelser, for eksempel «brannen sprer seg til annet kjøretøy» og barrierefeil, for eksempel «automatisk slokkeanlegg feiler». Denne analysen vil både fortelle oss hvilke forhold/hendelser som er av betydning for konsekvensene av en kritisk hendelse, og beskrive bredden av mulige konsekvenser. Spesielt kan hendelsestreanalysen bidra til å gi en god forståelse av hvordan tunnelsystemets spesielle egenskaper påvirker scenarioutviklingen hvis en kritisk hendelse inntreffer.

Eksempler på faktorer som kan reflekteres i grenspørsmålene[8] i et hendelsestre for en brann i et kjøretøy er:

- Hendelsesdeteksjon (AID) oppdager brannen innen X sekunder
- Tunnelen stenges innen X sekunder
- Trafikantene varsles innen X sekunder av VTS om at de må evakuere
- Effektiv og korrekt brannventilasjon oppnås
- Brannen sprer seg til annet kjøretøy
- Buss med mange passasjerer til stede i tunnel.
- Trafikantene lykkes med å evakuere med eget kjøretøy
- Trafikantene lykkes med å evakuere til fots
- Brannen slokkes av trafikanter med brannslokkingsapparater
- Brannen slokkes med automatisk slokkeanlegg

Informasjon fra en hendelsestreanalyse vil gi grunnlag for å kunne beskrive TVH'ene presist og gi god innsikt i hva som er troverdig.

Når man gjennomfører en hendelsestreanalyse bør man alltid bruke analysen til å vurdere om det finnes tiltak som kan gi ekstra barrierer, eller som styrker eksisterende barrierer. Fordi hendelsestreanalysen identifiserer mulige scenarier og konsekvenser *etter* at en kritisk hendelse har inntruffet, er hendelsestreanalyse en metode det i de aller fleste tilfeller vil være relevant å benytte.

Som tidligere nevnt er prinsippet med bruk av TVH'er basert på at det tas høyde for at sikkerhetssystemene fungerer som de skal. Hendelsestreanalysen kan bidra til å synliggjøre hvilke sikkerhetssystemer som forutsettes, og hvilken rolle de vil spille i de ulike scenarioene.

7.3.3 Feiltreanalyse (FTA)

En feiltreanalyse er en årsaksanalysemetode som er godt egnet til å få oversikt i situasjoner der det ligger mer kompliserte mekanismer bak den kritiske hendelsen. Med en FTA er det mulig å beskrive hvilke kombinasjoner av forhold som må oppstå for at den kritiske hendelsen skal kunne inntreffe. En FTA bør ha spesielt fokus på å beskrive hvordan tunnelsystemets særtrekk påvirker muligheten for at kritiske hendelser inntreffer.

Ett eller flere feiltrær kan også kombineres med et hendelsestre for å synliggjøre hvilke betingelser som må være oppfylt for at sikkerhetssystemene skal fungere i praksis. Da vil hendelsestreet synliggjøre hvilke sikkerhetssystemer som skal fungere, og feiltrærne

[7] ETA = Event Tree Analysis (engelsk betegnelse).

[8] I praksis formuleres som regel barrierefeil «negativt» (at barrieren feiler), men det er ikke gjort i denne listen.

synliggjøre hva som skal til for at disse sikkerhetssystemene faktisk skal fungere. Feiltrærne kan dermed brukes til å identifisere tiltak som styrker eksisterende barrierer.

En spesiell situasjon der FTA kan være nyttig er i å kople trafikksikkerhet til de kritiske hendelsene. Spørsmålet en FTA kan bidra til å svare på er om, og eventuelt hvordan, forhold relatert til trafikksikkerhet kan være årsak til at en kritisk hendelse inntreffer.

Akkurat som for hendelsestreanalyse, er det naturlig at man som del av en FTA har fokus på å identifisere tiltak som reduserer sannsynligheten og/eller alvorligheten av hendelsen som analyseres.

Det er viktig å bemerke at det i forbindelse med risikovurderinger iht. denne veiledningen ikke er relevant å gå inn i tekniske detaljer, og at detaljgraden av FTA'er normalt bør være begrenset.

7.3.4 Ventilasjonsberegninger og røyksimuleringer

Dette er svært aktuelle metoder i forbindelse med brannscenarier. Å få kunnskap om hvordan røyk/gasser spres, og hvordan dette påvirkes av ventilasjon, vil være viktig i evalueringen av TVH'er relatert til brann og enkelte typer hendelser med farlig gods. Slike analyser krever både spesiell kompetanse og spesielle verktøy.

I de aller fleste tilfeller der det er identifisert at tunnelsystemet har spesielle egenskaper av relevans for brannscenarier, vil det være aktuelt å gjøre denne type analyser. Dette gjelder særlig tunneler med særtrekkene toveistrafikk eller enveistrafikkork, som fordrer krav til risikoanalyse av langsgående ventilasjon, jf. pkt. 2.9.3 i Vedlegg I til TSF/TSFF. I mange tilfeller vil det være tilstrekkelig å bruke forenklede modeller, men for eksempel i tunneler med stor stigningsgrad kan det også være aktuelt med CFD-modeller. Risikoanalytikere må bruke faglig skjønn ved valg av modell. Det vil også være relevant å gjennomføre slike analyser for å evaluere effekten av tiltaksforslag. Eksempler på risikoreduserende tiltak det kan være aktuelt å analysere effekten av er:

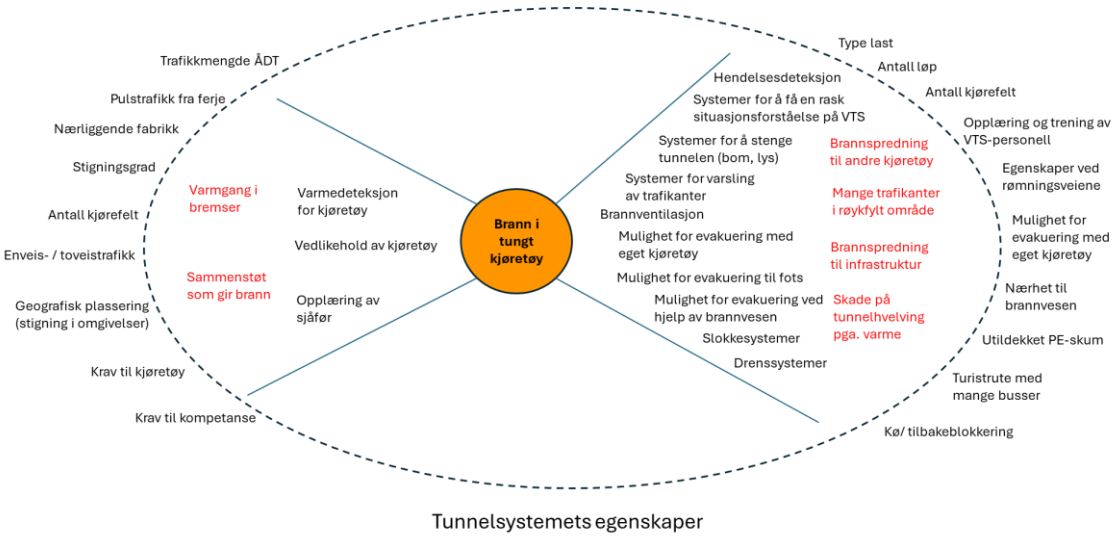
- Deteksjon
- Ventilasjonsstrategier
- Slokkesystemer

Disse resultatene vil være viktige for å vurdere effekten av operasjonelle tiltak, nødutganger, etc., og bidra til å avgjøre om det er nødvendig å gjøre f.eks. evakueringssimuleringer.

7.3.5 Bow-tie

Bow-tie er et hensiktsmessig verktøy for å fremstille risikobildet og vise sammenhenger mellom uønskede hendelser og deres årsaker, konsekvenser, sannsynlighetsreduserende tiltak, konsekvensreduserende tiltak og så videre. Bow-tie kan også være nyttig for å fremstille følgehendelser, for eksempel sammenstøt som fører til brann som deretter sprer seg til andre kjøretøy. Et eksempel på en bow-tie er vist i Figur 5. Figuren viser sannsynlighetsreduserende barrierer (venstre side) og konveksensreduserende barrierer (høyre side), samt egenskaper for tunnelsystemet som påvirker hendelsesforløpet både før og etter brannen. Disse er vist utenfor den stiplede linjen som omkranser bow-tien. Teksten med rødt er eksempler på hendelser og hendelseskjeder, f.eks.:

- Varmgang i bremser => Brann i tungt kjøretøy => Mange trafikanter i røykfylt område
- Sammenstøt gir brann => Brann i tungt kjøretøy => Brannspredning til infrastruktur



Figur 5 Eksempel på bow-tie for brann i tungt kjøretøy

7.3.6 Om kvantitative analyser

Selv om risiko*evalueringen* som beskrevet i delkapittel 4.3 og kapittel 8 gjøres på basis av kvalitative kriterier, kan det være nødvendig å gjøre kvantitative analyser, f.eks. som del av en hendelsestreanalyse eller feiltreanalyse, kvantifisering av tid til evakuering av tunnelen etc. Vi kan ha behov for dette bl.a. for å avgjøre og begrunne hva som er «troverdig», for å vise at en situasjon er mer sannsynlig enn en annen, eller at et alternativt tiltak gir lik eller bedre sikkerhet ved unntak (komparativ vurdering).

7.4 Risikoanalyse av brannhendelser, herunder langsgående ventilasjon

Et grunnleggende premiss for brannscenarier vil normalt være at evakuering skal kunne foregå i et tunnelmiljø som er overlevbart. Dette har direkte betydning for evaluering av TVH'er, og vil ofte kreve avanserte analyser av røykutvikling og evakueringstider.

