Suðuroyartunnilin P/F

Risikovurdering

Forprosjekt Suðuroyartunnilin

Oppdragsnr.: **52301980** Dokumentnr.: **Felles-040** Versjon: **A** Dato: **2023-11-24**



Norconsult

Oppdragsgiver:	Suðuroyartunnilin P/F
Oppdragsgivers kontaktperson:	Teitur Samuelsen og Einar Brimnes
Rådgiver:	Norconsult Norge AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika
Oppdragsleder:	Bjørn Anton Kleppestø
Fagansvarlig:	Lene Bøkseth Jermstad
Andre nøkkelpersoner:	Marthe Pedersen, Jens Bjerkelund, Gro Aanesland Dahle

Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
A	2023-11-24	Forprosjekt	M. Pedersen	G. Dahle	B. Kleppestø

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult Norge AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult Norge AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Norconsult er engasjert for å utarbeide forprosjekt for planlagt ny Sudurøytunnel. I dette arbeidet har det også vært behov for å gjennomføre en risikovurdering av planlagt tunnel. Risikoanalysen benytter tidligere gjennomførte risikoanalyser for prosjektet som grunnlag. Det har vært behov for å oppdatere sannsynlighetsberegningene på grunn av ny geometri og trafikktall, samt at det ble identifisert et behov for ytterligere vurderinger av risiko knyttet til evakuering ved brann.

Formålet med analysen er å:

- Gjennomgå og vurdere særtrekk ved tunnelen (overordnet vurdering tilpasset forprosjektfasen)
- Vurdere evakuering ved brann – ivaretakelse av selvredningsprinsippet. Dette inkluderer en vurdering av hvorvidt ventilasjon i lengderetning kan tillates i tunnelen.

Risikovurderingen er gjennomført på et nivå tilpasset forprosjektfasen, og skal dannet et grunnlag for beslutning om hvilke tiltak det er nødvendig å implementere i den videre prosjekteringen.

Vurderingene av særtrekk, samt tidligere gjennomførte risikoanalyser, tilsier at det er behov for en detaljert risikoanalyse av brann i tunnelen. Det er derfor gjennomført en kvantitativ risikoanalyse av evakuering ved brann, som skal svare ut om risiko knyttet til brann i tunnelen er ivaretatt, og identifisere eventuelle behov for ytterligere risiko- eller beredskapstiltak. Det er også vurdert om sikkerheten er ivaretatt uten at det etableres rømningsveier eller evakueringsrom i tunnelen.

For å vurdere risiko knyttet til brann, er det definert et dimensjonerende scenario for evakuering ved brann, som sikkerhets- og beredskapstiltakene i tunnelen med stor sannsynlighet skal kunne ivareta. Dimensjonerende scenario er vurdert å være brann i lastebil (50 MW), og en brannplassering som gir lengst utrykningstid. For vurdering av konsekvens ved brann er det for dimensjonerende scenario gjort beregninger og vurderinger av dimensjonerende brannutvikling, antall involverte kjøretøy i hendelsen, røykspredning i tunnelen og hvilken røykdose personer som evakuerer til fots i tunnelen blir utsatt for, inklusiv tid til akkumulert dose er så stor at man ikke er i stand til å evakuere lenger (tid til inkapasitans).

Det er i liten grad identifisert særtrekk ved tunnelen. Tunnellengde og stigningsforhold i tunnelen er imidlertid vurdert som særtrekk iht. TSF. Risikoen knyttet til tunnellengde vurderes å medføre en risikoøkning, som følge av at tunnelen er svært lang (> 10 km). Stigningsforholdet i tunnelen (5% stigning) vurderes å medføre noe økt risiko for brann.

Risikovurderingen konkluderer med følgende:

- Dersom anbefalte tiltak etableres og følges opp vurderes særtrekkene vedr. lang tunnellengde og stigning å være ivaretatt.
- For de aller fleste brannhendelser i tunnelen vil det være sannsynlig at trafikantene klarer å evakuere ut av tunnelen på egen hånd i eget kjøretøy.
- Dersom det oppstår en situasjon hvor evakuering til fots blir nødvendig, vil det være mulig å evakuere i tunnelen og overleve en stor brannhendelse. For brannplasseringer et stykke fra portal vil dette kreve innsats fra nødetatene (klarering av tunnelen) slik at ventilasjonen kan snus for å sikre røykfritt miljø for de evakuerende. Konklusjonen forutsetter at beredskapen dimensjoneres for å ivareta nødvendig innsats innenfor 30-35 minutter etter brannstart.
- Langsgående ventilasjon i tunnelen vurderes å være et hensiktsmessig og viktig tiltak, som medfører at man kan ha kontroll på røykspredningen i tunnelen.

- Det ligger til rette for at tyngre kjøretøy og busser skal kunne bli varslet og kunne snu inne i tunnelen slik at selvredning med eget kjøretøy også er mulig for disse.

I beregningen er det lagt til grunn konservative verdier både for ganghastigheter og ventilasjonshastigheter. Det vurderes derfor å være positive marginer i de vurderinger som er gjort, og at det vil være mulig å forbedre forholdene ytterligere utover det som er vurdert her. Disse forholdene er med å bidra til at usikkerhetene som ligger i hva en hendelse faktisk kan innebære av variasjoner, er håndtert så godt det er vurdert at det lar seg gjøre.

Følgende tiltak, utover allerede planlagte tiltak, er gjennom analysen vurdert som nødvendige for at risikoen skal kunne sies å være på et akseptabelt nivå:

- **Monotonidempende tiltak** slik som belysning, kunst i form av interiør og kledning på vegger/tak, informasjon om total lengde og fremdriftsmarkering, samt variasjon i tunnelrommet slik som for eksempel bergrom, kan motvirke monotoni og tunnelangst.
- **Forsterket kant- og midtoppmerking i tunnelen** vil ha positiv effekt for hendelser relatert til innsovning og uoppmerksomhet, slik som møteulykke, utforkjøring og velt.
- **Forsterket varsling av brann i tunnelen**, for å hindre at flere kjører inn i tunnelen og sørge for at flest mulig snur før de ankommer brannstedet inne i tunnelen.
- **Fjernstyrte bommer og tilhørende rødt stoppblinksignal** for stenging av tunnelen for å hindre at trafikanter kjører inn i tunnelen ved en hendelse.
- **Kortere avstand mellom snunisjer** (1000 m) bedrer snumulighetene for kjøretøy i tunnelen, og har spesielt en positiv effekt for lengre kjøretøy. Reduserer sannsynligheten for at kjøretøy blir stående i kø ved brannstedet.
- **Styring av brannventilasjonen** vil bidra til å redusere røykspredningen i startfasen av brannen for å tilrettelegge for evakuering til fots, samt snu ventilasjonsretningen på et forsvarlig tidspunkt for å sikre røykfritt område for evakuerende til fots utover i brannforløpet.
- **Opprusting av beredskapen** vil være avgjørende for at evakueringskonseptet kan ivaretas. Det er en forutsetning for ivaretakelsen av sikkerheten i tunnelen at røykfri side av en brann kan bli sjekket og klarert for at røykventilasjonen kan snus, slik at evakuerende som måtte være på røykfylt side i starten av brannen kan reddes. Beredskapen må ha kapasitet til å ivareta dette innenfor definert handlingsrom.
- **System for å gi et sanntidsbilde av kjøretøytyper i tunnelen** anbefales for å gi bedre beslutningsgrunnlag for å ta riktige beslutninger i en brannsituasjon.
- **Vurdering av behov for restriksjoner på tungtrafikk.** Restriksjoner på tungtrafikken vil være sannsynlighetsreduserende for en hendelse hvor tyngre kjøretøy er involvert, og bør vurderes i sammenheng med trafikkutviklingen for tunnelen, beredskapsmuligheter samt vurdering av om restriksjoner vil kunne medføre negative konsekvenser for næringslivet.

Denne risikovurderingen har vurdert at det er mulig å ivareta sikkerheten uten bruk av evakueringsrom. Det vil være avhengig av bl.a. forsterket beredskap og ventilasjonsstyring, som er anbefalte tiltak. Evakueringsrom kan bli nødvendig dersom trafikkvolumet øker vesentlig, eller at anbefalte tiltak ikke lar seg gjennomføre. Når løsningen ikke inkluderer evakueringsrom er det også vurdert at PA-system ikke har en veldig stor verdi. For denne analysen er det derfor vurdert at det kan legges til grunn videre at tunnelen bygges uten PA-anlegg. Dersom det viser seg at det blir behov for å bygge evakueringsrom i tunnelen bør PA-anlegg vurderes i sammenheng med dette.

Det anbefales også at annenhver snunisje bygges med dobbel dybde. Årsaken til dette er at man da har etablert bergrom for senere å kunne etablere evakueringsrom for hver 1000 m (og da ha snunisjer for hver 2000 m) dersom det på et senere tidspunkt blir vurdert at evakueringsrom er nødvendig (f.eks. som følge av økt trafikkvolum).

Innhold

1 Innledning 7
1.1 Bakgrunn og formål 7
1.2 Om selvredningsprinsippet 7
1.3 Regelverk som ligger til grunn for vurderingene 7
Tunnelsikkerhetsforskriften 7
N500 Vegtunneler 8
1.4 Tidligere utført arbeid 8
1.3.1 1.5 Forutsetninger 9
1.3.2
2 Systembeskrivelse 10
2.1 Tunneldata 10
2.2 Tunnelprofil 10
2.3 Sikkerhetstiltak og utrustning 11
Utstyr til stenging av tunnelen 13
2.3.1 *Nødutganger 13*
2.3.2
2.3.3 *Avløpssystem 13*
2.4 Ventilasjonsanlegg 13
2.5 Beredskap 14
3 Sannsynlighet for brann og ulykker 16
3.1.1 3.1 TØI-beregninger 16
3.1.2
3.1.3 *Suðuroyartunnilin 16*
Referansetunnel 17
Oppsummering 17
4.1.1 3.2 Vurdering av sannsynlighet for ulike brannstørrelser 19
4.1.2
4 Vurdering av særtrekk 20
Tunnellengde 20
5.1.1 *Stigning 22*
5.1.2
5 5.1.3 **Vurdering evakuering ved brann 24**
5.1.4 5.1 Metode 24
5.2.1 *Toksisitet og sikt i røyk 24*
5.2.2 *FED-beregninger 24*
5.2.3 *Siktberegninger og påvirkning på ganghastigheten 24*
Røykspredning 25
5.2 Dimensjonerende scenario for evakuering i røyk 25
Brannutvikling 25
Trafikkfordeling 26
Involverte kjøretøy ved en hendelse 27

Ventilasjonshastighet *27*
Hendelsesforløp ved brann *27*
Oppsummering parametere dimensjonerende scenario *30*
5.3 Konsekvensvurderinger dimensjonerende scenario 30
Antall kjøretøy nedstrøms brannen *30*
5.2.4 *Toksisitets- og siktberegninger* *31*
5.2.5 *Innsatstid* *32*
5.2.6 *Røykspredning* *33*
Tidslinje *34*
5.3.1 5.4 Usikkerhet og sensitivitet i beregningene 35
5.3.2
5.3.3
5.3.4
5.3.5
6 Risikoreduserende tiltak **37**
6.1 Anbefalte tiltak for økt trafikksikkerhet 37
6.2 Anbefalte risikoreduserende tiltak ved brann 38
7 Oppsummering og diskusjon **42**
7.1 Særtrekk lang tunnellengde 42
7.2 Særtrekk stigning 42
7.3 Evakuering i eget kjøretøy 42
7.4 Evakuering til fots 43
7.5 Storulykkepotensialet - busshendelse 43
7.6 Vurdering av selvredningsprinsippet 44
7.7 Langsgående ventilasjon 45
7.8 Restrisiko 45
8 Konklusjon **46**
9 Referanser **48**
Vedlegg 1 – Erfaringer fra tidligere brannhendelser i tunnel **49**

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Norconsult er engasjert for å utarbeide forprosjekt for planlagt ny Sudurøytunnel. I dette arbeidet har det også vært behov for å gjennomføre en risikovurdering av planlagt tunnel. Dette skyldes at tunnelgeometrien er oppdatert fra tidligere risikovurderinger, samt at tidligere risikovurderinger kun har vurdert løsninger som har inkludert rømningsvei eller sikre rom. Det er ikke gjort vurdering av om selvredning er mulig å ivareta med andre tiltak. Tidligere utførte vurderinger er utarbeidet av Sweco og Sintef [1][2][10].

Denne risikovurderingen tar derfor helt konkret for seg følgende forhold:

- Gjennomgang og vurdering av særtrekk ved tunnelen (overordnet vurdering tilpasset forprosjektfasen)
- Vurdering av evakuering ved brann – ivaretakelse av selvredningsprinsippet. Dette inkluderer en vurdering av hvorvidt ventilasjon i lengderetning kan tillates i tunnelen.

I tillegg til at geometri er oppdatert fra tidligere risikovurderinger så er det også beregnet nye trafikktall.

Risikovurderingen er gjennomført på et nivå tilpasset forprosjektfasen, og skal dannet et grunnlag for beslutning om hvilke tiltak det er nødvendig å implementere i den videre prosjekteringen.

1.2 Om selvredningsprinsippet

I norske vegtunneler er det selvredningsprinsippet som gjelder. Det innebærer at du selv har ansvar for å redde deg ut, og du må forholde deg aktivt til situasjonen. I Suðuroyartunnilin tilrettelegges det for at selvredningsprinsippet ivaretas ved at kjøretøy selv kjører ut av tunnelen ved en brannhendelse, enten ved at de kjører forbi brannstedet og ut, eller ved å snu i snunisjene. Evt. at personer i kjøretøy som ikke kan snu blir berget ut av andre kjøretøy. Dette er standard prinsipp for ettløpstunneler.

Tunneler har et storulykkespotensiale som ikke finnes på veg i dagen, ved at en hendelse i ett kjøretøy kan utsette svært mange andre kjøretøy for fare. I toløpstunneler, eller ettløpstunneler med rømningsveier, er dette storulykkespotensialet i stor grad ivaretatt ved kort evakueringslengde, og mulighet til å selv evakuere bort fra den farlige situasjonen til fots. I lange ettløpstunneler uten rømningsveier er ikke dette nødvendigvis tilfellet. For å redusere storulykkespotensialet er det da behov for å tilrettelegge for sikkerhets- og beredskapstiltak, som kan sannsynliggjøre at evakuerende kan ta seg trygt ut av tunnelen.

Større brannhendelser med høy branneffekt, som finner sted i lange tunneler med lang evakueringstid, utfordrer selvredningsprinsippet. Disse involverer i hovedsak tyngre kjøretøy. Brann i personbil eller i kortere
1.3.1 vegtunneler utfordrer prinsippet i mindre grad. Sterk stigning kan vanskeliggjøre evakuering og påvirker derfor muligheten for selvredning [21].

1.3 Regelverk som ligger til grunn for vurderingene

Tunnelsikkerhetsforskriften

Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften, TSF) [11] stiller krav til tunneler over 500 m på det transeuropeiske vegnettet og på andre riksveger. Formålet med forskriften er å sikre laveste tillatte sikkerhetsnivå for trafikanter i tunneler ved krav til å forebygge kritiske hendelser som kan sette menneskeliv, miljøet og tunnelanlegg i fare, og til å sørge for vern i tilfelle av ulykker.

Forskriften er ikke gjeldende på Færøyene, men den danner grunnlag for mye av det som angis i N500. Det er en europeisk forordning, som er relevant også ved vurdering av tunnel på Færøyene.

Forskriften sier at sikkerhetstiltak som skal gjennomføres i en tunnel, skal være basert på en systematisk vurdering av alle sider ved systemet som utgjøres av infrastrukturen, bruken, trafikantene og kjøretøyene. Dette innebærer at særtrekk slik som blant annet tunnellengde, vertikal og horisontal profil samt trafikkmengde etc. skal vurderes, og det skal utarbeides en risikoanalyse for å fastslå om det er nødvendig med ytterligere sikkerhetstiltak og/eller tilleggsutstyr for å sikre et høyt sikkerhetsnivå i tunnelen.

I tunnelsikkerhetsforskriften (TSF) står det også følgende:

«I tunneler med toveistrafikk og/eller enveistrafikkork, skal ventilasjon i lengderetningen være tillatt bare dersom en risikoanalyse i henhold til § 10 viser at det er akseptabelt og/eller dersom det er truffet konkrete tiltak, som hensiktsmessig trafikkregulering, kortere avstand mellom nødutganger, røykavtrekk med jevne mellomrom». (punkt 2.9.3).

Dette innebærer at særtrekk slik som tunnellengde, avstand mellom snunisjer etc. må inngå i en vurdering av hvorvidt ventilasjon i lengderetning kan tillates. Tunnelsikkerhetsforskriften stiller også krav til at det i nye tunneler skal finnes nødutganger dersom trafikkvolumet overstiger 2000 kjøretøy per kjørefelt. Denne bestemmelsen får ikke anvendelse dersom trafikkvolumet er under 2000 kjøretøy per kjørefelt. Forskriften sier imidlertid også at 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 tilstrekkelig til å ivareta trafikantenes sikkerhet.

1.3.2 N500 Vegtunneler

Vegnormal N500 *Vegtunneler* gjelder alle type vegtunneler på offentlig veg [12], og ligger til grunn for prosjekteringen for Sudurøytunnelen.

1.4 Tidligere utført arbeid

Det er tidligere gjennomført flere vurderinger i forhold til sikkerhetstiltak for Suðuroyartunnilin som legges til grunn i videre arbeid.

Sikkerhet Suðuroyartunnilin – Prosjektnotat av Sintef [10]

Dette notatet omhandler en vurdering av sikkerheten i fire alternative løsninger for ny tunnel til Suðuroy på Færøyene. Notatet fokuserer på sikkerhet i tunneler ut fra et generelt synspunkt før det gjøres en enkel sikkerhetsmessig vurdering ut fra dominante tunnelparametere.

Ulike tiltak for å redusere risiko for tunnelbrann og konsekvenser samt trafikkregulerende tiltak for å redusere risikoen presenteres.

Risiko knyttet til brann ved ulike tunnelkonsepter for Sudurøytunnelen – Rapport av Sweco [1]

I forbindelse med planlegging av undersjøisk vegforbindelse mellom Sandøy og Suðuroyar gjennomførte Sweco en risikoanalyse i 2022 for å vurdere og sammenligne risiko mellom de ulike linjeforslagene (alternativ 1,2,3 og 4) og sikkerhetstiltakene (0,1,2 og 3). Studien fokuserer på personsikkerhet, og vurderer risiko for brann for de ulike tunnelkonseptene.

Analysene vurderer og sammenligner risiko mellom de ulike tunnelalternativene og sikkerhetstiltakene ved å se på risiko for brann for hvert enkelt brannscenario. Det er gjort beregninger med bruk av modell utarbeidet av Transport Økonomisk Institutt (TØI) for å kunne predikere sannsynlighet og konsekvens for ulike brannscenario.

