Divisjon Transport og samfunn
Avdeling Trafikksikkerhet
I samarbeid med avdeling Transport nord,
seksjon utredning nord

Statens vegvesen

24.02.2020

Risikovurdering tunnel

KVU Hadselfjorden

Forord

Tunnelrisikovurdering for KVU Hadselfjorden er utarbeidet på oppdrag av Styringsgruppen for KVU Hadselfjorden, og belyser risiko ved tunnelkonseptene i KVUen og vurderer hva slags eksisterende eller framtidig teknologi som kan redusere risiko i framtiden.

Grunnlaget for rapporten har framkommet gjennom en systematisk gjennomgang av hva slags forskjellige risikoelementer som kan være aktuelle, med forankring i Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse tunneler på fylkesvegnettet og kommunalt vegnett i Oslo (tunnelsikkerhetsforskrift for fylkesveg m.m.) og Håndbok N500 Vegtunneler.

Det har vært gjennomført en rekke møter internt i Statens vegvesen mens prosessen med Tunnelrisikovurderingen har pågått, der de forskjellige punkter og forhold er drøftet. En rekke fagfolk innenfor tunnelfaget, kjøretøyteknologi og vegplanlegging har bistått i arbeidet. I tillegg har det vært tatt kontakt med ekspertise også utenfor etaten for å øke kunnskapen om eksisterende og framtidig teknologi innenfor dette feltet.

Tunnelrisikovurderingen har vært ledet av Henrik Wildenschild (Trafikksikkerhetsavdelingen i Transport og samfunn divisjonen), med støtte fra Nils Petter Rusånes, prosjektleder for KVU Hadselfjorden (avdeling Transport nord, i Transport og samfunn divisjonen.)

Tromsø og Bodø 24. februar 2020

Henrik Wildenschild

Nils Petter Rusånes

Innhold

Sammendrag 2
1 Bakgrunn og avgrensing 7
1.1 Bakgrunn 7
1.2 Avgrensing 7
1.3 Deltakere i risikovurderingen 9
2 Metode og vurderingskriterier 10
2.1 Formål med risikovurderingen 10
2.2 Metodikk og vurderingskriterier 11
2.2.1 Forholdet til tunnelsikkerhetsforskriften og Statens vegvesens tunnelhåndbok ... 11
2.2.2 Konsept med større stigning i tunnel 11
2.2.3 Bruk av ALARP prinsippet i risikovurderingen 12
2.3 Innsatstid for nødetater 13
2.4 Datagrunnlag 15
3 Risikovurderinger 15
3.1 Risikovurderingstabell etter tunnelsikkerhetsforskriften (TSF) 15
3.2 Sikkerhetsutfordringer som ikke omfattes av Forskriften 33
3.3 TUSI-beregning 34
4 Diskusjon av risiko og forutsatte sikkerhetstiltak 35
5 Mulighetsstudie over tiltak som kan redusere restrisiko og avbøtende tiltak 36
5.1 Gjennomgang av mulige tiltak 36
5.1.1 Innledning – om TUSI beregning, bremsing, stigning og betydning av teknologi . 36
5.1.2 Avbøtende- og risikoreduserende tiltak, historikk og statistikk 37
5.1.3 Varmeskanningssystem 38
5.1.4 Brannslokkingssystem med to robotkjøretøy 40
5.1.5 Enkelt robotkjøretøy til slokking 41
5.1.6 SPURV og UTV kjøretøyer 41
5.1.7 Tilfluktsrom 42
5.1.8 Parallell rømningstunnel 43
5.1.9 Automatiske bommer 43
5.1.10 Elektriske kjøretøy 43
5.1.11 Annen teknologi på tunge kjøretøy som forebygger eller begrenser omfanget av brann 44
5.2 Mulige tiltak i hvert konsept 46

6 Konklusjon 49
Bibliografi 50

Sammendrag

Norge har mange undersjøiske tunneler. Utfordringen med undersjøiske tunneler er at de bla. pga. dype fjorder blir lange og får en høy stigningsgrad. Mange eksisterende tunneler har stigningsgrad på rundt 8 %, men det finnes også en del tunneler med 10 % stigning. Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse tunneler på fylkesvegnettet og kommunalt vegnett i Oslo (tunnelsikkerhetsforskrift for fylkesveg m.m.), heretter kalt Forskriften, sier i § 8 *Sikkerhetstiltak*, Vedlegg I, punkt 2.2.2 at tunneler ikke skal ha stigning over 5 % i lengderetningen med mindre ingen annen løsning er geografisk mulig. Forskriften sier også at tunneler med stigningsgrad over 3 % skal det gjennomføres risikoanalyse og på bakgrunn av denne skal det det evt. iverksettes avbøtende tiltak. Problemet med høy stigningsgrad spesielt i lange tunneler er at det gir en økt risiko forbundet med brann og evakuering.

I KVU Hadselfjorden er flere konsepter for krysning av Hadselfjorden utredet. Tre av konseptene (K2, K3 og K5) har 5 % stigningsgrad og er henholdsvis 14,5 km (K2) og 10 km lange (K3 og K5), mens Konsept 4 har stigningsgrad på 8 % og er 8 km lang. Trafikkmengden i alle alternativer er 1400 kjøretøy i døgnet (ÅDT) fremskrevet til år 2030.

Risikovurderingen har et todelt formål. For det første er hensikten å få et overordnet risikobilde for hvert enkelt konsept i KVUen, og om mulig gjøre en rangering på grunnlag av dette. Vurderingene gjøres med bakgrunn i «beste praksis» og skal bidra til å sette søkelys på sikkerheten til tunnelene i konseptene. For det andre er formålet også å vise en mulighetsstudie over tilgjengelig-, kommende og potensiell teknologi som kan forbedre tunnelsikkerheten, og da særlig med hensyn på brann i tunnel. Tunnelkonseptene i KVU Hadselfjorden er brukt som case. I prosjektområdet er også den undersjøiske Sløverfjordtunnelen med i risikovurderingen da denne ligger i umiddelbar nærhet til det korteste tunnelkonseptet og påvirker risikoen i det konseptet.

Alle tre tunnelkonsepter har lang innsatstid fra brannvesenet, på 40-50 min om dagen og ca. 60 min om natta. Det vil si at det ved brann i kjøretøy er det meget høy sannsynlighet for at kjøretøy vil være fullt overtent i det brannvesenet ankommer. Den lange innsatstiden medfører at personer som er i tunnelen primært må berge seg selv ut av tunnelen. I denne risikovurderingen konkluderes det med at alle tre tunnelalternativer vil ha behov for ekstra avbøtende tiltak pga. at alle har over 3 % stigning kombinert med den lange innsatstiden for brannvesenet og tunnellengden.

Statistisk beregning av tunnelkonseptene viser at det ikke er stor forskjell mellom hvor ofte man kan forvente brann i tunge kjøretøy, som utgjør den største risikoen med tanke på konsekvens. Årsaken til at brannfrekvensen er nesten lik selv om et av konseptene har 3 % brattere stigning, er at de to andre tunnelene som er mindre bratt er desto lengre og dermed øker sannsynligheten for en brannhendelse.

Konklusjonen i risikovurderingen og gjennomgangen av mulige risikoreduserende- og avbøtende tiltak, er at det med dagens og eventuelt i kombinasjon med fremtidens teknologiutvikling, kan være forsvarlig å bygge det korteste tunnelalternativ (K4), selv om det har 8 % stigning. Tiltakene og de teknologiske fremtidsutsiktene som er diskutert i denne rapporten vil potensielt kunne gi rom for å avvike fra krav i TSF med tanke på

stigningskravet på maksimum 5 %. Norge er det landet i Europa med hvor det er størst behov for undersjøiske tunneler på veger med relativt lav trafikkmengde. Dype fjorder gjør at stigningsgraden på slike tunneler ofte er høyere enn i andre land. Dette gjør at vi mener Norge bør gå i spissen for å utrede og utvikle teknologi som kan avbøte på den økte risiko tunneler over 5 % stigning gir. Det ligger potensielt store besparelser for samfunnet i å kunne bygge tunneler med opptil 8 % stigning.

Oppsummert så sier Forskriften i § 8 *Sikkerhetstiltak*, Vedlegg I, punkt 2.2.2 at tunneler ikke skal ha stigning over 5 % i lengderetningen med mindre ingen annen løsning er geografisk mulig. Det største potensialet for å redusere kostnader på nye undersjøiske tunneler på lavtraffikert vegnett er knyttet til kravet om stigning i tunnelen. Dette gir behov for å utrede og utvikle ny teknologi som kan redusere risikoene tunneler med høyere stigning enn 5 % og opp til 8 % gir.

Forskriften har også § 8 punkt to som gir anledning til å fravike krav hvis sikkerheten blir likeverdig eller forbedret. § 11 sier at nyskapende sikkerhetsutstyr eller -prosedyrer kan gi unntak fra kravene i forskriften.

Vi anbefaler å gjennomføre et forprosjekt om teknologi innenfor dette feltet og for eksempel gå videre med piloter.

Forskriften viser også til et krav, som ikke står i forskriften, om at det skal etableres nødutgang på tunneler over 10 km og årsdøgntrafikk på over 4000. Dette kravet slår ikke inn på konseptene i KVU Hadselfjorden, ettersom trafikkmengden der er mye lavere. Men det kan gjennom Forskriftens § 8, Vedlegg I, punkt 2.3.5 likevel bli satt krav om nødutgang, etter en risikoanalyse etter forskriftens § 10. Risikovurderingen peker derfor på at det kan gjøres følsomhetsanalyser som viser virkningen av nødutgang for konseptene.

KONKLUSJON

- **Tunnel med stigning opp til 8 % kan ikke anbefales nå, fordi vi ikke har tilstrekkelig kunnskap til å si at trafikantenes sikkerhet blir ivaretatt godt nok.**
- **Mer kunnskap kan gi potensial for å bygge undersjøiske tunneler på lavtraffikert vegnett i framtida på opptil 8 %.**

1 Bakgrunn og avgrensing

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med Konseptvalgutredning (KVU) Hadselfjorden ble det i februar 2018 besluttet å utarbeide en risikovurdering på overordnet nivå, for konseptene med undersjøiske tunneler for mulig kryssing av Hadselfjorden.

Dette har så vidt vi kjenner til ikke blitt gjort tidligere i Norge. Metodikken som har blitt benyttet er i utgangspunktet hentet fra analysemetodikken som brukes på mer detaljert nivå, som kommunedelplaner og reguleringsplaner etter plan og bygningsloven. Oppdraget har primært vært utført av personell fra Veg og transportavdelingen (det faglige innholdet) og Strategistaben (bistand med rapportskriving og redigering). Begge avdelinger/stab tilknyttet Statens vegvesen (SVV) Region nord. Fra og med 2020 Transport og samfunn divisjonen.

1.2 Avgrensing

Geografisk avgrenses utredningsområdet der det gjøres risikovurderinger til mellom Holdøya i øst og Hadselsanden i vest (på Austvågøya), under Hadselfjorden og til Hadseløya. I utredningsområdet er det fire konsepter med undersjøiske tunneler, Konsept 2 Tunnel Fiskebøl, Konsept 3 Tunnel Hadselsanden, Konsept 4 Tunnel Holdøya og Konsept 5 Strønstad. Alle konseptene ligger i Hadsel kommune. I tillegg ligger den eksisterende undersjøiske Sløverfjordtunnelen om lag en km vest for Konsept 4, tre km øst for Konsept 2 og 4,5 km øst for Konsept 5. Relativt nært øst for Konsept 4 ligger også Myrlandstunnelen, som er en oversjøisk tunnel. Både Sløverfjordtunnelen og Myrlandstunnelen er på E10 Lofast-strekningen mellom Fiskebøl og Gullesfjordbotn. På konseptkartet under er også fergekonseptene 0 og 1 illustrert, men de er ikke en del av denne risikovurderingen. Andre forhold som f.eks. geologi og ikke-prissatte tema behandles heller ikke av denne overordnede risikovurderingen. Disse forholdene er behandlet i egne delrapporter, og konklusjonene er at alle tunnelkonseptene er byggbare med hensyn på geologi og for de andre ikke-prissatte temaene som er behandlet.

Figur 1 Oversiktskart over konseptene (Dette er kladd til Nytt oversiktskart)

Tematisk er dette en risikovurdering på overordnet, eller strategisk nivå og er et tillegg til andre vurderinger som gjøres på dette nivået. Denne risikovurderingen vil kunne danne grunnlag for, men ikke erstatte analyser på mer detaljert nivå, som kommunedelplan eller reguleringsplan. Dvs. det må i eventuell videre prosess etter KVU gjøres risiko og

sårbarhetsanalyse (ROS-analyse) i henhold til plan og bygningsloven (PBL) og risikoanalyse for tunnel i henhold til Håndbok N500 Vegtunneler (N500). Håndboka bygger igjen på tunnelsikkerhetsforskriften (TSF), og for disse konseptene på fylkesvegnettet er det Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse tunneler på fylkesvegnettet og kommunalt vegnett i Oslo (Tunnelsikkerhetsforskrift for fylkesveg m.m.) som gjelder

1.3 Deltakere i risikovurderingen

Prosessleder for denne risikovurderingen har vært Henrik Wildenschild (HW), Statens vegvesen Region Nord, ved Veg- og Transportavdelingen, Plan- og Trafikkseksjonen.
Av relevant utdanning har Prosessleder: Samfunnssikkerhet og miljø (UiT), samt litt psykologi i tillegg (UiT), utover dette tatt enkeltfag i «Risikovurdering i vegtrafikken» (UiS). «Trafikksikkerhetsrevisor» (NTNU), samt kurs i ROS-analyse ved NUSB/DSB. Har siden 2011 vært prosessleder for risikoanalyser av 48 tunneler og 30 ROS-analyser. Er sertifisert og utøvende Trafikksikkerhetsrevisor. Wildenschild har også i 2019 vært sentral i utviklingen av Vegdirektoratets første veileder i ROS-analyse i vegplanlegging, rapport nr. 84 ble publisert januar 2020.

Nils Petter Rusånes (NPR), Statens vegvesen Region nord, ved Strategistaben. Prosjektleder Konseptvalgutredning Hadselfjorden. Utdannet Sivilingeniør Vegplanlegging/vegbygging/ makroøkonomi (NLH). Har siden 2003 vært prosjektleder for en lang rekke vegprosjekter, NTP i Nord-Norge og flere KVUer m.m.

Det tunnelfaglige i risikovurderingen er primært utført av Prosessleder for risikovurderingen, HW, mens Prosjektleder KVU, NPR har bistått i rapportskriving, korrektur og lignende.

Følgende fagpersoner er rådført i prosessen og har hatt mulighet for å gi innspill i risikovurderingen:

- Tore Kongsbakk, Statens vegvesen Region nord, ved Veg- og Transportavdelingen, Byggherreseksjonen som Regional tunnelkoordinator.
- Halvard Tyldum, Statens vegvesen Region nord, ved Trafikant- og kjøretøyavdelingen, Tilsynsseksjonen (kompetanse bla. på tunge kjøretøy)
- Wenche Sivertsen, Statens vegvesen Region nord, ved Veg- og Transportavdelingen, Byggherreseksjonen som Regional sikkerhetskontrollør tunnel.
- Tore Sæveraas, tunnelforvalter vegavdeling Midtre-Hålogaland
- Kjell Agnar Mikalsen, brannvernleder, vegavdeling Midtre-Hålogaland
- Knut Hågensen, stab, Veg- og transportavdelingen

I tillegg har en rekke andre personer vært kontaktet for konsultasjon om tunnel-, og teknologifaglige spørsmål.