Detaljnivået i risikoanalysene vil variere avhengig av kontekst. I mange tilfeller vil det f.eks. være nødvendig med mer detaljerte analyser av ettløpstunneler enn for toløpstunneler, for å vurdere om trafikantenes sikkerhet er ivaretatt:

- Brann i toløpstunnel: Hovedregelen i TSF/TSFF er at toløpstunneler med trafikkork skal ha tverrgående ventilasjon. Dersom man i stedet har langsgående ventilasjon vil det være krav om å dokumentere at dette gir likeverdig eller forbedret vern sammenlignet med en situasjon der man ikke har trafikkork. Ventilasjonsanalyser kan i dette tilfellet brukes til å vise hvordan røykfronten vil bevege seg innover i tunnelen. Trafikkanalyser eller informasjon fra tellepunkt kan brukes til å sannsynliggjøre om det kan påregnes kø nedstrøms brannen i tunnelen.
- Brann i tunnel med toveistrafikk: Trafikanter på den ene siden av brannen kan tenkes å bli utsatt for røyk. Da må en gjøre troverdige betraktninger om hvordan trafikanter skal varsles, hvordan de skal få beskjed om å evakuere, hvordan evakueringen skal foregå i praksis, og det må sannsynliggjøres at evakueringen vil fullføres før røyken sprer seg i tunnelen, med sikkerhetsmargin.

Et avgjørende spørsmål er om det er realistisk at trafikantene vil evakuere med eget kjøretøy eller om evakuering vil foregå til fots. Hvis tunnelen har et bredt profil og oppfyller alle krav til havarilommer, havarifelt og snunisjer m.m., kan det være realistisk å legge til grunn at

trafikantene vil evakuere med eget kjøretøy, dersom bl.a. sannsynligheten for blokkering av vegbanen vurderes som lav og simuleringer viser at røykfronten beveger seg tilstrekkelig sakte. Hvis ikke er det mer troverdig at trafikantene vil måtte evakuere til fots. Dersom evakuering med eget kjøretøy legges til grunn, må det likevel gjennomføres sensitivitetsanalyser for evakuering til fots, jf. kapittel 7.7.

7.5 Risikoanalyse av hendelser med farlig gods

Som for konvensjonelle brannscenarier, er et grunnleggende premiss for scenarier knyttet til brann og lekkasje av farlige stoffer at evakuering skal kunne foregå i et tunnelmiljø som er overlevbart. Dette vil ofte kreve avanserte analyser av røyk- og gassutvikling, og evakueringstider.

Hendelser med farlig gods dekker en rekke forskjellige typer hendelser, med til dels svært forskjellige konsekvenser og muligheter til å håndtere risiko. Det er essensielt at man i beskrivelsen av TVH'er relatert til farlig gods gjør en grundig vurdering av hva som faktisk er troverdige verstefallshendelser. Dersom det er spesielt mye transport av farlig gods, eventuelt spesielle typer farlig gods i tunnelen, må dette reflekteres i TVH'ene. Hvis det f.eks. er mye transport av bensin fra et nærliggende raffineri, vil hendelser som involverer store mengder bensin være langt mer troverdig enn i tunneler som ikke har mye slik transport. Om det er gass eller væske som er involvert, og om faren er knyttet til brann, eksplosjon, forgiftning eller annet vil også være viktig å vurdere. Selv om det finnes et visst statistisk grunnlag for å vurdere type og mengde av farlig gods gjennom DSBs kartlegging9, er denne først og fremst relevant på regionalt nivå. Det må alltid, som del av objekt- og systembeskrivelsen, kartlegges om det er spesielle lokale forhold mht. transport av farlig gods.

For risikoanalyse av hendelser med farlig gods vil flere analysemetoder være aktuelle. Hendelsestreanalyser vil være hensiktsmessige for å kartlegge hvordan en bestemt hendelse kan utvikle seg, og hvordan tunnelens planlagte løsning og sikkerhetsutrustning kan påvirke dette. For utslipp av brennbar væske vil det f.eks. være relevant å vurdere om væsken kan bli antent, og hvorvidt brann i væske kan spre seg gjennom avløpssystemet, jf. pkt.2.6.1 og 2.6.2 (Vedlegg I) i TSF/TSFF. Merk at denne veiledningen er avgrenset til farer og hendelser som kan true trafikantenes liv, så når avløpssystemet skal utformes må krav til ytre miljø ivaretas gjennom andre prosesser.

DG-QRAM[10] er et spesialisert verktøy for analyse av risiko relatert til hendelser med farlig gods, som er aktuelt dersom det er behov for detaljerte kvantitative analyser. Dette er et avansert verktøy som krever spesialkompetanse.

Hvilke metoder som skal benyttes må vurderes i hvert enkelt tilfelle, ut ifra de kritiske hendelsene som skal analyseres og TVH'ene som skal evalueres. Selv om avanserte kvantitative modeller kan være nyttige, er det viktig å være oppmerksom på at disse også har svakheter, og at et ensidig fokus på tall ikke nødvendigvis gir den beste risikostyringen.

En situasjon som fra tid til annen må forventes å oppstå ved evaluering av hendelser med farlig gods (og brannscenarier), er at evalueringen konkluderer med at sikkerheten til trafikantene *ikke* er tilstrekkelig ivaretatt. Dette vil f.eks. være tilfelle dersom man har transport av eksplosiver i en tunnel samtidig med annen trafikk. I en slik situasjon har man i praksis kun to mulige valg:

1. Tiltak gjennomføres som fjerner problemstillingen, f.eks. ved at farlig gods ikke tillates transportert gjennom tunnelen samtidig med annen trafikk. Mulige løsninger vil være å

[9] Transportøkonomisk institutt, TØI, Kartlegging av transport av farlig gods i Norge, TØI rapport 1293/2013, Lenke til rapport

[10] https://www.piarc.org/en/PIARC-knowledge-base-Roads-and-Road-Transportation/Resilient-Road-Infrastructure/Road-Tunnels-Operations/qram_software

gjøre denne transporten via en omkjøringsvei, eller å stenge tunnelen for all annen trafikk.
2. Akseptere den forhøyede risikoen. Dette kan være aktuelt dersom en vurdering av de samfunnsmessige konsekvensene av tiltak vurderes å ikke stå i forhold til risikoreduksjonen.

Her er det viktig å bemerke at risikovurderingen ikke skal gi noen beslutninger, men kun etablere et beslutningsgrunnlag slik at beslutninger kan tas på basis av en god forståelse av risikoen (se kapittel 2 for en diskusjon om risikovurderingens rolle).

7.6 Analyse av sårbarhet

Sårbarhet er i delkapittel 1.5 definert som «Tunnelsystemets manglende evne til å motstå uønskede hendelser eller varige påkjenninger, samt til å opprettholde eller gjenoppta sin funksjon etterpå».

For å identifisere og analysere sårbarheter, er det hensiktsmessig å systematisk vurdere hvordan følgende forhold påvirker tunnelsystemets evne til å motstå uønskede hendelser eller varige påkjenninger, og opprettholde eller gjenoppta sin funksjon:

- Tunnelsystemets særtrekk, siden disse ofte kan representere svakheter
- Forhold/faktorer som definerer forgreninger i hendelsestrær, eller som er sentrale i andre typer scenariobeskrivelser.
- Enkelthendelser som kan utløse kritiske hendelser (fra f.eks. feiltreanalyse).

Følgende er eksempler på sårbarheter:

- Manglende rømningsveier (for ettløpstunneler). Dette er en sårbarhet fordi brann i en slik tunnel representerer en alvorlig og vanskelig håndterbar fare. I praksis vil mange ulike sikkerhetssystemer måtte fungere som de skal for å oppnå deteksjon av brannen og effektiv varsling av trafikantene tidlig nok til at selvredning kan fullføres før røyken sprer seg i tunnelen.
- Underbemannet VTS. Dette er en sårbarhet fordi VTS vil være helt sentral i å håndtere hendelser, og med underbemanning er det sannsynlig at evnen til å respondere raskt og riktig vil være begrenset.
- Mangelfull redundans i strømforsyning. Dette er en sårbarhet fordi prinsippet med TVH'er gir åpning for å ta høyde for at sikkerhetssystemene fungerer. Hvordan kan vi sikre at alle sikkerhetssystemene fungerer i enhver situasjon dersom en ikke har redundant strømforsyning?

I praksis kan man oppleve at mye av det som identifiseres som sårbarheter allerede er identifisert i risikoanalysen. Verdien av en egen sårbarhetsvurdering er at den bidrar med et annet perspektiv, som gjør at vi til slutt har en bedre og mer komplett forståelse for risikobildet.

Slik sårbarhetsanalyse er beskrevet her, er det en aktivitet som i stor grad bygger på risikoanalysen, og kompletterer denne. Det kan imidlertid også være nyttig å gjøre vurderinger av sårbarhet allerede i forbindelse med identifikasjon av tunnelsystemets spesielle egenskaper, slik at man på den måten får ytterligere innsikt i hvordan disse kan påvirke sikkerheten i tunnelen.

Som en del av sårbarhetsanalysen bør det gjøres en eksplisitt vurdering av om det er realistisk at sikkerhetsutrustningen vil fungere som tiltenkt, slik evalueringskriteriet forutsetter.

7.7 Vurdering av sensitivitet

Fordi en risikoanalyse alltid baseres på en rekke valg, vil resultatene kunne være sensitive for disse valgene. Er det f.eks. slik at konsekvensene blir helt annerledes med en liten økning i branneffekt eller evakueringstid?