Risikoanalyse av Sudurøytunnelen – Prosjektnotat av Sintef [2]

I denne analysen beskrives risikoforhold i driftsfasen knyttet til den foreslåtte tunnelløsningen mellom Sandøy til Suðuroyar. Analysen er i stor grad basert på Sweco sin analyse av de ulike tunnelalternativene og sikkerhetstiltakene

I tillegg diskuterer analysen mulige tunnelprofil, tunnelutrustning og alternative sikkerhetstiltak. Funn fra studier vedr. risikoreduserende tiltak for evakuering i vegtunneler gjennomført av SINTEF og andre er presentert i notatet. Funn fra studier vedrørende risikoreduserende tiltak viser blant annet at det er anbefalt å bruke evakueringstiltak, slik som visuelle og akustiske ledesystemer, i tunneler. Videre viser studier presentert i analysen at talemeldinger og akustiske tiltak sammen med ledelys støtter eller letter selvredning.

Videre vises det til at funn fra studiene for Lærdalstunnelen og Rogfast-tunnelen antyder at lysdesign er sett på som et godt tiltak for å kunne orientere seg i tunnelen og unngå monotoni hos trafikantene. Tiltak og funn fra studier er nærmere beskrevet i [2].

1.5 Forutsetninger

- Analysen er basert på dimensjoneringsklasse Hø1 ifølge N100 og tunnelklasse B med ÅDT < 4000 legges til grunn.
- Det forutsettes at tunnelen er tilkoplet en døgnbemannet kontrollsentral.

2 Systembeskrivelse

I forbindelse med planlegging av Suðuroyartunnilin gjennomførte Sweco i 2022 [1] en analyse som presenterer ulike konsepter. Denne analysen tar utgangspunkt i tunnelalternativ 3 slik det fremkommer av Sweco sin rapport [1].

Suðuroyartunnilin er planlagt som en 22 775 meter lang undersjøisk ettløpstunnel. Tunneltraseen tar utgangspunkt i kortest mulig linje fra Skavanes på Sandøy til Suðuroyar. Tunnelen passerer rett øst for Skugvøy.

Tunnelen planlegges med 5 % fall fra hver retning med to lavbrekk i tunnelen og et høybrekk ca. midt i.

Tunnelen er klassifisert i tunnelklasse B.

Skiltet fartsgrense i tunnelen er 80 km/t.

2.1 Tunneldata

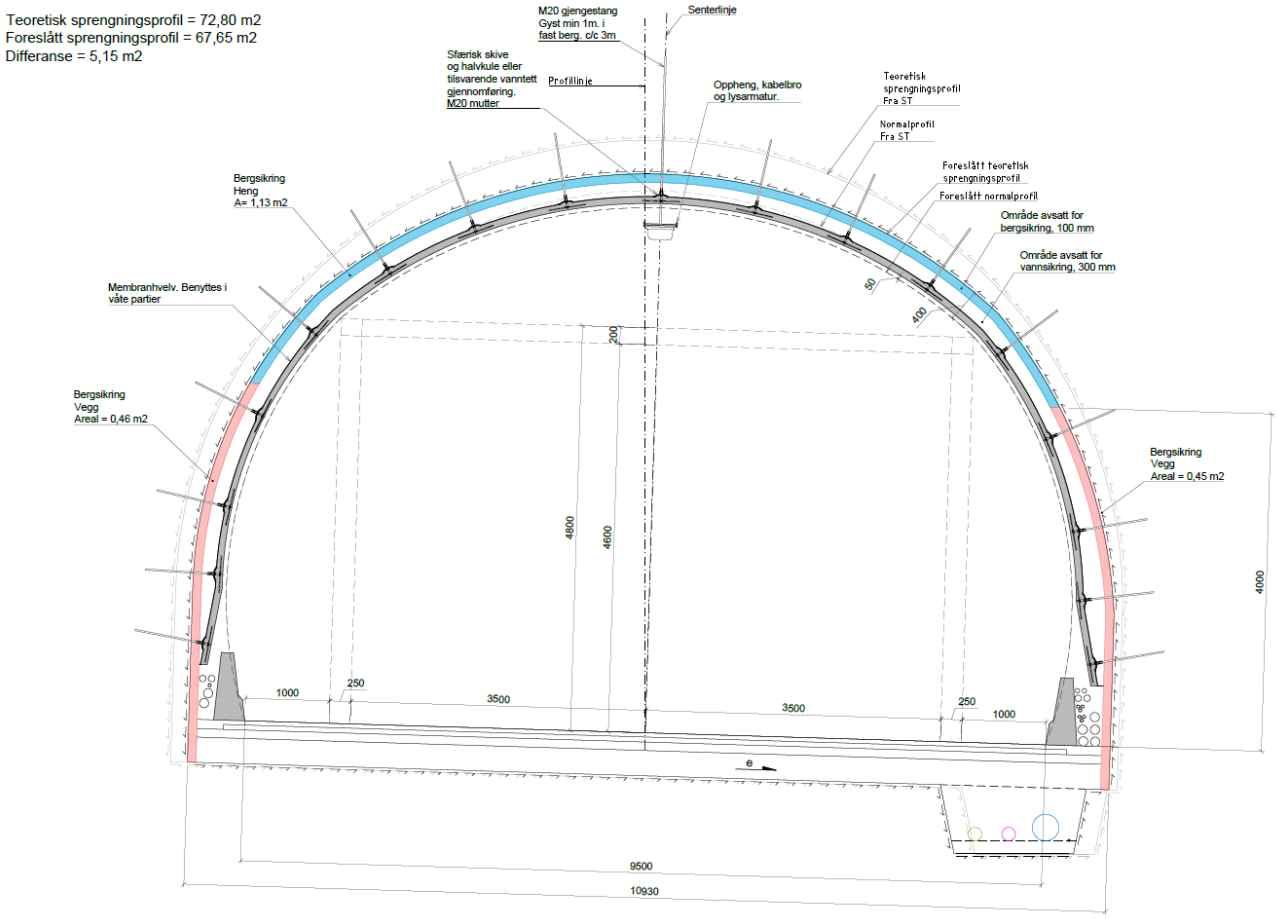
Tabell 1 Nøkkeldata

Tunnelnavn	Suðuroyartunnilin	Kommentar
Lengde	22 818 meter	Inkludert portalkonstruksjoner
ÅDT (2050)*	2000	Basert på tall fra trafikkanalysen [5]
Tungtrafikkandel (2050)**	7 %	Basert på tall fra trafikkanalysen [5]
Fartsgrense	80 km/t	Gjennomsnittlig kjøretid gjennom tunnelen er ca. 17 minutter.
Tunnelklasse	B	
Tunnelprofil	T9,5	
Kjørebanebredde	2 x 3,5	
Fri høyde	4,6 meter	
Antall ramper	0	
Max stigning	5 %	Ca. 2 km med 5 % stigning mot portal Sandøy og ca. 3 km med 5 % stigning mot Suðuroyar, ellers ca. +/- 1 %

**Risikoanalysen skal iht. N500 gjennomføres med utgangspunkt i ÅDT 20 år etter åpningstid. I Sweco sin rapport [1] legges det til grunn ÅDT (2030) på 1300 kjt. Trafikkprognosen i «Vurdering af trafikkmodel og mulig trafik i Suðuroyartunnilin» [5] er imidlertid utført for år 2050. Fremskrevet trafikkprognose med ÅDT (2050) på 2000 kjt. legges til grunn. Det bemerkes at det er usikkerhet i fremskrivingen av trafikk.*
***Tungtrafikkandelen på strekningen er basert på tilgjengelig tungtrafikkandel ifølge Sweco sin rapport [1]. Det foreligger ikke prognoser/estimater for fremtidig tungtrafikk.*

2.2 Tunnelprofil

Tunnelen planlegges med tunnelprofil T9,5. Frihøyde i tunnelen er 4,6 meter og kjørebanebredde 2 x 3,5 meter. Se Figur 2-1.



Figur 2-1 Tunnelprofil T9,5

2.3 Sikkerhetstiltak og utrustning

I forbindelse med utbygging av Suðuroyartunnilin legges tunnelklasse B med ÅDT < 4000 til grunn for tunnelen og denne vurderingen. Dette medfører krav til følgende sikkerhetstiltak og -utrustning iht. TSF og N500 (datert 2022):

Tiltak	
Havarinisjer	Iht. TSF skal det i nye toveistunneler som er lengre enn 1.500 meter og der trafikkvolumet er større enn 2.000 kjøretøy per kjørefelt, finnes havarilommer med ikke mer enn 1.000 meters mellomrom, dersom det ikke finnes havarifelt. Det etableres havarinisjer hver 500 meter (± 50 meter) og snunisjer hver 2000 meter (± 50 meter) iht. N500.
Belysning	Iht. TSF skal det finnes normal belysning for å sikre hensiktsmessig sikt for sjåførene dag og natt i tunnelåpningene og inne i tunnelen. Tunnelen utstyres med belysning iht. N500.

Sikkerhetsbelysning	Iht. TSF skal det finnes sikkerhetsbelysning som sikrer en minimumssikt for trafikanter i tunnelen slik at de kan evakuere tunnelen i kjøretøyene sine i tilfelle av strømbrudd. Tunnelen utstyres med nødstrømsystem som er operativt minimum 1 time + utrykningstid iht. N500.
Evakueringsbelysning	Iht. TSF skal det 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. Sammenhengende evakueringsbelysning etableres iht. N500.
Ventilasjon	Iht. TSF skal det 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. Ventilasjon dimensjonert for en 50 MW brann iht. N500.
Nødstasjoner	Iht. TSF skal nødstasjoner 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. Videre skal nødstasjoner minst være utstyrt med en nødtelefon og to brannslokkingsapparater. Nødstasjoner etableres hver 125 meter iht. N500.
Vannforsyning	Iht. TSF skal det 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. Det er ikke planlagt at det etableres trykksatt slokkevann i tunnelen. Brannslokking skal ivaretas med tankvogner/-biler. Kapasitet på slokkevann på begge sider av tunnelen må vurderes videre i prosjektet. I tillegg bør det vurderes alternativer for etterfylling i tilknytning til portalen dersom det er langt til nærmeste påfyllingspunkt.
Kontrollsentral	Iht. TSF skal det finnes en kontrollsentral for alle tunneler som er lengre enn 3.000 meter med et større trafikkvolum enn 2.000 kjøretøyer per kjørefelt. Det forutsettes at tunnelen er tilkoblet en døgnbemannet kontrollsentral.
Overvåkningssystemer	Iht. TSF skal videoovervåkingssystemer og et system som automatisk kan oppdage hendelser i trafikken som kjøretøy som stanser og/eller brann, være montert i alle tunneler som er utstyrt med kontrollsentral. Det etableres full kameradekning i tunnelen og automatisk hendelsesdeteksjon (AID) iht. N500.
Kommunikasjons-systemer	Iht. TSF skal utstyr for radiosending via relé til bruk for redningstjenestene monteres i alle tunneler på mer enn 1.000 meters lengde og som har et større trafikkvolum enn 2.000 kjøretøy per kjørefelt. Videre må det, når det finnes en kontrollsentral, være mulig å avbryte eventuell sending av radiokanaler beregnet på trafikantene i tunnelen for å sende nødmeldinger. Det etableres nødnett og kringkasting i tunnelen.

	I henhold til N500 skal det etableres PA-system i alle ettløpstunneler over 5 km i tunnelklasse B (dette er ikke krav i TSF). I denne analysen er det lagt til grunn at tunnelen bygges uten PA-anlegg. Se vurdering i kapittel 6.
Strømkretser	Iht. TSF skal strøm-, måle- og kontrollkretser være konstruert på en slik måte at lokal svikt, for eksempel på grunn av brann, ikke påvirker uberørte kretser. Det forutsettes at det etableres tosidig strømforsyning til alle tekniske rom for Suðuroyartunnilin.

Havari- og snunisjer tilpasses lokale forhold som bergforhold og geometri. Havarinisjer utformes standard med 30 meter havarilomme med 3 meter ekstra kjørefeltbredde, samt 30 meter overgangsprofil i begge retninger mellom hovedløpprofil og havarinisje (i henhold til krav 4.5.1-2 i N500).

I tillegg etableres det høydehinder ved tunnelportaler iht. N500.

Utstyr til stenging av tunnelen

2.3.1 I henhold til TSF skal det i alle tunneler på mer enn 1.000 meters lengde være montert trafikklys foran åpningene slik at tunnelen kan stenges i nødstilfeller. Ekstra midler, som stillbare meldingsskilt og bommer, kan benyttes for å sikre at instruksene overholdes. Videre er det anbefalt 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, å benytte 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.

2.3.2 I henhold til N500 skal behov for fjernstyrte bommer og tilhørende rødt stoppblinksignal vurderes gjennom risikoanalysen for tunneler i tunnelklasse B.

Nødutganger

2.3.3 I henhold til TSF er det ikke krav til nødutganger siden trafikkvolumet er under 2000 kjøretøy per kjørefelt, men nødutganger skal etableres dersom øvrige sikkerhetsanlegg ikke er tilstrekkelig til å ivareta trafikantenes sikkerhet.

Avløpssystem

Dersom det er tillatt med transport av farlig gods, skal det, i henhold til TSF, 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.

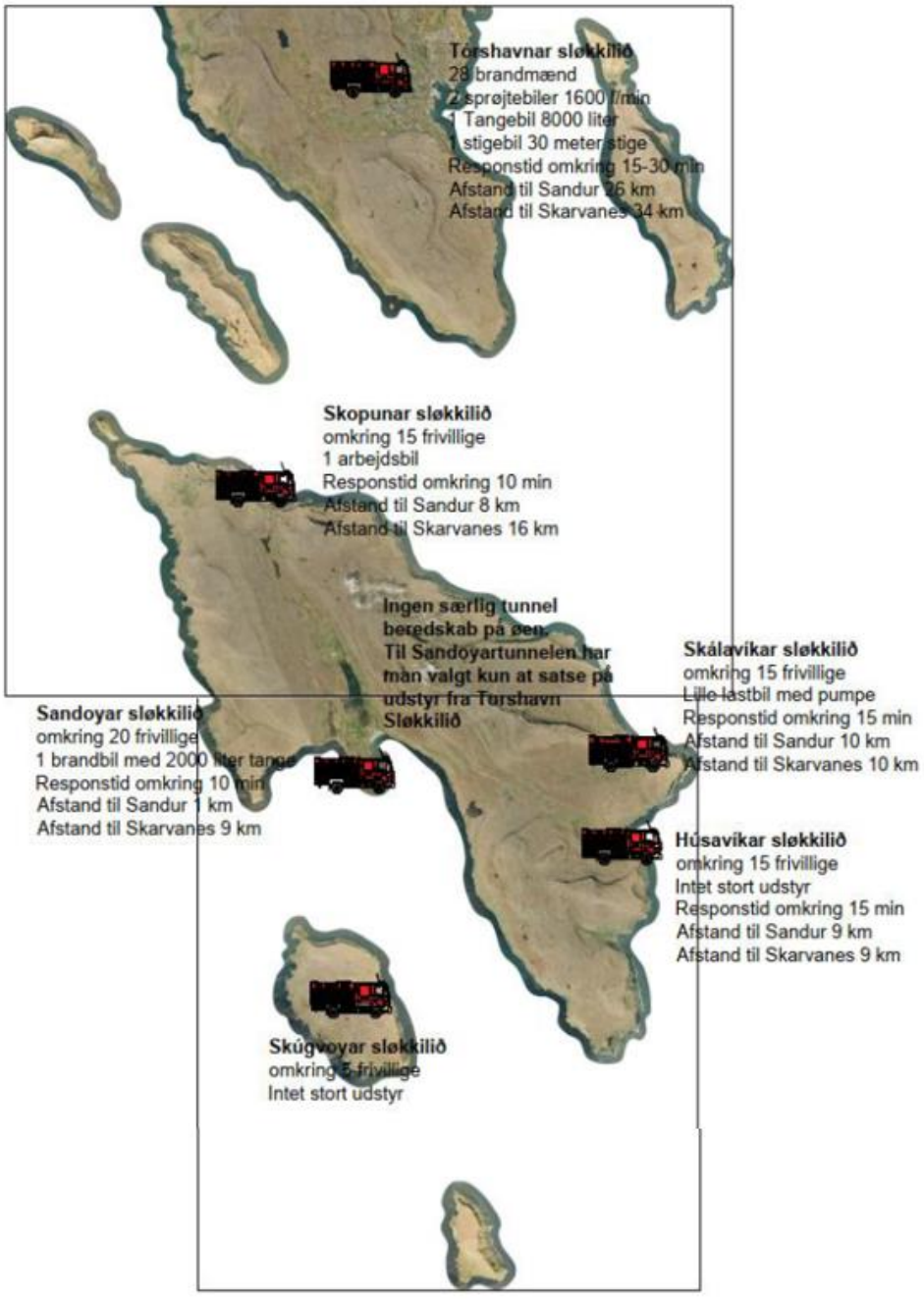
2.4 Ventilasjonsanlegg

Ventilasjonen dimensjoneres for en 50 MW brann iht. krav i N500.

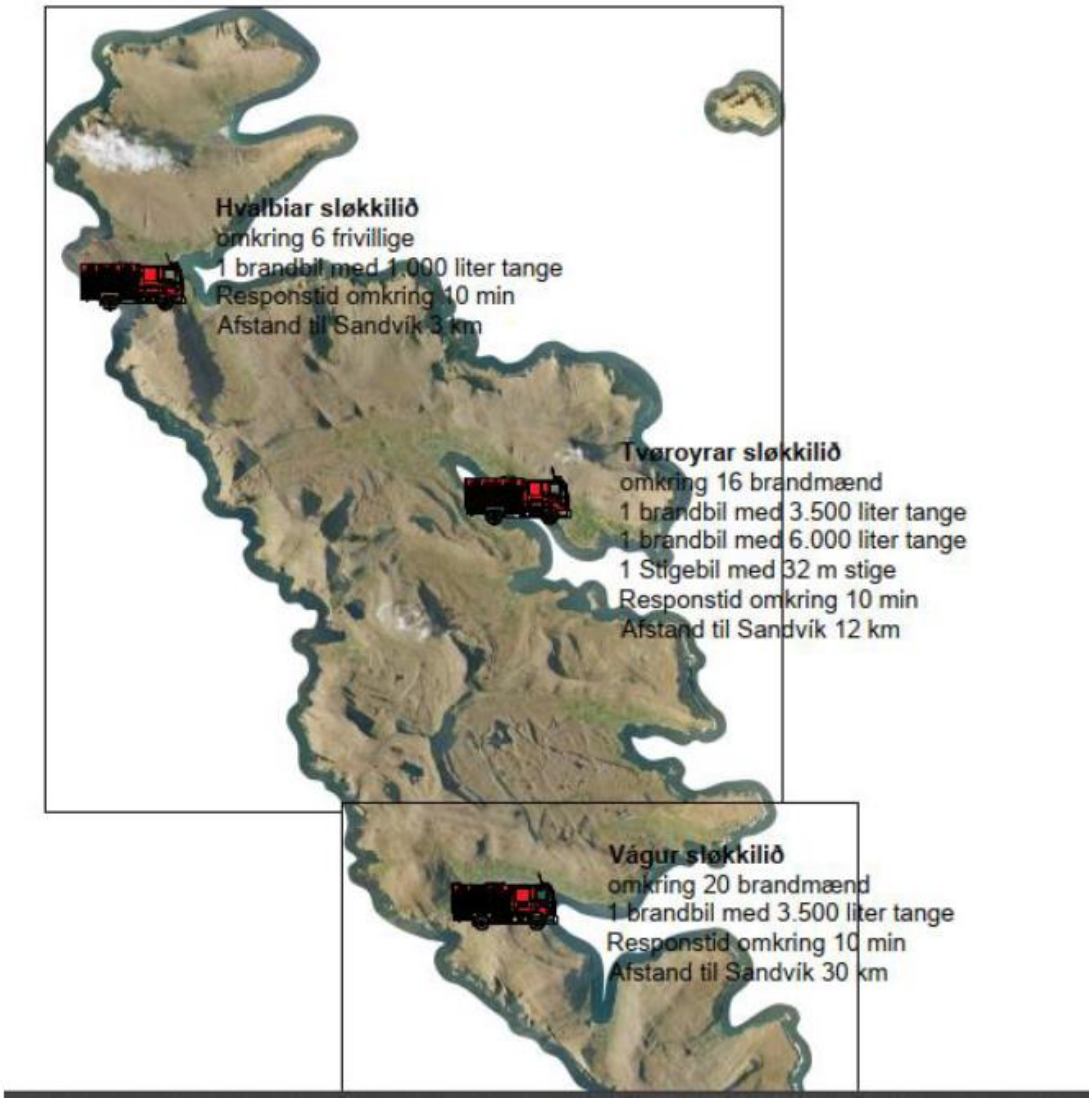
Oppstart av vifter vil normalt skje i samme retning som den naturlige trekkretningen i tunnelen, som regel i dominerende trafikkretning. Styring av ventilasjonsanlegget ved brann er ikke besluttet i denne fasen av prosjektet, så det er foreløpig lagt opp til at dimensjoneringskriteriet (50 MW) skal ivaretas gjennom hele tunnelen, i begge retninger.