2 Metode og vurderingskriterier

2.1 Formål med risikovurderingen

Risikovurderingen har et todelt formål.

- For det første er hensikten å vise et overordnet risikobilde for hvert enkelt konsept i KVUen, og om mulig gjøre en rangering på grunnlag av dette. Vurderingene gjøres med bakgrunn i «beste praksis» og skal bidra til å sette søkelys på sikkerheten til tunnelene i konseptene.
- For det andre er formålet å vise en mulighetsstudie over tilgjengelig-, kommende og potensiell teknologi som kan forbedre tunnelsikkerheten, og da særlig brann og i tunnel. Tunnelkonseptene i KVU Hadselfjorden er brukt som case. I fra prosjektområdet er også den undersjøiske Sløverfjordtunnelen med i risikovurderingen. Dette er forankret i Tunnelsikkerhetsforskrift for fylkesveg m.m.:
    - § 8 Sikkerhetstiltak (punkt 2 og 3)
        - Dersom enkelte av de konstruksjons- eller utrustningsmessige kravene som er fastsatt i vedlegg I bare kan oppfylles ved tekniske løsninger som enten ikke kan gjennomføres eller bare kan gjennomføres til en uforholdsmessig høy kostnad, kan Vegdirektoratet eller den direktoratet delegerer myndighet til, godkjenne at det treffes alternative risikoreduserende tiltak som vil føre til likeverdig eller forbedret sikkerhet. Virkningene av slike alternative tiltak skal påvises ved en risikoanalyse i samsvar med bestemmelsene i § 10.
        - Vegdirektoratet eller den direktoratet delegerer myndighet til, kan gjøre unntak fra krav om nødutgang for tunneler kortere enn 10 km og med årsdøgntrafikk under 4 000 kjøretøy per kjørefelt dersom en risikoanalyse viser at tilsvarende eller bedre sikkerhet kan oppnås med alternative tiltak.)

    og

    - §11 Unntak for nyskapende trafikk
        - For å gjøre det mulig å montere og bruke nyskapende sikkerhetsutstyr eller å bruke nyskapende sikkerhetsprosedyrer kan Vegdirektoratet eller den som direktoratet delegerer myndighet til, gjøre unntak fra kravene i forskriften. Unntak forutsetter at fylkeskommunen eller Oslo kommune ved risikoanalyse etter § 10, dokumenterer at forskriftens krav til sikkerhetsnivå er oppfylt.).

2.2 Metodikk og vurderingskriterier

2.2.1 Forholdet til tunnelsikkerhetsforskriften og Statens vegvesens tunnelhåndbok

For å synliggjøre forskjellene mellom konseptene er det hensiktsmessig å sammenligne hvilket sikkerhetsutstyr de ulike tunnelalternativer har krav om i Tunnelsikkerhetsforskrift for fylkesveg m.m. (Forskriften) og N500 Vegtunneler. Risikovurderingen har tatt utgangspunkt i sikkerhetskravene i forskriften og N500, og brukt disse som en målestokk for hvilke risikoakseptkriterier som er gjeldende for disse tunnelene.

Risikovurderingen har dermed ikke gjort risikovurdering i detalj på hver type hendelse som kan inntreffe i hver tunnel. Det vil i evt. videre planleggingsfase være krav om at det gjennomføres både beredskapsanalyse, risikoanalyse og ROS-analyse for mulig besluttet tunnelkonsept i eventuell videre planlegging. I disse prosessene vil både risikoindentifisering, risikoanalyse og risikoevaluering gjennomføres i HAZID-samling hvor også eksterne parter som brannvesen, politi, ambulanse, kommune mfl. vil bli invitert til å delta. Alle 3 tunnelalternativer vil iflg. SVV sin veileder for risikoanalyse ha krav om at det gjennomføres en grov risikovurdering som skal danne grunnlag for en detaljert risikoanalyse (Statens vegvesen, 2007). En detaljert risikoanalyse vil typisk være av mer kvantitativ karakter enn risikovurderingen.

2.2.2 Konsept med større stigning i tunnel

Denne risikovurderingen drøfter hvorvidt det er realistisk at Konsept 4 Holdøya (K4) kan realiseres og mulige konsekvenser av det, selv om denne har en stigning på 8 %. Ifølge Forskriftens Vedlegg I gis det ikke anledning til mer enn 5 % stigning med mindre andre alternativer ikke er geografisk mulig. Det er likevel valgt å utrede K4 fordi dette konseptet er svært mye rimeligere (§ 8, punkt 2 i Forskriften), og mye kortere enn de to andre tunnelkonseptene. K2 og K3 vil bli vesentlig lengre og fortsatt ha en stigning på 5 % som heller ikke er optimalt. Forskriften har krav om at tunneler med mer enn 3 % stigning skal ha ekstra og/eller forsterkende tiltak for å forbedre sikkerheten, på grunnlag av en risikoanalyse. Dette er ikke en risikoanalyse på detaljert nivå, men en *risikovurdering* på overordnet nivå og det utredes om det realistisk at K4 kan bygges og hvilke risikoreduserende tiltak som kan settes inn for å kompensere for den økte risiko som er forbundet med 8 % stigning kontra 5 % stigning. Risikoen forbundet med stor stigning er stort sett relatert til økt sannsynlighet for brann i tunge kjøretøy, økt fart nedoverbakker (møteulykke m.m.), lav fart i oppoverbakke for tunge kjøretøy (forbikjøring/møteulykke). Stor stigning gjør også evakuering til fots ved brann vanskeligere.

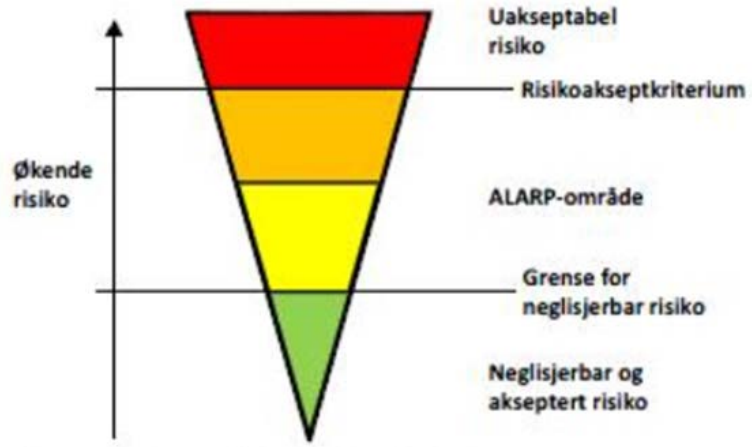
For bevegelseshemmede vil det være en grense for om det er mulig å kjøre rullestol hvis stigningen blir for stor. Det er antatt at det ikke er mulig å kjøre ut i ikke motorisert rullestol alene i verken 5 % eller 8 % stigning hvis evakueringslengden er mer enn 1-2 km. Rullestolbrukere (både motoriserte og ikke motoriserte) bruker relativt lang tid på å komme fra kjøretøy til rullestol, og det er mest realistisk at de må kjøre ut med sitt kjøretøy med mindre andre hjelper dem.

2.2.3 Bruk av ALARP prinsippet i risikovurderingen

Risikovurderingen har på grunnlag av beskrivelse ovenfor valgt å benytte ALARP-prinsippet som metode i tillegg til de akseptkriterier som Forskriften og N500 har som utgangspunkt. ALARP-prinsippet betyder «As Low As Reasonably Practicable» / «så lavt som praktisk mulig».

De fleste sikkerhetstiltak i en tunnel er vanskelige eller umulige å kvantifisere effekten på, det er derfor hensiktsmessig å benytte ALARP-prinsippet. Vi har valgt å gjengi et sitat fra Store Norske Leksikon som gir en enkel og god forklaring på hva ALARP-prinsippet innebærer, men det finnes mye faglitteratur primært på engelsk som utdyper prinsippet ytterligere.

> *«As low as reasonably practicable, uttrykk fra britisk juss, som kan oversettes med "så lavt som praktisk mulig". I norsk lovgivning mest aktivt brukt av Petroleumstilsynet som har stilt krav om risikoreduksjonsprosess i styringsforskriften. En ALARP-prosess er ikke del av den generelle prosessen for kontinuerlig forbedring av helse, miljø og sikkerhet (HMS), eller en generell prosess for å demonstrere oppfyllelse av regelverk, standarder, beste praksis og lignende, men en systematisk og dokumentert prosess for ytterligere forbedring av HMS. ALARP-prinsippet innebærer det som kan karakteriseres som "omvendt bevisbyrde", det vil si at bevisbyrden ligger på å vise hvorfor et tiltak ikke kan implementeres. Dette innebærer at identifiserte tiltak skal implementeres, med mindre det kan dokumenteres at det er et urimelig misforhold mellom kostnader/ulemper og nytte.»* (Store Norske Leksikon , 2018)



Figur 1 Illustrasjon av ALARP-prinsippet.

Figur 2 ALARP-prinsippet

Det vil si at risikovurderingen har som utgangspunkt at hvis de enkelte tunnelalternativer vil oppfylle krav i Forskriften og N500 skal det være akseptabelt sikkerhetsnivå. I Vedlegg I, punkt 1.1.2-1.1.3 i Forskriften er det krav om at det skal utføres en risikoanalyse og finne avbøtende tiltak hvis en tunnel har særtrekk. I disse tunnelalternativer er særtrekkene for alle 3 alternativer at det er lang innsatstid for nødetater inkl. brannvesenet og at det er lange tunneler. For K4 er det særtrekk at den eksisterende undersjøiske Sløverfjordtunnelen med 8

% stigning og Myrlandtunnelen (ikke undersjøisk) ligger nært tunnelalternativ K4 og vil i kombinasjon kunne gi en økt risiko forbundet med brann i tunge kjøretøy. Derfor har vi valgt å ta Sløverfjordtunnelen med i denne risikovurderingen. Myrlandtunnelen er ikke spesielt utsatt for økt risiko da den ikke er undersjøisk, kun er 1965 m lang og har en stigning på kun 2,6 % og det fokuseres derfor lite på den i risikovurderingen.

N500 er i flere tilfeller strengere når det gjelder sikkerhetsnivå enn det som er krav i Forskriften, det er også enkelte sikkerhetstiltak som er nevnt i Handlingsprogrammet (SVV), som kommer på toppen av de kravene som er i Forskriften og N500.

Det er benyttet følgende utgangspunkt/prioriteringsrekkefølge som beskriver viktigheten av sikkerhetstiltak, sett i perspektiv av akuttfasen ved en brann i tunnelene og selvbergingsprinsippet.

1. Å redusere sannsynligheten for at brann oppstår.
2. Legge til rette for tidlig varsling utført av publikum eller VTS og slokking av brann utført at publikum.
3. Legge til rette for trygg og effektiv selvberging (evakueringsmulighet)
4. Legge til rette for trygg og effektiv innsats fra nødetater, spesielt brannvesenet.

2.3 Innsatstid for nødetater

Ved uønskede hendelser i tunnel er spesielt innsatstiden til brannvesenet en viktig faktor. I Norge gjelder selvbergingsprinsippet ved tunnelbrann, og publikum er dermed i stor grad avhengig av å evakuere ut selv. En del av sikkerhetsutstyret i en tunnel skal gjøre selvredningen enklere og tryggere. Men det vil i noen tilfeller være behov for at brannvesenet må drive redning i tunnelen ved brann. I slike tilfeller kan det være personer som er fastklemt, bevegelseshemmede og andre som ikke har klart å evakuere ut selv. Når det gjelder skader på verdier er brannvesenets rolle også å drive slokking slik at brann skader tunnel og kjøretøy minst mulig. Dette uten å utsette egne mannskapers liv og helse for urimelig fare.

Innsatstid fra Brannvesenet til førstkommende tunnel portal	Fra nord (Sortland)	Fra sør (Svolvær)
Konsept 2 Fiskebøl	40-50 min. dagtid, ca. 60 min. om natta	25-30 min. dagtid, ca. 35-40 min. om natta.
Konsept 3 Hadselsanden	40-50 min. dagtid, ca. 60 min. om natta	30 min. dagtid, ca. 40-45 min. om natta
Konsept 4 Holdøya	40-50 min. dagtid, ca. 60 min. om natta	30-35 min. dagtid, ca. 45-50 min. om natta
Konsept 5 Strønstad	40-50 min. dagtid, ca. 60 min. om natta	30 min. dagtid, ca. 40-45 min. om natta
Sløverfjord tunnelen (eksisterende)	Pr. d.d. 70 min. dagtid, ca. 90 min om natta. * Ved konsept 2: samme som i dag over Lofast, kan ikke komme til nordlige portal over K3 * Ved konsept 3: samme som i dag over Lofast, kan ikke komme til nordlige portal over K3 * Ved konsept 4: eneste konsept som er raskere enn å måtte kjøre over Lofast og mulig å komme til nordlige portal. Her er det en besparelse på ca. 20 min.	Pr. d.d. 30 min. dagtid, 40-45 min. om natta. Uavhengig av hvilket konsept som velges vil det fra Svolvær være det samme som i dag.

Brannvesenet, mannskap og utstyr:

Fra øst (Svolvær):

21 mann, 7 røykdykkere, 7 kjemikaliedykkere. Har tankvogn på 8 m3 vann med mulighet for skuminnblanding og brannbil med 4m3 vann og skum.

Fra nord (Sortland)

20 mann + 5 på hjemmevakt, maks. 5 røykdykkere på vakt, har også kjemikaliedykkere. Mannskapsbil 2,5 m3 vann med skum, ca. 16 år gammel tankvogn 10 m3 vann uten skum, men kan kopples på skum, en Hilux (pickup) med ekstra pumpe. SVV har tidligere gitt økonomisk tilskudd til tankvogna.

Det er egen brannstasjon på Melbu uten vaktordning med 16 mann. Fra Stokmarknes med vaktordning, 5 mann, vil innsatstiden blir på 15 minutt +4 minutt, totalt 19 minutter på dagtid. Disse er et mindre brannvesen uten stor slagstyrke og vil ved en større brann måtte vente på forsterkning fra Svolvær og Sortland.

Full overtenning av tunge kjøretøy skjer som regel etter ca. 10-15 min, med mindre det er snakk om en kraftig kollisjon som fører til brann eller annen eksplosjonsartet brann.

2.4 Datagrunnlag

Datagrunnlag for de 3 tunnelkonsepter og eksisterende Sløverfjord tunnel				
	K2 Fiskebøl	K3 Hadselsanden og K5 Strønstad	K4 Holdøya	Sløverfjord tunnelen (åpnet 1997)
Tunnellengde i meter	14 500	10 000	8 000	3336
Stigning i %	5	5	8	8
ÅDT	1400 (år 2030)	1400 (år 2030)	1400 (år 2030)	1928 (år 2028)
Andel tunge/lange kjøretøy	10	10	10	26
Fartsgrense	80	80	80	80
Tunnelprofil	T9,5	T9,5	T9,5	T9
Tunnelklasse	B	B	B	B
Tunnelløp	1	1	1	1

3 Risikovurderinger

3.1 Risikovurderingstabell etter tunnelsikkerhetsforskriften (TSF)

I tabellen på neste side er de 3 tunnelkonsepter samt eksisterende Sløverfjord tunnel listet opp iht. punktene i TSF med noen kommentarer ifht. N500

Følgende fargekoder er brukt i risikovurderingstabellen:
Tekst merket rød = Avvik iht. Tunnelsikkerhetsforskriften for fylkesveg m.m. eller særtrekk av betydning. Må definere klare tiltak.
Tekst merket grønn = Ok iht. tunnelsikkerhetsforskriften for fylkesveg m.m.
Tekst merket grå = Ikke relevant for denne tunnelen.