Det er nødvendig at man for alle deler av risikoanalysen gjør en konkret vurdering av i hvilken grad det finnes forhold som resultatet av analysen er sensitiv for. I noen tilfeller, f.eks. ved røykanalyser, kan det være nødvendig å gjenta analysen med forskjellige utgangspunkt, for å evaluere sensitiviteten.

Dersom en har lagt evakuering med eget kjøretøy til grunn, må det gjennomføres sensitivitetsvurderinger der en vurderer evakuering til fots. Dersom det viser seg at evakuering med kjøretøy er strengt nødvendig for å ivareta trafikantenes sikkerhet, må en forsikre seg om at det i tilstrekkelig grad er lagt til rette for slik evakuering.

Følgende forhold skal alltid inkluderes i vurdering av sensitivitet:

- Betydningen av bevegelseshemming/evakueringshastighet. Dersom evakuering ikke kan skje med kjøretøy, vil bevegelseshemmede kunne ha en vesentlig lavere evakueringshastighet enn andre, f.eks. dersom det er stigning i evakueringsretningen. Som en del av risikoanalysen skal man alltid vurdere om bevegelseshemmede vil være vesentlig mer eksponerte i en ulykkessituasjon enn andre trafikanter.
- Betydningen av å ha svært mange å evakuere. For å sikre at utfordringer med evakuering av mange personer blir tilstrekkelig vurdert, skal situasjonen «buss med mange passasjerer til stede i tunnel når kritisk hendelse inntreffer» alltid vurderes.

Det er flere måter å inkludere disse to spesifikke forholdene på, men aktuelle måter er: 1) Å legge dem inn som grenspørsmål i en hendelsestreanalyse; 2) Å definere dem som del av brukssituasjonen i en TVH.

7.8 Vurdering av usikkerhet

Risikoanalysen må inneholde en vurdering av usikkerhet/ kunnskapsgrunnlaget som er lagt til grunn, og følgende punkter kan være til hjelp for dette:

- Er fenomenene godt forstått? Hvor god kunnskap har vi om hvordan scenariene kan utvikle seg?
- Er forutsetningene i risikoanalysen realistiske? Er konklusjonene sensitive for endringer i forutsetninger eller avgrensninger?
- Er det stor grad av enighet mellom eksperter på fagområdet?
- Er modellene som er brukt anerkjente og troverdige?

I risikoevalueringen tas det utgangspunkt i at sikkerhetsutrustningen fungerer som den skal. Forventninger til pålitelighet og robusthet for sikkerhetsutrustningen skal fremheves som forutsetninger, som legges til grunn for bl.a. prosjektering.

7.9 Praktisk gjennomføring av risikoanalysen

Fordi risikoanalysen i praksis vil bestå av en rekke forskjellige aktiviteter, og bruk av flere forskjellige metoder, er det ikke mulig å beskrive i detalj hvordan den praktiske gjennomføringen bør være.

En grunnleggende forutsetning for at man skal ha tillit til en risikoanalyse er at riktig kompetanse og erfaring har vært involvert. Dette gjelder både mht. risikoanalysemetoder og det risikofaglige, men også kunnskap og erfaring med tunneler, tunnelsikkerhet, beredskap, redningsarbeid, mm. Hvem som har deltatt, og hva de representerer av kompetanse og erfaring bør dokumenteres, siden dette bidrar til å skape den tilliten risikovurderingen må ha.

Fordi risikoanalysen kan involvere mange forskjellige metoder må gjennomføringen også tilpasses den enkelte metode. Noen generelle råd om hvordan dette bør gjøres er som følger:

- Metoder som forutsetter en viss kreativitet og tverrfaglig kompetanse bør gjennomføres som arbeidsmøter, der all relevant kompetanse og erfaring er tilgjengelig.
- Metoder som består av spesifikke beregninger, f.eks. CFD-analyser, utføres best av de som er eksperter på metoden, men både forutsetninger og resultater fra slike analyser bør gjennomgås av en gruppe personer med bred kompetanse om tunnelsikkerhet. Dette kommer i tillegg til den faglige kvalitetssikringen av selve analysen.
- Fordi det underveis i risikoanalyser ofte vil dukke opp nye problemstillinger som kan påvirke premissene for risikoanalysen, er det hensiktsmessig å planlegge for at risikoanalysen er iterativ. Et eksempel på en slik situasjon er tilfeller der det underveis i analysen identifiseres tiltak som medfører endringer i tunnelsystemet, og som krever at deler av analysen gjøres på nytt for å kunne evaluere effekten av endringen.
- Forutsetninger må ha en særskilt oppfølging, og det må etterstrebes at de dokumenteres. Det er et vanlig problem at man gjør implisitte forutsetninger, og at man derfor ikke oppdager at forutsetninger er urealistiske eller i konflikt med hverandre.

Å gjennomføre risikoanalysen vil være den risikofaglig mest krevende delen av risikovurderingen, og stiller derfor krav til at den som leder dette arbeidet har tilstrekkelig erfaring og kompetanse. Det er en viss tradisjon for å anse en HAZID-samling som selve analysen, og prosessleder som en sekretær. Et grunnleggende poeng i denne veiledningen er at en slik fremgangsmåte som regel ikke vil være tilstrekkelig. Denne veiledningen legger til grunn at prosessleder har et selvstendig ansvar for kvaliteten på risikovurderingen, og sikrer at de metodene som benyttes er hensiktsmessige og adekvate i hver enkelt situasjon.

8 Trinn 4: Risikoevaluering

Risikoevalueringen skal gi svar på ett eller flere av følgende punkter:

- Om laveste tillatte sikkerhetsnivå er oppnådd: I hvilken grad er det samsvar mellom risiko og sikkerhetsmålene? Drøftingen baseres på evalueringskriteriet.
- Dersom det finnes alternative løsninger og risikoreduserende tiltak: Hvilken løsning innebærer lavest risiko?
    - Belyse hvilke forhold som skiller risiko ved ulike alternativer, og hvordan alternativene rangeres med hensyn til risiko.
- Dersom det er bestemt, eller vurdert, å søke om unntak fra minstekrav i TSF/TSFF, Vedlegg I, må det eksplisitt evalueres om «likeverdig eller forbedret vern» er oppnådd med alternative risikoreduserende tiltak, jf. evalueringskriteriene.

Hvert av disse punktene diskuteres i delkapitlene nedenfor.

Resultatene fra risikoanalysen er grunnlaget for evalueringen. I praksis kan det være nødvendig å gjøre risikoanalyse og risikoevaluering iterativt, fordi det i forbindelse med evalueringen kan bli identifisert behov for ytterligere analyser.

8.1 Laveste tillatte sikkerhetsnivå

Laveste tillatte sikkerhetsnivå vil være oppnådd i følgende situasjoner:

- Tunnelsystemet har ingen spesielle særtrekk, oppfyller alle minstekravene, og det er vist at sikkerheten for trafikanter er ivaretatt for TVH'er med farlig gods.
- Dersom tunnelsystemet har spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere eller andre spesielle særtrekk, og/eller ikke oppfyller alle minstekravene: Det er gjennom risikovurderingen dokumentert at risikoreduserende tiltak gir et sikkerhetsnivå som er minst like godt som om tunnelen var uten spesielle særtrekk, og oppfylte alle minstekravene.

Risikoevaluering iht. denne veiledningen skal gjøres ved å kombinere evalueringskriteriet med hver av TVH'ene. Evalueringen er kvalitativ og skal gjøres i form av en eksplisitt argumentasjon for hver enkelt TVH. Det betyr at både premisser, argumentasjonslogikk og konklusjon skal være eksplisitt. Premissene for evalueringen vil normalt være en kombinasjon av informasjon fra objekt- og systembeskrivelse, forutsetninger og resultater fra risikoanalysen.

Tabell 5 beskriver tre ulike situasjoner man kan stå overfor i risikoevalueringen, og hvilke aksjoner disse krever. Situasjon 2 og 3 kan være til stede samtidig.

Tabell 5: Risikoevaluering i tre aktuelle situasjoner.

Nr	Situasjon	Implikasjon	Aksjon
1	Ingen spesielle særtrekk, og alle minstekrav er oppfylt	Sikkerheten anses i utgangspunktet som akseptabel, dersom risikovurderinger for farlig gods ikke viser noe annet.	Det er kun krav om å gjennomføre risikoevaluering av TVH'er relatert til farlig gods. Relevante farer fra Vedlegg 2 i rapportmalen skal dokumenteres, slik at disse kan brukes i bl.a. beredskapsplanlegging.
2	Det er identifisert spesielle særtrekk, enten for sikkerhetsparametere i TSF/TSFF eller andre spesielle særtrekk.	Dersom TVH'er er identifisert, må risikoevaluering gjennomføres for å vurdere om sikkerheten til trafikantene er ivaretatt.	I dette tilfellet må det gjøres en evaluering av TVH'er relatert til de aktuelle særtrekkene, og for TVH'er relatert til farlig gods. Relevante farer fra Vedlegg 2 i rapportmalen skal dokumenteres, slik at disse kan brukes i bl.a. beredskapsplanlegging.
3	Det er identifisert at tunnelsystemet ikke oppfyller alle minstekrav i TSF/TSFF, Vedlegg I, og det vurderes å søke om unntak.	Sikkerheten er i utgangspunktet ikke å anse som tilstrekkelig. Risikoevaluering som viser at sikkerheten til trafikantene blir likeverdig eller forbedret med alternative tiltak må gjennomføres.	I dette tilfellet må det gjøres en evaluering av TVH'er relatert til de minstekravene som ikke er oppfylt, for å dokumentere tilstrekkelig effekt av alternative tiltak, og for TVH'er relatert til farlig gods. Relevante farer fra Vedlegg 2 i rapportmalen skal dokumenteres, slik at disse kan brukes i bl.a. beredskapsplanlegging.