2.5 Beredskap

Landsverket har ifølge tidligere gjennomført vurdering av Sweco [1] utarbeidet en oversikt som viser dagens utrykningstid fra ulike lokasjoner og tilgjengelig ressurser på Færøyene, se Figur 2-2 og Figur 2-3. Responstiden som er vist er omtrentlige tall på hvor lang tid brannvesenet bruker fra de får et varsel til de er framme ved en fremtidig Suðuroyartunnilin.



Figur 2-2 Beredskap på Torshavn og Sandøy



Figur 2-3 Beredskap på Suðuroyar

3 Sannsynlighet for brann og ulykker

Transportøkonomisk institutt (TØI) har utviklet et beregningsverktøy i Microsoft Excel for antall branner (inkl. tilløp til brann), antall personskadeulykker (PSU) og antall ulykker med drepte eller hardt skadde (DHSU) som en funksjon av følgende tunnellegenskaper [3]:

- Lengde
- Trafikkmengde (ÅDT)
- Andel lange kjøretøy
- Type tunnel (ettløpstunnel, toløpstunnel og rampe)
- Stigning (maksimal stigningsgrad, lengde med bratt stigning)
- Fartsgrense
- Minste kurvaturradius
- Høyde (tunnel over vs. under 4,5 meter)
- Rampe i tunnel
- Kameraovervåkning (ITV) og automatisk hendelsesdeteksjon (AID)

Brannstatistikk benyttet i brannmodellene er hentet fra Kartlegging av branner i norske vegtunneler i perioden 2008-2015 [3][4]. Modellene for ulykker (PSU og DHSU) er basert på ulykkesstatistikk fra tunneler i perioden 2008-2017. Ifølge TØI kan modellene benyttes ved planlegging av ny tunnel og/eller risikoanalyse av eksisterende tunnel.

Antall branner kan også påvirkes av vegnettet utenfor tunnelen, eksempelvis bratt stigning opp mot tunnelen. Vegnettet utenfor tunnelen inngår imidlertid ikke i beregningsverktøyet utviklet av TØI.

Det er gjennomført TØI-beregninger for Suðuroyartunnilin og en referansetunnel. Det er for vurderingen tatt utgangspunkt i en referansetunnel bygget iht. N500 (utgave 2022), tunnelklasse B. Beregningene for referansetunnelen er gjennomført for å se på hvordan sannsynligheten for ulykker og brann for Suðuroyartunnilin er i forhold til en «standard» tunnel iht. N500 uten rømningsveier. Beregningene danner en del av grunnlaget for å vurdere om det er behov for ytterligere risikoreduserende tiltak utover krav som stilles i regelverket.

3.1 TØI-beregninger

I forbindelse med rapporten «*Risiko knyttet til brann ved ulike konsepter for Sudurøytunnelen*» ble det gjennomført TØI-beregninger for ulike tunnelalternativer og en referansetunnel [1]. I disse beregningene er ÅDT for år 2030 lagt til grunn.

3.1.1

For denne rapporten er det imidlertid utført nye TØI-beregninger med bakgrunn i fremskrevet trafikkprognose med ÅDT for år 2050.

Suðuroyartunnilin

For beregningene er følgende parametere lagt til grunn:

- Tunnellengde 22 818 meter
- ÅDT (2050) er 2000
- Tungtrafikkandel 7%
- Ettløpstunnel
- Fartsgrense 80 km/t
- Tunnelprofil T9,5 med frihøyde over 4,5 meter
- Stigning over 5 % (max stigning i tunnelen er 5 %)

- Lengde med stigning over 5 % er 5000 meter, henholdsvis ca. 2000 meter og 3000 meter på Sandøy- og Suðuroyarsiden av tunnelen.
- Minste kurveradius satt til 600+ meter

Resultatet fra TØI-beregninger for Suðuroyartunnilin er vist i Tabell 2.

Tabell 2 TØI-beregninger for Suðuroyartunnilin

Type hendelse	Antall hendelser per år	Tid mellom hendelser
Personskadeulykke (PSU)	0,688	1,5 år
Ulykker med drepte eller hardt skadde (DSU)	0,099	10,1 år
Brann lette kjøretøy (inkl. tilløp til brann)	1,137	0,9 år
Brann tunge kjøretøy (inkl. tilløp til brann)	0,177	5,6 år

Referansetunnel

3.1.2 For beregningene er følgende parametere lagt til grunn for referansetunnelen:

- Tunnellengde 10 km
- Øvre ÅDT-grense iht. tunnelklasse B er 4000
- Tungtrafikkandel satt til 7% (likt som for Suðuroyartunnilin).
- Ettløpstunnel
- Fartsgrense 80 km/t.
- Tunnelprofil T9,5 med frihøyde over 4,5 meter.
- Stigning på 5%. I henhold til N500 kan vegtunneler bygges med stigning 5 %.
- Lengde med stigning over 5 % er 5000 meter (likt som for Suðuroyartunnilin).
- Minste kurveradius satt til 600+ meter

Resultatet fra TØI-beregninger for en referansetunnel er vist i Tabell 3.

Tabell 3 TØI-beregninger for referansetunnel

Type hendelse	Antall hendelser per år	Tid mellom hendelser
Personskadeulykke (PSU)	0,492	2,0 år
Ulykker med drepte eller hardt skadde (DSU)	0,086	11,6 år
Brann lette kjøretøy (inkl. tilløp til brann)	0,621	1,6 år
Brann tunge kjøretøy (inkl. tilløp til brann)	0,099	10,1 år

3.1.3

Oppsummering

Oppsummering av resultatet fra TØI-beregninger for Suðuroyartunnilin og referansetunnel er vist i Tabell 4.

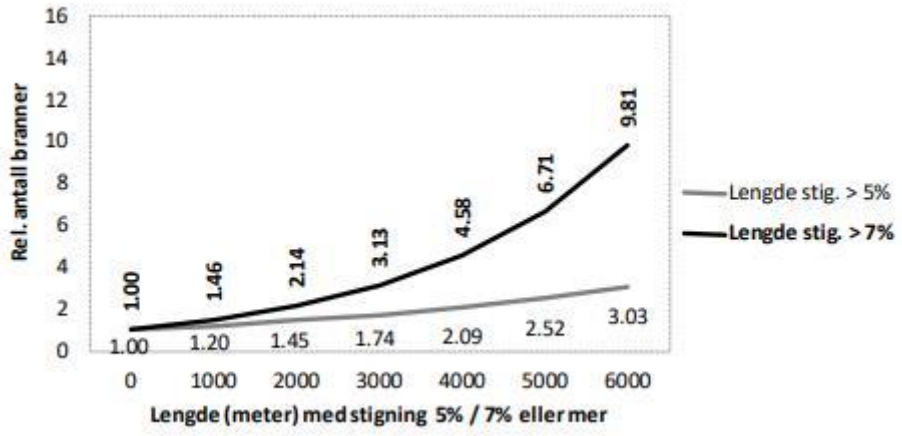
Basert på TØI-beregningene er det høyere sannsynlighet for brann (inkl. tilløp til brann) og ulykker i Suðuroyartunnilin enn i referansetunnelen.

Tabell 4 Resultater fra TØI-beregninger

Type hendelse	Suðuroyartunnilin	Referansetunnel
Personskadeulykke (PSU)	1,5 år	2,0 år
Ulykker med drepte eller hardt skadde (DSU)	10,1 år	11,6 år
Brann lette kjøretøy (inkl. tilløp til brann)	0,9 år	1,6 år
Brann tunge kjøretøy (inkl. tilløp til brann)	5,6 år	10,1 år

Iht. TØI-beregningene øker antall branner og ulykker proporsjonalt med tunnellengden [3]. En økning i trafikkmengden vil derimot innebære en mindre økning av antall branner og ulykker. For eksempel vil en økning av trafikkmengden på 10 % medføre i gjennomsnitt en økning av antall branner og ulykker på omtrent 5 % [3]. Dette betyr at en økning av tunnellengden gir større utslag på antall branner og ulykker enn en økning av trafikkmengden.

Stigning er den viktigste predikatoren for antall branner, ved siden av trafikkmengde og tunnellengde. Antall branner øker med økende stigningslengde. Imidlertid øker antall branner betydelig mer med økende stigningslengde dersom stigningen er over 7%, se Figur 3-1.



Figur 3-1 Relativt antall branner (predikerte antall) som funksjon av lengden (meter) med maksimal stigning over 5% / 7%

Videre er det sammenheng mellom lengden med bratt stigning og relativt antall branner per million kjøretøykilometer. Det påpekes at især for stigning på 7% eller mer er antall branner per million kjøretøykilometer betydelig høyere når den bratte stigningen er på over 5 km [3].

For Suðuroyartunnilin vil tunnellengden (dobbelt så lang som referansetunnelen) gi en større økning i branntilfeller enn en økning i trafikkmengden. Det betyr at selv om referansetunnelen har betydelig høyere trafikkmengde (dobbelt så stor) så vil tunnellengden gi størst bidrag til antall branner. Videre er lengden på 5% stigning lik for Suðuroyartunnilin og referansetunnelen. Sådan er betydningen av stigningen lik for begge tunnelene.

Tunnellengden vil tilsvarende gi en større økning i antall ulykker enn en økning i trafikkmengden.

3.2 Vurdering av sannsynlighet for ulike brannstørrelser

For å vurdere sannsynligheten for større brannhendelser er brannstatistikken brutt ned for ulike brannstørrelser for lette og tunge kjøretøy. Sweco nevner i tidligere gjennomført rapport [1] PIARCs ekspertvurdering som kilde. Størrelsen på branner (målt i MW) er i liten grad oppgitt i tunnelbrannstatistikker for europeiske land, og andelen branner i størrelsesorden 170 MW er noe usikkert. I arbeidet med PIARC c3.3 wg 2 opererer man imidlertid med følgende betingede sannsynligheter (gitt at det oppstår en brann) for ulike brannstørrelser, avhengig av om det er brann i personbil eller tunge kjøretøy:

Tabell 5 Fordeling av brannstørrelser basert på ekspertvurderinger

	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy
1 MW	70 %	20 %
5 MW	25 %	31 %
25 MW	5 %	25 %
50 MW		16 %
100 MW		6 %
200 MW		2 %
	100%	100 %

Tabellene i tabellen over vurderes å være konservative, spesielt mtp. den store andelen av de største brannene (100 og 200 MW).

Fordelingen i Tabell 5 er basert på branntilløp som er utviklet til brann. Basert på statistikk fra branner og tilløp i norske vegtunneler i perioden 2008-2021, har ca. 60 % av de registrerte hendelsene utviklet seg til en brann [13]. Det er derfor benyttet at 60 % av hendelsene i Tabell 5 utvikles til en brann.

Basert på overnevnte betingede sannsynligheter (gitt at det oppstår en brann) for ulike brannstørrelser er det utført beregninger for Suðuroyartunnilin og referansetunnelen, oppsummert i Tabell 6.

Tabell 6 Fordeling av brannstørrelser for Suðuroyartunnilin og referansetunnel

	Suðuroyartunnilin		Referansetunnel	
	Tid mellom hendelser		Tid mellom hendelser	
	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy	Lette kjøretøy	Tunge kjøretøy
1 MW	1,3 år	28 år	2,3 år	51 år
5 MW	4 år	18 år	6 år	33 år
25 MW	18 år	23 år	32 år	40 år
50 MW		35 år		63 år
100 MW		94 år		168 år
200 MW		282 år		505 år

4 Vurdering av særtrekk

Særtrekk ved tunnelen er identifisert iht. TSF

Parametere	Særtrekk Ja/nei	Begrunnelse
Tunnellengde	**Ja**	Tunnelen er 22 818 meter lang og monoton. Dette vurderes å være et særtrekk.
Antall løp	Nei	Det er kun ett løp uten kryss eller avkjøringer.
Antall kjørefelt	Nei	Tunnelen er standard med ett kjørefelt i hver retning.
Tverrsnittgeometri	Nei	Tunneltverrsnitt T9,5
Kjørefeltbredde	Nei	Kjørefeltbredde 3,5 meter + 0,25 meter skulder
Vertikal og horisontal profil	**Ja**	Det er mer enn 3% stigning i tunnelen, som er terskelverdien i TSFF for når risiko mhp. stigning skal vurderes særskilt. Tunnelen har 5 % stigning ved begge tunnelportaler, henholdsvis en strekning på ca. 2 km ved hver tunnelportal.
Konstruksjonstype	Nei	Fjelltunnel
Enveis- eller toveistrafikk	Nei	Toveistrafikk
Trafikkvolum (fordeling i tid)	Nei	
Risiko for trafikkork (per døgn eller sesongbestemt)	Nei	Ikke risiko for kork.
Atkomsttid for redningstjenestene	Nei	Relativt kort innsatstid fra flere lokasjoner. Det er noe lengre utrykningstid fra Tórshavnar sløkkilið (ca. 15-30 min). Imidlertid er utrykningstiden innenfor (det norske) kravet til brann- og redningsvesenets utrykningstid til brann utenfor tettsteder (30 min). Atkomstiden vurderes derfor ikke å være et særtrekk for tunnelen. Se også kap. 2.5.
Nærvær og prosentandel av tunge lastebiler	Nei	7% tungtrafikkandel.
Særtrekk ved atkomstveiene	Nei	Ikke identifisert spesielle forhold ved atkomstveiene p.t.
Hastighetsaspekter	Nei	80 km/t fartsgrense.
Geografisk og meteorologisk miljø	Nei	Ikke identifisert spesielle forhold vedr. geografisk og meteorologisk miljø p.t. Det legges til grunn at tunnelen etableres og sikres slik at faren for nedfall/ras inne i tunnelen er neglisjerbar.

4.1.1 Tunnellengde

Tunnelen er 22 775 meter lang.

Flere studier har vist at lengre tunneler i gjennomsnitt har lavere ulykkesrisiko enn kortere tunneler. Dette kan knyttes til at ulykkesrisikoen er størst i portalområdet, slik at antall ulykker per meter tunnel blir lavere når tunnelen er lengre [8]. Denne effekten vil imidlertid, relativt sett, gi mindre utslag jo lengre tunnelen er.

Ensformighet/monotoni i lange tunneler øker faren for redusert oppmerksomhet og innsovning [8] [9]. Tiltak i form av bergrom, belysning og kunst kan føre til reduksjon av frykt og angst for lange tunneler, og bryte ensformigheten og monotonien [9]. I Lærdalstunnelen (24,5 km) benyttes belyste bergrom for å gi mer visuell variasjon. Også i Ryfylketunnelen (14,4 km) er det etablert lyskunst for å dempe monotonien. Spesielle monotonireduserende tiltak er også planlagt for Rogfast (27 km).

For Suðuroyartunnilin er behov for monotonidempende tiltak påpekt i tidligere gjennomførte analyser utført av Sintef [2][10]. Sintef anbefaler at monotonien brytes hver 4-6 km [3]. Dette basert på erfaring fra blant annet Lærdalstunnelen. Videre vil lystiltak i de planlagte rundkjøringene (lignende til Lærdalstunnelen) kunne bidra til å redusere monotoni hos trafikanter [2].

I lange tunneler er det ofte flere forbikjøringer og flere som skifter kjørefelt enn i korte tunneler [3].

Videre har lange tunneler spesielle utfordringer, blant annet når det gjelder selvredningsprinsippet og innsats ved en hendelse (N500, utgave 2022). Denne utfordringen vil være til stede i alle tunneler med en viss lengde (anslagsvis 4-5 km), og forsterkes jo lengre tunnelen er. For Suðuroyartunnilin, som er mer enn 20 km lang uten rømningsmuligheter utover portalene, vil det være viktig at trafikantene klarer å evakuere ut av tunnelen på egen hånd i eget kjøretøy. Dette er hovedprinsippet for selvredning i tunnelen.

Det etableres kameraovervåkning og AID i tunnelen som vil bidra til tidlig deteksjon av uønskede hendelser og rask igangsetting av nødvendige tiltak.

Det etableres havari- og snunisjer som muliggjør at trafikanter kan snu, og kjøre ut ved en hendelse. Personer i kjøretøy som ikke klarer å kjøre ut selv vil har mulighet til å sitte på med andre kjøretøy. Det vil være svært viktig å tilrettelegge for å kunne snu alle typer kjøretøy og for muligheten til å evakuere med bil.

Det er 7 % tungtransport i tunnelen. Jo mindre avstanden mellom snunisjene er, jo mindre blir faren for at både tyngre kjøretøy og personbiler blir direkte involvert i en eventuell brannhendelse.

Erfaring fra tidligere brannhendelser og undersøkelser viser til at det er krevende å gjennomføre sikker evakuering med egne kjøretøy i røykfylt tunnel. Selv om det finnes tilrettelagte snumuligheter vil røyken ved en brann hindre sikt og vanskeliggjøre evakuering. Erfaring fra blant annet Gudvangatunnelen i 2015 og Oslofjordtunnelen i 2017 viser at større vogntog er særlig sårbare ifm. evakuering når de blir fanget i røyken.

Videre vil fjernstyrte bommer og tilhørende rødt stoppblinksignal forhindre at ytterligere trafikanter kjører inn i tunnelen ved en hendelse og dermed bidra til at færre personer blir involvert. Dette spesielt ved en brannhendelse. Hyppigere snunisjer i tunnelen, samt bom og rødt stoppblinksignal ved portalene, anbefales for å redusere risikoen.

Dersom det oppstår en situasjon hvor trafikanter blir nødt til å evakuere tilrettelegges det for selvredning i tunnelen med sammenhengende evakueringsbelysning og innsnakk via radio som vil kunne veilede trafikantene. I tillegg dimensjoneres brannventilasjonen for en 50 MW brann.