Risikovurderingstabell	**Risikovurderingens kommentar og konklusjon.**			
Punkt i tunnelsikkerhetsforskriften for fylkesveg m.m. sitt Vedlegg I. Sikkerhetstiltak nevnt i § 8 (Direkte sitat fra forskriften)	**Konsept 2** – Tunnel Fiskebøl (K2)	**Konsept 3 og 5** Tunnel Haldselsanden/ Strønstad (K3/K5)	**Konsept 4** – Tunnel Holdøya (K4)	**Sløverfjord tunnelen** (eksisterende tunnel)
1.1.2-1.1.3 Særtrekk/ risikoanalyser. - Tunnellengde - Antall løp - Antall kjørefelt - Tverrsnittsgeometri, - Vertikal og horisontal profil (> 3 % stigning) - Konstruksjonstype - Enveis- eller toveistrafikk - Trafikkvolum per løp (herunder fordeling i tid) - Risiko for trafikkork (per døgn eller sesongbestemt) - Atkomsttid for redningstjenestene, - Nærvær og prosentandel av tunge lastebiler (> 15 %) - Særtrekk ved adkomstvegene - Kjørefeltbredde - Hastighetsaspekter - Geografisk og meteorologisk miljø Dersom en tunnel har et spesielt særtrekk når det gjelder ovennevnte parametere, skal det utarbeides en risikoanalyse i samsvar med § 10 for å fastslå om det er nødvendig med ytterligere sikkerhetstiltak og/eller tilleggsutstyr for å sikre et høyt sikkerhetsnivå i tunnelen. Denne risikoanalysen skal ta hensyn til mulige ulykker, som tydelig berører sikkerheten for trafikantene i tunnelen og som vil kunne inntreffe i løpet av brukstiden, samt arten og størrelsesordenen av de mulige konsekvensene av dem.	Lang innsatstid fra brann. Undersjøisk tunnel (lang tunnel). Stigning på 5 % (over 3%)	Lang innsatstid fra brann. Undersjøisk tunnel (lang tunnel). Stigning på 5 % (over 3%)	Lang innsatstid fra brann. Undersjøisk tunnel (lang tunnel). Stigninger er 8% (over 5 %). Mot vest: Sløverfjord tunnelen ligger kun 1 km fra Holdøya tunnelen. Mot øst: Myrlands tunnelen ligger ca. 2 km fra Holdøya tunnelen.	Lang innsatstid fra brann. Undersjøisk tunnel. Stigninger er 8%. Kjørebredden er under 8,5 meter (6,0m). Innløp og utløp ligger i kurvaturen (R=750 og R=600). Mot øst: Holdøya (K4) tunnelen ligger kun 1 km fra Sløverfjord tunnelen. Andel tunge lastebiler 26 %

2.1 Antall løp og kjørefelt	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.1.2 To tunnelløp. «Når en 15-årsprognose viser at trafikkvolumet vil overstige 10.000 kjøretøy per døgn per kjørefelt (dvs. 20.000 ÅDT), skal det for tunneler på prosjekteringsstadiet i alle tilfeller finnes en toløpstunnel med enveistrafikk på datoen da denne verdien er oversteget.»	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
2.1.3 Reduksjon av kjørefelt i tunnel. Med unntak av havarifeltet, skal det samme antall kjørefelt opprettholdes inne i og utenfor tunnelen. Enhver endring i antall kjørefelt skal forekomme i tilstrekkelig avstand før tunnelportalen; denne avstanden skal være minst den avstand som et kjøretøy tilbakelegger på 10 sekunder når det kjører i høyeste tillatte hastighet. Dersom geografiske omstendigheter forhindrer dette, skal det treffes ekstra og/eller forsterkede tiltak for å forbedre sikkerheten.	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
2.2 Tunnelgeometri	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.2.1 Tverrsnittsgeometri og horisontale og vertikale profil, samt atkomstvegene. Ved utforming av en tunnels tverrsnittsgeometri og horisontale og vertikale profil, samt atkomstvegene, skal det tas spesielt hensyn til sikkerheten, da disse parameterne har en betydelig innvirkning på sannsynligheten for ulykker og for hvor alvorlige de blir.	T 9,5 Kurvatur vil bli iht. krav	T 9,5 Kurvatur vil bli iht. krav	T 9,5 Kurvatur vil bli iht. krav	T 9 Innløp og utløp ligger i kurvaturen (R=750 og R=600) (Fargekode pga. eksisterende tunnel er bygd etter gamle krav)

2.2.3 Stigning. I tunneler med stigning på mer enn 3% skal det treffes ekstra og/eller forsterkede tiltak for å forbedre sikkerheten på grunnlag av en risikoanalyse. 2.2.2 Mer enn 5% stigning i lengderetningen skal ikke være tillatt i nye tunneler, med mindre ingen annen løsning er geografisk mulig. 2.2.1 Ved utforming av en tunnels tverrsnittsgeometri og horisontale og vertikale profil, samt atkomstvegene, skal det tas spesielt hensyn til sikkerheten, da disse parameterne har en betydelig innvirkning på sannsynligheten for ulykker og for hvor alvorlige de blir.	5 % stigning Det skal iflg. TSF treffes avbøtende og/eller risiko-reduserende tiltak på grunnlag av en risikoanalyse hvis den er over 3 % De avbøtende, eller risikoredusere nde tiltakene blir presentert videre, under de punktene i TSF de faller inn under	5 % stigning Det skal iflg. TSF treffes avbøtende og/eller risiko-reduserende tiltak på grunnlag av en risikoanalyse hvis den er over 3 % De avbøtende, eller risikoreduserende tiltakene blir presentert videre, under de punktene i TSF de faller inn under	8 % stigning Ut fra kravet i TSF skal det ikke være tillatt i nye tunneler, med mindre ingen annen løsning er geografisk mulig. Dette konseptet er likevel utredet fordi det er svært stor forskjell på kostnadene sammenlignet med K2 og K3. Stigningen sett i lys av lav ÅDT og relativt lav andel tunge lastebiler (10%) gjør at risiko-vurderingen ser det som realistisk at tunnel-alternativet kan bygges hvis avbøtende tiltak gjennomføres. Slike avbøtende tiltak kan være i tråd med tiltakene som er foreslått for Sløverfjord-tunnelen og i tillegg til det som foreslås for K2 og K3	8 % stigning Ifm. risikoanalyse som ble utført 2018 på Sløverfjord tunnelens oppgradering ble flere avbøtende tiltak anbefalt bla.: Nød-stasjoner etableres hvert 125. m i stedet for hver 250. m. og slokkeapparater i klasse 55 A i stedet for klasse 43 A Høyttalersystem med pre innstilte talemeldinger på norsk og engelsk. Brannvesenet gis tilskudd til anskaffelse av SPURV (fjernstyrt bil med termisk kamera) får bla. lettere å kunne søke etter personer i tunnelen ved brann eller undersøke type last i forulykket kjøretøy.

			De avbøtende, eller risiko-reduserende tiltakene blir presentert videre, under de punktene i TSF de faller inn under.	Videoover-våkning med hendelses-detektering. Etableres fjernstyrte og videoovervåket bommer ved begge portaler. Tilrettelegges for at det kan hentes slokkevann i pumpesumpen i tillegg til at brannvesenet disponerer 10 m3 tankvogn både nord og sør for tunnelen.
2.2.4 Feltbredde for saktegående trafikk Dersom bredden på feltet for saktegående trafikk er mindre enn 3,5 meter og kjøring med tunge lastebiler er tillatt, skal det treffes ekstra og/eller forsterkede tiltak for å forbedre sikkerheten på grunnlag av en risikoanalyse.	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
2.3 Fluktveger og nødutganger	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.3.1 I nye tunneler uten havarifelt skal det finnes nødfortau. I nye tunneler uten havarifelt skal det finnes nødfortau, enten oppbygd eller ikke, til bruk for trafikantene i tunnelen i tilfelle av havari eller ulykke. Denne bestemmelsen får ikke anvendelse dersom særtrekk ved tunnelens konstruksjon ikke muliggjør det eller muliggjør det bare til en uforholdsmessig høy kostnad og	Ut fra valgt tunnelprofil vil det ikke bli anlagt havarifelt Men det vil bli etablert nødfortau	Ut fra valgt tunnelprofil vil det ikke bli anlagt havarifelt Men det vil bli etablert nødfortau	Ut fra valgt tunnelprofil vil det ikke bli anlagt havarifelt Men det vil bli etablert nødfortau	I Sløverfjord tunnelen er det opphøyd skulder (bankett) med bredde over 1,0 m gjennom hele tunnelen på høyre side med kilometrering. Bankett er utført med kantstein

tunnelen har enveistrafikk og er utstyrt med et fast overvåkningssystem og system for stenging av kjørefelt.				og asfaltdekke. Oppfyller krav i TSF.
2.3.3 Nødutganger i nye tunneler Eksempler på slike nødutganger er: - Direkte utgang fra tunnelen til det fri - Tverrforbindelser mellom tunnelløp - Utganger til et nødgalleri - Tilfluktsrom med en fluktveg som er atskilt fra tunnelløpet 2.3.4 Tilfluktsrom uten utgang som fører til fluktveger til det fri, skal ikke bygges. **2.3.5** Det skal finnes nødutganger dersom en analyse av relevante risikoer, herunder hvor langt og hvor fort røyk beveger seg under forholdene på stedet, viser at ventilasjonen og andre sikkerhetsanlegg ikke er tilstrekkelige til å ivareta trafikantenes sikkerhet. 2.3.6 I alle tilfeller skal det i nye tunneler finnes nødutganger dersom trafikkvolumet overstiger 2.000 kjøretøy per kjørefelt (dvs. >4000 ÅDT)	ÅDT er for lav til at kravet om nødutganger slår inn. Tunnelalter-nativene under Hadselfjorden er undersjøiske tunneler vil eneste alternativ for nødutgang være en parallell rømningstunnel T5,5. Dette tiltaket anbefales å vurderes videre i alle konseptene og Sløverfj.tunnelen som en følsomhet for redusert risiko.	ÅDT er for lav til at kravet om nødutganger slår inn. Se konsept 2, angående rømningstunnel.	ÅDT er for lav til at kravet om nødutganger slår inn. Se konsept 2, angående rømningstunnel.	Punktet gjelder kun nye tunneler
2.3.7 Nødutganger i eksisterende tunneler I eksisterende tunneler på mer enn 1.000 meters lengde med et større trafikkvolum enn 2.000 kjøretøy per kjørefelt (dvs. >4000 ÅDT), skal det vurderes om det er gjennomførbart og virkningsfullt å lage nye nødutganger.	Punktet gjelder kun eksisterende tunneler	Punktet gjelder kun eksisterende tunneler	Punktet gjelder kun eksisterende tunneler	Sløverfjord tunnelen har i dag ikke noen nødutganger eller rømningstunnel og har heller ikke krav til dette i TSF.

2.3.8 Avstand mellom nødutganger. Når det finnes nødutganger, skal avstanden mellom to nødutganger ikke overstige 500 meter. Dette punktet er relevant hvis det etableres rømningstunnel.	Ikke relevant Det har i KVU vært diskutert å etablere rømningstunnel T5,5, hvis det blir aktuelt må kravet i 2.3.8 oppfylles.	Ikke relevant Det har i KVU vært diskutert å etablere rømningstunnel T5,5, hvis det blir aktuelt må kravet i 2.3.8 oppfylles.	Ikke relevant Det har i KVU vært diskutert å etablere rømningstunnel T5,5, hvis det blir aktuelt må kravet i 2.3.8 oppfylles.	Ikke relevant
2.3.9 Tette dører mot nødutganger. Det skal brukes hensiktsmessige midler, som dører, for å hindre røyk og varme i å nå fluktvegene bak nødutgangen, slik at trafikantene i tunnelen trygt kan komme ut i det fri og redningstjenestene kan få atkomst til tunnelen.	Ikke relevant Det har i KVU vært diskutert å etablere rømningstunnel T5,5, hvis det blir aktuelt må kravet i 2.3.9 oppfylles.	Ikke relevant Det har i KVU vært diskutert å etablere rømningstunnel T5,5, hvis det blir aktuelt må kravet i 2.3.9 oppfylles.	Ikke relevant Det har i KVU vært diskutert å etablere rømningstunnel T5,5, hvis det blir aktuelt må kravet i 2.3.9 oppfylles.	Ikke relevant
2.4 Atkomst for redningstjenestene	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.4.1 Tverrforbindelser for redningstjenestene. I toløpstunneler der løpene ligger på samme nivå eller nesten på samme nivå, skal det for minst hver 1500 meter finnes tverrforbindelser som egner seg til bruk for redningstjenestene.	Ikke relevant, kun et løp med toveis trafikk. Det har i KVU vært diskutert å etablere rømningstunnel T5,5, hvis det blir aktuelt må kravet i 2.4.1 oppfylles.	Ikke relevant, kun et løp med toveis trafikk. Det har i KVU vært diskutert å etablere rømningstunnel T5,5, hvis det blir aktuelt må kravet i 2.4.1 oppfylles.	Ikke relevant, kun et løp med toveis trafikk. Det har i KVU vært diskutert å etablere rømningstunnel T5,5, hvis det blir aktuelt må kravet i 2.4.1 oppfylles.	Ikke relevant, kun et løp med toveis trafikk.