Den praktiske risikoevalueringen gjennomføres ved at man for hver enkelt TVH beskriver følgende:

- Påstanden: At evalueringskriteriet, basert på TVH, er oppfylt.
- Logikken i argumentasjonen som underbygger påstanden (argumentasjonsstrategien).
- Premissene argumentasjonen bygger på.

Følgende er et eksempel på evaluering, beskrevet på et format som kan være hensiktsmessig å bruke i rapporten.

Tabell 6: Eksempler på risikoevalueringer, og forslag til hvordan dette kan presenteres.

#1	**TVH:** Brann i tungt kjøretøy med maksimal branneffekt 70 MW, i en køsituasjon, midtveis i tunnelen.	
	Påstand/ Evaluerings-kriterium	Trafikantenes sikkerhet er ivaretatt ved brann i tungt kjøretøy med maksimal branneffekt 70 MW i en køsituasjon, midtveis i tunnelen.
	Logikk	Fordi alle som ikke er direkte involverte i hendelsen med kjøretøyet som brenner kan evakueres ut av tunnelen uten å bli eksponert for livstruende røyk, følger det at sikkerheten til trafikantene er ivaretatt.

	Premisser	• Evakueringstid < Tid til livstruende røykeksponering
		  ○ Analyse av røykutvikling for aktuelt brannscenario (ref).
		  ○ Analyse av evakueringstid (ref).
		• Sensitivitet i vurderingen er begrenset
		  ○ Vurdering av sensitivitet (ref).
		• Usikkerheten i vurderingen er begrenset
		  ○ Vurdering av usikkerhet (ref).

#2	**TVH:** Utslipp av store mengder (full tankbil = 19 000 liter) bensin, i utgangspunktet ikke antent, midtveis i tunnelen, i en situasjon med gjennomsnittlig trafikk i tunnelen.	
	Påstand/ Evaluerings-kriterium	Trafikantenes sikkerhet er ivaretatt ved utslipp av store mengder bensin (opp til 19 000 liter), i utgangspunktet ikke antent, midtveis i tunnelen, i en situasjon med gjennomsnittlig trafikk i tunnelen.
	Logikk	Fordi avløp er utformet slik at det ikke er fare for spredning av brann og at alle som ikke er direkte involverte i hendelsen rekker å evakuere til trygt sted før de eksponeres for farlige nivåer av bensindamp, følger det at sikkerheten til trafikantene er ivaretatt.

	Premisser	• Antennelsessannsynlighet er veldig lav
		  ○ Analyse av antennelsesrisiko (ref).
		• Evakueringstid < Tid til eksponering
		  ○ Analyse av gass-spredning (ref).
		  ○ Analyse av evakueringstid (ref).
		• Sensitivitet i vurderingen er begrenset
		  ○ Vurdering av sensitivitet (ref).
		• Usikkerheten i vurderingen er begrenset
		Vurdering av usikkerhet

Dersom det er mulig å etablere en tilstrekkelig overbevisende argumentasjon, anses evalueringskriteriet å være oppfylt. Hva som vil være «overbevisende» er det ingen objektiv definisjon av. Dette er noe man må vurdere selv, og i dialog med relevante myndigheter.

I etableringen av argumentasjonen er det flere ting det er viktig å være oppmerksom på:

- Lav sannsynlighet for at en TVH'ene vil inntreffe kan ikke brukes som argument i dette resonnementet. Man kan for eksempel ikke argumentere med at sikkerheten er ivaretatt som følge av lav sannsynlighet for brann. Poenget er at evalueringen gjøres under forutsetning av at TVH'en *har* inntruffet. Sannsynligheten for TVH'en *er* tatt hensyn til, gjennom vurderingen av hva som ble ansett som «troverdig». Dette må ikke forveksles med situasjoner der sannsynlighet knyttes til den mulige scenarioutviklingen *etter* at TVH'en har inntruffet.
- Implikasjoner av sensitivitetsanalysene: I hvilken grad trafikantenes sikkerhet ivaretas selv om scenarioet utvikler seg på en alternativ måte
- Vurderingen av usikkerhet er viktig for tilliten til konklusjonen, og derfor i seg selv satt opp som et premiss.

- I tilfeller der man har en spesiell egenskap som påvirker en bestemt uønsket hendelse (f.eks. brann), og man argumenterer med at et tiltak gir likeverdig eller forbedret vern, er det nødvendig å vise at tiltaket har effekt mht. den *samme* uønskede hendelsen.

8.2 Risikoreduserende tiltak og sammenligning av løsninger

Fra et risikostyringsperspektiv er det viktig at risikovurderingen ikke bare blir en øvelse for å dokumentere at laveste tillatte sikkerhet er oppnådd. Tunnelforvalters risikoaksept kan godt være strengere enn minstekravene, og det bør være en målsetting å hele tiden forbedre sikkerheten så mye som mulig, innenfor de rammene som eksisterer. Risikostyring, som risikovurderinger er en del av, handler om å hele tiden se etter muligheter for å redusere risiko.

I evaluering av tiltak og sammenligning av løsninger, kan vi ha flere mulige situasjoner, bl.a.:

- Det er en eller flere evalueringskriterier som ikke er oppfylt, og det må derfor identifiseres tiltak som gjør at de blir oppfylt.
- Det er identifisert alternative tiltakspakker (kombinasjoner av tiltak), og evalueringen må gi kunnskap som kan brukes til å avgjøre om, og eventuelt hvilken av disse, som skal gjennomføres.
- Man har identifisert alternative løsninger, og evalueringen må gi kunnskap om hvilken av disse som er best mht. sikkerhet.
- Det må i forbindelse med unntak vises at de risikoreduserende tiltak som iverksettes eller styrkes sikrer et sikkerhetsnivå som minst er likeverdig med det som ville vært uten unntaket.

I alle disse situasjonene må vi gjøre komparative evalueringer av *effekten* tiltak og løsninger har på sikkerheten. Hvilke kombinasjoner av tiltak vil føre til at sikkerheten til trafikantene blir ivaretatt ved de ulike TVH'ene?

Akkurat hvordan slike sammenligninger skal gjøres avhenger av den konkrete situasjonen. Det kan være kvantitative sammenligninger, f.eks. av hvordan forskjellige tiltak/løsninger påvirker evakueringstid, sannsynligheter, etc., eller kvalitative sammenligninger der man etablere argumenter på en lignende måte som vist i forrige delkapittel. Ved kvalitative sammenligninger basert på argumentasjon, vil påstanden man starter med kunne være på formen «tiltakspakke 1 har større effekt enn tiltakspakke 2».

8.3 Håndtering av risiko

Med utgangspunkt i risikoevalueringen skal det *foreslås*[11] hvordan risikoen skal håndteres. Aktuelle prinsipper for risikohåndtering er:

- **Akseptere risiko som den er:** Dette kan foreslås i situasjoner der risikovurderingen viser at sikkerheten til trafikantene er ivaretatt med den planlagte sikkerhetsutrustningen.
- **Innføre risikoreduserende tiltak, for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet:** Dette er aktuelt i situasjoner der risikovurderingen viser at sikkerheten til trafikantene kun blir tilstrekkelig ivaretatt med ett eller flere risikoreduserende tiltak, og at disse tiltakene derfor er nødvendige.
- **Innføre risikoreduserende tiltak, for å bedre sikkerheten ytterligere, selv om den i utgangspunktet er tilstrekkelig:** Dette er aktuelt i situasjoner der det er identifisert tiltak som har et forhold mellom effekt og kostnad som anses akseptabel. Selv om det ikke er noe formelt krav om å gjennomføre slike tiltak, er det å forbedre sikkerheten så

[11] Merk at det kun skal foreslås/ anbefales tiltak, ikke besluttes. Selve beslutningen hører til risikohåndteringsfasen som ikke er en del av denne veiledningen.

mye som praktisk mulig et veletablert prinsipp i all god risikostyring. Dersom man over tid skal oppnå å forbedre sikkerheten i vegtunneler er det nødvendig at man i alle tunnelprosjekter har fokus på å forbedre sikkerheten. Denne måten å jobbe med risikostyring på kalles gjerne ALARP[12] (As Low As Reasonably Practicable).