Se også kap. 4 for vurdering av evakuering til fots i tunnelen.

Tunnellengden vurderes å medføre en risikoøkning. Sannsynlighetsberegningene viser at personskadeulykker og ulykker med drepte eller hardt skadde vil oppstå oftere i Suðuroyartunnilin enn i referansetunnelen. Det vurderes derfor å være behov for risikoreduserende tiltak for å redusere risikoen. Følgende tiltak er vurdert å ha en risikoreduserende effekt på hendelser og forhold hvor tunnellengde kan være av betydning:

Tiltak iht. N500:

- Det etableres kringkastingsanlegg med mulighet for innsnakk fra kontrollsentral via FM-radio. Kontrollsentralen vil informere og varsle trafikanter om en hendelse ved å ta i bruk forhåndsdefinert lydmeldinger eller manuelt innsnakk.
- Brannventilasjon dimensjonert for en 50 MW brann både med og mot stigningen.
- Det etableres hendelsesdetektering (AID) og kameradekning (ITV) i tunnelen. Kameraer vil bidra med informasjon om en hendelse og/eller brannsted slik at innsats kan koordineres og tiltak iverksettes.
- Sammenhengende evakueringsbelysning gjennom tunnelen. Dette vil tilrettelegge for selvredning ved å lede personer i tunnelen ut tunnelportal, spesielt i røyk.

Videre er følgende tiltak anbefalt og vurdert nødvendige for å redusere risikoen ytterligere:

- Monotonidempende tiltak i form av lys og utvidelser av tunneltverrsnittet (anbefales, se også vurdering i kap. 6)
- Forsterket midt- og kantoppmerking i tunnelen (anbefales, se vurdering i kap. 6)
- Fjernstyrte bommer og rødt stoppblinksignal ved tunnelportaler (anbefales, se vurdering i kap. 6)
- Kortere avstand mellom snunisjer enn kravet for tunnelklasse B (anbefales, se vurdering i kap. 6)

Stigning

4.1.2

Suðuroyartunnilin har stigning på 5 % ved begge tunnelportaler, henholdsvis en lengde på ca. 2 km ved hver portal.

Studier viser til at stigning kan medføre en økning av antall ulykker, dette grunnet fartsvariasjon mellom tunge og lette kjøretøy samt økt fart i nedoverbakke [6].

Generelt er det en forhøyet brannrisiko i bratte tunneler. Undersjøiske vegtunneler, eller tunneler med høy stigningsgrad (definert som stigning på over 5 %), er betydelig overrepresentert i statistikken over branner og branntilløp i kjøretøy i norske vegtunneler [7].

Lengden med høy stigningsgrad er relevant, og kan øke risikoen for brann og tilløp i tunge kjøretøy, enten fordi bremser/motorbrems kan gå varme på veg nedover i tunnelen, eller at motoren (for eksempel turboen) havarerer på grunn av hard belastning på veg oppover i tunnelen. Gitt betydningen av varmgang i motor og/eller bremser som årsak til brann i tungbiler i tunneler med høy stigningsgrad, er det grunn til å anta at det er lengden med høy stigningsgrad som er avgjørende for risiko for vegtunnelbrann og ikke stigningsgraden i seg selv [7]. Brannmodeller viser at især stigning over 7 % og lengder på flere kilometer medfører en forhøyet sannsynlighet for brann [7]

Suðuroyartunnelen er lang, men har moderat stigning (5%) og lengde på stigningene.

Det er ca. 7 % tungtrafikk i tunnelen, dvs. en relativt liten andel tungtrafikk. Imidlertid er det ikke tilgjengelig data for mengde og type farlig gods som transporteres på strekningen.

Tunnelen blir utstyrt med AID som vil bidra til tidlig deteksjon og varsling av uønskede hendelser i tunnelen. Ved en brannhendelse vil kameraovervåkning bidra til lokasjon av brannsted i tunnelen, effektiv styring av brannventilasjonen og iverksetting av tiltak og rask stenging av tunnelen. Samtidig vil kamera kunne bidra til nyttig informasjon til hjelp for nødetatenes mobilisering og innsats. Videre etableres nødstasjoner iht. krav. Nødstasjoner inneholder nødtelefon og brannslokningsapparat som kan benyttes ved en mindre brann. Det er også brannventilasjon dimensjonert for en 50 MW brann.

Samlet sett vurderes stigningsforholdet i tunnelen å medføre noe økt risiko for brann.

Tilsvarende som for særtrekk tunnellengde er følgende tiltak vurdert å ha en risikoreduserende effekt på hendelser og forhold hvor stigning kan være av betydning:

- Kringkastingsanlegg med mulighet for innsnakk
- Brannventilasjon
- Hendelsesdetektering (AID) og kameradekning (ITV)
- Sammenhengende evakueringsbelysning

Videre er følgende tiltak identifisert og anbefalt for å redusere risikoen ytterligere:

- Forsterket midt- og kantoppmerking i tunnelen (anbefales, se vurdering i kap. 6)
- Fjernstyrte bommer og rødt stoppblinksignal ved tunnelportaler (anbefales, se vurdering i kap. 6)
- Kortere avstand mellom snunisjer enn kravet for tunnelklasse B (anbefales, se vurdering i kap. 6)

5 Vurdering evakuering ved brann

Vurderingene av særtrekk, samt tidligere gjennomførte risikoanalyser, tilsier at det er behov for en detaljert risikoanalyse av brann i tunnelen. Det er derfor gjennomført en kvantitativ risikoanalyse av evakuering ved brann, som skal svare ut om risiko knyttet til brann i tunnelen er ivaretatt, og identifisere eventuelle behov for ytterligere risiko- eller beredskapstiltak.

5.1 Metode

For å vurdere risiko knyttet til brann, er det definert et dimensjonerende scenario for evakuering ved brann, som sikkerhets- og beredskapstiltakene i tunnelen med stor sannsynlighet skal kunne ivareta. Det dimensjonerende scenariet skal ivareta en «worst case»-hendelse i tunnelen, som det er rimelig at kan oppstå. Formålet med å definere et dimensjonerende scenario, er å stille krav til beredskapen i tunnelen, og eventuelt identifisere behov for ytterligere sikkerhetstiltak.

Analysen vurderer sannsynlighet og konsekvens ved en brann i Suðuroyartunnilin kvantitativt.

For vurdering av konsekvens ved brann er det for dimensjonerende scenario gjort beregninger og vurderinger av:

- Dimensjonerende brannutvikling
- Antall kjøretøy som blir påvirket av hendelsen
- Røykspredning i tunnelen
- Hvilken røykdose personer som evakuerer til fots i tunnelen blir utsatt for, inklusiv tid til akkumulert dose er så stor at man ikke er i stand til å evakuere lenger (tid til inkapasitans).

Vurderingen legger de planlagte og anbefalte tiltakene til grunn.

5.1.1

5.1.2 ***Toksisitet og sikt i røyk***

FED-beregninger

Den toksiske effekten på evakuerende som utsettes for røykgass er beregnet iht. metode beskrevet i Tunnel Fire Dynamics [22]. En såkalt «Fractional Effective Dose», eller FED, beregnes. FED er et uttrykk for akkumulert dose som resulterer i en spesifisert effekt på en gjennomsnittlig person. En FED på 1 er den akkumulerte dosen som vil gjøre 50% av befolkningen ute av stand til å evakuere (inkapasitans). Grenseverdien representerer ikke en dødelig dose, men en dose som gjør at en gjennomsnittlig person blir desorientert og ute av stand til å ta seg frem i tunnelen på egen hånd. Den akkumulerte dosen vil være avhengig av både konsentrasjonen til den kvelende eller toksiske gassen, samt tiden man utsettes for den.

5.1.3

FED beregnes ut fra bidrag fra de kvelende gassene CO og HCN, samt redusert konsentrasjon av O_2. I tillegg vil CO_2 påvirke pusteraten, som igjen bidrar til en økt effekt av CO og HCN. Dette er også hensyntatt i modellen.

Siktberegninger og påvirkning på ganghastigheten

Beregninger av sikt og hvilken påvirkning sikten har på ganghastigheten er utført iht. metode beskrevet i Tunnel Fire Dynamics [22]. Sikten vil være avhengig av røykkonsentrasjonen i tunnelen. Parametre som inngår for å beregne sikten er blant annet:

- Sotproduksjon
- Branneffekt

- Optisk tetthet
- Uttynning av røyken (gitt av tunneltverrsnitt og ventilasjonshastighet)

Sikten vil igjen påvirke ganghastigheten. Det er benyttet en nedre grense for ganghastighet på 0,3 m/s, som tilsvarer ganghastighet i mørke/ svært dårlig sikt). Ved god sikt (mer enn 10 m) er det benyttet en ganghastighet på 1,0 m/s, som er vurdert å være en relativt konservativ verdi. Etter hvert som de evakuerende blir tatt igjen av røyken tar beregningene høyde for en redusert ganghastighet som følge av redusert sikt, helt ned til 0,3 m/s når sikten er svært lav/lik null.

FED-beregningene forutsetter at evakuerende beveger seg bort fra brannen, og at de forholder seg aktivt til situasjonen. Temperaturutvikling nær brannstedet er derfor ikke vurdert.

FED- og siktberegningene er i stor grad avhengig av ventilasjonshastigheten i tunnelen. Høyere ventilasjonshastighet vil bidra til mer uttynning av røyken, og dermed redusert konsentrasjon av giftige gasser. På den annen side vil høyere ventilasjonshastighet øke røykspredningen i tunnelen, slik at evakuerende raskere blir tatt igjen av giftigere røyk. Dette fordi det produseres mer giftig røyk utover i brannforløpet når branneffekten øker. Høyere ventilasjonshastighet kan også gi dårligere sikt i startforløpet av brannen siden turbulens gjør at hele tverrsnittet fylles med røyk, samt at det kan bidra til å eskalere brannen. Dette er ikke medtatt i beregningene.

Røykspredning

5.1.4 For å vurdere røykspredningen i tunnelen er det gjennomført simuleringer i programmet IDA tunnel, av EQUA simulation [23]. IDA tunnel er et 1-dimensjonalt transient program for beregninger av strømninger og brann i tunneler, som hensyntar mekanisk ventilasjon, friksjonskrefter, termiske krefter (ekspansjon og oppdrift) og innløps- og utløpstap.

Det er opprettet en IDA-modell for Suðuroyartunnilin basert på prosjektert geometri. Simuleringen er gjennomført uten trafikk i tunnelen, og med ventilasjonsanlegget som presentert i ventilasjonsrapporten for tunnelen [24].

Beregningene er gjennomført for dimensjonerende brannutvikling, med lav ventilasjonshastighet i evakueringsfasen, og maks hastighet ved reversert ventilasjonsretning.

5.2 Dimensjonerende scenario for evakuering i røyk

5.2.1 Det er utarbeidet et dimensjonerende scenario for evakuering i røyk. Dette kapittelet oppsummerer parametere som ligger til grunn for dimensjonerende scenario, samt konsekvensberegningene.

Brannutvikling

Dimensjonerende branneffekt for Suðuroyartunnilin er satt til 50 MW. Dette følger av dagens krav til tunnelklasse B, og hadde også vært valgt om tunnelklassen hadde vært satt en klasse opp.

For vurderingen av rømningsforholdene i tunnelen er det imidlertid nødvendig med en vurdering av hvordan brannen utvikler seg, over tid, frem til dimensjonerende brannstørrelse (50 MW). I N500:2022 er det ikke oppgitt utviklingskurver for branneffekt. For dimensjonering av konstruksjoner er det oppgitt standardiserte temperatur-tid-kurver, men formålet med disse er ikke det samme som formålet til en effektutviklingskurve. For temperatur-tid-kurvene er det sentrale hvordan temperaturen utvikler seg i en brann, og spesielt da en hurtig temperaturutvikling som vil kunne påvirke en konstruksjon spesielt.

I en brann i tungt kjøretøy med brennbar last vil selve effektutviklingen imidlertid skje noe mer langsomt enn standard dimensjoneringskurver for konstruksjoner skulle tilsi. Det er ofte referert til branntester når

effektutviklingen/brannvekstiden er vurdert. Ved bruk av branntester som referanser er det imidlertid viktig å være klar over følgende:

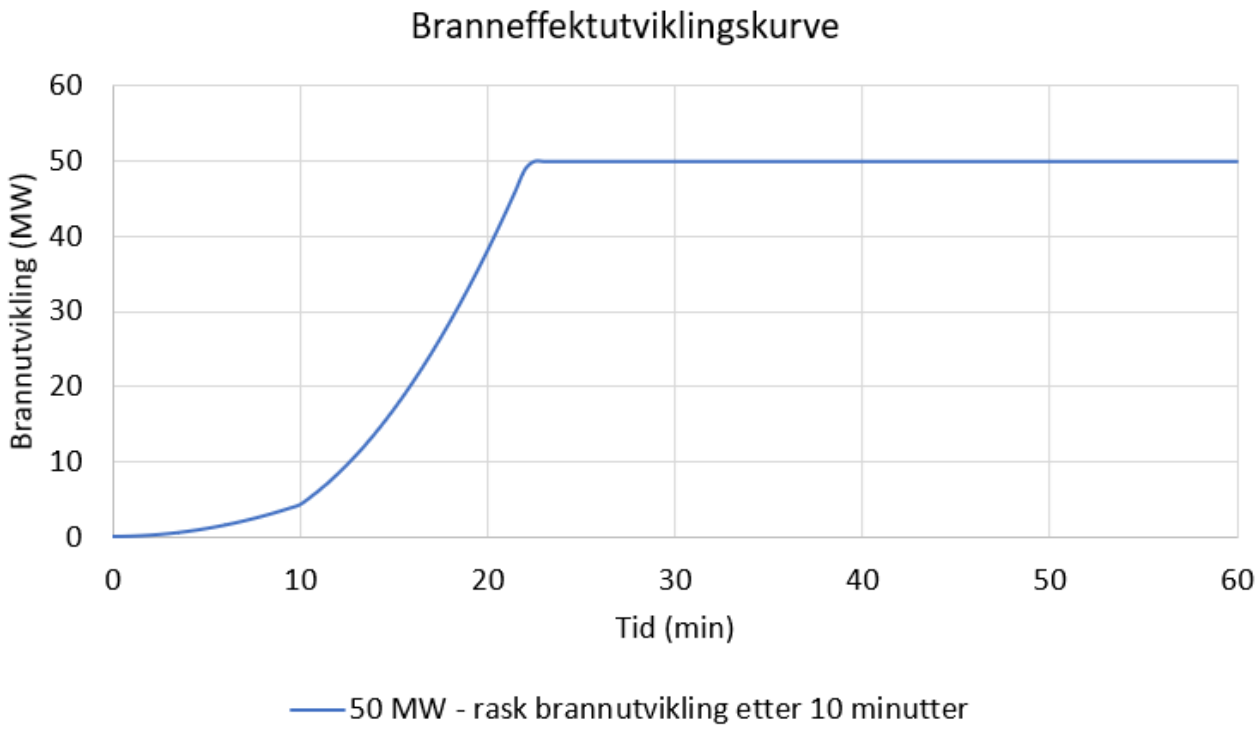
- I branntester som er gjennomført har antennelse som oftest blitt gjort direkte på den brennbare lasten.
- I branntester skjer antennelse ofte på flere steder samtidig.

Fra branntester konkluderes det derfor normalt med rask brannutvikling i tunge kjøretøy med brennbar last. Normalt vil brannstart i et tungt kjøretøy imidlertid ikke skje i lasten, men i tilknytning til motor eller varmgang i roterende deler (hjul/ bremser/ lagre/ o.l.), før det spres til resten av kjøretøyet og lasten. Denne fasen vurderes ikke å være lik rask som brannveksten i selve lasten når brannen spres dit.

Basert på dette er det vurdert en branneffektutviklingskurve, som vist under, der følgende er lagt til grunn:

- Første 10 minutter: medium brannutviklingshastighet før spredning til last
- Etter 10 minutter: rask brannutviklingshastighet

Dette medfører at en 50 MW oppnås etter 23 minutter. Denne branneffektutviklingskurven legges til grunn for videre vurdering av røykspredning og evakuering i denne risikovurderingen.



5.2.

Figur 5-1 Brannutviklingskurve for Suðuroyartunnilin for bruk til vurdering av rømningsforholdene

Trafikkfordeling

Dimensjonerende scenario tar utgangspunkt i ÅDT på 2000 (ÅDT 2050) og tungtrafikkandel på 7% (2050). Det er ikke tilgjengelig statistikk for å estimere hvordan time- eller døgntrafikken i tunnelen vil variere. Basert på data fra faktorvariasjonskurver i Veileder for trafikkdata ([16]) er timetrafikken under 10 % av ÅDT ca. 95% av tiden for hovedveier med innslag av sesongbasert fjerntrafikk. Dette er benyttet til å estimere dimensjonerende timetrafikk.

For tunnelen tilsvarer dette 200 kjøretøy per time (totalt for alle kjøretøy).

Tunnelen planlegges som ettløpstunnel på 22 818 meter, med ett kjørefelt i hver retning. Oppholdstiden i tunnelen, ved kjørehastighet lik skiltet fartsgrense på 80 km/t, er ca. 17 minutter.

Gitt at kjøretøy holder skiltet fartsgrense (80 km/t) og maks timetrafikk i tunnelen er ca. 10% av ÅDT, forventes det om lag 56 kjøretøy fordelt i tunnelen samtidig, hvorav 4 tyngre kjøretøy og 52 lette kjøretøy i makstimen. Det bemerkes at det ikke er gjort estimering av trafikkfordeling per felt. Det antas imidlertid at trafikken fordeles jevnt i begge retninger.

Involverte kjøretøy ved en hendelse

Antall involverte kjøretøy har betydelige implikasjoner for tunnelbranners alvorlighetsgrad [13].

5.2.3 Basert på statistikk fra kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008- 2021 [13], er det et fåtall av ulykkene som forårsakes av kollisjon mellom kjøretøy. Det er kun 5% av hendelsene som er registrert med kollisjon. Videre er 6 % av hendelsene registrert som «ukjent» eller «annet», dvs. at informasjon om kjøretøy mangler, eller at hendelsen involverer kjøretøy som ikke er bil, for eksempel mc, ATV eller traktor. Fordelingen er relativ lik for tunge og lette kjøretøy.

Basert på denne statistikken er det vurdert en hendelse som involverer ett kjøretøy, der kjøretøyet ikke sperrer vegbanen.

5.2.4 *Ventilasjonshastighet*

For å redusere røykspredningen i tunnelen er det viktig at ventilasjonshastigheten begrenses. Det kan gjøres ved å regulere antall impulsvifter i drift, basert på input fra vindmålere i tunnelen. Ventilasjonsretningen i tunnelen er ikke definert i denne fasen av prosjektet, men det tas utgangspunkt i at ventilasjonen igangsettes i samme retning som dominerende trekkretning ved brannstart / samme retning som driftsventilasjonen. Det er usikkert hvor lavt det er mulig å regulere ventilasjonshastigheten i tunnelen, men erfaringer fra andre tunneler viser at det er utfordrende å regulere på hastigheter på under 1,0 m/s. Det vil også være en treghet i reguleringen, og en usikkerhet i måledata fra vindmålerne, som gjør at ventilasjonshastigheten typisk varierer med +/- 0,5 m/s. Det er derfor lagt til grunn en ventilasjonshastighet på 1,5 m/s oppstrøms brannen i konsekvensvurderingene. Det bør testes hvor lav hastighet ventilasjonen kan reguleres på når nytt ventilasjonsanlegg er installert, og en bør kunne oppnå en hastighet på ca. 1,0 m/s.