2.4.2 Adkomst til motgående løp utenfor tunnel. Når det er geografisk mulig, skal det utenfor hver portal til en to- eller flerløpstunnel være mulig å krysse midtdelen (midtstripen). Dette tiltaket vil gi redningstjenestene umiddelbar atkomst til hvert løp.	Ikke relevant, kun et løp med toveis trafikk. Det har i KVU vært diskutert å etablere rømningstunnel T5,5, hvis det blir aktuelt må kravet i 2.4.2 oppfylles.	Ikke relevant, kun et løp med toveis trafikk. Det har i KVU vært diskutert å etablere rømningstunnel T5,5, hvis det blir aktuelt må kravet i 2.4.2 oppfylles.	Ikke relevant, kun et løp med toveis trafikk. Det har i KVU vært diskutert å etablere rømningstunnel T5,5, hvis det blir aktuelt må kravet i 2.4.2 oppfylles.	Ikke relevant, kun et løp med toveis trafikk.
2.5 Havarifelt / lommer/ nisjer	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.5.1 I nye toveistunneler som er lengre enn 1.500 meter og der trafikkvolumet er større enn 2.000 kjøretøy per kjørefelt (dvs. 4000 ÅDT), skal det finnes havarilommer med ikke mer enn 1.000 meters mellomrom, dersom det ikke finnes havarifelt.	TSF har ikke krav til havarilomme pga. ÅDT. Men N500 vegtunneler har krav til havarilommer hver 500 m i tunnelklasse B.	TSF har ikke krav til havarilomme pga. ÅDT. Men N500 vegtunneler har krav til havarilommer hver 500 m i tunnelklasse B.	TSF har ikke krav til havarilomme pga. ÅDT. Men N500 vegtunneler har krav til havarilommer hver 500 m i tunnelklasse B.	Sløverfjord tunnelen *Har ikke krav til havarilomme da det er en eksisterende tunnel.*
2.5.4 Nødstasjon ved havarilommer. Ved havarilommer skal det finnes en nødstasjon.	Når det etableres havarilomme skal det iflg. TSF etableres nødstasjon.	Når det etableres havarilomme skal det iflg. TSF etableres nødstasjon.	Når det etableres havarilomme skal det iflg. TSF etableres nødstasjon.	Hvis det etableres snunisje vil det være naturlig å etablere nødstasjon. Da snunisje også vil fungere som havarilomme

2.6 Avløp	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.6.1 Avløp ved transport av farlig gods. Dersom det er tillatt med transport av farlig gods, skal det finnes avløp for brannfarlige og giftige væsker, gjennom godt utformede sluk eller andre tiltak innenfor tunnelens tverrprofil. I tillegg skal avløpssystemet være konstruert og skal vedlikeholdes for å hindre at brann og brannfarlige og giftige væsker sprer seg inne i løp og mellom løp. 2.6.2 Dersom dette kravet ikke kan oppfylles eller kan oppfylles bare til en uforholdsmessig høy kostnad, skal det tas hensyn til dette når det avgjøres om transport av farlig gods skal tillates, på grunnlag av en analyse av relevante risikoer.	Det må iflg. TSF etableres avløp for brannfarlige og giftige væsker, gjennom godt utformede sluk eller andre tiltak innenfor tunnelens tverrprofil. Hvis det skal være tillatt med transport av farlig gods	Det må iflg. TSF etableres avløp for brannfarlige og giftige væsker, gjennom godt utformede sluk eller andre tiltak innenfor tunnelens tverrprofil. Hvis det skal være tillatt med transport av farlig gods	Det må iflg. TSF etableres avløp for brannfarlige og giftige væsker, gjennom godt utformede sluk eller andre tiltak innenfor tunnelens tverrprofil. Hvis det skal være tillatt med transport av farlig gods	I forbindelse med oppgradering vil eksisterende drenering oppgraderes med kjeftsluk og dykkert.
2.7 Konstruksjoners brannmotstand.	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.7 Konstruksjoners brannmotstand. Hovedkonstruksjonen i alle tunneler der et lokalt sammenbrudd i konstruksjonen kan ha katastrofale konsekvenser (f.eks. oversvømte tunneler eller tunneler som kan føre til sammenbrudd i viktige nabokonstruksjoner) skal ha et tilstrekkelig brannmotstandsnivå.	Tunnelen må iflg. TSF skal ha et tilstrekkelig brannmotstandsnivå både ifm. oversvømmelse og sammenbrudd i viktige nabo-konstruksjoner (rømningstunnel hvis den etableres).	Tunnelen må iflg. TSF skal ha et tilstrekkelig brannmotstandsnivå både ifm. oversvømmelse og sammenbrudd i viktige nabo-konstruksjoner (rømningstunnel hvis den etableres).	Tunnelen må iflg. TSF skal ha et tilstrekkelig brannmotstandsnivå både ifm. oversvømmelse og sammenbrudd i viktige nabo-konstruksjoner (rømningstunnel hvis den etableres).	Tunnelen må iflg. TSF skal ha et tilstrekkelig brannmotstandsnivå både ifm. oversvømmelse. Mht. oversvømmelse er det min. 30 m overdekning. Anses ikke som problematisk.

2.8 Belysning	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.8.1 Belysning Det skal finnes normal belysning for å sikre hensiktsmessig sikt for sjåførene dag og natt i tunnelåpningene og inne i tunnelen.	Tunnelen vil få godkjent belysning.	Tunnelen vil få godkjent belysning.	Tunnelen vil få godkjent belysning.	Tunnelen har belysning og denne vil bli oppgradert ved oppgradering av tunnelen. Alt av EX-kabler må skiftes ut da denne ikke er tillat å bruke lengre pga. aldring og strømlekkasjer.
2.8.2 Sikkerhets-belysning. Det skal finnes sikkerhetsbelysning som sikrer en minimumssikt for trafikanter i tunnelen slik at de kan evakuere tunnelen i kjøretøyene sine i tilfelle av strømbrudd.	Det vil bli montert sikkerhets-belysning med minimum 1 time driftstid + innsatstid for brannvesenet for hvert 4. lysarmatur, jf. N500, Kap.9.3.6	Det vil bli montert sikkerhets-belysning med minimum 1 time driftstid + innsatstid for brannvesenet for hvert 4. lysarmatur, jf. N500, Kap.9.3.6	Det vil bli montert sikkerhets-belysning med minimum 1 time driftstid + innsatstid for brannvesenet for hvert 4. lysarmatur, jf. N500, Kap.9.3.6	Ved oppgradering vil det bli montert sikkerhets-belysning med minimum 1 time driftstid + innsatstid for brannvesenet for hver 4. lysarmatur, jf. N500, Kap.9.3.6
2.8.3 Ledelys for evakuering. Det skal finnes evakueringsbelysning, som lysende evakueringsmerking, i en høyde av ikke mer enn 1,5 meter, som veileder trafikantene i tunnelen ved evakuering til fots i en nødssituasjon.	Ledelys etableres med innbyrdes avstand 25 meter, jf. N500, Kap.4.3.2.2	Ledelys etableres med innbyrdes avstand 25 meter, jf. N500, Kap.4.3.2.2	Ledelys etableres med innbyrdes avstand 25 meter, jf. N500, Kap.4.3.2.2	Tunnelen har ikke ledelys. Nye ledelys etableres ved oppgradering med innbyrdes avstand 25 meter, jf. N500, Kap.4.3.2.2

2.9 Ventilasjon	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.9.1 Ventilasjon Konstruksjon, bygging og drift av ventilasjonssystemet skal ta hensyn til: • Kontroll med forurensende stoffer som slippes ut fra veggående kjøretøyer, under normale trafikkforhold og i trafikksterke perioder, • Kontroll med forurensende stoffer som slippes ut fra veggående kjøretøyer når trafikken stanses på grunn av en hendelse eller ulykke, • Kontroll med varme og røyk i tilfelle brann. **2.9.2** Det skal være montert et mekanisk ventilasjonssystem i alle tunneler som er lengre enn 1.000 meter med et større trafikkvolum enn 2.000 kjøretøy per kjørefelt (dvs. 4000 ÅDT). **Det er i handlingsprogrammet 2014–2017 bestemt at alle tunneler over 1000 m med mer enn 1000 ÅDT skal ha brannventilasjon med dimensjonering på 50 MW brann**	TSF har ikke krav til ventilasjon pga. ÅDT. Det er bestemt at alle tuneller lengere enn 1000 m og mer enn 1000 ÅDT skal ha ventilasjon (handlings-programmet 2014–2017). Her vil 50 MW dimensjonering være aktuelt.	TSF har ikke krav til ventilasjon pga. ÅDT. Det er bestemt at alle tuneller lengere enn 1000 m og mer enn 1000 ÅDT skal ha ventilasjon (handlings-programmet 2014–2017). Her vil 50 MW dimensjonering være aktuelt.	TSF har ikke krav til ventilasjon pga. ÅDT. Det er bestemt at alle tuneller lengere enn 1000 m og mer enn 1000 ÅDT skal ha ventilasjon (handlings-programmet 2014–2017). Her vil 50 MW dimensjonering være aktuelt.	TSF har ikke krav til ventilasjon pga. ÅDT. Det er bestemt at alle tuneller lengere enn 1000 m og mer enn 1000 ÅDT skal ha ventilasjon (handlings-programmet 2014–2017). Her vil 50 MW dimensjonering bli montert ifm. oppgradering.

2.10 Nødstasjoner	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.10.1 Nødstasjoner Hensikten med nødstasjoner er å stille forskjellig sikkerhetsutstyr til rådighet, særlig nødtelefoner og brannslokkingsapparater, men ikke å beskytte trafikantene mot virkningen av brann. 2.10.2 Nødstasjoner kan bestå av et skap på tunnelens sidevegg eller helst en nisje i veggen. De skal minst være utstyrt med en nødtelefon og to brannslokkingsapparater. 2.10.3 Nødstasjoner skal være plassert i nærheten av portalene og innvendig, med mellomrom som i nye tunneler ikke skal overstige 150 meter og som i eksisterende tunneler ikke skal overstige 250 meter.	TSF har krav om nødstasjoner hver 150. m men N500 har krav til hver 125. m.	TSF har krav om nødstasjoner hver 150. m men N500 har krav til hver 125. m	TSF har krav om nødstasjoner hver 150. m men N500 har krav til hver 125. m	For eksisterende tunneler som oppgraderes er det krav om nødstasjon hver 250. m men risikoanalyse 2018 ifm. oppgradering har anbefalt at disse etableres hvert. 125. m som et av flere avbøtende tiltak. Det er også anbefalt slokkeapparater i klasse 55 A i stedet for klasse 43 A.

2.11 Vannforsyning	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.11 Vannforsyning Det skal finnes vannforsyning i alle tunneler. Det skal finnes hydranter i nærheten av portalene og innvendig, med mellomrom som ikke skal overstige 250 meter. Dersom vannforsyning ikke er tilgjengelig, er det påbudt å sikre at tilstrekkelig vannmengde er tilgjengelig på annen måte. *(N500: Det skal finnes vannforsyning i alle tunneler. Det skal finnes hydranter i nærheten av portalene og innvendig, med mellomrom som ikke skal overstige 250 m. Dersom vannforsyning ikke er tilgjengelig skal det sikres at tilstrekkelig vannmengde er tilgjengelig på annen måte, for eksempel ved bruk av tankbil. N500 kap. 4.3.2.4 Slokkevann på side 31 (2016))*	Hvis det finnes kommunal vannledning som kan levere nok trykk skal det iflg. TSF etableres hydranter i tunnelen som ikke overstiger 250 m mellomrom. Men det er i Lofoten og Vesterålen valgt at brannvesenet skal disponere tankbil med min. 8 m3 vann som slokkevanns-kilde. SVV har gitt tilskudd til tankbil og vil sannsynligvis også gjøre det fremover.	Hvis det finnes kommunal vannledning som kan levere nok trykk skal det iflg. TSF etableres hydranter i tunnelen som ikke overstiger 250 m mellomrom. Men det er i Lofoten og Vesterålen valgt at brannvesenet skal disponere tankbil med min. 8 m3 vann som slokkevanns-kilde. SVV har gitt tilskudd til tankbil og vil sannsynligvis også gjøre det fremover.	Hvis det finnes kommunal vannledning som kan levere nok trykk skal det iflg. TSF etableres hydranter i tunnelen som ikke overstiger 250 m mellomrom. Men det er i Lofoten og Vesterålen valgt at brannvesenet skal disponere tankbil med min. 8 m3 vann som slokkevanns-kilde. SVV har gitt tilskudd til tankbil og vil sannsynligvis også gjøre det fremover.	Brannvesenet både nord og sør for Sløverfjord tunnelen disponerer tankbil med slokkevann og det er også valgt som fremtidig slokkevanns-kilde ifm. risikoanalyse 2018 ifm. oppgradering.
2.12 Trafikkskilt	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.12 Trafikkskilt Det skal brukes spesielle skilt for alle sikkerhetsanlegg som er beregnet på trafikantene i tunnelen, jf. skiltforskriften.	Skilt må være ihht. SVV sine skilthåndbøker	Skilt må være ihht. SVV sine skilthåndbøker	Skilt må være ihht. SVV sine skilthåndbøker	Etter oppgradering vil skilt være ihht. SVV sine skilthåndbøker (skiltrevisjon).

2.13 Kontrollsentral	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.13.1 Kontrollsentral Det skal finnes en kontrollsentral for alle tunneler som er lengre enn 3.000 meter med et større trafikkvolum enn 2.000 kjøretøyer per kjørefelt (dvs. 4000 ÅDT). (I Norge regnes VTS som en kontrollsentral) **2.13.2** Overvåking av flere tunneler kan sentraliseres i én enkelt kontrollsentral	I Norge regnes Vegtrafikksentralen (VTS) som en kontrollsentral og denne tunnelen vil bli koplet til VTS.	I Norge regnes Vegtrafikksentralen (VTS) som en kontrollsentral og denne tunnelen vil bli koplet til VTS.	I Norge regnes Vegtrafikksentralen (VTS) som en kontrollsentral og denne tunnelen vil bli koplet til VTS.	I Norge regnes Vegtrafikksentralen (VTS) som en kontrollsentral og denne tunnelen og er koplet til VTS.
2.14 Overvåkningssystemer	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.14.1 Videoovervåking Videoovervåkingssystemer og et system som automatisk kan oppdage hendelser i trafikken som kjøretøy som stanser og/eller brann, skal være montert i alle tunneler som er utstyrt med kontrollsentral.	TSF har krav om video-overvåkning i alle nye tunneler. N500 Videoovervåking (ITV) med automatisk registrering av hendelser (AID) skal monteres i tunneler med lengde > 3 km i tunnelklasse C, D, E og F. For tunneler i tunnelklasse B med lengde > 5 km installeres ITV-anlegg med avstand mellom kamerapunktene på 125 m.	TSF har krav om video-overvåkning i alle nye tunneler. N500 Videoovervåking (ITV) med automatisk registrering av hendelser (AID) skal monteres i tunneler med lengde > 3 km i tunnelklasse C, D, E og F. For tunneler i tunnelklasse B med lengde > 5 km installeres ITV-anlegg med avstand mellom kamerapunktene på 125 m.	TSF har krav om video-overvåkning i alle nye tunneler. N500 Videoovervåking (ITV) med automatisk registrering av hendelser (AID) skal monteres i tunneler med lengde > 3 km i tunnelklasse C, D, E og F. For tunneler i tunnelklasse B med lengde > 5 km installeres ITV-anlegg med avstand mellom kamerapunktene på 125 m.	Har i dag ikke video-overvåkning. Men det er ifm. risikoanalyse 2018 ifm. oppgradering anbefalt at video-overvåkning med AID etableres som det viktigste avbøtende tiltak spesielt med stigningen på 8 % i tanke.