[12] https://snl.no/as_low_as_reasonably_practicable

9 Referanser

1 Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften), 2007. Web: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-05-15-517

2 Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse tunneler på fylkesvegnettet og kommunalt vegnett i Oslo (tunnelsikkerhetsforskrift for fylkesveg m.m), 2014. Web: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-12-10-1566

3 NS 5814:2021+AC:2023, Krav til risikovurderinger, 2023. Standard Norge.

4 Sintef, 2021. Byggforskserien 321.026 - Brannsikkerhet. Brannsikkerhetsstrategi og brannkonsept. Oslo, november 2021. ISSN 2387-6328. Web:https://www.byggforsk.no/dokument/3114/brannsikkerhet_brannsikkerhetsstrategi_og_brannkonsept

5 NS-ISO 31000:2018, Risikostyring – Retningslinjer. Standard Norge.

6 Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften), 2017. Web: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1996-12-06-1127

7 ADR/RID 2023 - Landtransport av farlig gods. ISBN-nummer978-82-450-4164-4. Web: https://www.dsb.no/veiledere-handboker-og-informasjonsmateriell/adrrid-2023---landtransport-av-farlig-gods/

Vedlegg 1 – Særtrekk for sikkerhetsparametere i TSF/TSFF

Parameter	Definisjon	Referanse i TSF	Andre referanser	Påvirkning på risiko
Nærvær og prosentandel av tunge lastebiler	>15 % (over 3,5 tonn)	1.3.2 (krav til risikoanalyse) Skal i tillegg ivaretas ved å justere trafikkvolumet mht. innslagspunktene i Vedlegg I.		Sannsynlighet for og størrelse av brann Følgehendelser (spredning)
Vertikal profil	Stigning > 3 %	2.2.3 (krav til risikoanalyse og tiltak)		Sannsynlighet for brann Røykkontroll Evakuering til fots
Enveis eller toveistrafikk	Toveistrafikk	2.9.3 (krav til risikoanalyse ifm. langsgående ventilasjon)		Sannsynlighet for trafikkulykker (møteulykker) Røykkontroll Evakuering i kjøretøy
Kjørefeltbredde	<3,5 m for høyre kjørefelt	2.2.4 (krav til risikoanalyse og tiltak hvis tunge kjøretøy er tillatt)		Sannsynlighet for trafikkulykker som involverer tunge kjøretøy Evakuering i kjøretøy
Trafikkvolum	Sesongtrafikk utgjør 130 % eller mer av årlig gjennomsnittstrafikk.	1.3.2 (krav til risikoanalyse ved sesongtrafikk, veiledende verdi). Sesongtrafikk skal i tillegg ivaretas ved å justere trafikkvolumet mht. innslagspunktene i Vedlegg I.		Sannsynlighet for og konsekvens av trafikkulykker og brann ved trafikktopper
	Store variasjoner i trafikkmengden i uka, døgnet eller timen (f.eks. helgeutfart, pulstrafikk og rushtidstrafikk)			
	ÅDT for ettløpstunnel > 20 000	3.4 (krav til risikoanalyse for å vurdere behov for postering av redningstjenester, veiledende verdi basert på innslagspunkt for toløpstunnel i 2.1.2)		Sannsynlighet for og konsekvens av trafikkulykker Evakuering i kjøretøy
Konstruksjonstype	Konstruksjon der lokalt sammenbrudd kan ha katastrofale konsekvenser, f.eks. betongkonstruksjoner	2.7 (veiledende ifm. krav til brannmotstand, men gjelder også andre ulykkeslaster)		Følgehendelser/konsekvenser av brann og andre ulykkeslaster

Parameter	Definisjon	Referanse i TSF	Andre referanser	Påvirkning på risiko
	med overbygg eller under vann (som regel ikke relevant for bergtunneler).			
Tunnellengde	Ettløpstunnel >1 km	2.3.7, 2.9.2/3 (veiledende verdi, basert på krav til å vurdere om det er virkningsfullt å lage nødutganger for eksisterende tunneler, samt krav til mekanisk ventilasjon)		Røykkontroll Brannutvikling/spredning Evakuering i kjøretøy og til fots
	Toløpstunnel > 4 km		N500 (4.1.1): Bytunneler og motorveg-tunneler <4 km	Røykkontroll Brannutvikling/spredning Evakuering i kjøretøy
Antall løp	> 2 (inkl. sammenkoblede tunnelsystemer)			Røykkontroll Evakuering i kjøretøy og til fots (rampe)
Antall kjørefelt	>3 per løp			Sannsynlighet for trafikkulykker (påkjøring)
	1 kjørefelt per løp (med toveistrafikk)			Sannsynlighet for trafikkulykker (møteulykker) Evakuering i kjøretøy
Tverrsnittsgeometri	Frihøyde < 4,6 m		N500 (4.4.1)	Sannsynlighet for trafikkulykker(møteulykker) Røykkontroll Brannutvikling/spredning
	Sideareal (nødfortau) < 0,86 m	2.3.1/2.3.2 (krav til tiltak ved manglende nødfortau, veiledende verdi)	Byggteknisk forskrift, §11	Evakuering til fots
Horisontal profil	R< 250 m		N100	Sannsynlighet for og konsekvens av trafikkulykker og hendelser
Risiko for trafikkork (per døgn eller sesongbestemt)	Stillestående/saktegående trafikk >75 t i året	2.9.3 (krav til risikoanalyse for langsgående ventilasjon, veiledende verdi)		Sannsynlighet for trafikkulykker (påkjøring) Røykkontroll Evakuering i kjøretøy Fremkommelighet for innsatskjøretøy

Parameter	Definisjon	Referanse i TSF	Andre referanser	Påvirkning på risiko
Atkomsttid for redningstjenestene	>10 min		Brann- og redningsvesen-forskriften, §22	Brannutvikling og -kontroll Redning
Særtrekk ved adkomstveiene (=veger og kjørefelt fra dagen og inn i tunnelen)	Lengre strekning med stigning/helning (> 3 %)	2.2.3 (veiledende)		Sannsynlighet for brann
	Kryss eller endring i antall kjørefelt utenfor tunnel, med avstand mindre enn lengden et kjøretøy tilbakelegger på 10 sek	2.1.3 (Krav til tiltak ved endring i antall kjørefelt, veiledende verdi for kryss)		Sannsynlighet for og konsekvens av trafikkulykker
	Ramper/kryss i tunnel			Sannsynlighet for og konsekvens av trafikkulykker
	Overgang til bru eller annen tunnel			Sannsynlighet for og konsekvens av trafikkulykker Tilkomst for redningstjenester
Hastighetsaspekter	Systematiske fartsoverskridelser			Sannsynlighet for og konsekvens av trafikkulykker
Geografisk og meteorologisk miljø	Spesielle geografiske eller meteorologiske utfordringer, f.eks. variasjoner i trykk eller klima (nåværende eller fremtidig)			Sannsynlighet for og konsekvens av trafikkulykker Røykkontroll

Risikovurderinger av vegtunneler

(Dokumentmal)

(Dokumentmal)

Sammendrag

Innholdsfortegnelse

1 Rammer for risikovurderingen 5
1.1 Formål, rammer/krav, avgrensning og forutsetninger 5
1.1.1 Formål 5
1.1.2 Rammer/krav 5
1.1.3 Avgrensning 5
1.1.4 Forutsetninger 5
1.2 Verdier som skal beskyttes 5
1.3 Sikkerhetsmål og evalueringskriterier for risiko 5
1.4 Objekt- og systembeskrivelse 6
1.4.1 Overordnet beskrivelse av tunnelsystemet 6
1.4.2 Detaljert beskrivelse av tunnelsystemet 6
1.5 Terminologi og forkortelser 6
2 Metode og gjennomføring 8
2.1 Spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere og minstekrav 8
2.2 Identifisere farer og uønskede hendelser 8
2.2.1 Identifikasjon av andre særtrekk 8
2.2.2 Kartlegging av generelle farer 9
2.2.3 Identifikasjon av farer og uønskede hendelser relatert til tunnelsystemets spesielle egenskaper 9
2.3 Risikoanalyse 10
2.3.1 Analysere risiko og identifisere tiltak for kritiske hendelser 10
2.3.2 Beskrive TVH'er 10
2.4 Risikoevaluering 10
2.5 Deltagere og praktisk gjennomføring 11
3 Spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere og minstekrav 12
4 Identifisere farer og uønskede hendelser 13
4.1 Generelle farer 13
4.2 Farer og uønskede hendelser relatert til tunnelsystemets spesielle egenskaper 13
5 Risikoanalyse 14
5.1 Risikoanalyse av kritiske hendelser 14
5.2 Beskrivelse av TVH'er 14
5.3 Analyse av sårbarhet 14
5.4 Vurdering av sensitivitet 14
5.5 Vurdering av usikkerhet 14
6 Risikoevaluering 15
6.1 Laveste tillatte sikkerhetsnivå 15

6.2 Risikoreduserende tiltak og sammenligning av løsninger 15
6.3 Håndtering av risiko 15
7 Oppsummering og konklusjon 16
7.1 Oppsummering 16
7.2 Konklusjon 16
8 Referanser 17
Vedlegg 1 – Tunnelsystemets egenskaper 18
Konstruksjonsmessige egenskaper 18
Tverrforbindelser for redningstjenester 19
Tekniske løsninger/installasjoner 19
Sikkerhetsutrustning 20
Trafikk/bruk 22
Omgivelser 23
Relevante organisasjoner 23
Drift av tunnelen 24
Vedlegg 2 – Sjekkliste for farer og risikopåvirkende faktorer 25
Forhold ved tunnelen som kan øke sannsynligheten for uønskede hendelser 25
Uønskede hendelser 28
Forhold ved tunnelen som kan forverre konsekvensene av uønskede hendelser 30

1 Rammer for risikovurderingen

1.1 Formål, rammer/krav, avgrensning og forutsetninger

1.1.1 Formål

1.1.2 Rammer/krav

1.1.3 Avgrensning

1.1.4 Forutsetninger

Beskrivelse og betydning av forutsetninger for analysen er presentert i Tabell 1.

Tabell 1 Beskrivelse og betydning av forutsetninger for analysen

ID	Beskrivelse av forutsetning	Betydning av å gjøre forutsetningen

1.2 Verdier som skal beskyttes

Risikovurderingen adresserer kun verdien «trafikanters liv». Andre verdier, som f.eks. ytre miljø, forutsettes håndtert gjennom andre aktiviteter.

1.3 Sikkerhetsmål og evalueringskriterier for risiko

Sikkerhetsmål og evalueringskriterium er basert på formålsparagrafen i TSF/TSFF, og verdien beskrevet i delkapittel 1.2. Sikkerhetsmål og evalueringskriterium er definert som beskrevet i Tabell 2.