5.2.5 Ved ventilasjonsanlegget på maks kapasitet er ventilasjonshastigheten ca. 3,5 m/s ved 50 MW brann.

Hendelsesforløp ved brann

For å vurdere dimensjonerende scenario, er det sett på et hendelsesforløp inndelt i fasene deteksjon og varsling, evakuering i kjøretøy og til fots, samt innsats. Hendelsesforløpet er beskrevet for å kunne tidfeste nødvendige aksjoner i en tidslinje, samt identifisere kritiske forhold i hendelsesforløpet.

<u>Deteksjon og varsling av hendelsen</u>

Ved stopp av kjøretøy i tunnelen vil kontrollsentralen raskt få varsel (innen ca. 15 sekunder) siden det planlegges med hendelsesdeteksjon i tunnelen, og kontrollsentralen vil få opp bilde av situasjonen på sine skjermer. Operatøren vi da gjøre en vurdering av situasjonen i tunnelen, og vurdere om det er behov for å stenge tunnelen. Dersom det er visuell røykutvikling antas det at aktuell brannplan igangsettes umiddelbart. Dersom det ikke er røykutvikling vil operatør på kontrollsentralen trolig se an situasjonen. Fører kan i noen tilfeller oppfatte branntilløpet før kontrollsentralen, og vil i så fall i mange tilfeller forsøke å slukke brannen,

enten med brannslukker i kjøretøy, eller fra nødskap i tunnelen. Dersom brannslokker i tunnelen fjernes antas det at aktuell brannplan igangsettes automatisk, tilsvarende som på andre tunneler på Færøyene.

Basert på erfaringer fra Vegtrafikksentralen i Norge er det estimert at brannplanen er igangsatt innen to minutter etter deteksjon av en hendelse, selv om det i de fleste tilfeller med røykutvikling trolig er raskere. Brannplanen inkluderer aktivering av snuskilt avhengig av brannplassering, stenging av tunnelen, evakueringsbelysning og brannventilasjon. Det er usikkert om reaksjonstiden er direkte overførbar til kontrollsentralen på Færøyene, men det antas at med gode deteksjons- og overvåkningsmuligheter, så vil operatøren ha tilstrekkelig grunnlag for å igangsette forhåndsdefinert brannplan innen to minutter.

Evakuering i kjøretøy og til fots – selvredning

De fleste kjøretøyene som befinner seg i tunnelen ved brannstart, eller som kjører inn i tunnelen før den stenger, vil enten ha passert brannstedet i kjøreretningen og fortsetter ut, eller de vil bli varslet om å snu og kjøre ut før de ankommer brannstedet.

Siden det er få kjøretøy mellom snunisjene, kort kjøretid mellom hver snumulighet (i underkant av ett minutt med 1000 m avstand) og røykspredningen reduseres så mye som mulig (dvs. lav ventilasjonshastighet), forventes det at snumulighetene i tunnelen er relativt gode. Det er imidlertid svært viktig at trafikanter varsles tidlig og tydelig, for å redusere sannsynligheten for at kjøretøy kjører opp til brannstedet. Det er noe usikkert hvordan bilister reagerer på snu-skiltene i norske tunneler, da de ofte er benyttet i tunneler uten kameradekning. Erfaringer fra Vegtrafikksentralen fra hendelser i Oslofjordtunnelen er at trafikanter reagerer raskt på snuskiltene. I Oslofjordtunnelen er det imidlertid en kjent problematikk med brann, og snuskiltene har i tillegg et eksplisitt varsel om brann i tunnel. Tydelig varsling av brann/ulykke i tunnelen anbefales også i Suðuroyartunnilin, slik at trafikanter oppfatter alvoret i situasjonen, og reagerer raskt.

Det forventes også at kjøretøy som ankommer brannstedet tidlig i forløpet vil kunne kjøre forbi brannstedet. Tidlig i brannforløpet ligger røyken i taket ved lav ventilasjonshastighet, som gir god sikt rundt brannstedet de første minuttene etter brannstart. I beregningene er det estimert at kjøretøy som ankommer brannstedet innen to minutter kan kjøre forbi, men sannsynligvis vil situasjonen vil være oversiktlig frem til brannplanen er aktivert, slik at flere kjøretøy kan passere.

Kjøretøy som ikke får kjørt forbi, eller som ikke blir varslet før de passerer siste snunisje før brannstedet, kan bli stående i kø i røyk. Sannsynligvis vil lette kjøretøy ha mulighet til å snu i normalprofilet, men det kan oppstå trafikksituasjoner der kjøretøy ikke har mulighet til å snu. Det kan for eksempel være tunge kjøretøy i kø ved hendelsen, som ikke har mulighet til å snu, og som kan hindre andre i å kjøre ut, eller at det er flere kjøretøy involvert i hendelsen som sperrer kjørebanen. Det kan derfor ikke utelukkes at noen må evakuere til fots i tunnelen.

Det er lagt til grunn at personer i kjøretøy som ikke kan kjøre ut reagerer på situasjonen innen tre minutter etter situasjonen er identifisert, dvs. etter de ankommer brannstedet eller møter røyk i tunnelen, og da igangsetter evakuering til fots. Det er antatt at evakuerende begynner å gå før sikten i tunnelen er dårlig, dvs. at det er minst 10 m sikt. De vil da evakuere i røykfronten en stund, men vil, avhengig av ganghastighet og ventilasjonshastighet, tas igjen av mer og mer røyk. På grunn av tunnelens lengde vil evakuerende (dersom brannen ikke skjer nær en av portalene) ikke ha mulighet til å evakuere helt til portal på egen hånd, fordi de enten blir utsatt for høy dose giftige røykgasser, eller blir for slitne/desorienterte til å ta seg frem i tunnelen på egen hånd.

Innsats

Det forutsettes at brannvesenet varsles om en hendelse straks kontrollsentralen detekterer en brannhendelse. De første minuttene etter en hendelse er kritiske for å ta riktige valg utover i forløpet, og det

er viktig å få samlet så mye informasjon som mulig og danne et bilde av situasjonen. Kontrollsentralen vil kunne få et overblikk over situasjonen i tunnelen ved hjelp av kameraer, men det er tidkrevende å gå gjennom kamerabildene og få en oversikt over større deler av tunnelen utover selve hendelsesstedet. Det er planlagt at det installeres utstyr i tunnelen som detekterer kjøretøy i tunnelen (lengde og plassering), slik at det vil være mulig å få en oversikt over kjøretøy i tunnelen uten å gå gjennom kameraene. Det er likevel ikke gitt at brannvesenet vet om det er evakuerende til fots i røyk eller ikke ved en hendelse.

Det er usikkert hva utrykningstiden til tunnelportalene er, men det er flere brannstasjoner på begge sider av tunnelen. I Sweco-analysen er det oppgitt at brannvesenets innsatstid til portal på begge sider av tunnelen er 10-15 minutter etter en hendelse er varslet.

Siden det i store deler av tunnelen er svært lange evakueringsavstander til portal, vil evakuerende i røyk være avhengig av at ventilasjonsretningen snur på et tidspunkt, for å gi disse mulighet til å ta seg til et sikkert sted. Sikkert sted vil være i tunnelen når den er røykfri.

Beredskapen må derfor etterstrebe at tiden frem til ventilasjonen kan snus blir så kort som mulig, slik at de evakuerende i røyk blir utsatt for røyk så kort tid som mulig.

En forutsetning for å snu ventilasjonsretningen er at tunnelen må være klarert oppstrøms brannen (altså på røykfri side), og det må sikres at alle trafikanter i denne delen av tunnelen er kommet seg ut. Dette innebærer at brannvesenet må kjøre frem til brannstedet, sikre at alle personer som befinner seg i tunnelen oppstrøms brannen er evakuert ut av tunnelen, og bistå med evakueringen ved behov. Alternativt kan overvåkningssystemene som installeres i tunnelen benyttes til å klarere tunnelen, men dette må vurderes i senere prosjektfaser når det er besluttet hvilken type deteksjon og overvåkning som installeres. I denne rapporten tas det derfor utgangspunkt i at brannvesenet sikrer tunnelen ved å fysisk ta seg inn i tunnelen.

Det installeres symmetriske impulsvifter i tunnelen, som vil igangsettes på maks kapasitet når ventilasjonsretningen snus. Siden det er få vifter i drift når evakueringsventilasjonen er aktivert (før ventilasjonen snur) vurderes det at det vil være lite forsinkelse i prosessen med å snu viftene.

Det er ikke planlagt med gjennomgående slokkevann i tunnelen, så slokkeinnsats vil foregå med tankbil. Det er ikke vurdert hva dimensjonerende scenario for slokkeinnsats er i denne rapporten, men det må vurderes på et senere tidspunkt i prosjektet.

Muligheten for slokkeinnsats må vurderes av brannvesenet i situasjonen, men første prioritet må være å tømme røykfri del av tunnelen for personer slik at ventilasjonsretningen kan snus for å skape røykfri side på motsatt side av brannstedet. På denne måten vil personer som evakuerer i røyk i første del av brannforløpet kunne evakuere helt ut av tunnelen i røykfritt miljø.

Oppsummering parametere dimensjonerende scenario

Tabell 7 Oppsummering parametere dimensjonerende scenario

Parameter	Verdi	Kommentar
5.2.6 Brannkurve	50 MW	Se kap. 5.3.1.
Deteksjonstid	1 min	Hendelsen detekteres av kontrollsentral 1 min etter stoppet kjøretøy (med brann).
Aktiver brannplan	2 min	Fra en hendelse er detektert til brannplan med ventilasjon og snu-skilt aktiveres.
Reaksjonstid evakuering	2 min	Tid fra hendelsen er observert til evakuering igangsettes (definert ved at kjøretøy ankommer brannstedet eller møter røyk i tunnelen).
Ventilasjonshastighet		Evakueringsventilasjon er satt til 1,5 m/s, når røyken snur øker hastigheten til 3,5 m/s.
Ganghastighet	0,3 til 1,0 m/s avhengig av sikt	Ganghastigheten er konservativt satt til 1,0 m/s ved god sikt.
Dimensjonerende timestrafikk	10 % av ÅDT	10 % av ÅDT (2050) gir 2,5 kjøretøy mellom snunisjer i hver kjøreretning ved jevn trafikkfordeling og 1000 m mellom nisjene.

5.3 Konsekvensvurderinger dimensjonerende scenario

Det er gjennomført toksisitets- og siktberegninger for å vurdere konsekvensen ved dimensjonerende scenario, for evakuerende som må evakuere til fots i røyk i tunnelen. Det er vurdert hvor mange kjøretøy som potensielt blir stående i røyk, hvor langt evakuerende har mulighet til å gå til fots fra brannstedet, samt
5.3.1 hvor lenge de har mulighet til å evakuere i røyk før de er utsatt for en grenseverdi for akkumulert mengde giftig røyk. Grenseverdien tilsvarer en dose som gjør at 50 % av befolkningen blir desorienterte, og ikke har mulighet til å orientere seg i tunnelen. I tillegg er det vurdert hvor lang tid beredskapen har tilgjengelig for sikre at evakuerende til fots befinner seg på sikkert sted, altså i røykfri tunnel.

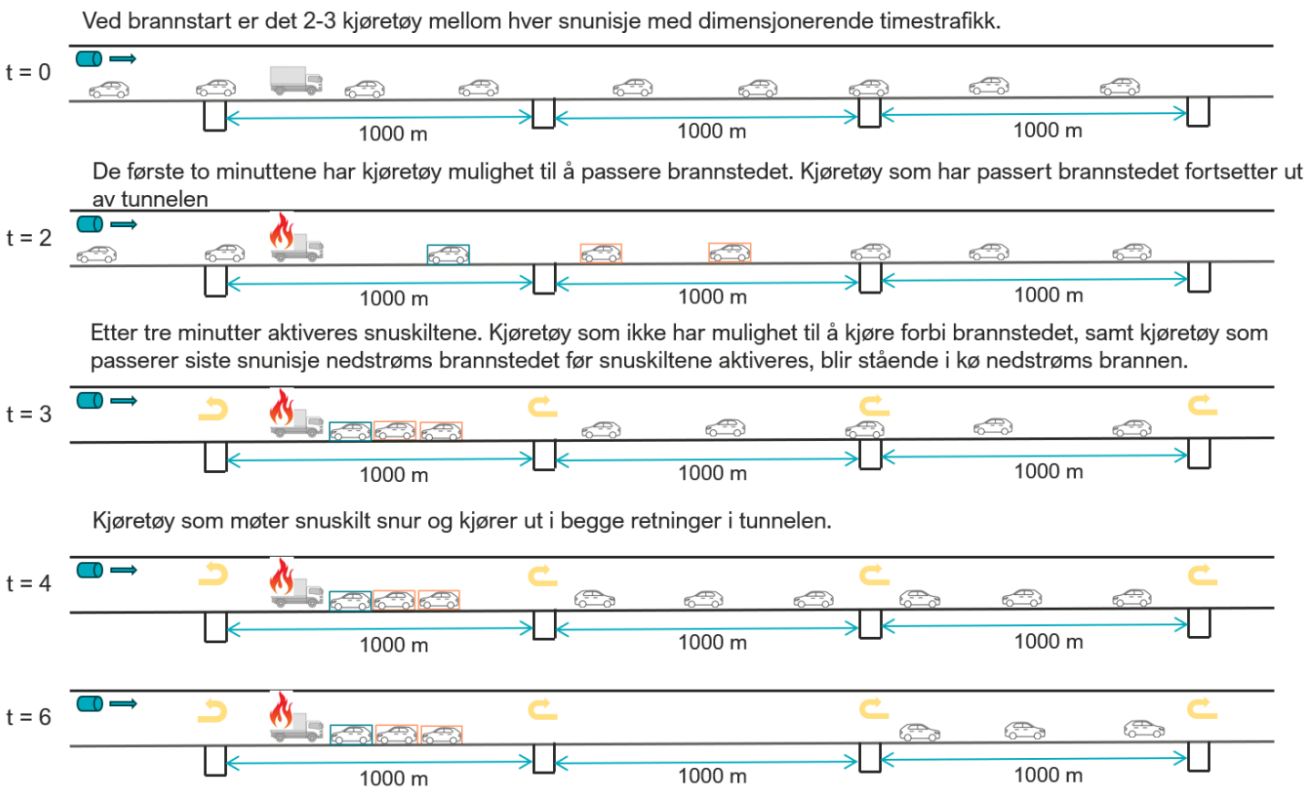
Antall kjøretøy nedstrøms brannen

Ved brannstart er det estimert at det er ca. 57 kjøretøy i tunnelen for dimensjonerende timestrafikk. Det er satt opp et regneeksempel basert på dimensjonerende brannscenario, basert på parameterne i Tabell 7. Brannplasseringen er da satt 700 m fra nærmeste snunisje i ventilasjonsretningen. Det er lagt til grunn 1000 m mellom snunisjene.

Med en stengetid på tre minutter etter en hendelse, kan det potensielt være ett kjøretøy mellom brannsted og siste snunisje, i tillegg til fem kjøretøy som passerer siste snunisje før brannstedet nedstrøms brannen

uten å bli varslet. I beregningen legges det til grunn at tre av disse kan passere i løpet av de første to minuttene etter brannstart, og at de tre gjenværende kjøretøyene blir stående i kø i røyk nedstrøms brannen. Resterende kjøretøy i tunnelen forventes å kunne snu og kjøre ut av tunnelen.

Merk at eksempelet under vurderes som konservativt, og at det forventes at kjøretøy i de fleste tilfeller vil ha mulighet til å kjøre ut av tunnelen ved å enten kjøre forbi brannstedet, rygge til nærmeste snu- eller havarinisje, eller snu i normalprofilet. Andre kjøretøy kan også ta med seg personer som ikke har mulighet til å kjøre ut på egenhånd (som har vist seg å skje ved flere branntilfeller).

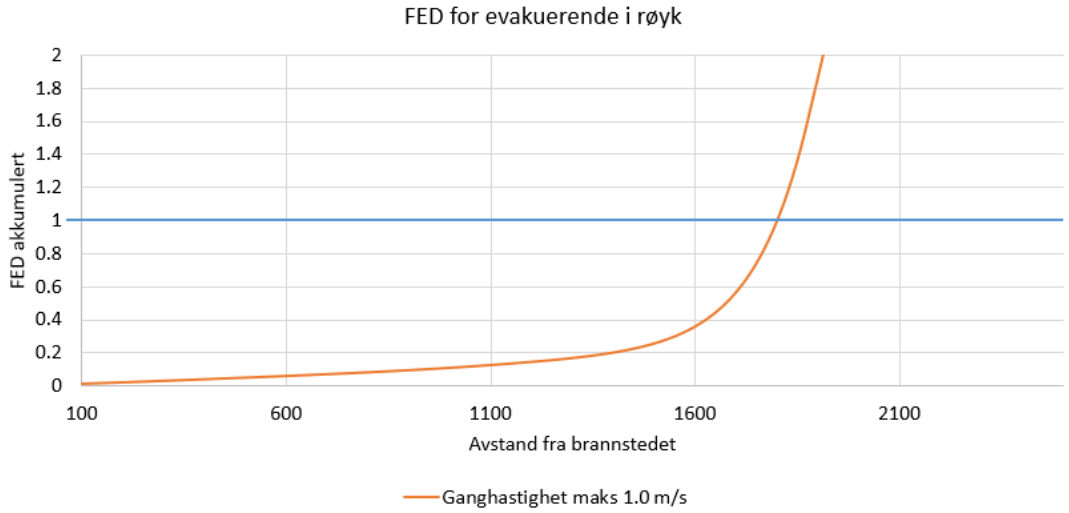


5.3.

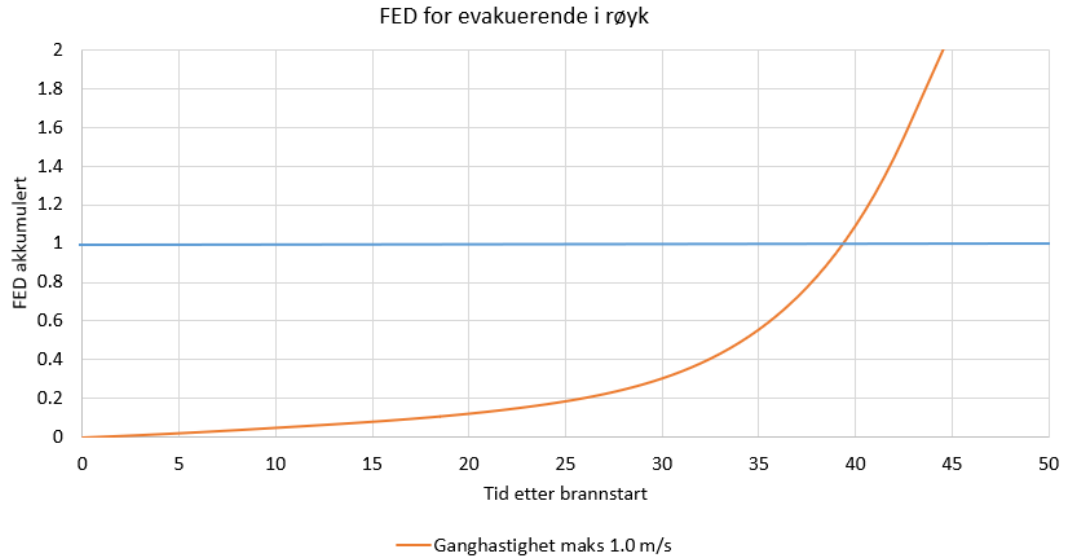
Figur 5-2 Hendelsesforløp kjøretøy nedstrøms brannen, gitt forutsetningene for dimensjonerende brannscenario.

Toksisitets- og siktberegninger

For evakuerende til fots er det gjennomført beregninger for å vurdere hvor lenge de har mulighet til å evakuere i tunnelen i røyk, før de er utsatt for en røykdose som gjør det utfordrende å orientere seg i tunnelen. Med maks ganghastighet på 1 m/s er tilgjengelig tid før grenseverdien for inkapasitans er oppnådd i underkant av 40 minutter. Evakuerende har på det tidspunktet evakuert ca. 1800 m fra brannstedet.



Figur 5-3 FED-beregninger for dimensjonerende scenario. Figuren viser sammenhengen mellom akkumulert FED-verdi og gangavstand fra brannstedet. Grenseverdi for inkapasitans er vist med blå linje.



5.3.3

Figur 5-4 FED-beregninger for dimensjonerende scenario. Figuren viser sammenhengen mellom akkumulert FED-verdi og tid etter brannstart. Grenseverdi for inkapasitans er vist med blå linje.

Innsatstid

For det dimensjonerende scenariet for evakuering er brannhendelsen satt slik at evakuerende til fots kan få utfordringer med å ta seg frem til nærmeste portal, samtidig som plasseringen gir lengst utkjøringstid for nødetatene fra røykfri side av tunnelen.

Brannplasseringen er derfor satt til 20 km inn i tunnelen fra Suðuroyar, med ventilasjonsretning mot Sandøy. Dette vil gi lengst utkjøringstid for kjøretøy fra brannstedet (ca. 15 minutter i normal kjørehastighet), samt lengst utrykningstid for brannvesenet. Det er usikkert hvilken ventilasjonsretning som velges ved en

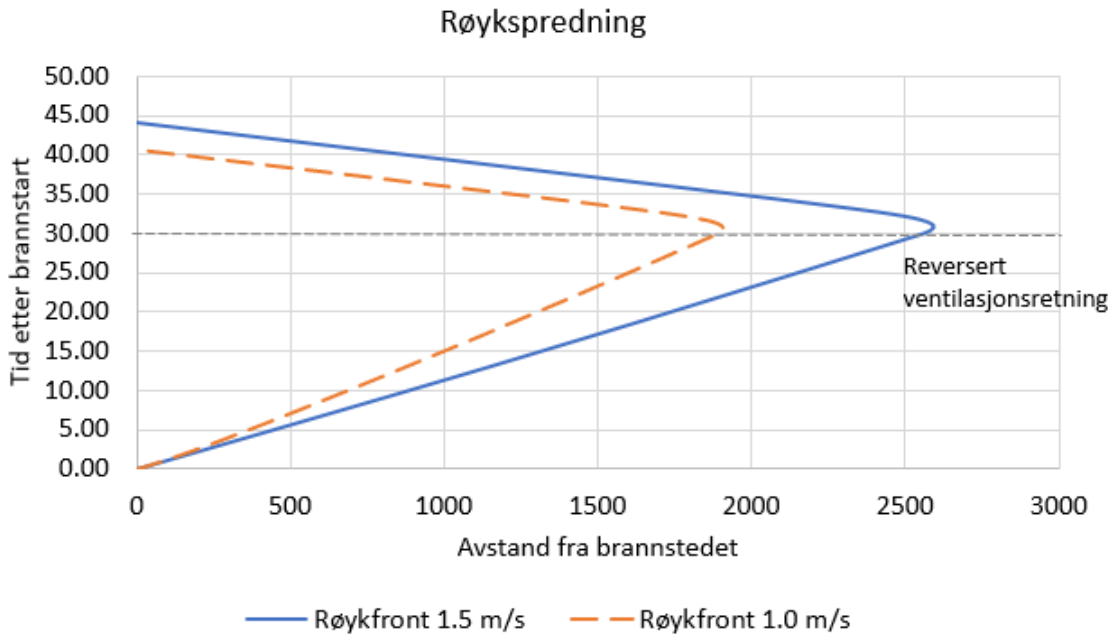
brannhendelse, men det tas utgangspunkt i at den kan starte opp med naturlig trekk / med driftsventilasjonsretningen, slik at det potensielt kan bli svært store deler av tunnelen som blir røyklagt.

Basert på de tidligere vurderingene i analysen, vil brannvesenet være ved portalen ca. 10-15 minutter etter brannstart (forutsetter direkte varsling ved en hendelse). De vil da ha tilgjengelig 15-20 minutter for å klarere røykfri side, og snu ventilasjonsretningen. Det må vurderes i samråd med lokale brannvesen om dette er gjennomførbart, eller om det er behov for ytterligere tiltak, som opprustning av beredskapen, fast ventilasjonsretning på begge sider av bunnpunktet for å redusere innsatstiden, eller andre tiltak.

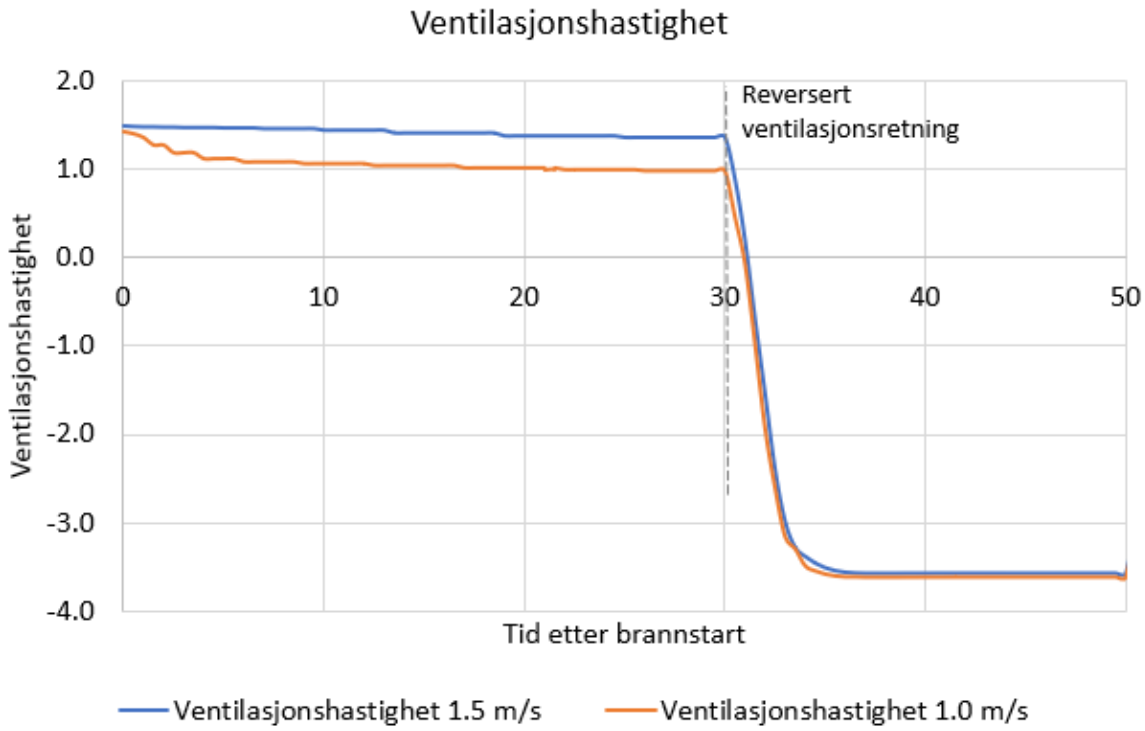
Røykspredning

Det er gjennomført røykspredningsberegninger for å se på hvor langt røyken sprer seg ved brann før ventilasjonsretningen kan snus. Beregningene tar utgangspunkt i at røykspredningen starter ved brannstart, dvs. at det utvikles røyk fra kjøretøyet stopper i tunnelen, og at ventilasjonsretningen snur 30 minutter etter brannstart, dvs. på det tidspunktet brannvesenet har klarert tunnelen (ref. kap. 5.3.3). Den blå linjen i figurene under viser røykspredning med en ventilasjonshastighet på ca. 1,5 m/s, som er det som ligger til grunn for beregningene i dimensjonerende scenario. Den stiplete oransje linjen viser røykspredningen med en redusert ventilasjonshastighet på ca. 1,0 m/s.

5.3.4



Figur 5-5 Røykspredning fra brannstedet, avhengig av tid etter brannstart. Figuren illustrerer bevegelse av røykfronten i tunnelen nedstrøms brannen.



Figur 5-6 Ventilasjonshastighet som ligger til grunn for røykspredningen i tunnelen. Blå linje viser ventilasjonshastighet ca. tilsvarende som antatt driftsventilasjon (dvs. 1,5 m/s), og oransje linje viser redusert ventilasjonshastighet til ca. 1 m/s. Når ventilasjonen snur vil hastigheten settes opp til full kapasitet (tilsvarer 3,7 m/s) i motsatt retning.

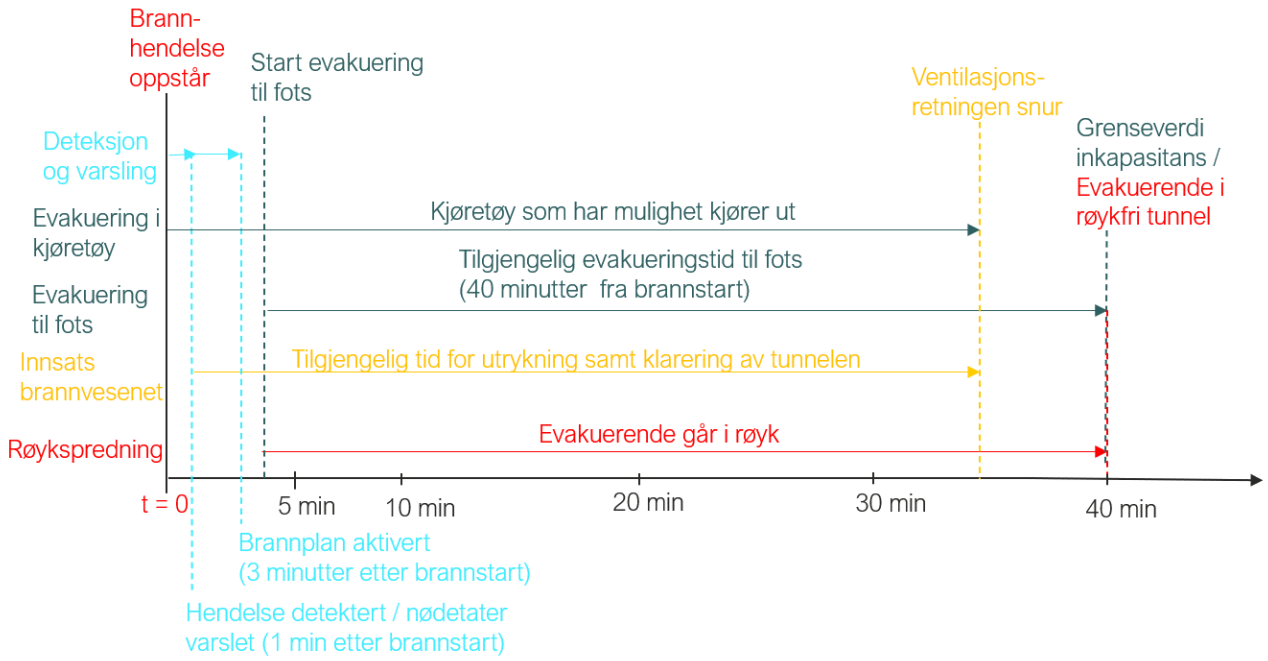
5.3.5 *Tidslinje*

I figuren under er beregningene og vurderingene som er utført for det dimensjonerende scenariet oppsummert i en tidslinje.

Beregningene viser at personer som evakuerer til fots på røykfylt side i starten av brannforløpet vil ha ca. 40 minutter på seg før de oppnår grenseverdien for inkapasitans og ikke er i stand til å evakuere lengre. Erfaringer fra tidligere tunnelbranner (oppsummert i vedlegg 1) viser eksempler på at evakuerende til fots i røyk vil fortsette å ta seg frem i tunnelen innenfor dette tidsintervallet.

Dersom ventilasjonsretningen snur etter 30 minutter fra brannstart, viser røykspredningsberegningene at evakuerende vil være i røykfritt miljø innen 5-6 minutter etter ventilasjonsretningen har snudd. For å kunne ivareta dimensjonerende scenario, må derfor brannvesenet ha mulighet til å klarere tunnelen og snu ventilasjonsretningen innen 30-35 minutter fra brannstart.

Når sikkert sted er etablert er tilgjengelig tid for selvredning i praksis ubegrenset, men evakuerende som har vært utsatt for røyk vil ha behov for tilsyn og legehjelp. Nødetatene må derfor ha fokus på å få alle ut av tunnelen så raskt som mulig.



Figur 5-7 Tidslinje for dimensjonerende scenario

5.4 Usikkerhet og sensitivitet i beregningene

Ventilasjonshastighet
Det er i beregningene for dimensjonerende scenario benyttet en ventilasjonshastighet på 1,5 m/s. Beregningene viser at en reduksjon av denne hastigheten gir store utslag på tidslinjen. Dette fordi ventilasjonshastigheter i størrelsesorden 1 m/s samsvarer med ganghastigheten ved evakuering til fots i tunnelen, og vil derfor kunne være avgjørende for i hvilken grad evakuerende utsettes for røyk.

Dersom ventilasjonshastigheten kan reguleres ned mot 1 m/s vil det innebære mindre fare for at evakuerende til fots blir tatt igjen av røyken, større mulighet til å «gå fra» røyken og å gå i front av røyken, og man vil ha vesentlig mer tid til rådighet.

En reduksjon i ventilasjonshastighet fra 1,5 m/s til 1,0 m/s vil altså ha en betydelig positiv effekt på muligheten for evakuering, både til fots og i bil. Se også vurdering av ganghastighet under.

En høyere ventilasjonshastighet vil innebære raskere og større røykspredning, og det vil ta lengre tid å snu røyken.

Samtidig vil en høyere ventilasjonshastighet medføre en større uttynning av røyken, noe som kan gi en lavere konsentrasjon av giftige gasser. Dette vil være fordelaktig i hovedsak dersom man er fanget i røyk med høy konsentrasjon av giftige gasser, dvs. røyk fra en fullt utviklet brann.

Lav ventilasjonshastighet vil derfor prioriteres framfor en høy hastighet, for å maksimere tiden man kan gå i front av røyken samt øke sannsynligheten for at man kan evakuere ut i røykfritt miljø.

Beregning av akkumulert røykdose - FED
FED er et uttrykk for akkumulert dose som resulterer i en spesifisert effekt på en gjennomsnittlig person. En FED på 1 er den akkumulerte dosen som vil gjøre 50% av befolkningen ute av stand til å evakuere.

Denne grenseverdien representerer et estimat eller «best guess». En persons evne til å fungere ved opphold i brannrøyk vil variere, og er blant annet avhengig av helsetilstand, alder, aktivitet/pusterate og lokalisering i forhold til røykutbredelsen.

Ganghastighet
Det er i beregningene benyttet en nedre grense for ganghastighet i tykk røyk på 0,3 m/s, som tilsvarer ganghastighet ved blind evakuering (i mørke/ svært dårlig sikt). Ved god sikt (mer enn 10 m) er det benyttet en ganghastighet på 1,0 m/s, som er vurdert å være en relativt konservativ verdi. I f.eks. NordFoU-prosjektet ([25]) ble det vurdert en gjennomsnittlig ganghastighet på 1,5 m/s, av et intervall på 0,75-2,25 m/s, der ytterpunktene i intervallet er personer i meget dårlig og meget god form. I oppoverbakke vil ganghastigheten reduseres (det er vurdert at ganghastigheten reduseres opp mot 20% når stigningen går opp til 7%). Ved evakuering nedover vil ganghastigheten kunne stige 10-20%.

I sum vurderes det derfor at en gjennomsnittlig ganghastighet på 1 m/s er en konservativ verdi for starthastigheten ved evakuering.

Hvilken påvirkning ganghastigheten har på tidslinjen kan illustreres ved følgende eksempler:

- Ved 1,35 m/s øker tiden før grenseverdien er oppnådd til 80 minutter (tilsvarer en evakueringslengde på ca. 5,5 km)
- Ved 0,7 m/s reduseres tiden før grenseverdien er oppnådd til 32 minutter (tilsvarer en evakueringslengde på ca. 1,1 km)

Brannstørrelse

Dimensjonerende scenario vurderes å være dekkende for mindre branner enn 50 MW, også dersom brannutviklingen er raskere. FED-beregningene er i større grad avhengig av brannutviklingen (hvor raskt brannen går til overtenning), enn maks brannstørrelse for branner over 20 MW. Beregninger viser at en typisk bussbrann (20 MW) med rask brannutvikling og overtenning etter ca. 15 minutter gir ca. 40 minutter før grenseverdi for inkapasitans er oppnådd.

Ved virkelig store tunnelbranner (100 MW eller større), viser erfaringen at det vanligvis er omtrent 10 minutter tilgjengelig for evakuering før trafikanter nær brannstedet er fanget i en kritisk situasjon. I løpet av denne tiden må trafikanter som er berørt, rømme tunnelen til et trygt sted [21]. For Suðuroyartunnilin er det svært lav sannsynlighet for 100 MW brann, og det vil også være aktuelt å vurdere tiltak for å hindre at de største brannhendelsene kan skje når det mye annen trafikk i tunnelen. Begrensning av røykspredningen vil også ha en god effekt for evakuerende selv ved større branner enn 50 MW.

6 Risikoreduserende tiltak

I dette kapittelet beskrives og vurderes ytterligere nødvendige tiltak mhp. særtrekk for tunnelen, og for å sikre at selvredning er mulig samt generelt redusere konsekvensen ved en brannhendelse.

Merk at det er en forutsetning at allerede planlagte tiltak (se kap. 2.3) også blir bygget.

Kort oppsummert anbefales følgende tiltak, som utdypes i kap. 6.1 under:

- Trafikksikkerhetstiltak:
  - Monotonidempende tiltak – fjellhaller og lyssetting
  - Forsterket kantoppmerking
- Brannsikkerhetstiltak
  - Opprusting av beredskap
  - Styring av brannventilasjon
  - Kortere avstand mellom snunisjer
  - Forsterket varsling av brann i tunnel
  - Fjernstyrte bommer og rødt stoppsignal for stengning av tunnel
  - System for å gi et sanntidsbilde av kjøretøytyper i tunnelen
  - Vurdere behov for restriksjoner på tungtrafikk

Merk følgende – tiltakene angis som anbefalte, for at risikoen skal kunne sies å være på et akseptabelt nivå, som vurdert i denne rapporten. Det er i utgangspunktet ikke valgfritt å gjennomføre dette, og ønske om å ikke gjennomføre anbefalte tiltak vil medføre behov for ny vurdering av risiko og mulige alternative sikkerhetstiltak.

Som følge av risikoanalysen er det to tiltak, som (1) er standard etter N500:2022 og (2) tidligere er vurdert som nødvendig, og som nå ikke er del av anbefalingen. Dette er:

1) PA-anlegg med lyd og lys (N500:2022)
2) Evakueringsrom

Denne risikovurderingen har vurdert at det er mulig å ivareta sikkerheten uten bruk av evakueringsrom. Dette er avhengig av at anbefalte tiltak iverksettes, slik som blant annet forsterket beredskap og ventilasjonsstyring. Evakueringsrom kan bli nødvendig dersom trafikkvolumet øker vesentlig, eller at anbefalte tiltak ikke lar seg gjennomføre. Når løsningen ikke inkluderer evakueringsrom er det også vurdert at PA-anlegg med lyd og lys for å veilede de evakuerende vil ha mindre verdi. Dette fordi evakueringsavstandene potensielt vil være svært lange. Hovedprinsippet for selvredning i tunnelen er at trafikantene evakuerer i eget kjøretøy. Evakuerende til fots vil være avhengige av innsats fra nødetatene (klarering av tunnelen) og ventilasjonsstyring. Et PA-anlegg vurderes å ha størst verdi dersom hensikten er lede evakuerende til fots helt fram til sikkert sted, for eksempel til et evakueringsrom eller en rømningsvei.

For denne analysen er det derfor vurdert at det kan legges til grunn videre at tunnelen bygges uten PA-anlegg. Dersom det viser seg at det blir behov for å bygge evakueringsrom i tunnelen bør PA-anlegg vurderes i sammenheng med dette.

6.1 Anbefalte tiltak for økt trafikksikkerhet

Monotonidempende tiltak

Lite visuell variasjon kan forårsake monoton kjøring. Monotoni i tunneler øker risikoen for tretthet og innsovning, og er derav en faktorene som bidrar til ulykker i tunnel. SINTEF anbefaler at monotonien brytes hver 4-6 km [3].

Det er gjort ulike studier rettet mot monotonidempende tiltak. Tiltak slik som belysning, kunst i form av interiør og kledning på vegger/tak, informasjon om total lengde og fremdriftsmarkering, samt variasjon i tunnelrommet slik som for eksempel bergrom, kan motvirke monotoni og tunnelangst [9] [14].

I tidligere gjennomførte analyser for Suðuroyartunnilin [2][10] er monotonidempende tiltak i form av lystiltak i de planlagte fjellhallene bemerket. En monotonidempende utvidelse på ca. 1/3- og 2/3-punktene i tunnelen vil også gi store kjøretøy, samt andre kjøretøy, mulighet til å snu enda raskere enn ved bruk av snunisjene.

Tiltaket anbefales. Form for monotonidempende tiltak og plassering må vurderes nærmere.

Forsterket midt- og kantoppmerking i tunnelen

Forsterket vegoppmerking er vegoppmerking som er forsterket med fresing i asfaltdekket. Hensikten er å gi vibrasjoner og/eller støy som følge av skifte i vegdekket. Dette vil bidra til at trafikanter varsles dersom man forlater kjørefeltet.

Forsterket vegoppmerking (sinusfresing) gir mer støy enn profilert vegoppmerking uten rumleriller, og har dermed bedre effekt blant annet for tyngre kjøretøy. Tunnelen er lang og monoton, og forsterket vegoppmerking vil ha positiv effekt for hendelser relatert til innsovning og uoppmerksomhet, slik som møteulykke, utforkjøring og velt.

Tiltaket anbefales.

6.2 Anbefalte risikoreduserende tiltak ved brann

Opprustning av beredskap

Det er en forutsetning for ivaretakelsen av sikkerheten i tunnelen at røykfri side av en brann kan bli sjekket og klarert for at røykventilasjonen kan snus, slik at evakuerende som måtte være på røykfylt side i starten av brannen kan reddes. Konklusjonen i risikoanalysen forutsetter at slik klarering kan bli gjort innen 30 min etter brannstart, fra hver side av tunnelen. Sikring av tunnelen oppstrøms brannen må i så fall være en prioritert operasjon fra brannvesenets side.

Dette forholdet må vurderes nærmere for å se på hvilken opprustning av dagens eksisterende beredskap det vil være behov for, for å være sikker på at beredskapen kan ivareta dette. Dette vil kreve et eget arbeid.

I videre beredskapsplanlegging må det også ses på hva som er nødvendig av utstyr for brannslokking i tunnel, herunder blant annet tankvogner/-biler. Her foreslås det at det vurderes at bassengområdene kan vurderes å benyttes til etterfylling av tanker ved en hendelse.

Tiltaket anbefales.

Ventilasjonsstyring

I ventilasjonsstyring ligger følgende forhold til grunn for å oppnå ønsket funksjon:

- Oppstartshastighet regulert ned mot 1 m/s
- Snu ventilasjonsretningen når røykfri side er klarert for evakuerende

Tiltaket vil kreve både tekniske tiltak ifm. regulering og styring av ventilasjonen (slik som vindmålere), samt at styringen vil være en viktig del av beredskapsplanen. Videre planlegging må legge disse funksjonene til grunn for løsningsvalg. Det må også gjøres vurderinger rundt pålitelighet ved valg av for eksempel antall vindmålere og plasseringen av disse.

Løsningen forutsetter at ventilasjonsanlegget har tilnærmet lik kapasitet i begge retninger, med symmetriske vifter.

I utgangspunktet anbefales det at ventilasjonsretningen starter opp med trekkretningen i tunnelen, slik at ventilasjonsretningen vil være definert tidlig i brannforløpet. Dette gir grunnlag for at trafikanter tar riktige valg i situasjonen. Valg av ventilasjonsretning bør likevel vurderes i sammenheng med opprustning av beredskapen, og kan være avhengig av innsatstider fra begge portaler, samt hvor raskt en hendelse detekteres og brannplan iverksettes.

Tiltaket anbefales.

Fjernstyrte bommer og rødt stoppblinksignal for stenging

Fjernstyrte bommer og tilhørende rødt stoppblinksignal for stenging av tunnelen for å hindre at trafikanter kjører inn i tunnelen ved en hendelse.

Bom og rødt stoppblinksignal vil forhindre at ytterligere trafikanter kjører inn i tunnelen ved en hendelse, og dermed bidra til at færre personer blir involvert i brann eller ulykke.

Tiltaket vil være konsekvensreduserende for flere av hendelsene, og spesielt ved en brannhendelse.

Fjernstyrte bommer skal benyttes sammen med ITV-overvåkning. Bommer må plasseres i henhold til krav om minimum avstand til tunnelportal for å sikre plass ved eventuell evakuering, røykutvikling, etc. Samtidig skal bommer plasseres slik at det er mulig å kjøre ut av tunnelen.

Tiltaket anbefales.

Kortere avstand mellom snunisjer

Siden hovedstrategien for evakuering i tunnelen er at evakuerende skal ta seg ut av tunnelen i eget kjøretøy, er det vurdert at det er behov for risikoreduserende tiltak utover det som er standard krav i tunneler. Det anbefales derfor snunisjer hver 1000 meter, ikke hver 2000 m som er kravet iht. N500 for tunnelklasse B. Snunisjer tillater at større kjøretøy har mulighet til å snu ved en brann eller annen hendelse i tunnelen.

Ved en hendelse vil det være fordelaktig for større kjøretøy om det er kortere avstand (enn 2 km) mellom snunisjer i tunnelen. Det er spesielt ønskelig at eventuelle busser som er i tunnelen ved en hendelse kan snu på effektiv måte, og selv kjøre ut av tunnelen.

Kortere avstand mellom snunisjene vil være konsekvensreduserende ved en brann. Kortere avstand vil medføre færre kjøretøy per snunisje, kortere kjøretid til nærmeste snunisje og vil bidra til bedre snumuligheter også for buss.

Selv om det ikke er en høy andel tungtrafikk i tunnelen (7%) viser erfaring fra tidligere brannhendelser i Norge at større kjøretøy er spesielt sårbare ifm. evakuering. Det forventes også at en del av tungtrafikkandelen vil være turistbusser i tunnelen som ikke har mulighet til å snu i normalprofilet, og som potensielt har mange passasjerer. Hyppigere snunisjer vil bidra til å øke snumulighetete for større kjøretøy.

Det anbefales også at annenhver snunisje bygges med dobbel dybde. Årsaken til dette er at man da har etablert bergrom for senere å kunne etablere evakueringsrom for hver 1000 m (og da ha snunisjer for hver 2000 m), dersom det på et senere tidspunkt blir vurdert at evakueringsrom er nødvendig (f.eks. som følge av økt trafikkvolum).

Tiltaket anbefales.

Forsterket varsling av brann i tunnel

Ved brann i tunnelen må dette kommuniseres tydelig til trafikantene i tunnelen. På «Snu og kjør ut»-skiltene bør det tydelig fremkomme at det er en brann som er årsaken. Dette bør også fremkomme på skiltene som varsler stengt tunnel ved portalene, og eventuelle andre variable varslingsskilt i tunnelen. Det bør varsles med både figur og tekst at det er brann i tunnelen.

Dette gjøres for å øke sannsynligheten for at trafikantene respekterer skiltene og beskjedene. Der er erfart at trafikanter trosser både rødt blinksignal og bom ved stengt tunnel. En tydelig markering av at det er brann som er årsaken til stenging og behov for å snu i tunnelen vil trolig medføre en større respekt for skiltingen.

I Oslofjordtunnelen er det installert skilting med forsterket varling av brann (ordet brann fremkommer på skiltene). Det er vanskelig å konkludere med i hvor stor grad det har effekt, men Vegtrafikksentralen i Norge forteller om flere hendelser hvor skiltingen har blitt tatt i bruk, og har en oppfatning av at skiltingen i stor grad blir respektert.

En tydelig varsling av brann i tunnelen vil innebære større sjanse for at trafikantene opptrer «riktig» og starter evakuering umiddelbart ved en brannhendelse.

Tiltaket anbefales.

Vurdering av behov for restriksjoner på tungtrafikk

Det er 7 % tungtrafikkandel i tunnelen. Omfanget av farlig-gods og type farlig gods som vil transporteres i tunnelen er imidlertid ikke kjent.

Tyngre kjøretøy er overrepresentert i vegtunnelbranner, og har en høyere risiko for brann og/eller tilløp til brann [13]. Dette spesielt i kombinasjon med høy stigningsgrad. Potensialet for storbranner er også tilknyttet tyngre kjøretøy.

Eventuelle restriksjoner for tyngre kjøretøy kan være begrenset til dag og tid på døgnet [10], eksempelvis i rushtrafikken eller tidspunkt hvor det er høyt trafikkvolum. Begrensninger kan også være i form av antall kjøretøy i tunnelen samtidig.

Restriksjoner på tungtrafikken vil kunne være sannsynlighetsreduserende for en hendelse hvor tyngre kjøretøy er involvert. Dette spesielt med tanke på en brannhendelse og utviklingen av en større brann.

Det er i utgangspunktet en lav andel tyngre kjøretøy i tunnelen, lav ÅDT og liten sannsynlighet for at det oppstår brann større enn 50 MW. Behov for restriksjoner for tyngre kjøretøy anbefales vurdert i sammenheng med trafikkutviklingen for tunnelen, beredskapsmuligheter samt vurdering av om restriksjoner vil kunne medføre negative konsekvenser for næringslivet.

Tiltaket anbefales.

System for sanntidsbilde av kjøretøy i tunnel

For å kunne ta riktige beslutninger i en brannsituasjon er riktig informasjon om situasjonen i tunnelen viktig. Her er AID og videokameraer viktige tiltak, spesielt for å detektere hendelsen, og for å kunne se hva som skjer på skadestedet. Det kan imidlertid være krevende å få oversikt over resten av tunnelen, om det ikke finnes systemer som også overvåker trafikken.

Det anbefales derfor at det etableres system for sanntidsovervåkning av trafikken i tunnelen, slik at man ved behov får oversikt over type kjøretøy – personbil, buss, lastebil – og hvor de befinner seg i tunnelen.

Tiltaket vil bidra til å gjøre beredskapsinnsatsen svært målrettet og effektiv, og det vil være lettere å ta raske og riktige beslutninger om for eksempel ventilasjonsstyringen.

Tiltaket anbefales.

7 Oppsummering og diskusjon

7.1 Særtrekk lang tunnellengde

Lange tunneler har utfordringer knyttet til blant annet monotoni og selvredningsprinsippet. Tunnellengden vurderes å medføre en risikoøkning. Sannsynlighetsberegningene viser at personskadeulykker og ulykker med drepte eller hardt skadde vil oppstå oftere i Suðuroyartunnilin enn i referansetunnelen. Det vurderes derfor å være behov for risikoreduserende tiltak for å redusere risikoen.

Tiltak som er vurdert nødvendige for å redusere risikoen knyttet til lang tunnellengde ytterligere er blant annet monotonidempende tiltak i form av lys og utvidelser av tunneltverrsnittet, forsterket kantoppmerking i tunnelen, fjernstyrte bommer og rødt stoppblinksignal ved tunnelportaler og kortere avstand mellom snunisjer enn kravet for tunnelklasse B.

Selvredningsprinsippet og vurdering av evakuering til fots ved brannhendelse tunnelen er vurdert spesielt, se oppsummeringer i etterfølgende kapitler (kap. 7.3 - 7.7).

Dersom anbefalte tiltak etableres og følges opp vurderes særtrekket vedr. lang tunnellengde å være ivaretatt.

7.2 Særtrekk stigning

Suðuroyartunnilin har stigning på 5 % ved begge tunnelportaler, med en lengde på ca. 2 km ved hver portal.

Stigning kan medføre en økning av antall ulykker, dette grunnet fartsvariasjon mellom tunge og lette kjøretøy samt økt fart i nedoverbakke.

Generelt er det en forhøyet brannrisiko i bratte tunneler. Undersjøiske vegtunneler, eller tunneler med høy stigningsgrad (definert som stigning over 5 %), er betydelig overrepresentert i statistikken over branner og branntilløp i kjøretøy i norske vegtunneler.

Suðuroyartunnilin er lang, men har moderat stigning (5%) og lengde på stigningene. Samlet sett vurderes stigningsforholdet i tunnelen å medføre noe økt risiko for brann.

Tiltak som anbefales for å redusere risikoen (både ulykkes- og brannrisiko) knyttet til stigning ytterligere er blant annet forsterket kantoppmerking i tunnelen, fjernstyrte bommer og rødt stoppblinksignal ved tunnelportaler og kortere avstand mellom snunisjer enn kravet for tunnelklasse B.

Selvredningsprinsippet og vurdering av evakuering til fots ved brannhendelse i tunnelen er vurdert spesielt, se oppsummeringer i etterfølgende kapitler (kap. 7.3 - 7.7).

Dersom anbefalte tiltak etableres og følges opp vurderes særtrekket vedr. stigning å være ivaretatt.

7.3 Evakuering i eget kjøretøy

Lav ÅDT, sammen med planlagte og anbefalte sikkerhetstiltak, gir god mulighet for evakuerende å bruke egne kjøretøy til å ta seg ut av tunnelen. Tidlig og tydelig varsling ved snunisjene gir trafikantene god mulighet til selvredning i eget kjøretøy. Det er estimert at det er ett-to kjøretøy mellom hver snunisje i makstimene i høysesong når avstanden mellom nisjene reduseres til 1000 m. Få kjøretøy per snunisje sannsynliggjør at det blir lite kø, og at kjøretøy har tid til å snu før de blir tatt igjen av røyk. Dette gjelder også lange kjøretøy.

Lav og kontrollert ventilasjonshastighet reduserer røykspredningen, og gjør at situasjonen er oversiktlig ved brannstedet i startfasen av brannen (røyken vil ligge i taket). I tillegg vil en lav ventilasjonshastighet redusere sannsynligheten for at kjøretøy blir tatt igjen av røyk, også dersom de blir nødt til å rygge til nærmeste snunisje.

Kontrollsentralen varsles tidlig om en hendelse, og vil tidlig igangsette brannplaner (innen tre minutter etter hendelsen inntreffer).

Tydelig varsling med skilt (brann/ulykke) øker sannsynligheten for at kjøretøy registrerer faren i tunnelen, og aksjonerer raskt.

For de aller fleste brannhendelser i tunnelen vil det være sannsynlig at trafikantene klarer å evakuere ut av tunnelen på egen hånd i eget kjøretøy.

7.4 Evakuering til fots

Det er svært lav sannsynlighet for at det oppstår en situasjon hvor trafikanter blir nødt til å evakuere i tunnelen til fots. Det kan likevel ikke utelukkes.

Lav ventilasjonshastigheten i evakueringsfasen reduserer hastigheten på røykspredningen, og gir bedre mulighet til å evakuere i røykfritt miljø lengst mulig.

På grunn av kameradekning i hele tunnelen, vil det sannsynligvis være mulig å få oversikt over eventuelt omfang av evakuerende i røyk tidlig i forløpet. Dersom det er personer i røyk, eller det er usikkert om det kan være det, må brannvesenet prioritere å tømme og klarere tunnelen oppstrøms brannen. Deretter skal ventilasjonsretningen snus, for å sikre røykfritt miljø for de evakuerende som er evakuerer på røykfylt side av brannen. Siden ventilasjonshastigheten er lav i evakueringsfasen, vil røykproppen snu i løpet av få minutter.

Tidslinjen viser at personer som evakuerer til fots i røykfylt del av tunnelen vil ha ca. 40 minutter på seg (teoretisk gjennomsnittsverdi) før de oppnår grenseverdien for inkapasitans og ikke er i stand til å evakuere lengre. Brannvesenet må derfor ha mulighet til å få klarert tunnelen, for at ventilasjonsretningen kan snus, innen ca. 30-35 minutter etter brannstart. Det må verifiseres om dagens beredskap har kapasitet til å gjennomføre nødvendige aksjoner innenfor dette handlingsrommet, eller om det er behov for å styrke beredskapen.

For dimensjonerende brannscenario vil altså dette tidsforløpet gi et tilstrekkelig handlingsrom, slik at man får sikret røykfritt miljø for evakuerende til fots innen grenseverdien for inkapasitans er oppnådd. Denne konklusjonen forutsetter at evakuerende beveger seg bort fra brannstedet, og forholder seg aktiv til situasjonen, tilsvarende som i andre tunneler.

7.5 Storulykkepotensialet - busshendelse

Det som gjør en hendelse med buss utfordrende, er at den potensielt har mange passasjerer og trenger snunisje for å kunne snu og kjøre ut av tunnelen selv. I en hendelse der en buss havner i køen opp mot et brannsted uten å få kjørt forbi, vil det være en mulighet for at bussen må rygge langt for å komme til en snunisje. I utgangspunktet vurderes ikke det å være en umulig oppgave, men det vil kreve at ryggingen starter før bussen er innhyllet i røyk. Det vil det normalt være tid til i et brannforløp med redusert røykspredning, men det vil kreve at bussjåføren oppfatter faren og iverksetter på dette, samt at andre kjøretøy ikke hindrer bussen i å rygge. Bussen kan alternativt være involvert direkte i hendelsen, som gjør at den ikke har mulighet til å kjøre ut.