2.14.2 Automatiske branndeteksjonssystemer Det skal være montert automatiske branndeteksjonssystemer i alle tunneler som ikke har kontrollsentral, når driften av mekanisk ventilasjon for røykkontroll er forskjellig fra den automatiske driften av ventilasjon for kontroll med forurensende stoffer.	Ikke krav i TSF da tunnelen vil være koplet til VTS (kontrollsentral)	Ikke krav i TSF da tunnelen vil være koplet til VTS (kontrollsentral)	Ikke krav i TSF da tunnelen vil være koplet til VTS (kontrollsentral)	Ikke krav i TSF da tunnelen vil være koplet til VTS (kontrollsentral)
2.15 Utstyr til stenging av tunnelen	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.15.1 Trafikklys, skilt og bom for stenging av tunnel. I alle tunneler på mer enn 1.000 meters lengde skal det være montert trafikklys foran åpningene slik at tunnelen kan stenges i nødstilfeller. Ekstra midler, som stillbare meldingsskilt og bommer, kan være anbrakt for å sikre at instruksene overholdes.	Det er i TSF krav om rød blink men ikke direkte krav til fjernstyrt bom. I N500 er det et vurderingskrav for bom i tunnelklasse B. Risikoanalysen ser det som hensiktsmessig at det etableres bommer da det er anbefalt ved samtlige andre tunneler som oppgraderes pga. at mange sjåfører ikke ser eller har for lite respekt for rød blink alene. Bom vil også redusere sannsynligheten for at flere	Det er i TSF krav om rød blink men ikke direkte krav til fjernstyrt bom. I N500 er det et vurderingskrav for bom i tunnelklasse B. Risikoanalysen ser det som hensiktsmessig at det etableres bommer da det er anbefalt ved samtlige andre tunneler som oppgraderes pga. at mange sjåfører ikke ser eller har for lite respekt for rød blink alene. Bom vil også redusere sannsynligheten for at flere kjørrer inn i en tunnel hvor det er brann.	Det er i TSF krav om rød blink men ikke direkte krav til fjernstyrt bom. I N500 er det et vurderingskrav for bom i tunnelklasse B. Risikoanalysen ser det som hensiktsmessig at det etableres bommer da det er anbefalt ved samtlige andre tunneler som oppgraderes pga. at mange sjåfører ikke ser eller har for lite respekt for rød blink alene. Bom vil også redusere sannsynligheten for at flere kjørrer inn i en tunnel hvor det er brann.	Det er ifm. risikoanalyse 2018 ifm. oppgradering anbefalt at bommer etableres som et av flere avbøtende tiltak.

	kjørrer inn i en tunnel hvor det er brann.			
2.15.2 Utstyr inne i tunnel for å kunne stoppe trafikk. Inne i alle tunneler på mer enn 3.000 meters lengde som er utstyrt med kontrollsentral og som har et større trafikkvolum enn 2.000 kjøretøy per kjørefelt (dvs. 4000 ÅDT), er det anbefalt å anbringe utstyr til å stanse kjøretøy i nødstilfeller, med mellomrom på ikke mer enn 1.000 meter. Dette utstyret skal bestå av trafikklys og eventuelt ekstra midler, som høyttalere, stillbare meldingsskilt og bommer.	TSF har **anbefaling** om at det etableres utstyr til å stanse kjøretøy i nødstilfeller, med mellomrom på ikke mer enn 1.000 meter. N500 har **krav** til at Snunisjer i tunnel skal merkes med 2-posisjonsskilt, se håndbok V321 Variable trafikkskilt. Der disse skiltene suppleres med rødt stoppblinksignal skal det fattes vedtak for signalene av Vegdirektoratet. N500 har krav til snunisje på tunnelklasse B som er lengre enn 4 km og det skal være	TSF har **anbefaling** om at det etableres utstyr til å stanse kjøretøy i nødstilfeller, med mellomrom på ikke mer enn 1.000 meter. N500 har **krav** til at Snunisjer i tunnel skal merkes med 2-posisjonsskilt, se håndbok V321 Variable trafikkskilt. Der disse skiltene suppleres med rødt stoppblinksignal skal det fattes vedtak for signalene av Vegdirektoratet. N500 har krav til snunisje på tunnelklasse B som er lengre enn 4 km og det skal være snunisje hver 2000 m. Det vil være naturlig at det etableres bom ved begge portaler da det endre	TSF har **anbefaling** om at det etableres utstyr til å stanse kjøretøy i nødstilfeller, med mellomrom på ikke mer enn 1.000 meter. N500 har **krav** til at Snunisjer i tunnel skal merkes med 2-posisjonsskilt, se håndbok V321 Variable trafikkskilt. Der disse skiltene suppleres med rødt stoppblinksignal skal det fattes vedtak for signalene av Vegdirektoratet. N500 har krav til snunisje på tunnelklasse B som er lengre enn 4 km og det skal være snunisje hver 2000 m. Det vil være naturlig at det etableres bom	Det er ikke krav til snunisje da tunnelen er under 4 km lang. Det er i risikoanalysen ifm. oppgradering anbefalt som avbøtende tiltak at det etableres snunisje ved pumpesumpen, det vil da bli etablert meldingsskilt ved snunisje som aktiveres av VTS. Samt tunnelen får bommer ved begge portaler.

	snunisje hver 2000 m. Det vil være naturlig at det etableres bom ved begge portaler da det endre tunneler som oppgraderes i området har fått bommer anbefalt i risikoanalysen ifm. oppgradering.	tunneler som oppgraderes i området har fått bommer anbefalt i risikoanalysen ifm. oppgradering.	ved begge portaler da det endre tunneler som oppgraderes i området har fått bommer anbefalt i risikoanalysen ifm. oppgradering.	
2.16 Kommunikasjonssystemer	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.16.1 Nødnett for redningstjenestene (Digital nødnett). Utstyr for radiosending via relé til bruk for redningstjenestene skal monteres i alle tunneler på mer enn **1.000 meters lengde** og som har et større trafikkvolum enn 2.000 kjøretøy per kjørefelt (dvs. 4000 ÅDT). Skal monteres i alle tunneler som oppgraderes jmf. Vedtak i Etatsleder møtet (ELM)	Det **ikke** krav i TSF til nødnett da ÅDT er lavere enn 4000. N500 er det **krav** om nødnett i alle nye tunneler over 500 m.	Det **ikke** krav i TSF til nødnett da ÅDT er lavere enn 4000. N500 er det **krav** om nødnett i alle nye tunneler over 500 m.	Det **ikke** krav i TSF til nødnett da ÅDT er lavere enn 4000. N500 er det **krav** om nødnett i alle nye tunneler over 500 m.	Det vil ved oppgradering bli etablert nødnett jmf. Beslutning tatt i ELM juni 2017
2.16.2 Innsnakk på radio (DAB). Når det finnes en kontrollsentral, må det være mulig å avbryte eventuell sending av radiokanaler beregnet på trafikantene i tunnelen for å sende nødmeldinger. Skal monteres i alle tunneler som oppgraderes jmf. Vedtak i Etatsleder møtet (ELM)	Det er krav i TSF til DAB-innsnakk Det er også krav i N500 til DAB-innsnakk	Det er krav i TSF til DAB-innsnakk Det er også krav i N500 til DAB-innsnakk	Det er krav i TSF til DAB-innsnakk Det er også krav i N500 til DAB-innsnakk	Det vil ifm. oppgradering bli etablert DAB-innsnakk

2.16.3 Høyttalere i "tilfluktsrom" Tilfluktsrom og andre anlegg der trafikantene i tunnelen må vente under evakuering før de kan komme ut i det fri, skal være utstyrt med høyttalere for informasjon til trafikantene. (Tilfluktsrom skal ha tilgang til det fri 2.3.4)	Det er ikke realistisk at det kan bygges tilfluktsrom med tilgang til det fri når dette er en undersjøisk tunnel. Men så vidt vi vet har VD FoU arbeide på gang for å undersøke muligheten for tilfluktsrom som ikke har tilgang til det fri. Her vil utfordringer være: lufttilførsel (oksygen) i lang nok tid og varmepåvirkning ved kraftig brann. Og hvordan kan man redde ut folk fra tilflukts-rommene ved langvarig brann (mer enn 12 timer)	Det er ikke realistisk at det kan bygges tilfluktsrom med tilgang til det fri når dette er en undersjøisk tunnel. Men så vidt vi vet har VD FoU arbeide på gang for å undersøke muligheten for tilfluktsrom som ikke har tilgang til det fri. Her vil utfordringer være: lufttilførsel (oksygen) i lang nok tid og varmepåvirkning ved kraftig brann. Og hvordan kan man redde ut folk fra tilflukts-rommene ved langvarig brann (mer enn 12 timer)	Det er ikke realistisk at det kan bygges tilfluktsrom med tilgang til det fri når dette er en undersjøisk tunnel. Men så vidt vi vet har VD FoU arbeide på gang for å undersøke muligheten for tilfluktsrom som ikke har tilgang til det fri. Her vil utfordringer være: lufttilførsel (oksygen) i lang nok tid og varmepåvirkning ved kraftig brann. Og hvordan kan man redde ut folk fra tilflukts-rommene ved langvarig brann (mer enn 12 timer)	Det er ikke tilfluktsrom i Sløverfjord og det er heller ikke planlagt ved oppgradering. Det er dog anbefalt i risikoanalyse ifm. oppgradering at det etableres høyttaleranlegg i hele tunnelen med pre innstilte talemeldinger på norsk og engelsk. Dette som et av flere avbøtende tiltak.

2.17 Strømforsyning og strømkretser	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.17.1 Nødstrøms-forsyning. Alle tunneler skal ha nødstrømforsyning som kan sikre drift av sikkerhetsutstyr som er uunnværlig for evakuering inntil alle trafikanter er evakuert fra tunnelen. (UPS skal være min. Brannvesenets innsatstid + 1 time, iflg. N500)	Det er krav i TSF til nødstrøms-forsyning. I N500 er det krav til at Nødstrøms-forsyning er min. 1 time pluss innsatstiden til brannvesenet.	Det er krav i TSF til nødstrøms-forsyning. I N500 er det krav til at Nødstrøms-forsyning er min. 1 time pluss innsatstiden til brannvesenet.	Det er krav i TSF til nødstrøms-forsyning. I N500 er det krav til at Nødstrøms-forsyning er min. 1 time pluss innsatstiden til brannvesenet.	Det vil ifm. oppgradering blir etablert nødstrøms-forsyning iht. N500
2.17.2 Redundante systemer. Strøm-, måle- og kontrollkretser skal være konstruert på en slik måte at lokal svikt, for eksempel på grunn av brann, ikke påvirker uberørte kretser.	Det er krav i TSF om redundante systemer på Strøm-, måle- og kontrollkretser	Det er krav i TSF om redundante systemer på Strøm-, måle- og kontrollkretser	Det er krav i TSF om redundante systemer på Strøm-, måle- og kontrollkretser	Som en del av oppgraderingen vil det bli installert redundante systemer tilpasset tunnelen
2.18 Utstyrets brannmotstand	K2	K3/K5	K4	Sløverfj.tunnel
2.18 Brannmotstandsnivå for sikkerhetsutstyr. Brannmotstandsnivået i alt tunnelutstyr skal ta hensyn til de teknologiske mulighetene og ta sikte på å opprettholde de nødvendige sikkerhetsfunksjonene i tilfelle brann.	Krav i TSF at sikkerhetsutstyr er godkjent ifm. brannmotstand	Krav i TSF at sikkerhetsutstyr er godkjent ifm. brannmotstand	Krav i TSF at sikkerhetsutstyr er godkjent ifm. brannmotstand	Ifm. oppgradering skal alt sikkerhetsutstyr byttes ut med nytt som oppfyller kravet i TSF og N500

3.2 Sikkerhetsutfordringer som ikke omfattes av Forskriften

Forskriften eller N500 tar har ingen krav relatert til eksisterende tunneler som ligger i umiddelbar nærhet til en ny tunnel. Eksisterende tunneler kan utgjøre en risiko for overoppheting av bremser, motor m.m. i tunge kjøretøy i kombinasjon med K4, K2 og K5. K3 ansees å være for langt unna. Kanskje også K5 er det. Sløverfjord tunnelen utgjør den største risikoen i forbindelse med overoppheting av tunge kjøretøy, ettersom denne tunnelen er undersjøisk, 3336 m lang og har stigning på 8 %. Myrland tunnelen er ikke undersjøisk og er 1965 m lang med en stigning på 2,6 %. Disse momenter er det tatt hensyn til i denne risikovurderingen.

Forskriften har ikke krav som omhandler sykling i tunnel. Det er som sagt tidligere, Nasjonal sykkelveg på denne traseen. Risikovurderingen har tatt utgangspunkt i at Nasjonal sykkelveg

kan gå gjennom alle de 3 tunnelalternativer, men kun med sykling hvis det etableres rømningstunnel. Hvis ikke må det etableres løsninger med kjøretøy som frakter sykler og syklister gjennom tunnelene. Alternativt kan Nasjonal sykkelveg vurderes å legges om slik at den går over Lofast og ikke over Hadselfjorden.

3.3 TUSI-beregning

TUSI (Tunnelsikkerhet): Ved hjelp av geometriske data for tunnelen beregnes forventet ulykkesfrekvens for deler av og hele tunnelen. Beregningene er basert på norske og utenlandske undersøkelser som dokumenterer sammenhengen mellom ulykkesfrekvens og geometriske forhold. TUSI-beregningen er det verktøyet SVV bruker for å kvantifisere ulykkesfrekvens i tunneler.

TUSI	**Havari / kjøretøystopp**		**Personskade-ulykker**		**Branntilløp tunge + lette kjøretøy**		**Branntilløp tunge kjøretøy**		**Ulykkes-frekvens**
Tunnel	Antall hendelser pr **år**	Tid mellom hver hendelse **(dager)**	Antall hendelser pr **år**	Tid mellom hver hendelse **(år)**	Antall hendelser pr **år**	Tid mellom hver hendelse **(år)**	Antall hendelser pr **år**	Tid mellom hver hendelse **(år)**	
K2 Fiskebøl	89	4	0,371	2,7	0,096	10	0,025	40	0,050
K3 Hadselsanden	61	6	0,270	3,7	0,072	14	0,018	55	0,053
K4 Holdøya	35	10	0,224	4,5	0,058	17	0,016	62	0,077
K5 Strønstad	61	6	0,270	3,7	0,072	14	0,018	55	0,053
Sløverfjord tunnelen *	28,18	13	0,251	4	0,050	20	0,019	52	0,107
Myrland tunnelen *	13,4	27	0,164	6	0,017	59	0,006	167	0,122
Forklaring:									
Kjøretøystopp/havari: betyr normalt at kjøretøyer slipper opp for drivstoff, eller får motorstopp. Normalt vil slike hendelser ikke kreve aksjon fra utrykningskjøretøy.									
Personskadeulykker: vil kreve innsats fra politi / ambulansekjøretøy.									
Branntilløp: vil kreve stenging, utrykning, slokking og eventuelt evakuering av hele tunnelen.									
Ulykkesfrekvens: antall personskadeulykker pr. million kjøretøy km									

TUSI-beregninger er oppdatert 20.02.2020 av Wenche Sivertsen (Statens vegvesen). Hver TUSI-beregning er utført for seg. Det er ikke utført TUSI-beregning for flere tunneler i sammenheng, for eksempel K2 eller K4 og Sløverfjordtunnelen, da TUSI-verktøyet ikke er tilrettelagt for dette. Det er ikke utført egen TUSI-beregning for K5 Strønstad da den har akkurat de samme data som K3 Hadselsanden, det er derfor brukt resultater for K3 i K5, samme data inn i TUSI vil gi samme resultater i TUSI.

***** TUSI-beregning for Sløverfjord og Myrland tunnelene er utført av Wenche Sivertsen, Statens vegvesen 16.03.2018 i forbindelse med risikoanalyse av tunnelenes oppgradering ifm. TSF.

4 Diskusjon av risiko og forutsatte sikkerhetstiltak

Risikovurderingen for tunnelalternativene forutsetter at **alle** sikkerhetstiltak i Forskriften og N500, som det er krav til og er realiserbare, blir gjennomført.