Tabell 2: Sikkerhetsmål og evalueringskriterier

Sikkerhetsmål	Sikkerheten til trafikantene er ivaretatt.
Evalueringskriterium	Sikkerheten til trafikantene som ferdes i tunnelen skal være ivaretatt for alle troverdige verstefallshendelser, gitt at sikkerhetsutrustningen fungerer som den skal. For unntak fra minstekrav skal alternative tiltak gi tilsvarende eller bedre sikkerhet.

Bemerk: Det gjøres unntak for trafikanter som er direkte involvert i hendelsen, for eksempel trafikanter som sitter fastklemt i et kjøretøy som begynner å brenne. Med «ivaretatt» menes at «tunnelmiljøet er overlevbart og ikke til hinder for selvredning».

1.4 Objekt- og systembeskrivelse

1.4.1 Overordnet beskrivelse av tunnelsystemet

1.4.1.1 Oversikt

1.4.1.2 Avgrensning av tunnelsystemet

Tabell 3 viser avgrensningene for det analyserte tunnelsystemet.

Tabell 3 Avgrensninger av tunnelsystemet

Type avgrensning	Beskrivelse av avgrensning
Teknisk	
Geografisk	
Operasjonelt	

1.4.2 Detaljert beskrivelse av tunnelsystemet

1.4.2.1 Detaljtegninger

1.4.2.2 Tunnelsystemets egenskaper

Tunnelsystemet er beskrevet ved hjelp av tabellene med egenskaper i Vedlegg 1 – Tunnelsystemets egenskaper.

1.5 Terminologi og forkortelser

Terminologi og forkortelser benyttet i analysen er listet opp i Tabell 4.

Tabell 4 Begrep og forkortelser benyttet i analysen

Begrep/forkortelse	Forklaring	Kommentar
AID	Automatic Incident Detection	Automatisk hendelsesdeteksjon
Andre spesielle særtrekk	En egenskap ved et tunnelsystem som er utenfor det som anses som standard, og som har betydning for kritiske hendelser.	Kompletterer begrepet «spesielt særtrekk for sikkerhetsparametere», og benyttes for å sikre at risikovurderingen har tilstrekkelig fokus på alle typer egenskaper som kan påvirke sikkerheten mtp. storulykker.
ATK	Automatisk TrafikkKontroll	Omfatter både punkt-ATK og streknings-ATK
DAB	Digital Audio Broadcasting	Digital radio

Begrep/forkortelse	Forklaring	Kommentar
ITV	Independent TeleVision	Videoovervåkning
Minstekrav	Begrepet brukes om minstekravene nevnt i Vedlegg I til TSF/TSFF.	
SDT	SommerDøgnTrafikk	
Spesielt særtrekk for sikkerhetsparametere	En egenskap ved et tunnelsystem som er utenfor det som anses som standard, mht. listen over sikkerhetsparametere i TSF/TSFF, Vedlegg I, 1.1.2.	Dette begrepet er benyttet i TSF/TSFF, og eventuelle spesielle særtrekk som identifiseres gir krav til risikovurdering iht. §10 (ref. TSF/TSFF, Vedlegg I, 1.1.3). Vedlegg 1 i Risikovurdering av vegtunneler inneholder mer konkret informasjon om dette.
Troverdig verstefallshendelse, TVH	Verste troverdige hendelse, gitt at sikkerhetsutrustningen fungerer som den skal.	Hendelse som hensyntar konsekvenspotensialet, uten at man legger til grunn den absolutt verste tenkelige muligheten.
TSF	Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften)	
TSFF	Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse tunneler på fylkesvegnettet og kommunalt vegnett i Oslo (tunnelsikkerhetsforskrift for fylkesveg m.m)	
Tunnelsystem	Selve tunnelen, med alle dens fysiske/tekniske enheter, samt omgivelser, brukere og andre aktører som kan påvirke eller bli påvirket av sikkerheten i tunnelen.	Merk at tunnelsystemet er mer enn den tekniske tunnelen. I praksis vil det måtte gjøres vurderinger i hvert enkelt tilfelle av hvor grensen for hva som skal tas med skal settes. For å kunne vurdere risiko forbundet med farlig gods kan det f.eks. være nødvendig å ta med omkjøringsvei som del av tunnelsystemet.
Tunnelsystemets spesielle egenskaper	Samlebetegnelse for: • Spesielt særtrekk for sikkerhetsparametere. • Egenskaper som ikke oppfyller minstekrav i TSF/TSFF. • Andre spesielle særtrekk.	Dette er de egenskapene ved tunnelsystemet som krever nærmere vurdering mht. påvirkning på sikkerhet/sikkerhetskonsept (sentralt i trinn 2). Fremfor å hele tiden måtte nevne alle tre er det praktisk å etablere en samlebetegnelse.
ÅDT	ÅrsDøgnTrafikk	Gjennomsnittstall for daglig trafikkmengde

2 Metode og gjennomføring

<Kommentar:

Deler av metodebeskrivelsen er generell, og beskrivelsene som er gitt av dette nedenfor kan ofte gjenbrukes i de spesifikke risikovurderingene. Beskrivelsen skal gis i et omfang og detaljnivå som setter lesere av rapporten i stand til både å forstå hvordan vurderingen er gjennomført, og til å ta stilling til om metoden er passende for den aktuelle situasjonen. >

2.1 Spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere og minstekrav

Denne analyseaktiviteten ble gjennomført i følgende trinn:

1. Alle deler av objekt- og systembeskrivelsen ble sammenlignet med listen over spesielle særtrekk for sikkerhetsparameterne definert i TSF/TSFF, som beskrevet i veiledningens Vedlegg 1. Alle forhold som ble vurdert å være vesentlig annerledes enn «standard» ble dokumentert. Se Vedlegg 1 – Tunnelsystemets egenskaper.
2. Alle deler av objekt- og systembeskrivelsen ble sammenlignet med minstekravene til tunnelsystemet definert i TSF/TSFF, Vedlegg I (Ref. 1,2). Alle egenskaper som medførte at minstekrav ikke er oppfylt ble dokumentert. Se Vedlegg 1 – Tunnelsystemets egenskaper.

Resultatet fra denne gjennomgangen ble presentert i en tabell med format som i Tabell 5.

Tabell 5 Format for å presentere spesielle egenskaper

Kolonne	Beskrivelse
ID	Unik ID for hver fare som er identifisert
Betegnelse	«Navnet» på den aktuelle egenskapen (lengde, stigning, etc.)
Beskrivelse	Beskrivelse av den aktuelle egenskapen
Systemelement	Beskrivelse av for hvilket element i objekt-/systembeskrivelsen særtrekket/avviket/egenskapen er identifisert.
Parameter/krav	Beskrivelse hvilken parameter/minstekrav det gjelder.
Kommentarer	Eventuelle kommentarer som er nødvendige, og ikke passer inn i øvrige kolonner.

2.2 Identifisere farer og uønskede hendelser

2.2.1 Identifikasjon av andre særtrekk

Denne aktiviteten startet med å identifisere andre spesielle særtrekk ved tunnelsystemet som kan påvirke sikkerheten mtp. kritiske hendelser (storulykker).

<Kommentar: Utdyp hvordan denne aktiviteten ble utført i praksis.>

Resultatet av denne aktiviteten ble presentert i samme tabell som for spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere og minstekrav.

2.2.2 Kartlegging av generelle farer

Det er systematisk gått gjennom sjekklisten med farer i Vedlegg 2 – Sjekkliste for farer og risikopåvirkende faktorer

Kartleggingen i Vedlegg 2 er en del av denne rapportens oversikt over farer og uønskede hendelser. Farer som ikke påvirkes av tunnelsystemets spesielle egenskaper er ikke tatt videre inn i risikoanalyse og risikoevaluering, men følges opp gjennom andre prosesser, deriblant beredskapsplanlegging.

2.2.3 Identifikasjon av farer og uønskede hendelser relatert til tunnelsystemets spesielle egenskaper

Som beskrevet i veiledning for risikovurdering av vegtunneler, utgjør en liste med pre-definerte ulykkestyper utgangspunkt for spesifisering av uønskede hendelser. Denne delen av risikovurderingen ble gjort i følgende steg:

1. Velg første spesielle egenskap[1]
2. Velg første pre-definerte ulykkestype.
3. Vurder om egenskapen kan ha betydning for:
    a. Muligheten for at den valgte ulykkestypen inntreffer.
    b. Konsekvensene dersom ulykkestypen inntreffer.
4. Dersom trinn 3 gir funn, identifiseres de farer og forhold som kan bidra til at ulykkestypen inntreffer, eller påvirke konsekvensene av ulykkestypen.
5. For hver identifisert fare/forhold, beskriv både årsaker, og på hvilken måte den kan påvirke ulykkestypen.
    a. Selv om trusler ikke er et eget tema i denne risikovurderingen skal trusler som kan forårsake farer identifiseres og beskrives.
6. Velg neste pre-definerte ulykkestype og gjenta trinn 3-5.
7. Vurder om det er mulighet for at den spesielle egenskapen kan medføre andre uønskede hendelser enn de som er pre-definert.
8. Velge neste spesielle egenskap og gjenta trinn 2-7.

Resultatet fra denne analysen ble dokumentert i en tabell med følgende format:

[1] Husk at «spesiell egenskap» her brukes som en fellesbetegnelse for «spesielle særtrekk iht. sikkerhetsparametere, minstekrav i TSF/TSFF som ikke er oppfylt, Vedlegg I, og andre spesielle særtrekk».