Alternativet til at bussen kjører ut er at passasjerene enten evakuerer til fots eller blir sittende i bussen. Det siste vil i mange tilfeller være beste løsning, spesielt om man er litt unna brannstedet. Rømning til fots blir i

utgangspunktet tilsvarende som vurdert i rapporten, dvs. at det er mulig å foreta selvredning til fots i et røykfylt miljø i et tidsrom frem til røykventilasjonen blir snudd. Dette konseptet er uavhengig av antallet, selv om skadepotensialet er noe større.

Utfordringen for en bussjåfør vurderes å være det å ta en avgjørelse om hva som skal gjøres raskt nok – rygge for å snu, bli i bussen eller evakuere til fots. I utgangspunktet er alle aksjonene ok, men utsettelse er det som kan gjøre situasjonen vanskeligere enn nødvendig. Det antas at iverksettelse av aksjon skjer raskere jo nærmere brannstedet man er, da man da veldig direkte oppfatter faren. Normalt vil det beste være å starte og rygge, for om mulig komme lengst mulig unna brannstedet. Hva som da skjer, om man blir i bussen eller begynner å gå, vurderes ikke å utgjøre noen stor forskjell da konseptet med å snu røykventilasjonen skal skje innen relativt kort tid.

Varsling og snumuligheter reduserer sannsynligheten for at en buss vil havne i kø i røyk uten mulighet til å kjøre ut. Med kortere avstand mellom snunisjer enn kravet for tunnelklasse B, og med forsterket varsling av hendelse, er det gode snumuligheter også for buss. Det, sammen med et beredskapskonsept som muliggjør å snu røykventilasjonen etter ca. 30 min, gjør at det vurderes at brannhendelse med buss i tunnelen på branntidspunktet er ivaretatt, dvs. at selvredning også er mulig for et slikt kjøretøy og dets passasjerer.

Dersom en buss er direkte involvert i hendelsen vil evakuering over til røykfri side normalt være mulig. Hvis bussen er skadet i hendelsen vil imidlertid evakuering ut av bussen kunne være vanskelig. En slik ulykke vil ha potensiale til å bli en svært stor ulykke, men vil være uavhengig av rømningskonseptet i tunnelen.

7.6 Vurdering av selvredningsprinsippet

Selvredningsprinsippet innebærer at ved hendelser som krever evakuering, skal trafikanter kunne evakuere gjennom selvredning til sikkert område. I Suðuroyartunnilin tilrettelegges det for at selvredningsprinsippet ivaretas ved at kjøretøy selv kjører ut av tunnelen ved en brannhendelse, enten ved at de kjører forbi brannstedet og ut, eller ved å snu i snunisjene, eventuelt at personer i kjøretøy som ikke kan snu blir berget ut av andre kjøretøy. Trafikanter vil bli varslet om at det er brann i tunnelen og får beskjed om å snu og kjøre ut hvis de er på vei mot brannstedet. Det er god mulighet for tidlig varsling og rask stenging av tunnelen siden det skal være full kameradekning og hendelsesdeteksjon i tunnelen.

Det kan likevel ikke utelukkes at personer som ikke har mulighet til å kjøre ut blir nødt til å evakuere i røyk. Det er derfor utført beregninger og vurderinger for et dimensjonerende scenario (stor brann 50 MW, lange evakueringslengder etc.) hvor personer må evakuere i røyk. Beregningene viser at det for dimensjonerende scenario vil være mulig å evakuere i tunnelen og ta seg til frem til sikkert sted (røykfritt område). For de fleste brannplasseringer (dvs. dersom det er relativt lang avstand til portal) vil man imidlertid være avhengig av bistand fra brannvesenet, ved at de klarerer tunnelen så røykventilasjonen kan snus, og aktiv styring av brannventilasjonen.

Oppsummert vurderes selvredningsprinsippet å være oppfylt ved følgende:

- For de aller fleste brannhendelser i tunnelen vil det være sannsynlig at trafikantene klarer å evakuere ut av tunnelen på egen hånd i eget kjøretøy.
- Dersom det oppstår en situasjon hvor evakuering til fots blir nødvendig vil det være mulig å evakuere i tunnelen og ta seg til frem til sikkert sted (røykfritt område). For brannplasseringer et stykke fra portal vil dette kreve innsats fra nødetatene (klarering av tunnelen), slik at ventilasjonen kan snus for å sikre røykfritt miljø for de evakuerende.

7.7 Langsgående ventilasjon

Brannventilasjonen gir brannvesenet mulighet til å kunne gå inn i tunnelen med «vinden i ryggen» og yte innsats i et sikkert miljø.

Lav ÅDT tilsier at det ikke er fare for kø i tunnelen, og kjøretøy som befinner seg i tunnelen ved en hendelse vil mest sannsynlig kunne kjøre uhindret ut av tunnelen.

Lav og kontrollert ventilasjonshastighet reduserer røykspredningen, og gjør at situasjonen er oversiktlig ved brannstedet i startfasen av brannen (røyken vil ligge i taket). I tillegg vil det redusere sannsynligheten for at kjøretøy blir tatt igjen av røyk, også dersom de blir nødt til å rygge til nærmeste snunisje.

Langsgående ventilasjon i tunnelen vurderes å være et hensiktsmessig tiltak, som bidrar til å ivareta mulighet for selvredning.

7.8 Restrisiko

I beregningene er det forutsatt en 50 MW brann i dimensjonerende scenario. Brannstørrelse opptil 50 MW dekker 92 % av alle kjøretøybranner i tunge kjøretøy, gitt at det oppstår en brann (se kap. 5.2.1).

Dimensjonerende scenario vurderes å være dekkende for de aller fleste brannhendelser og brannsteder i tunnelen. Scenarioet er valgt med en konservativ (worst case) brannplassering, og det er gjort beregninger med konservative verdier med hensyn til ganghastighet og ventilasjonshastighet.

Det dimensjonerende scenariet ivaretar en «worst case»-hendelse i tunnelen, som det er rimelig at kan oppstå. Det kan imidlertid ikke garanteres at det ikke oppstår større/verre hendelser enn dimensjonerende scenario (restrisiko). Dette kan innebære større branneffekt og raskere brannutvikling, eller flere kjøretøy, inklusiv buss, som er involvert i en større ulykke. Slike scenarioer vil være krevende med hensyn til både selvredning og beredskap. Det anbefalte tiltaket med restriksjoner på tungtrafikk i perioder med mye trafikk er et tiltak for å redusere sannsynligheten for de største brannhendelsene.

Det er en forutsetning for konklusjonen at evakuerende beveger seg bort fra brannstedet, grunnet høye temperaturer og svært giftige gasser nær brannstedet utover i brannforløpet. Dersom personer er fast i brennende kjøretøy, eller av andre grunner ikke har mulighet til å ta seg bort fra brannstedet, er det ikke gitt at nødetatene har mulighet til å redde vedkommende ut av tunnelen.

Det kan også være menneskelige faktorer eller tekniske feil som kan påvirke hendelsesforløpet, og medføre at noen av aksjonene tar lengre tid enn antatt i analysen. Dette kan for eksempel være menneskelige feil som gjør at hendelsen varsles sent, at det tar lengre tid enn antatt å tømme tunnelen for kjøretøy, eller at evakuerende til fots venter for lenge før de tar en beslutning om å forlate kjøretøyet.

8 Konklusjon

Det kan konkluderes med at:

- Dersom anbefalte tiltak etableres og følges opp vurderes særtrekkene vedr. lang tunnellengde og stigning å være ivaretatt.
- For de aller fleste brannhendelser i tunnelen vil det være sannsynlig at trafikantene klarer å evakuere ut av tunnelen på egen hånd i eget kjøretøy.
- Dersom det oppstår en situasjon hvor evakuering til fots blir nødvendig, vil det være mulig å evakuere i tunnelen og overleve en stor brannhendelse. For brannplasseringer et stykke fra portal vil dette kreve innsats fra nødetatene (klarering av tunnelen) slik at ventilasjonen kan snus for å sikre røykfritt miljø for de evakuerende. Konklusjonen forutsetter at beredskapen dimensjoneres for å ivareta nødvendig innsats innenfor 30-35 minutter etter brannstart.
- Langsgående ventilasjon i tunnelen vurderes å være et hensiktsmessig og viktig tiltak, som medfører at man kan ha kontroll på røykspredningen i tunnelen.
- Det ligger til rette for at tyngre kjøretøy og busser skal kunne bli varslet og kunne snu inne i tunnelen slik at selvredning med eget kjøretøy også er mulig for disse.

I beregningen er det lagt til grunn konservative verdier både for ganghastigheter og ventilasjonshastigheter. Det vurderes derfor å være positive marginer i de vurderinger som er gjort, og at det vil være mulig å forbedre forholdene ytterligere utover det som er vurdert her. Disse forholdene er med å bidra til at usikkerhetene som ligger i hva en hendelse faktisk kan innebære av variasjoner, er håndtert så godt det er vurdert at det lar seg gjøre. Her nevnes det at ÅDT-en er lav, noe som bidrar til at sannsynligheten for store brannhendelser er svært lav.

Følgende tiltak, utover allerede planlagte tiltak, er gjennom analysen vurdert som nødvendige for at risikoen skal kunne sies å være på et akseptabelt nivå:

- **Monotonidempende tiltak** slik som belysning, kunst i form av interiør og kledning på vegger/tak, informasjon om total lengde og fremdriftsmarkering, samt variasjon i tunnelrommet slik som for eksempel bergrom, kan motvirke monotoni og tunnelangst.
- **Forsterket kant- og midtoppmerking i tunnelen** vil ha positiv effekt for hendelser relatert til innsovning og uoppmerksomhet, slik som møteulykke, utforkjøring og velt.
- **Forsterket varsling av brann i tunnelen**, for å hindre at flere kjører inn i tunnelen og sørge for at flest mulig snur før de ankommer brannstedet inne i tunnelen.
- **Fjernstyrte bommer og tilhørende rødt stoppblinksignal** for stenging av tunnelen for å hindre at trafikanter kjører inn i tunnelen ved en hendelse.
- **Kortere avstand mellom snunisjer** (1000 m) bedrer snumulighetene for kjøretøy i tunnelen, og har spesielt en positiv effekt for lengre kjøretøy. Reduserer sannsynligheten for at kjøretøy blir stående i kø ved brannstedet.
- **Styring av brannventilasjonen** vil bidra til å redusere røykspredningen i startfasen av brannen for å tilrettelegge for evakuering til fots, samt snu ventilasjonsretningen på et forsvarlig tidspunkt for å sikre røykfritt område for evakuerende til fots utover i brannforløpet.
- **Opprusting av beredskapen** vil være avgjørende for at evakueringskonseptet kan ivaretas. Det er en forutsetning for ivaretakelsen av sikkerheten i tunnelen at røykfri side av en brann kan bli sjekket og klarert for at røykventilasjonen kan snus, slik at evakuerende som måtte være på røykfylt side i starten av brannen kan reddes. Beredskapen må ha kapasitet til å ivareta dette innenfor definert handlingsrom.
- **System for å gi et sanntidsbilde av kjøretøytyper i tunnelen** anbefales for å gi bedre beslutningsgrunnlag for å ta riktige beslutninger i en brannsituasjon.

- **Vurdering av behov for restriksjoner på tungtrafikk.** Restriksjoner på tungtrafikken vil være sannsynlighetsreduserende for en hendelse hvor tyngre kjøretøy er involvert, og bør vurderes i sammenheng med trafikkutviklingen for tunnelen, beredskapsmuligheter samt vurdering av om restriksjoner vil kunne medføre negative konsekvenser for næringslivet.

Denne risikovurderingen har vurdert at det er mulig å ivareta sikkerheten uten bruk av evakueringsrom. Det vil være avhengig av bl.a. forsterket beredskap og ventilasjonsstyring, som er anbefalte tiltak. Evakueringsrom kan bli nødvendig dersom trafikkvolumet øker vesentlig, eller at anbefalte tiltak ikke lar seg gjennomføre. Når løsningen ikke inkluderer evakueringsrom er det også vurdert at PA-system ikke har en veldig stor verdi. For denne analysen er det derfor vurdert at det kan legges til grunn videre at tunnelen bygges uten PA-anlegg. Dersom det viser seg at det blir behov for å bygge evakueringsrom i tunnelen bør PA-anlegg vurderes i sammenheng med dette.

Det anbefales også at annenhver snunisje bygges med dobbel dybde. Årsaken til dette er at man da har etablert bergrom for senere å kunne etablere evakueringsrom for hver 1000 m (og da ha snunisjer for hver 2000 m) dersom det på et senere tidspunkt blir vurdert at evakueringsrom er nødvendig (f.eks. som følge av økt trafikkvolum).

9 Referanser

[1] Risiko knyttet til brann ved ulike konsepter for Sudurøytunnelen, rapport, datert april 2022, Sweco.
[2] Risikoanalyse av Sudurøytunnelen, prosjektnotat, datert juni 2023, Sintef.
[3] Predikering av branner og ulykker i vegtunneler, juni 2019, Statens vegvesen
[4] Kartlegging av kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008-2015, desember 2016, Transport økonomisk institutt (TØI)
[5] Vurdering af trafikmodel og mulig trafik i Suðuroyartunnilin, datert september 2023,
[6] Trafikksikkerhetshåndboken, Beskrivelser av trafikksikkerhetstiltak og virkninger, 2016, Transportøkonomisk institutt (TØI)
[7] Kartlegging av kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008-2021, februar 2023, Transportøkonomisk institutt (TØI)
[8] Trafikksikkerhetshåndboken, Utforming av tunneler, TØI 2016.
[9] Vurderinger E39 Rogfast: Trygghet, monotoni og sikkerhet i krisesituasjoner og ved normal ferdsel, oktober 2006, SINTEF
[10] Sikkerhet Suðuroyartunnilin, prosjektnotat, datert mai 2019, Sintef
[11] Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften), FOR-2007-05-15-517, Samferdselsdepartementet
[12] Vegnormal N500 Vegtunneler, Statens vegvesen, 2022
[13] Kartlegging av kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008-2021, februar 2023, Transportøkonomisk institutt (TØI)
[14] A22149 / RAP_201, E-39 Rogfast. ROS Analyse, tunnel, SINTEF 2012.
[15] ISO 13571 Life-threatening components of fire - Guidelines for the estimating of time available for escape using fire data, datert 15.06.2007.
[16] Håndbok V714, Veileder i trafikkdata, Vegdirektoratet 2014.
[17] Rapport om brann i vogntog på E16 i Gudvangatunnelen i Aurland 5 august 2013, rapport vei 2015/02, Statens Havarikommisjon for transport (sht)
[18] Rapport om bussbrann i Gudvangatunnelen på E16 i Aurland 11 august 2015, rapport vei 2016/03, Statens Havarikommisjon for transport (sht)
[19] Rapport om brann i vogntog på E16 i Gudvangatunnelen i Aurland 30 mars 2019, rapport vei 2020/04, Statens Havarikommisjon for transport (sht)
[20] Rapport om brann i kjøyretøy på rv.5 Fjærlandstunnelen, 17 april 2017, Rapport veg 2019/05, Statens Havarikommisjon for transport (sht)
[21] Litteraturundersøkelse – selvredning i vegtunneler: erfaring med bruk av redningsrom, rapport 2017:00523, SINTEF
[22] Tunnel Fire Dynamics, Haukur Ingason, Ying Zhen Li, Anders Lönnermark, SP Technical Research Institute of Sweden, 2014
[23] EQUA Simulation AB. http://www.equa.se/en/tunnel
[24] ST-VENT-001, Forprosjekt Suderøytunnilin. Drift og brannventilasjon, Norconsult, 2023
[25] NordFoU “Evakuering i vegtunneler” Forskningsrapport DP2, 2014-05-02, HOJ Consulting, HBI Haerter, Traficon, TNO

Vedlegg 1 – Erfaringer fra tidligere brannhendelser i tunnel

I forbindelse med vurdering av konsekvens er det innhentet informasjon om tidligere brannhendelser i andre tunneler og evakuerings-/oppholdstid i tunnelen. Brannene i Seljestadtunnelen, Gudvangatunnelen, Oslofjordtunnelen, Måbøtunnelen, Skatestraumtunnelen og Fjærlandstunnelen er gjennomgått. For følgende tre tunneler er det skrevet spesifikt om hvor lenge evakuerende har gått i røyk:

Seljestadtunnelen

I 2000 oppsto det brann i Seljestadtunnelen på E134 mellom Odda og Røldal som følge av sammenstøt mellom seks kjøretøy. Trafikanter som oppholdt seg i de seks kjøretøyene evakuerte før tunnelen ble fylt med røyk. Fire personer (to voksne og to barn) ble funnet etter ca. 1 time i den røykfylte tunnelen ved en forlatt bil etter at brannen var slukket. Disse ble evakuert av brannvesenet.

Gudvangatunnelen

I 2013 oppstod det brann i et vogntog i den 11,4 km lange Gudvangatunnelen [17]. 67 personer ble fanget i røyken i tunnelen og 28 personer ble påført akutte røykskader.

Trafikanter oppholdt seg i den røykfylte tunnelen i et tidsrom på mellom 50-95 minutter før de ble reddet ut. En utenlandsk familie med tre barn valgte å forlate bilen. Etter å ha gått i noe over en og en halv time og tilbakelagt en strekning å gå rundt 8 km kom de ut av tunnelen

I 2015 oppstod det igjen en ny brann i en turistbuss i Gudvangatunnelen [18]. Ca. 360 meter inn fra Aurland. 19 kjøretøy klarte å snu før de ble fanget i røyk. I motsetning til brannen i 2013 ble trafikanter som ble fanget i røyken igjen i kjøretøyene. Dette etter kontakt med nødetatene. Det var 3 kjøretøy med totalt 5 personer som var igjen i tunnelen. Disse ble evakuert av Voss brannvern etter ca. 1,5 time.

Det oppstod en ny tredje brann i 2019 [19]. Et norsk vogntog begynte å brenne. Tunnelen som var under oppgradering og det var trafikkavvikling mellom Flåm og Gudvangen hvor trafikken ble avvikla som kolonnekjøring. Brannen oppsto i det første av fire vogntog i kolonnen. 33 personer (28 tunnelarbeidere og 5 trafikanter) var i tunnelen når brannen startet. 9 personer ble påvirket av brannen, enten ved at de var i kolonnen eller at de evakuerte ut av den røykfylte siden av tunnelen.

2 personer (førere av vogntog) forsøkte å rygge bakover fra ulykkesstedet før de evakuerte til fots i ca. 1 km grunnet mangel på sikt og krevende forhold i tunnelen. De evakuerte i om lag 22 minutter før de var ute av tunnelen.

Fjærlandstunnelen

I 2017 oppstod det brann i en feiebil i Fjærlandstunnelen på rv.5 mellom Jølster og Sogndal [20]. Tunnelen er 6397 meter lang. Feiebilen var del av et arbeidslag, og det var styrt trafikkavvikling i tunnelen under arbeidet med kolonnegjøring.

13 personer var i tunnelen når brannen oppstod, og evakuerte ut til fots. Tett røyk medførte at flere trafikanter mistet orienteringsevne og gikk i feil retning før de snudde. Etter ca. 40 min etter at brannen oppstod ble de siste trafikantene evakuert med bistand fra røykdykkere.