Tiltakene det gjelder er:

- Nødfortau min. 1 m bredde
- Havarilommer hvert 500 m
- Avløp for brannfarlige og giftige væsker
- Belysning
- Sikkerhetsbelysning i hvert 4. armatur
- Ledelys for evakuering hver 25. m eller sammenhengende LED-ledelist
- Brannventilasjon 50 MW
- Nødstasjoner med telefon til VTS og 2 brannslokkere for hver 125. m
- Slokkevann
- At tunnelen er koblet til VTS
- Videoovervåkning med hendelsesdeteksjon (VTS)
- Rødblink ved portaler
- Utstyr inne i tunnel for å kunne stoppe trafikk for hver 1000 m
- Snunisjer inne i tunnel for hver 2000 m
- Digitalt nødnett
- Innsnakk på radio (DAB)
- Nødstrømsforsyning som kan drifte sikkerhetsutstyr ifm. evakuering
- Redundante systemer (Strøm-, måle- og kontrollkretser)
- Brannmotstandsnivå for sikkerhetsutstyr

Den primære restrisiko er da knyttet til stigningen som for alle 3 tunnelkonsepter er over 3 % og for K4 er over 5 %, relativt lange tunneler og at det er lang innsatstid fra brannvesenet. Stigningen, lengden og den lange innsatstida gir en restrisiko som vil kreve avbøtende tiltak for å oppnå et risikonivå som er minst like godt eller bedre. I det neste kapitlet vil vi diskutere denne restrisikoen og foreslå avbøtende tiltak. Det er dog vanskelig å kvantifisere om de tiltakene vi foreslår gir minst like godt sikkerhetsnivå eller bedre, så det er her ALARP-prinsippet kommer inn i bildet, ved at det gjøres et kvalitativt anslag på effekt og risikonivå.

5 Mulighetsstudie over tiltak som kan redusere restrisiko og avbøtende tiltak

5.1 Gjennomgang av mulige tiltak

5.1.1 Innledning – om TUSI beregning, bremsing, stigning og betydning av teknologi

TUSI-beregningen viser at det er relativt liten forskjell i estimert frekvens for branntilløp. K2 Fiskebøl vil ha branntilløp litt oftere enn K3/K5 og K4. Det er med andre ord ikke spesielt stor forskjell i frekvensen for brann, dette skyldes at K4 som har 8 % stigning er en del kortere enn K2 og K3/K5. Samt at stigningsprosenten også er relativt stor i K2 og K3/K5, noe som også øker frekvensen for brann en del sammenlignet med tunneler som har under 3 % stigning. At K3/K5 er lengre og spesielt K2 mye lengre enn K4 utgjør også en utfordring ifm. evakuering da disse tross alt har 5 % stigning. Det kan også diskuteres hvorvidt belasting på bremser, motor og turbo vil være i nærheten av den belastingen de blir utsatt for i K4, fordi K2 og K3/K5 er så mye lengre. Men dette gjenspeiles antakelig i TUSI-beregningen.

Teoretisk vil bremsearbeidet for å holde et kjøretøy i konstant hastighet ned en helling være like stort om hellingen er 5 % eller 8 %, forutsatt at høydeforskjellen fra topp til bunn er like stor i begge tilfellene. Bremsekraften må likevel være større i den bratteste hellingen fordi kraftkomponenten av massen langs veien blir større. I praksis er det flere faktorer som spiller inn blant annet rullemotstand og luftmotstand. Skal kjøretøyet stoppe, vil bremsekraften måtte øke, siden retardasjonskreftene kommer i tillegg. Krefter langs skråplan: $F = m*g*\sin\alpha$. Høydeforskjellen på de 3 tunnelkonseptene er omtrent de samme, dvs. at havdybde og fjelloverdekning er omtrent de samme.

Det er også vurdert om det vil redusere antallet branner ved å senke fartsgrensen til f.eks. 60 km/t men konklusjonen er at det totalt vil øke sannsynligheten for varmgang i bremser og at det utgjør en større risiko for brann enn frontkollisjon.

ÅDT i alle de 3 tunnelkonsepter er relativt lave (1400 i år 2030) og andelen tunge lastebiler er også relativt lav (10 %), noe som i seg selv utgjør en god del lavere risiko enn tunneler med høy ÅDT og høy andel tunge kjøretøy. Det er dessuten ingen stigning av betydning på veg i dagen før man kommer til de 3 tunnelkonseptene. Men K4 Holdøya har Sløverfjord tunnelen bare 1 km unna, denne er som sagt 8 % stigning og er 3336 m lang, dette i kombinasjon med at K4 også er 8 % stigning og er 8000 m lang. Det betyr at det er særskilte behov for avbøtende tiltak for primært å redusere sannsynligheten for at brann oppstår og tilrettelegge for tidlig varsling (alarm) og publikums mulighet for å slokke brannen selv. K2 Jenslibukta er også nær Sløverfjordtunnelen, dvs. kun 3 km unna, tilsvarende problemstilling vil gjelde for K4 Holdøya som er 1 km, K5 er 5 km unna. Til opplysning er K3 12 km unna Sløverfjordtunnelen.

Vi antar at Hadselfjordforbindelsens eventuelle etablering ligger relativt langt inn i fremtiden. På grunn av det mener vi også at eksisterende teknologi, både på kjøretøy og sikkerhetsutstyr til tunnel høyst sannsynligvis er blitt forbedret. Vi mener også at ny

teknologi som enten er i startfasen eller pr. d.d. ikke er utviklet kan forberede sikkerheten. Med andre ord mener vi at det ved bruk av teknologiske løsninger høyst sannsynlig kan være mulig å bygge K4 og få tilsvarende sikkerhetsnivå som Konsept 3. Det samme vil gjelde for Konsept 2. Hva med Konsept 5? Det er i denne sammenheng mest fokusert på brann og spesielt brann i lastebiler og vogntog, da disse utgjør den største risikoen. Selv om sannsynligheten er relativt lav er det en potensiell stor konsekvens hvis mange personer befinner seg i tunnelen samtidig.

5.1.2 Avbøtende- og risikoreduserende tiltak, historikk og statistikk

I KVU prosessen er det diskutert å etablere nødutgang gjennom en nødutgang, i form av en rømningstunnel med profil T5,5 ved siden av K4 som et avbøtende tiltak, dette ser risikovurderingen som et effektivt tiltak, men dette er et konsekvensreduserende tiltak og det er heller ikke krav om det i Forskriften, så det kan ikke anbefales å legges til grunn i konseptene. Derimot kan det gjøres følsomhetsanalyser som viser forskjeller i kostnader og nytte ved å etablere nødutgang. Det beste er likevel hvis man kan finne sannsynlighets reduserende tiltak. Risikovurderingen har undersøkt hvilke risikoreduserende tiltak med tanke på brann i lastebiler/vogntog som pr. d.d. eksisterer. Flere steder i utlandet er det tatt i bruk varmeskanningssystem hvor lastebiler/vogntog og busser kjører gjennom en skanner som leser av temperatur på kjøretøyet før det får slippe inn i tunneler.

Systemet ble først tatt i bruk ved Mont Blanc tunnelen mellom Frankrike og Italia etter en katastrofal brann. Den 24. mars 1999 tok en lastebil fyr i tunnelen og 39 personer omkom og 27 ble skadet. Lastebilen var lastet med mel og 20 tonn margarin. Alle som omkom var personer som stod i kø bak lastebilen, de evakuerte for sent i kombinasjon med at kontrollsentralen styrte vifter og dermed røyk i feil retning noe førte til at alle de som stod bak lastebilen ble fanget i røyken og omkom. Brannen pågikk i 53 timer. Det gikk 10 min fra brannen oppstod til det ble slått alarm. Varmgang i bremser, motor, turbo eller slangelekkasje på varm motor er hovedårsaken til brann i lastebiler/vogntog og busser. Brannen i Mont Blanc er verdens verste brann i vegtunnel med tanke på antall drepte.

Men det har også vært en katastrofal brann i den 17 km lange St. Gotthard tunnelen i Sveits. Den 24. okt. 2001 frontkolliderte to lastebiler og fikk drivstofflekkasje og tok fyr. 11 personer omkom. Hovedårsak til at så mange omkom var at ventilasjonssystemet som her bestod at flere vertikale ventilasjonssjakter trakk røyken i stor fart inn i området hvor mange personer befant seg. Det ble giftig røyk og veldig liten sikt. Selv om det var nødutganger til parallell rømningstunnel var disse ikke belyst og mange fant ikke nødutgangene. Så frontkollisjon er også en årsak til brann selv om denne er sjelden, sammenlignet med varmgang eller teknisk feil på kjøretøy. St. Gotthard tunnelen har i dag også varmeskanningssystem i bruk.

Med tanke på kraftige kollisjoner ifm. Utforkjøring, har tunneler bygd etter nye krav vil stort sett ikke ha mulighet for bråstopp ved utforkjøring verken rett før tunnel (veg i dagen) eller inne i tunnelen da havarinisjer i dag utformes med tanke på å hindre bråstopp.

Transportøkonomisk Institutt (TØI) har i sin kartleggingsrapport fra 2012 analysert tunnelbranner i Norge i perioden 2008 – 2011, hvor det var 133 branner i de godt over 1000

norske tunnelene. De fant at det inntreffer 21,25 branner pr. år per 1000 tunneler. Årsaker til brannene er listet opp i tabellen under.

Årsakskategorier:	Biler under 3,5 t	Biler over 3,5 t	Antall hendelser:
Uklart:	52 %	37 %	51
Tekniske problemer:	17 %	49 %	41
Eneulykke:	11 %	2 %	9
Kollisjon:	20 %	12 %	22
Antall hendelser:	76	57	133

Figur 3 (Transport økonomisk Institutt , 2012)

5.1.3 Varmeskanningssystem

Vi mener at det er meget interessant å vurdere varmeskanningssystem ifm. K4 og Sløverfjord. Prosessleder var i kontakt med Anine Kalmo Larsen (SVV) Brannvernleder vegtunneler i Akershus, hvor det er vurdert varmeskanningssystem i f.eks. Oslofjordtunnelen. De har i Region Øst undersøkt markedet ang. varmeskanningssystem og funnet at Produsenten SICK AS er det mest interessante systemet, da dette er montert i bla. St. Gotthard tunnelen der det er pr. 2017 er opparbeidet en database på over 2 millioner registrerte tunge kjøretøy. Med en så stor database er det mulig for systemet å kalkulere om det er nært kritisk temperatur basert på hvilken type kjøretøy, bilmerke og modell. Det gir høy presisjon og databasen vil over tid bli mer og mer nøyaktig. Databasens registrerte antall kjøretøy vokser dag for dag. Vi antar derfor at om 10 år er denne databasen enorm og meget presis i sin kalkulasjon.

Systemet klarer å skanne tunge kjøretøy i 80 km/t, men prosessering av skanningen tar oppimot 4 sekunder. Så det vil pr. d.d. være behov for at tunge kjøretøy må kjøre i en egen fil hvor de må vente på klarsignal for å kunne kjøre inn i tunnelen. Og de kjøretøy som er for varme vil måtte kjøre inn på et eget areal hvor de kan vente til kjøretøy er kjølt ned og deretter måtte kjøre gjennom skanner på nytt. Ifm. med å bygge ny tunnel K4 mener vi det er realistisk å få plass til areal nok til å etablere denne infrastrukturen. Systemet kan også lese av både nummerplater og avlesing av ADR skilt som forteller hvilket farlig gods som kjøretøyet har om bord. Det vil da være mulig å legge strengere krav til temperatur for ADR-transport. Med tanke på at disse tunnelene først kan være realistiske å etablere om en god del år antar vi at prosesseringskraften er mangedoblet til da og det høyst sannsynlig vil være snakk om at skanningen kan gjennomføres på under 1 sekund i 2030. Utviklingen av sensorer går også relativt fort og vi kan regne med at disse til den tiden tunnelen er bygget er blitt en del mer nøyaktige, hurtigere og mer driftssikre, selv om de i dag regnes som gode nok.

Figur 4 Programvare i Varmeskanningssystemet som kan vise både 2D og 3D modell. SICK AS

Figur 5 Varmeskanningssystemet montert på portal Foto: SICK AS

	truck	bus	car/van	motorbike/rest
wheel	120°C	70°C	150°C	-
engine + exhaust pipe	500°C	350°C	350°C	-
passenger zone	80°C	80°C	80°C	-
loading zone	120°C	80°C	80°C	-
conture	500°C	460°C	460°C	460°C

Figur 6 Typiske temperaturgrenser (konfigurerbar) SICK AS

I K2 og K3 er stigningen 5 % og er vesentlig lengre enn K4, og som det vises i TUSI-beregningen har de nesten samme frekvens for brann i tunge kjøretøy. K2 har faktisk oftere frekvens. Det er i Forskriften krav om avbøtende tiltak på bakgrunn av en risikoanalyse hvis stigningen er over 3 % og vi mener at man også bør vurderer varmeskanningssystem for disse tunnelkonsepter med tanke på lengden og det relativt høye stigningen som også vil være utfordrende å evakuere ut av, kombinert med relativt lang innsatstid for brannvesenet.

Risikovurderingen anbefaler at det etableres varmeskanningssystem fra SICK AS eller tilsvarende i alle tunnelkonseptene og da spesielt hvis K4 velges.

5.1.4 Brannslokkingssystem med to robotkjøretøy

Prosessleder for denne risikovurderingen (Henrik Wildenschild) har i 2017 sendt et FoU-forslag med en enkel konsepttegning til tunnelmiljøet i Vegdirektoratet, om utvikling av et helt nytt og revolusjonerende brannslokkingssystem for tunneler. Ideen er utviklet over tid på fritiden, men Henrik W. har overlevert ideen til SVV. Konseptet går ut på at det stasjoneres 2 robotkjøretøy i selve tunnelen (eller på utsiden) som kan kjøre autonomt, og eller styres av VTS eller brannvesenet som er på vei til tunnelen. Disse aktiveres når brannalarm er aktivert og kjører inn til brannstedet i tunnelen. Det er montert low-light kamera, IR-kamera, temperaturmåler, mikrofon og høyttaler og CO/O måler som gjør det mulig å undersøke tunnelen og brannstedet lenge før brannvesenet er kommet frem til tunnelen. Samt at de kan gi beskjeder og motta informasjon fra publikum som er ved å evakuere ut til fots.

Når robotkjøretøyene er kommet i nærheten av brannstedet fra hver sin side, sjekkes det med kameraer om det er personer mellom de 2 robotkjøretøyene. Når det er klart at disse enten er omkommet, for eksempel fastklemt i fullt overtent kjøretøy eller befinner seg i et område med så høy temperatur an man med sikkerhet kan anta at det er omkommet. Eller at man ser at folk klarer å komme seg på andre siden av robotkjøretøyene, så blåser robotkjøretøyet opp en duk omkranset av en oppblåsbar «pølse». Som er laget av f.eks. samme materiale som oljelenser, evt. forsterket slik at materialet tåler mer varme. Denne «pølse» med duk fyller hele tunnelprofilet slik at brannen kveles og røyken isoleres mellom de 2 robotkjøretøyene. Selv om det ikke blir helt lufttett pga. ujevnheter på tunnelvegg eller rundt henget med lysarmatur vil det antakelig sterkt begrense mengden oksygen som tilføres brannstedet og begrense røykspredningen så drastisk at det vil ha stor effekt uansett. Det kan etableres en nøddør i duken med borrelås eller tilsvarene samt inspeksjonsvindu og koblinger som gjør det mulig å koble brannslanger gjennom duken, slik at brannstedet kan kjøles ned fra den trygge siden eller det kan drives slokking på innsiden med røykdykkere.