Tabell 6 Format for å presentere farer og uønskede hendelser relatert til spesielle egenskaper

Kolonne	Beskrivelse
ID	Unik ID for hver fare som er identifisert
Spesiell egenskap	ID + betegnelse for den aktuelle spesielle egenskapen
Uønsket hendelse	Beskrivelse av den uønskede hendelsen
Fare/forhold	Beskrivelse av faren/forholdet
Kritisk hendelse (Ja/Nei)	«Ja» dersom ulykkestypen har et betydelig potensial for tap av liv og helse, og som truer sikkerheten til trafikanter utenfor (i avstand og tid) den utløsende hendelsen, ellers «Nei».
Årsaker	Mulige årsaker til at faren/forholdet oppstår, og spesielt beskrivelse av betydningen den spesielle egenskapen har.
Konsekvenser	Beskrivelse av hvordan faren/forholdet påvirker ulykkestypen.
Kommentarer	Eventuelle kommentarer som er nødvendige, men ikke passer inn i øvrige kolonner.

Alle ulykkestyper som ble identifisert til å kunne bli påvirket av de identifiserte farene/forholdene, og som ble klassifisert som kritiske, ble tatt videre i risikoanalysen. Hendelser relatert til farlig gods, og brann i tungt kjøretøy, ble tatt videre til risikoanalysen, selv om de ikke var vurdert å bli påvirket av tunnelsystemets spesielle egenskaper (iht. TSF/TSFF, Vedlegg I, 3.7).

2.3 Risikoanalyse

2.3.1 Analysere risiko og identifisere tiltak for kritiske hendelser

<Kommentar: Her må det beskrives hvordan dette faktisk ble gjennomført. Her er det også relevant å legge inn egne delkapitler for spesielle problemstillinger, som f.eks. hvordan risikoanalyse av hendelser med farlig gods er gjennomført.>

2.3.2 Beskrive TVH'er

Beskrivelse av TVH'er ble gjort gjennom å kombinere de kritiske hendelsene med kunnskapen som ble etablert i risikoanalysen, og da spesielt ved å kombinere kritiske hendelser med fenomen (hva som kan skje) og brukssituasjon (under hvilke omstendigheter det skjer).

2.4 Risikoevaluering

<Kommentar: Her må det beskrives hvordan risikoevalueringen faktisk ble gjennomført. Her er det relevant å legge inn egne delkapitler for spesielle problemstillinger.>

2.5 Deltagere og praktisk gjennomføring

<Kommentar: Beskrivelsen her må reflektere den faktiske gjennomføringen. Fokus her er på å dokumentere hvordan man har jobbet og hvem som har vært involvert i hva. Å kunne dokumentere at den riktige kompetansen har blitt involvert på en fornuftig måte er essensielt for å skape tillitt til konklusjonene i risikovurderingen. Tabellen nedenfor er et godt utgangspunkt, men det må også sies noe om valgte arbeidsformer.>

Følgende personer har deltatt i utarbeidelsen av denne risikovurderingen (Tabell 7).

Tabell 7 Personer som har deltatt i utarbeidelsen av risikovurderingen

Navn	Rolle	Type/omfang av deltagelse	Virksomhet

3 Spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere og minstekrav

Følgende spesielle særtrekk for sikkerhetsparametere og egenskaper som ikke oppfyller minstekrav i TSF/TSFF ble identifisert (Tabell 8). Andre spesielle særtrekk som ble identifisert som del av Trinn 2 er også ført opp her.

Tabell 8 Identifiserte spesielle egenskaper

ID	Betegnelse	Beskrivelse	Systemelement	Parameter/ minstekrav (hvis relevant)	Kommentarer

4 Identifisere farer og uønskede hendelser

4.1 Generelle farer

Kartleggingen av generelle farer og relevante oppfølgingsaktiviteter er dokumentert i Vedlegg 2 – Sjekkliste for farer og risikopåvirkende faktorer.

4.2 Farer og uønskede hendelser relatert til tunnelsystemets spesielle egenskaper

Gjennomgang og vurdering av tunnelsystemets spesielle egenskaper opp mot de pre-definerte ulykkestypene resulterte i følgende oversikt over farer og uønskede hendelser (Tabell 9).

Tabell 9 Tunnelsystemets spesielle egenskaper sin påvirkning på pre-definerte ulykkestyper

ID	Spesiell egenskap	Uønsket hendelse	Fare / forhold	Kritisk hendelse (ja/nei)	Årsaker	Konsekvenser	Kommentarer

5 Risikoanalyse

5.1 Risikoanalyse av kritiske hendelser

<Kommentar: Innholdet her må baseres på hva som faktisk er gjort av risikoanalyseaktiviteter.>

5.2 Beskrivelse av TVH'er

På basis av resultatene fra risikoanalysen ble følgende TVH'er definert (Tabell 10).

Tabell 10 Definerte TVH'er

Uønsket hendelse	Fenomen	Brukssituasjon	TVH	Begrunnelse for TVH

5.3 Analyse av sårbarhet

<Kommentar: Her må det gjøres en vurdering av sårbarhet, som må være tilpasset den konkrete risikoanalysen.>

5.4 Vurdering av sensitivitet

<Kommentar: Her må det gjøres en vurdering av sensitivitet, som må være tilpasset den konkrete risikoanalysen.>

5.5 Vurdering av usikkerhet

<Kommentar: Her må det gjøres en vurdering av usikkerhet, som må være tilpasset den konkrete risikoanalysen.>

6 Risikoevaluering

6.1 Laveste tillatte sikkerhetsnivå

<Kommentar: Her må det gis en systematisk presentasjon av hvordan evalueringen er gjennomført, og hva resultatene var. Veiledningen inneholder forslag om hvordan dette kan struktureres.>

6.2 Risikoreduserende tiltak og sammenligning av løsninger

<Kommentar: Her må det gis en systematisk presentasjon av hvilke tiltak og alternativer som er evaluert, hvordan de ble evaluert, og hva resultatene ble. >

6.3 Håndtering av risiko

<Kommentar: Her må det beskrives hvilke forslag om risikohåndtering som ble identifisert, samt relevant risikoinformasjon for hvert forslag.>

7 Oppsummering og konklusjon

7.1 Oppsummering

<Kommentar: Her må det gis en oppsummering som dekker helheten i resultatene fra risikovurderingen. >

7.2 Konklusjon

<Kommentar: Her skal det gis en oppsummering av risikoevalueringen. >

8 Referanser

1 Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften), 2007. Web: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-05-15-517

2 Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse tunneler på fylkesvegnettet og kommunalt vegnett i Oslo (tunnelsikkerhetsforskrift for fylkesveg m.m.), 2014.Web: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-12-10-1566

Vedlegg 1 – Tunnelsystemets egenskaper

<Kommentar: For hvert av punktene i tabellene nedenfor skal man fylle inn informasjon iht. følgende prinsipper:

- *Om punktet ikke er relevant, skriv «Ikke relevant».*
- *Om det aktuelle delsystemet ikke er planlagt, skriv «Ikke planlagt».*
- *Dersom punktet er relevant: Beskriv kortfattet, og gjerne med tall, referanse til figur, etc.*
- *Dersom man på nåværende tidspunkt ikke vet svaret, skriv «Ukjent».*

Dette betyr at man ikke skal fjerne elementer fra tabellene. >

Konstruksjonsmessige egenskaper

Tabell 11 Konstruksjonsmessige egenskaper for tunnelen

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minstekrav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
Tunnelklasse			x		
Tunnellengde	x				
Enveis/toveistrafikk	x				
Antall løp	x	2.1.1-2.1.2			
Antall kjørefelt	x				
Endring i antall kjørefelt		2.1.3			
Enveis eller toveistrafikk	x				
Stigning	x	2.2.2/2.2.3			
Kjørefeltbredde	x	2.2.4			
Tverrsnittgeometri (høyde, bredde, skulder etc.)	x				
Nødfortau/skulder eller havarifelt		2.3.1			

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minstekrav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
Vertikal og horisontal profil	x				
Tverrforbindelser for redningstjenester		2.4.1			
Nødutganger		2.3.3, 2.3.5-2.3.9			
Tilfluktsrom uten utgang til det fri*		2.3.4			
Havarilommer		2.5.1-2.5.4			
Snunisjer			x		
Avløp for brannfarlige og giftige væsker		2.6.1-2.6.2			
Brannmotstand konstruksjon		2.7			
Basseng for oppsamling av lekkasjevann (undersjøisk)			x		
Sedimentasjonsbasseng			x		
Andre egenskaper?					

* forbudt, forutsetter unntak

Tekniske løsninger/installasjoner

Tabell 12 Tekniske løsninger/installasjoner for tunnelen

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minstekrav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
Konstruksjonstype	x				
Isolasjon/branntetting			x		

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minstekrav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
Vann- og frostsikring (materialer, tildekning)			x		
Normalbelysning		2.8.1			
Tilkobling til kontrollsentral		2.13.1			
Strømforsyning (redundans, pålitelighet etc.)			x		
Nødstrømsforsyning		2.17.1			
Strøm-, måle- og kontrollkretser		2.17.2			
Brannmotstand utstyr		2.18			
Pumpesystem			x		
Oljeutskiller			x		
Andre egenskaper?					