Det kan også vurderes å montere slokkegasser (nitrogen, argon og CO^2) på robotkjøretøyene som kan sprøytes inn til brannstedet for å fremskynde slokkingen før brannvesenet kommer til brannstedet med slokkevann. Med tanke på at de første 10-15 min er viktige før full overtenning vil et slik system kunne være på plass veldig tidlig og kunne begrense både skader på personer, kjøretøy og tunnel. Det vil også være mulig at et slikt system vil kunne tas med under utrykning og brukes i tunneler som ikke har slikt utstyr stasjonert. Det vil da være mulig for brannvesenet å sende disse inn til brannstedet i tilfeller hvor det er for farlig å gå inn selv med røykdykkere. Det vil ved brann bli et overtrykk mellom de 2 robotkjøretøyene med lufttette duker men dette kan løses med trykkutligning, eller ved at duken skytes ut fra kjøretøyet og forankres i tunnelveggen og bakken. Muligens kan brannventilasjonen i tunnelen på hver side styres individuelt og dermed lage et undertrykk som utligner overtrykket ved brannstedet. Konseptet beskrevet ovenfor er diskutert med Salten Brann IKS og de mener at konseptet absolutt er revolusjonerende, meget interessant

og vil gjerne delta i utviklingen og testing av dette systemet hvis det blir aktuelt. Konseptet har også i 2018 vært diskutert med Brannvernleder Kjell Agnar Mikalsen i Midtre Hålogaland vegavdeling, som har vært brannmann og røykdykker i hele sin lange karriere. Han har også undervist i mange år på Norges Brannskole på Fjelldal i Tjeldsund kommune. Han ga klart uttrykk for å være meget positiv til konseptideen. Det vil sannsynligvis være kompetanse inn olje- gassektoren som kan bidra til en utvikling av konseptet og den tekniske løsning.

Alternativt kan man vurdere å utvikle et tilsvarene system med duk og oppblåsbar «pølse» som kjører på skinner i taket. En ide kunne være å kombinere kabelheng med slik skinner, slik at man lager et felles system for kabelbro/heng/belysning i taket og skinnegang. I dette konseptet vil duken slippes ned fra skinnegangen med tunge lodd og tilsvarende oppblåsbar «pølse» blåser seg opp langs tunnelveggen.

5.1.5 Enkelt robotkjøretøy til slokking

Det er pr. d.d. flere leverandører hvoriblant en av disse norsk som arbeider med å utvikle en slokkerobot, men utfordringen er at mengden slokkemiddel disse kan ha med er begrenset. I tilfeller hvor brannen oppstår inne i selve motorrommet eller i lasterommet vil en liten mengde slokkemiddel (vann/skum) ikke være nok, fordi slokkemidlet ikke trenger inn til selve brannstedet. Derfor kan FoU-forslaget ovenfor om robotkjøretøy som kveler brannen være mere interessant. Uten oksygen – ingen ild; ingen ild – ingen røyk, men mindre det dreier seg om brann i materialer som ved forbrenning utvikler oksygen, noe som regnes som sjeldent og er stort sett relatert til ADR-transport. Det vil uansett begrense mengden røyk som kan spre seg til resten av tunnelen.

5.1.6 SPURV og UTV kjøretøyer

Det finnes dag en liten norskutviklet robot (fjernstyrt bil) kalt SPURV som brannvesenet kan ha med seg og sende inn til brannstedet for å kartlegge tunnelen. Det er low-light og IR kamera påmontert SPURVEN og kan dermed søke gjennom tunnelen etter personer, som gjør brannvesenet i stand til mye fortere og tryggere å gjøre søk i tunnelen i tilfelle det er så mye røyk at de kun kan gå til fots med røykdykkere. Å gå til fots som røykdykker går sakte og har begrenset rekkevidde og tid som det er mulig å gjøre søk på, før oksygentilførsel er brukt opp. Ved bruk av SPURV kan man gjøre en målrettet redning av personer som fortsatt er inne i tunnelen. Det ble ved risikoanalyse i 2018 ifm. oppgradering av Sløverfjord tunnelen anbefalt at det gis tilskudd til brannvesenet for å kunne gå til innkjøp av en SPURV. Med tanke på den lange innsatstiden brannvesenet har, vil en SPURV være til stor nytte ved tunnelbrann. Selv om det monteres videoovervåkning i tunnelen vil den ikke vise noe bilde når røyken blir tett nok og pga. varmen ligger røyken seg oppe i taket hvor kamera er plassert. Videoovervåkning er et viktig hjelpemiddel for å oppdage stans på kjøretøy og brann, mens SPURV gjør nytte når videokamera ikke lengre kan vise bilde pga. røyk. Risikovurdering vil anbefale at brannvesenet både nord og sør for tunnelene har SPURV eller tilsvarende til rådighet i alle tunnelkonseptene. SPURVEN er også testet og har vist at den kan fjernstyres over mobilnettet, slik at det alternativt kan etableres en SPURV som

stasjonert ved eller inne i tunnelen, f.eks. i teknisk rom i bunnen av tunnelen, som kjører ut gjennom en fjernstyrt dør/lem.

Undersøkelser fra Sverige viser at folk kan overleve ganske lenge inne i en røykfylt tunnel, så fremt at de er kommet et stykke unna brannstedet. Selv om de besvimer pga. CO forgiftning vil det være litt oksygen helt ned ved vegbanen (Det Svenske Räddningsverket., 2005). Det er derfor viktig at det gjøres søk etter personer selv om innsatstiden er relativt lang. Det vil fra nord være brannvesen med mindre slagstyrke, men som vil være relativt kort tid unna og som kan sende inn en SPURV for å samle informasjon til et større brannvesen kommer frem.

Ved risikoanalyse i 2017 av de gamle Sørfold tunnelene på E6 i Nordland fylke, ble prosessleder (HW) bedt om at det skulle gjennomføres en risikoanalyse/vurdering av hvilke midlertidige tiltak som kunne settes inn i påvente av nye tunneler, som var blitt utsatt i tid i NTP. I denne risikovurderingen i samarbeid med Salten Brann IKS, kom vi frem til at SPURV kombinert med elektrisk UTV med henger, ville være effektivt i en redningsoperasjon. UTV er en større versjon av ATV. På henger ble det montert ekstra luftbank slik at brannvesenet kunne sende SPURVEN inn for å finne ut hvor det evt. befant seg personer og dernest sende røykdykkere inn på UTV og hente ut folk på hengeren som de kunne gi luft fra luftbanken. Det kunne også vurderes ved disse 3 tunnelkonseptene og spesielt K4 og Sløverfjord tunnelen som et avbøtende tiltak. Bruk av SPURV og UTV med henger gjelder brannscenario med en stor brann i lastebil hvor røykutviklingen er så stor at brannventilasjonen ikke klarer å ta unna røyken. I det fleste tilfeller vil brannventilasjonen kunne styre røyken i en retning slik at brannvesenet kan komme inn til brannstedet med frisk luft i ryggen. Både SPURV og UTV med henger vil kunne benyttes i andre tunneler og i andre oppdrag brannvesenet har og har derfor en større samfunnsøkonomisk nytte enn bare til tunnel. Poenget med at UTV må være elektrisk er at en bensin eller dieseldrevet motor vil kveles når det er for lite oksygen nært brannstedet og at det i tett røyk kan føre til at luftfiltre på motoren går tett.

5.1.7 Tilfluktsrom

Ved enkelte tunnelbranner i utlandet har det vist seg at tilfluktsrom inne i tunneler kan være dødsfeller, fordi temperaturen nært brannstedet har vært så høy at folk har blitt kremert inne i tilfluktsrommet. Det har vært diskutert om at Vegdirektoratet gjennom et FoU-program ønsker å undersøke om tilfluktsrom kan bygges eller brukes på en måte at de ikke blir dødsfeller. Det første vi tenker på her er at tilfluktsrom åpnes av VTS og på den måten låser de tilfluktsrom som er nært brannstedet og gir beskjed med skilt og evt. høyttaler om at disse er stengt og at folk skal evakuere frem til neste tilfluktsrom. Så det kan vise seg at tilfluktsrom kan være aktuelt i fremtiden. Men pr. d.d. kan ikke risikovurderingen anbefale dette. N500 har også krav om at tilfluktsrom ikke skal bygges med mindre det er utgang til det fri, noe som ikke er mulig i en undersjøisk tunnel. I de fleste tilfellene er dette heller ikke realistisk i en tunnel på land.

5.1.8 Parallell rømningstunnel

Det er i KVU prosessen vurdert om nødutgang i form av en parallell rømningstunnel er et godt sikkerhetstiltak, og risikovurderingen mener at rømningstunnel er et godt sikkerhetstiltak. Det vil imidlertid for så lange tunneler være svært kostbart å drive en parallell tunnel. Ettersom det finnes eller vil komme til å finnes teknologiske løsninger som både er sannsynlighetsreduserende og konsekvensreduserende vurderer risikovurderingen det slik at det ikke nødvendigvis etableres parallell rømningstunnel. Dette begrunnes videre i at man sannsynligvis kan redusere sannsynligheten nok for at brann oppstår, og ellers har andre gode sikkerhetstiltak som reduserer konsekvensen av brann, slik at det mulig gir like stor eller større risikoreduksjon som en rømningstunnel vil gi. I lavtrafikkerte tunneler som disse vil de aller fleste ha gode muligheter for å evakuere ut i sine kjøretøy, da det sjeldent vil oppstå kø ifm. med evakuering. Nytten av egen rømningstunnel i forhold til kostnaden vil være vesentlig større i høytrafikkerte tunneler med kø og mye saktegående trafikk, f.eks. et senario i rushtrafikken i Oslofjordtunnelen. Men rømningstunnel kan jo likevel brukes som et avbøtende tiltak pga. 8 % stigning, selv det det ikke er krav til rømningstunnel i utgangspunktet pga. lav ÅDT. Dette hvis andre avbøtende tiltak ikke er tilstrekkelig eller ikke la seg gjøre f.eks. at flere at de andre fremtidige muligheter ikke blir realisert.

Vi tenker også at man burde undersøke om man kunne bygge tunnelen med et litt større tverrsnitt slik at man etablerte en lufttett rømningstunnel/nødgalleri i en betongkonstruksjon på den ene siden av tunnelløpet med nødutganger fra selve tunnelløpet. Her kunne evt. alt av kabler m.m. legges under gulvet i rømningstunnelen med inspeksjonsluker. Det vil antakelig være mye billigere enn å etablere en egen rømningstunnel drevet i fjell parallelt med selve hovedløpet. Hvis en større brann over tid skulle ødelegge betongkonstruksjonen (rømningstunnelen) kunne man etablere branndører ved f.eks. hver 1000 m for å hindre at røyken sprer seg inne i rømningstunnelen.

5.1.9 Automatiske bommer

Risikovurderingen anbefaler for alle 3 tunnelkonsepter at det monteres automatiske bommer ved begge portaler som er videoovervåket. Dette er ikke et krav i TSF og er kun et vurderingskrav i N500 for tunnelklasse B. Erfaringer tilsier at mange ikke respekterer kun rødblink ved portaler, og med tanke på at disse tunnelene er veldig lange bør det absolutt monteres, for å hindre unødig flere personer kjører inn i tunnelen ved brann. Det gir også bedre sikkerhet ifm. vedlikehold og stengt tunnel, da det ofte oppleves at sjåfører kjører inn i tunnelen selv om den er stengt og ikke ser eller respekterer rødblinken og utgjør en trafikksikkehetsfare for seg selv og folk som jobber i tunnelen.

5.1.10 Elektriske kjøretøy

Det som også må tas i betraktning er at kjøretøyparken, inkludert godstransport i relativt nær fremtid gradvis vil går over på elektrisk drift, og det er en del usikkerhet rundt hvor fort denne utskiftningen vil skje. Det er også usikkert hvorvidt disse vil utgjøre en mindre brannrisiko enn kjøretøy på fossilt brennstoff. Mye tyder på at brannrisikoen vil bli mindre med elektriske kjøretøy, men er pr. d.d. vanskelig å slokke branner i elektriske kjøretøy da batterier ikke kan slukkes på samme måten som fossilt drevne kjøretøy. Det siste nye er at

større brannvesen har anskaffet store branntepper de kan legge over elektriske personbiler og dermed slokke den over tid. Brannen i batteriet la seg pr. d.d. ikke slokke på en enkelt måte med vann og skum, da det skjer en kjemisk reaksjon som går fra en battericelle til neste celle, en prosess som omtales som termal runaway. Røyken av dagens batterier i elektriske kjøretøy er giftig og inneholder blant annet fluorforbindelser og hydrogen flourid gass som er farlig å få i luftveier og øyene da den etser og er giftig. I en tunnel vil mengden av slike stoffer fort bli tynnet ut til mindre farlige mengder, så det er mest problematisk for de som befinner seg tett på brannstedet.

Ved brann i et stort batteri i en elektrisk lastebil vil røyken definitivt utgjøre en helsefare for personer i tunnelen. Det foregår også forskning på dagens batteriteknologi som gjør at man ikke får «Termal runaway». Vi kan anta at hvis denne teknologien lykkes, så vil det være en stor risikoreduksjon ifm. Brann i elektriske kjøretøy, både sammenlignet med dagens batterier. Generelt antar vi at brannrisiko vil bli mindre med fremtidige elektriske kjøretøy, både sett i forhold til dagens elektriske kjøretøy og spesielt sammenlignet med kjøretøy som bruker fossilt drivstoff, som ved lekkasje kan renne ut i vegbanen og spre seg i areal og antennes.

5.1.11 Annen teknologi på tunge kjøretøy som forebygger eller begrenser omfanget av brann

Retarder

Retarder er en nyere type bremsefunksjon på tunge kjøretøy som er montert på mellomakslingen, enten ved bruk av elektromagnet eller olje under høyt trykk. De mest moderne er i tillegg vannavkjølt. Retarder vil redusere faren for overopphetet bremser på tunge kjøretøy og vil dermed redusere antallet branner i bremsesystemer betraktelig. De aller fleste nyere tunge kjøretøy registeret i Norge har retarder, da antar vi at vi om 20 år kan forvente at de aller fleste, om ikke absolutt alle tunge kjøretøy inkl. utenlandske tunge kjøretøy har denne teknologien.

Brannslukningssystem montert i tunge kjøretøy

Det finnes en relativt ny teknologi som kan begrense brann i bla. motorrommet på tunge kjøretøy, ved å automatisk detektere for høy temperatur eller røyk og dernest aktivere et slukkesystem. Teknologien brukes i dag i noen busser, og vi antar at denne type teknologi vil kunne øke i omfang og mulig være en standard i mange eller de fleste tunge kjøretøy om 20 år. FN regulering UNECE R107 er undertegnet av 55 land inkl. Norge, EU og Russland. Det innebærer at alle nye busser (klasse 1, 2 og 3) fra 2021 skal ha brannslukningssystem montert i bussen. Systemet skal slukke branntilløp i bussens mest brannutsatte utsatte områder. Brann i buss er et senario som vil føre til at mange personer i bussen må evakuere ut til fots. Det taler også for at egen rømningstunnel i fremtiden vil ha mindre nytte i forhold til kostnaden, sett i forhold til trafikkmengden i dette området.

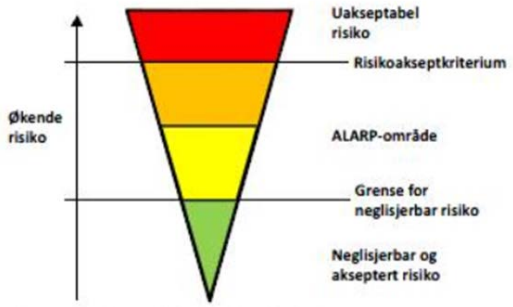
Det har vært en dialog mellom prosesslederen for denne risikovurderingen og markedslederen på slike brannslukningssystemer, som heter Dafo Brand AB. Her ble det også opplyst om at det er en regulering på vei, når det gjelder transport av farlig gods (ADR-

transport). Slik at det også blir krav om slik slokkesystem i slike kjøretøy. Vi antar også at det mulig på lengre sikt vil kunne komme regulering som krever slik brannslokkingssystem i alle tunge kjøretøy. Skulle det ikke komme regulering for alle tunge kjøretøy må vi anta at en del lastebileiere frivillig velger slikt system for at det antakelig vil kunne gi lavere forsikringspremier på kjøretøyet. Det kom også frem at Dafo jobber tett sammen med en av de største batteriprodusenter for å utvikle et system som slokker brann/termal runaway i batterier i elektriske kjøretøy. Slokkesystemet kan også ettermonteres i de aller fleste tunge kjøretøy og busser selv om det ikke var montert ved produksjon av kjøretøyet.

Selvkjørende kjøretøy og ITS

Slik utviklingen er nå antar vi at vi om 20-30 år vil det være en stor andel av selvkjørende (autonome) kjøretøy, og de som ikke er 100 % selvkjørende vil høyst sannsynlig ha flere kjørestøttesystemer enn i dag. Det vil høyst sannsynlig medføre mindre sannsynlighet for trafikkulykker og feil bruk av bremser samt motor som kan forårsake overoppheting og medføre brann. Det antas også at ulykker kan få mindre konsekvens fordi kjørestøttesystemer eller autonome kjøretøy vil kunne detektere og reagere på uønskede hendelser raskere enn en sjåfør. Det vil kunne medføre mindre kollisjonskrefter og dermed mindre personskade og mindre sannsynlighet for lekkasje av fossilt drivstoff eller lekkasje, samt skade på batteri som kan føre til brann. 20-30 år frem i tid antar vi også at sikkerhetsutstyr i nye tunneler vil være mer effektive og mulig ha lavere kostnad. Prosessorkraften øker for hvert år og sensorers kvalitet og nøyaktighet likeså. Det vil høyst sannsynlig medføre at f.eks. videoovervåkning med hendelsesdeteksjon (AID) vil være mer nøyaktig og mulig billigere. Nye sensorer kombinert med kunstig intelligens (AI) vil høyst sannsynlig kunne oppdage fare i tunnel raskere og mer nøyaktig enn en menneskelig operatør eller dagens AID (automatisk hendelsesdeteksjon). Trolig vil det bli brukt flere typer sensorer i tunneler slik at røyk og gasser overvåkes jevnt i hele tunnelen. Dette vil kunne utnyttes i forbindelse med styring av brannventilasjon, og gi brannmannskaper et bedre bilde av situasjonen ved brann eller lekkasje av farlig gods. En utfordring med autonome kjøretøy som kjører uten fører i bilen vil naturligvis ikke kunne bidra til å slukke brann med bruk av brannslukningsapparater montert i tunnelen. I slike tilfeller vil det være effektivt hvis det finnes et slokkesystem f.eks. det som er foreslått tidligere i rapporten, med bruk av duk og «pølse» som kveler brannen. Spesielt viktig blir det i tunneler hvor brannvesenet har lang innsatstid.

5.2 Mulige tiltak i hvert konsept



Figur 1 Illustrasjon av ALARP-prinsippet.

I tabellen under er risikovurderingens tiltak er listet opp og vist for hvert konsept. Det er brukt fargekoder fra ALARP-prinsippet (se figur ovenfor). Tiltakene er **ikke** listet opp i prioritert rekkefølge, og det samme tiltaket kan forekomme innen flere tema. Tabellen viser kun de tiltak risikovurderingen har funnet som er utover det sikkerhetsutstyr m.m. som Forskriften eller N500 har krav til, og er ansett å være realiserbare og som risikovurderingen legger til grunn blir etablert. For spesifisering av disse tiltakene, se opplisting i starten av kapittel 4.

Tiltak nr.	Tema / hendelse	Hendelse/sikkerhetsproblem/ Særtrekk (med fargekode fra ALARP)	Risikoanalysens anbefalte tiltak
Konsept 2 Fiskebøl			
1.K2	Brann	Dette konseptet har litt oftere brannfrekvens enn de 2 andre konsepter. Med en stigning på 5 % og tunnellengde på 14 500 m er det behov for at man begrenser antallet kjøretøy som før tunnelen har for varme komponenter på kjøretøy, med tanke på at innsatstiden for brannvesenet er såpass lang.	• Vurdere etablering av varmeskanningssystem • Mulig at fremtidig FoU kan komme frem til trygge tilfluktsrom. • Det kan i tillegg vurderes om FoU-forslaget ang. robotkjøretøy som kveler brannen skal utvikles og tas i bruk i slike ekstremt lange tunneler som har lang innsatstid. Alternativt slokkerobot som bruker slokkemiddel hvis ovennevnte ikke lag seg realisere. • Alternativt kan det etableres rømningstunnel.
2.K2	Innsatstid/ redning	Med tanke på den lange innsatstiden for brannvesenet vil det kunne være personer som ikke har klart å evakuere ut på egenhånd, og ved stor brann med ekstremt mye røyk i tunnelen vil det være behov for å søke etter personer.	• Sørge for at brannvesenet har utstyr til å gjøre trygt og effektivt søk og redning etter personer, ved å gi tilskudd til SPURV (fjernstyrt bil med low-light- og IR-kamera) og evt. til elektrisk UTV med henger som har montert luftbank. • Det kan i tillegg vurderes om FoU-forslaget ang. robotkjøretøy som kveler brannen skal utvikles og tas i bruk i slike ekstremt lange tunneler som har lang innsatstid. Alternativt slokkerobot som bruker slokkemiddel hvis ovennevnte ikke lag seg realisere.

3.K3/ K5	Brann – forhindre at flere kommer inn til brannen	Det vil i likhet med de fleste tunneler som har vært risikoanalyser de siste årene være behov for at det etablere fysiske bommer ved begge portaler. Dette for å hindre at flere folk kommer seg inn i en brennende tunnel, eller hindre påkjørsel av kjøretøy og personer som har fått stans i tunnelen, samt ved vedlikeholdsarbeid.	• Etablere bommer ved begge portaler som er overvåket av VTS
K3 Hadselsanden og K5 Strønstad			
4.K3/ K5	Brann	Med en stigning på 5 % og tunnellengde på 10 000 m er det behov for at man begrenser antallet kjøretøy som før tunnelen har for varme komponenter på kjøretøy, med tanke på at innsatstiden for brannvesenet er så pass lang.	• Vurdere etablering varmeskanningssystem • Mulig at fremtidig FoU kan komme frem til trygge tilfluktsrom. • Det kan i tillegg vurderes om FoU-forslaget ang. robotkjøretøy som kveler brannen, skal utvikles og tas i bruk i slike ekstremt lange tunneler som har lang innsatstid. Alternativt slokkerobot som bruker slokkemiddel hvis ovennevnte ikke lag seg realisere. • Alternativt kan det etableres rømningstunnel.
5.K3/ K5	Innsatstid/ redning	Med tanke på den lange innsatstiden for brannvesenet vil det kunne være personer som ikke har klart å evakuere ut på egenhånd og ved stor brann med ekstremt mye røyk i tunnelen vil det være behov for å søke etter personer.	• Sørge for at brannvesenet har utstyr til å gjøre trygt og effektivt søk og redning etter personer, ved å gi tilskudd til SPURV (fjernstyrt bil med low-light- og IR-kamera) og evt. til elektrisk UTV med henger som har montert luftbank. • Det kan i tillegg vurderes om FoU-forslaget ang. robotkjøretøy som kveler brannen, skal utvikles og tas i bruk i slike ekstremt lange tunneler som har lang innsatstid. Alternativt slokkerobot som bruker slokkemiddel hvis ovennevnte ikke lag seg realisere.
6.K3/ K5	Brann – forhindre at flere kommer inn til brannen	Det vil i likhet med de fleste tunneler som har vært risikoanalyser de siste årene være behov for at det etablere fysiske bommer ved begge portaler. Dette for å hindre at flere folk kommer seg inn i en brennende tunnel eller hindre påkjørsel av kjøretøy og personer som har fått stans i tunnelen, samt ved vedlikeholdsarbeid.	• Etablere bommer ved begge portaler som er overvåket av VTS

K4 Holdøya (sett i sammenheng med eksisterende Sløverfjord tunnel og Myrland tunnel)			
7.K4	Brann	Med en stigning på 8 % og tunnellengde på 8000 m er det her et spesielt behov for at man begrenser antallet kjøretøy som før tunnelen har for varme komponenter på kjøretøy, med tanke på at innsatstiden for brannvesenet er så pass lang.	• Vurdere etablering varmeskanningssystem • Mulig at fremtidig FoU kan komme frem til trygge tilfluktsrom. • Det kan i tillegg vurderes om FoU-forslaget ang. robotkjøretøy som kveler brannen, skal utvikles og tas i bruk i slike ekstremt lange tunneler som har lang innsatstid. Alternativt slokkerobot som bruker slokkemiddel hvis ovennevnte ikke lag seg realisere. • Alternativt kan det etableres rømningstunnel.
8.K4	Innsatstid/ redning	Med tanke på den lange innsatstiden for brannvesenet vil det kunne være personer som ikke har klart å evakuere ut på egenhånd og ved stor brann med ekstremt mye røyk i tunnelen vil det være behov for å søke etter personer.	• Sørge for at brannvesenet har utstyr til å gjøre trygt og effektivt søk og redning etter personer, ved å gi tilskudd til SPURV (fjernstyrt bil med low-light- og IR-kamera) og evt. til elektrisk UTV med henger som har montert luftbank. • Det kan i tillegg vurderes om FoU-forslaget ang. robotkjøretøy som kveler brannen, skal utvikles og tas i bruk i slike ekstremt lange tunneler som har lang innsatstid. Alternativt slokkerobot som bruker slokkemiddel hvis ovennevnte ikke lag seg realisere.
9.K4	Brann – forhindre at flere kommer inn til brannen	Det vil i likhet med de fleste tunneler som har vært risikoanalyser de siste årene være behov for at det etablere fysiske bommer ved begge portaler. Dette for å hindre at flere folk kommer seg inn i en brennende tunnel eller hindre påkjørsel av kjøretøy og personer som har fått stans i tunnelen, samt ved vedlikeholdsarbeid.	• Etablere bommer ved begge portaler som er overvåket av VTS

6 Konklusjon

1. Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse tunneler på fylkesvegnettet og kommunalt vegnett i Oslo (tunnelsikkerhetsforskrift for fylkesveg m.m.), heretter kalt Forskriften, sier i § 8 *Sikkerhetstiltak*, Vedlegg I, punkt 2.2.2 at tunneler ikke skal ha stigning over 5 % i lengderetningen med mindre ingen annen løsning er geografisk mulig.

2. Tunnelkonseptene i KVU Hadselfjorden er på lavtraffikert fylkesveg. Det største potensialet i å redusere kostnader på undersjøiske tunneler på lavtraffikert vegnett er knyttet til kravet om stigning i tunnelen. Norges utfordrende topografi gir behov for å utrede og utvikle teknologi og løsninger som kan redusere den økte risikoen tunneler opp til 8 % stigning gir. Statens vegvesen har vært ledende i Norge i utviklingen av undersjøiske tunneler og etaten kan også bli ledende i å drive frem teknologi og arbeidsmetoder som kan gi både bedre sikkerhet og lavere kostnader for samfunnet.

3. Mulighetene for unntak fra kravene i forskriften ligger i § 8 og § 11. § 8 *Sikkerhetstiltak* sitt andre punkt sier at hvis tiltak har uforholdsmessig høy kostnad kan det gjøres unntak dersom sikkerheten blir likeverdig eller forbedret. § 11 *Unntak for nyskapende teknikk* sier at nyskapende sikkerhetsutstyr eller nyskapende sikkerhetsprosedyrer kan gi unntak fra kravene i forskriften. Det forutsettes risikoanalyse etter forskriftens § 10 *Risikoanalyse* før fylkeskommunen kan gi unntak.

4. For å skaffe mer kunnskap kan det med utgangspunkt i denne overordnede tunnelrisikovurderingen gjennomføres et forprosjekt om teknologi, og ideer om risikoreduserende- og avbøtende tiltak i tunneler. Forprosjektet kan deretter føre til for eksempel teknologiske piloter innenfor dette feltet. Mer kunnskap kan gjøre oss i stand til å utvikle konsepter for tunneler med store reduksjoner i kostnader i framtiden. For å redusere risikoen kan mer kunnskap om risikoreduserende- og avbøtende tiltak, føre til at det kan være potensial for å bygge nye tunneler opp til 8 %.

5. Forskriftens § 8, Vedlegg I, punkt 2.2.3 angir at det også for konsept 2, 3 og 5 også vil være behov for risikoreduserende tiltak, fordi tunnelene har over 3 % stigning. Mange av tiltakene knyttet til dette punktet vil også være nyttige for videre utredning om effektene av slike tiltak på mulige tunneler opp til 8 % stigning. I tillegg er det i dag lang innsatstid for nødetatene i alle konseptene som omfatter tunnel. Dette er et særtrekk angitt i forskriftens § 8, Vedlegg I, punkt 1.1.2 og 1.1.3 som alene utløser krav om risikoanalyse etter § 10.

6. Forskriften viser til kravet om nødutgang på tunneler med lengde over 10 km og ÅDT over 4000 i §8, punkt tre, men selve kravet finnes for øvrig ikke i forskriften. I Statens vegvesens Håndbok N500 Vegtunneler er dette kravet ført opp i kapittel 3.6, andre punkt. Ettersom forskriften ikke har noe krav om nødutgang på tunneler (verken under eller) over 10 km og ÅDT under 4000, legges ikke nødutgang til grunn for tunnelene i noen av konseptene. Forskriftens § 8, Vedlegg I, punkt 2.3.5 angir at en risikoanalyse kan vise at det likevel er nødvendig med nødutgang for konseptene. For å vise forskjellen nødutgang utgjør i kostnader og nytte på et konseptuelt plan, kan det gjennomføres følsomhetsanalyser som viser dette.

KONKLUSJON

- **Tunnel på lavtraffikert vegnett med stigning opp til 8 % kan ikke anbefales nå, fordi vi ikke har tilstrekkelig kunnskap til å si at trafikantenes sikkerhet blir ivaretatt godt nok.**
- **Mer kunnskap kan gi potensial for å bygge undersjøiske tunneler på lavtraffikert vegnett i framtida på opptil 8 %.**

Bibliografi

Statens vegvesen. (2016). *Vegtunneler N500.* Oslo: Statens vegvesen, Vegdirektoratet.

Det Svenske Räddningsverket. (2005). *Räddningsinsatser i vägtunnlar.* Karlstad (Sverige): Räddningsverkets. Avdelningen för stöd till räddningsinsatser.

LovData. (2018, 02 16). *Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften)*. Hentet fra LovData: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2007-05-15-517

Statens vegvesen. (2007). *Veileder for risikoanalyse av vegtunneler (Revidert).* Oslo: Statens vegvesen, Vegdirektoratet.

Store Norske Leksikon . (2018, 02 15). *snl.no*. Hentet fra snl.no: https://snl.no/as_low_as_reasonably_practicable

Transport økonomisk Institutt . (2012). *Kartlegging av kjøretøybranner i norske.* Oslo: TøI.

Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47)22073000
firmapost@vegvesen.no