Sikkerhetsutrustning

Tabell 13 Sikkerhetsutrustning for tunnelen

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minstekrav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
Sikkerhetsbelysning		2.8.2			
Evakueringsbelysning		2.8.3			
Ventilasjon for kontroll av forurensende stoffer		2.9.1			
Brannventilasjon: type, strategi, kapasitet etc.		2.9.1-2.9.5			

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minstekrav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
Nødstasjoner (nødtelefon, slokkeapparat)		2.10.1-3			
Slokkevann		2.11			
Automatiske slokkesystemer			x		
Trafikkskilt		2.12			
Automatisk hendelsesdeteksjon og videoovervåkning (AID)		2.14.1			
Automatisk branndeteksjon		2.14.2			
Videoovervåking inne i tunnel (ITV)			x		
Trafikklys (rødt stoppblinksignal) for stengning utenfor tunnel		2.15.1			
Annet utstyr for stenging utenfor tunnel (stillbare meldingsskilt, bommer)		2.15.1			
Utstyr for å stanse trafikk inne i tunnel (trafikklys, stillbare meldingsskilt, bommer og høyttalere)		2.15. 2			
Nødnett		2.16.1			
Innbryting DAB		2.16.2			
Høyttaler i anlegg der trafikanter må vente under evakuering		2.16.3			
Høyttaleranlegg i tunnelrom			x		
Visuelle eller akustiske ledesystemer			x		
Høydehinder			x		
Kjørefeltsignaler			x		

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minstekrav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
Variable skilt (hastighet, sanntidsinformasjon etc.)			x		
Punkt- eller streknings-ATK (NB: politiet er myndighet)			x		
Andre egenskaper?					

Trafikk/bruk

Tabell 14 Trafikkforhold/bruksforhold for tunnelen

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minstekrav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
ÅDT (ved åpning/oppgradering og etter 15 år)	x				
Variasjoner i trafikkmengde (sesong (eksempel SDT), ukedager)	x				
Risiko for trafikkork	x				
Nærvær og prosentdel av tunge lastebiler	x				
Hastighetsaspekter	x				
Forbikjøring		3.8			
Transport av farlig gods		3.7			
Myke trafikanter			x		
Busstrafikk			x		
Andre egenskaper?					

Omgivelser

Tabell 15 Omgivelser for tunnelen

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minstekrav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
Geografisk og meteorologisk miljø	x				
Atkomstveier	x				
Omkjøringsvei og varsling		3.6			
Viktige nabokonstruksjoner		2.7			
Bedrifter/anlegg i nærområdet			x		
Bygge-/anleggs-aktiviteter i nærområdet			x		
Mennesker/ dyr/ aktiviteter			x		
Verneområde					
Kulturminner					
Andre egenskaper?					

Relevante organisasjoner

Tabell 16 Relevante etater/entreprenører osv for tunnelen

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minstekrav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
Redningsetater (adkomsttid, ressurser m.m)	x	3.4			
Kontrollsentral (organisering, kapasitet m.m)		2.13.2, 3.5			
Driftsentreprenører					

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minstekrav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
Vedlikeholdsentreprenører					
Byggeentreprenører					
Andre egenskaper?					

Drift av tunnelen

Tabell 17 Driftsforhold for tunnelen

Egenskap	Særtrekk 1.1.2	Minstekrav TSF	Andre egen-skaper	Beskrivelse	Kommentar
Driftsorganisasjon (organisering, kontraktsstruktur, kompetanse, m.m)		3.1			
Driftsberedskapsplan		3.1			
Kriseberedskapsplan		3.2			
Stenging av kjørefelt ved arbeider		3.3			
Styring av trafikk/ stenging av tunnel ved hendelser		3.4			
Andre egenskaper?					

Vedlegg 2 – Sjekkliste for farer og risikopåvirkende faktorer

<Kommentar:

Tabellene nedenfor er ment å være et hjelpemiddel i de kreative prosessene med å identifisere farer og uønskede hendelser. Disse tabellene er ikke komplette beskrivelser av forhold som påvirker sikkerhet, men en samling av punkter man fra erfaring vet kan være viktige å tenke på. >

Forhold ved tunnelen som kan øke sannsynligheten for uønskede hendelser

Tabell 18 Bruksforhold til tunnelen som kan øke sannsynligheten for uønskede hendelser

Bruksforhold	**Generell (g) eller spesiell (s) (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Fartsoverskridelser	g/s		
Tilbakeblokkering av trafikk	g/s		
Feltbytte	g/s		
Uoppmerksomhet	g		
Saktegående kjøretøy	g/s		
Farlig kjøring	g		
Kjøretøystans, lett	g		
Kjøretøystans, motorsykkel	g		
Kjøretøystans, tungt kjøretøy	g/s		
Kjøretøystans, buss	g/s		
Kjøring i feil retning	g		
Konvoi, spesialtransport	g		

Bruksforhold	**Generell (g) eller spesiell (s) (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Fotgjengere i kjørebanen	g/s		
Demonstrasjoner	g		
Illebefinnende	g		
Vilt dyr eller kjæledyr i kjørebanen	g/s		
Feilkoblet trailer	g		
Varmgang i bremser, motor, retarder	g/s		
Teknisk svikt	g		
Annet			

Tabell 19 Forhold ved omgivelsene til tunnelen som kan øke sannsynligheten for uønskede hendelser

Omgivelser	**Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Flom	s		
Tåke	g/s		
Ekstrem vind	g/s		
Styrtregn	g		
Snøfonner eller snøfokk	g/s		
Is på bakken	g/s		
Istapper	g/s		
Blending	g/s		

Omgivelser	**Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Vanninntrengning	s		
Brann i omgivelser	s		
Annet			

Tabell 20 Forhold ved infrastrukturen til tunnelen som kan øke sannsynligheten for uønskede hendelser

Infrastruktur	**Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Standardsprang	s		
Oljesøl	g		
Slitt vegbane	g		
Svikt i normalbelysning	g		
Uoversiktlig/ulogisk trafikkbilde	s		
Gjenstander i vegbanen	g		
Annet			

Tabell 21 Forhold ved drift og beredskap til tunnelen som kan øke sannsynligheten for uønskede hendelser

Drift og beredskap	**Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Avvik fra driftskrav/ stengerutiner	g		
Mangelfull drift	g		
Mangelfullt vedlikehold	g		
Manglende kompetanse og kjennskap til tunnelen	g		
Annet			

Uønskede hendelser

Tabell 22 Uønskede hendelser forårsaket av bruksforhold

Bruksforhold	**Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Fallende last	g		
Sammenstøt* lett kjøretøy	g		
Sammenstøt* motorsykkel	g		
Sammenstøtt* tungt kjøretøy	g/s		
Påkjøring syklist eller fotgjenger	s		
Sammenstøt*buss	g/s		
Sammenstøt* farlig gods kjøretøy	g		
Brann i lett kjøretøy	g		

Bruksforhold	**Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Brann i tungt kjøretøy	g/s		
Brann i farlig gods kjøretøy	g/s		
Brann i buss	g/s		
Lekkasje av farlig gods (væske)	g		
Lekkasje av farlig gods (gass)	g/s		
Annet			

* Møteulykke, påkjøring bakfra/feltskifte, utforkjøring

Tabell 23 Uønskede hendelser forårsaket av omgivelsene

Omgivelser	**Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Skred ved portaler	s		
Nedfall eller kollaps av portaler	g		
Jordskjelv	g/s?		
Annet			

Tabell 24 Uønskede hendelser forårsaket av infrastruktur

Infrastruktur	**Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Fallende gjenstander	g		
Brann oppstår i infrastruktur	g		
Annet			

Forhold ved tunnelen som kan forverre konsekvensene av uønskede hendelser

Tabell 25 Bruksforhold til tunnelen som kan forverre konsekvensene til uønskede hendelser

Bruksforhold	**Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Manglende overholdelse av instruksjoner (snu og kjør ut, evakuering, osv.)	g		
Kø	g/s		
Blokkering (sammenstøt, mislykket snuoperasjon)	g/s		
Trengsel ved evakuering til fots	g/s		
Brann sprer seg til andre kjøretøy	g/s		
Annet			

Tabell 26 Forhold ved omgivelsene til tunnelen som kan forverre konsekvensene til uønskede hendelser

Omgivelser	**Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Trykkforskjeller	s		
Lave temperaturer (frost i vannforsyning osv.)	g/s		
Annet			

Tabell 27 Forhold ved infrastrukturen til tunnelen som kan forverre konsekvensene til uønskede hendelser

Infrastruktur	**Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Tette sluk	g		
Full eller mangelfull oppsamlingstank	g		
Lang avstand mellom nødutganger	g		
Nødutgang til trafikkert vei	s		
Svikt ventilasjon	g/s		
Svikt CO-målere	g/s		
Svikt strømforsyning	g		
Svikt nødstrømsforsyning	g		
Svikt sikkerhets- og evakueringsbelysning	g		

Infrastruktur	**Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Svikt dynamiske skilt	s		
Svikt stengeutstyr	g/s		
Svik overvåkingssystemer	g/s		
Svikt hendelses- og branndeteksjonssystemer	g/s		
Svikt nødtelefoner	g		
Svikt radiooverføring/nødnett	g		
Svikt styringssystem	g		
Utilgjengelig slokkevann	g		
Brann sprer seg til infrastruktur	g/s		
Annet			

Tabell 28 Forhold ved drift og beredskap til tunnelen som kan forverre konsekvensene til uønskede hendelser

Drift og beredskap	**Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Operatørfeil - sen deteksjon	g		
Operatørfeil - sen situasjonsforståelse	g		
Operatørfeil - sen stenging	g		
Operatørfeil - sen aktivering ventilasjon	g/s		

Drift og beredskap	**Generell (g) eller spesiell (s) fare (veiledende)**	**Relevant / ikke relevant**	**Kommentar, eventuell oppfølging** (Beredskapsplanlegging, trafikksikkerhetsrevisjoner, pålitelighetsvurderinger m.m,)
Operatørfeil - sen aktivering av nødmelding og -prosedyre	g		
Sen ankomst redningstjenester	g		
Sen utførelse av redningsoperasjoner	g		
Utilgjengelig redningskjøretøy	g		
Mangelfull kommunikasjon mellom redningstjenester	g		
Mangelfull kommunikasjon mellom kontrollsentral og trafikanter	g		
Mangelfull kommunikasjon mellom kontrollsentral og nødtjenester	g		
Annet			

Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag