SAFETEC

STATENS VEGVESEN

RISIKOANALYSE AV VIKAKSLATUNNELEN E39 ØRSKOGFJELLET–VIK

HOVEDRAPPORT

ST-16568-2

www.safetec.no
www.safetec-group.com

Type dokument:

Hovedrapport

Rapport tittel:

Risikoanalyse av Vikakslatunnelen E39, Ørskogfjellet–Vik

Kunde:

Statens Vegvesen

OPPSUMMERING:

Statens vegvesen prosjekterer en ny tunnel som en del av ny E39 fra Ørskogfjellet til Vik i Vestnes kommune. I forbindelse med dette har Safetec gjennomført en risikoanalyse av tunnelen iht. krav i tunnelsikkerhetsforskriften. Formålet med risikoanalysen er å kartlegge risikobildet for denne nye tunnelen. Videre skal risikoanalysen foreslå og vurdere kompenserende tiltak for å oppnå et tilfreds-stillende sikkerhetsnivå i tunnelen.

Dokument nr. ST-16568-2				
Forfattere M. Lindberg, A. Torgauten				
Referanse til deler/utdrag av dette dokumentet som kan føre til feiltolkning, er ikke tillatt.				
Rev.	Dato	Grunn for rev.	Kontrollert	Godkjent
1.0	26.05.2021	Høringsutgave	Ø. Skogvang	S. Oltedal
2.0	28.05.2021	Oppdatert høringsutgave	Ø. Skogvang	S. Oltedal
3.0	15.06.2021	Endelig rapport	Ø. Skogvang	T. Dammen/S. Oltedal

Innhold

1 INNLEDNING 5
1.1 Bakgrunn 5
1.2 Formål 5
1.3 Avgrensninger 5
1.4 Forutsetninger 5
1.5 Data og informasjonsinnhenting 6
1.6 Terminologi og forkortelser 6
2 VURDERINGSKRITERIER OG RISIKOAKSEPTKRITERIER 7
2.1 Vurderingskriterier for risiko 7
2.2 Selvredningsprinsippet 7
2.3 Beslutningskriterier og ALARP-prinsippet 8
3 METODE 9
3.1 Grov risikoanalyse 9
3.2 Organisering av arbeidet 10
4 BESKRIVELSE AV ANALYSEOBJEKTET 12
4.1 Tunnelens beliggenhet, geometri og teknisk utforming 12
4.2 Trafikale forhold 14
4.3 Oppsummering av særtrekk ved tunnelen 15
4.4 Erfaringsdata 15
4.5 TUSI-beregninger 18
4.6 Selvredning 18
5 RISIKOVURDERING 20
5.1 Beredskap 20
5.2 Fareidentifisering for tunnelen 21
5.2.1 Møteulykker 21
5.2.2 Påkjørsel bakfra 21
5.2.3 Utforkjøring 21
5.2.4 Påkjørsel av myke trafikanter 21
5.2.5 Velt buss/større kjøretøy 22
5.2.6 Velt andre kjøretøy 22
5.2.7 Brann i lett kjøretøy (<5 MW) 22
5.2.8 Brann i tungt kjøretøy (20–100 MW) 22
5.2.9 Lekkasje av farlig gods 23
5.3 Risikomatrise og vurdering av risiko 23

6 RISIKOREDUSERENDE TILTAK 26
6.1 Tiltak for å redusere sannsynligheten for uønsket hendelse 26
6.2 Tiltak for å begrense utvikling av en hendelse (konsekvensreduserende) 27
6.3 Selvredning i tunnelen, brannventilasjon og snunisjer 28
7 USIKKERHETSVURDERINGER 29
8 KONKLUSJON 30
9 REFERANSER 32

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Statens vegvesen prosjekterer en ny tunnel i forbindelse med utbyggingen av E39 mellom Ålesund og Molde. Hensikten med utbyggingen er å gjøre strekningen fergefri og effektivisere trafikkflyten mellom de to byene. På strekningen mellom Ørskogfjellet og Vik er det planlagt en tunnel, i forbindelse med dette er det nødvendig å foreta en risikoanalyse for å kartlegge risikobildet for den planlagte tunnelen.

1.2 Formål

Formålet med risikoanalysen er å kartlegge risikobildet for denne nye tunnelen. Videre skal risikoanalysen foreslå og vurdere kompenserende tiltak for å oppnå et tilfredsstillende sikkerhetsnivå i tunnelen. Risikoanalysen gjennomføres iht. krav i tunnelsikkerhetsforskriften.

1.3 Avgrensninger

For risikoanalysen gjelder følgende avgrensninger:

- Analysen avgrenses til selve tunnelen samt dagsoner på ca. to hundre meter foran hver tunnelportal.
- Analysen dekker kun personrisiko under normaldrift, ikke materielle skader, miljøeffekter[1] eller terrorisme og sabotasje.
- Personrisiko for vedlikeholdsarbeidere (HMS/SHA) dekkes ikke.
- I en risikoanalyse kan man foreslå, begrunne og anbefale tiltak som bør gjennomføres. Om et tiltak blir gjennomført er en beslutning som kan avhenge også av andre forhold som ikke er behandlet i risikoanalysen. Beslutningen om tiltaket skal gjennomføres eller ikke er utenfor omfanget av denne analysen.
- Vurdering av pålitelighet til sikkerhetsutrustning/sikkerhetskritiske systemer er ikke en del av analysen.

1.4 Forutsetninger

Forutsetninger knyttet til beredskap, trafikale forhold, sikkerhetsutrustning, tunnelens beliggenhet, geometri samt teknisk utforming er gitt i kapittel 4.

[1] Miljørisiko blir kommentert, men er ikke et fokusområde for denne analysen.

1.5 Data og informasjonsinnhenting

Dette kapitlet gjengir dokumentasjon som er benyttet som en del av underlaget for risikoanalysen.

Lover og krav til vegtunneler:

- Tunnelsikkerhetsforskriften (Ref. 1)
- Håndbok N500 Vegtunneler (Ref. 2)
- Håndbok N100 Veg- og gateutforming (Ref. 3)
- Etatsprogrammet Moderne vegtunneler 2008-2011 (Ref. 4)
- Sikkerhetskonsept 2004 for vegtunneler (Ref. 5)

Lover og krav til risikoanalyser:

- Håndbok V721 Risikovurderinger i vegtrafikken (Ref. 6)
- Veileder for risikoanalyser av vegtunneler (Ref. 15)
- NS 5814 Krav til risikovurderinger (Ref. 16)

Erfaringsdata:

- Statens vegvesen, Temaanalyse om dødsulykker i tunnel UAG 2005-2012 (Ref. 7)
- TØI rapport 1205/2012, Kartlegging av kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008–11 (Ref. 8)
- Kartlegging av transport av farlig gods i Norge (Ref. 9)
- Ulykkesstatistikk fra SVV (Ref. www.visveg.no, NVDB)
- Fire safety in buses (Ref. 10)
- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap: Risikoanalyse av brann i tunnel – delrapport til Nasjonalt risikobilde 2014 (Ref. 11)

Øvrige viktige dokumenter:

- Håndbok N601 Sikkerhetskrav for elektriske anlegg i- og langs offentlig veg (Ref. 12)
- NEK600:2021 El og ekom i vegtrafikksystem (Ref. 13)
- SINTEF, Risikoanalyse ÅDT 4000/8000, rømningstunnel vs. tilleggsinstallasjoner ut over krav (Ref. 14)

1.6 Terminologi og forkortelser

ADR	L'**A**ccord européen relatif au transport international des marchandises **D**angereuses par **R**oute (felleseuropeisk bestemmelse knyttet til transport av farlig gods)
AID	Automatisk hendelsesdetektering
ATK	Automatisk trafikkontroll
ALARP	As Low As Reasonably Practicable (Så lavt som praktisk mulig)
DAB	Digital Audio Broadcasting (digital lydkringkasting)
ITV	Independent TeleVision (videoovervåkning av tunnelen)
NVDB	Norsk VegDataBank
SVV	Statens VegVesen
TUSI	TunnelSIkkerhet
TSF	Tunnelsikkerhetsforskriften
TØI	TransportØkonomisk Institutt
VTS	VegTrafikkSentralen
ÅDT	ÅrsDøgnTrafikk – gjennomsnittlig antall kjøretøy per døgn som passerer et punkt

2 VURDERINGSKRITERIER OG RISIKOAKSEPTKRITERIER

2.1 Vurderingskriterier for risiko

Vurderingskriterier for risiko som Statens vegvesen bruker er kvalitative, kunnskapsbaserte og beslutningsorienterte. Til hjelp i vurderingen av risiko identifiseres avvik fra nullvisjonens krav til et sikkert vegsystem. Nullvisjonen innebærer at vegsystemet skal utformes slik at det ikke fører til drepte eller varige skadde. Det betyr at nye veger skal utformes ut fra menneskets forutsetninger, og ha barrierer mot feilhandlinger og alvorlige konsekvenser av feilhandlinger. Store avvik fra nullvisjonens krav fører normalt til høy ulykkesrisiko.

Nullvisjonens krav til sikre veger (Ref. 6, kap. 3.1.4):

> **«1. Vegens utforming skal lede til sikker atferd**
>
> Løsningene skal være logiske og lettleste for trafikantene og redusere sannsynligheten for feilhandlinger. Vegen skal gi trafikantene nødvendig informasjon uten å være stressende. Vegen skal invitere til ønsket fart gjennom linjeføring, utforming og fartsgrenser. Det skal være enkelt å handle riktig og vanskelig å gjøre feil.
>
> **2. Vegens utforming skal beskytte mot alvorlige konsekvenser av feilhandlinger**
>
> Vegen skal ha beskyttende barrierer som håndterer feilhandlinger slik at de ikke fører til alvorlige konsekvenser. Fartsnivået skal være tilpasset vegens sikkerhetsnivå og menneskets tåleevne».

Når det gjelder fart og tåleevne legges følgende til grunn (Ref. 15, kap. 2):

a) Ved fare for påkjørsel av myke trafikanter: maks 30 km/t (krysningspunkt)
b) Ved fare for sidekollisjon: maks 50 km/t (vegkryss)
c) Ved fare for møteulykker: maks 70 km/t (ÅDT over 4 000 uten midtdeler)
d) Ved fare for å treffe harde hindre ved utforkjøring: maks 70 km/t

2.2 Selvredningsprinsippet

Selvredningsprinsippet går ut på at ved hendelser som krever evakuering, skal trafikanter kunne evakuere ved hjelp av selvredning til sikkert område i eller utenfor vegtunnelen. I alle konstruksjoner hvor mennesker oppholder seg skal det gjennom både design og praktisk vedlikehold legges til rette for selvredning (Ref. 5).

Selvredning gjelder som hovedprinsipp i alle norske vegtunneler. Eksterne redningsmannskaper kan bare unntaksvis komme til unnsetning ved en hendelse inne i en tunnel. Dette må også trafikantene kjenne til, og det påhviler tunneleier et ekstra ansvar for at denne forutsetningen er kjent. Det vil også være slik at det er trafikantene selv som kan være til hjelp for andre trafikanter i en ulykkessituasjon. Ved at evakuering kan iverksettes så tidlig som mulig, og før situasjonen blir kaotisk, vil mulighetene være mye større for at de trafikanter som trenger hjelp til å forstå hvordan selvredningen skal foregå, vil kunne få den nødvendige veiledningen.

Et av de verste scenarier som kan inntreffe i en tunnel er en omfattende brann. Ved et slikt tilfelle har tidsaspektet fra når brannen oppstår, og til evakuering er i gang, en avgjørende innvirkning på konsekvensene av brannen. All erfaring viser at i løpet av 10–15 minutter må trafikantene som er involvert i hendelsen ta inn over seg at noe er i ferd med å skje, orientere seg om nødutganger fra

brannstedet og iverksette evakuering til sikkert sted. For at dette skal kunne bli vellykket må tunnelutformingen og tunnelutrustningen, i tillegg til varsling og stengning, være utført slik at det er praktisk mulig å kunne utføre riktig selvredning (Ref. 4).

For at selvredning skal kunne fungere i praksis, må tunnelen være utformet med tanke på dette, og utrustet med tekniske installasjoner som fungerer i en nødsituasjon. All ekstern redningsinnsats skal planlegges og iverksettes i henhold til godkjent beredskapsplan, men i startfasen av et hendelsesforløp vil det alltid være selvredningsprinsippet som gjelder. I neste omgang påvirker dette hvor alvorlig hendelsen vil utvikle seg til å bli.

2.3 Beslutningskriterier og ALARP-prinsippet

Eventuelle valg av løsninger vil skje på grunnlag av en helhetsvurdering av ulike hensyn, hvor ulykkesrisiko er et vesentlig element. Målet er å optimalisere de mulige løsningene i tunnelen for å oppnå lavest mulig risiko for alle grupper av trafikanter.

ALARP-prinsippet innebærer at alle tiltak som er praktisk gjennomførbare, skal iverksettes ut ifra en nytte-/kostnadsvurdering.

3 METODE

Statens vegvesens veileder for risikoanalyser av vegtunneler krever at det for tunneler hvor lengde overskrider 500 m gjennomføres TUSI-beregninger og grov risikovurdering (Ref. 15). Metodikken som er benyttet for denne risikoanalysen baserer seg på NS 5814 (Ref. 16). Dette er den samme metodikken som er beskrevet i Statens vegvesens Håndbok 271 Risikovurderinger i vegtrafikken (Ref. 6) og Veileder for risikoanalyser for vegtunneler (Ref. 15).

3.1 Grov risikoanalyse

Metodikken som legges til grunn for grovrisikoanalysen følger samme prinsipper som beskrevet i Veiledning for risikoanalyse av vegtunneler (Ref. 15). Input til grovanalysen gjennomføres som et fare-identifikasjonsmøte. Den overordnede prosessen er illustrert i Figur 3.1.

Figur 3.1 Trinn i grovanalyse

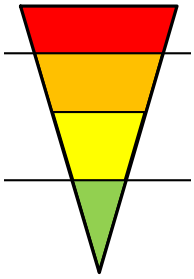
De viktigste resultatene oppsummeres i en risikomatrise som presentert i Tabell 5-2. Kategoriene i risikomatrisen som benyttes er relativt brede, noe som medfører at det kan være forskjell i hvor ofte en hendelse er forventet å inntreffe og i konsekvens, selv om den inntreffer innenfor samme rute i risikomatrisen. For eksempel vil en hendelse som er forventet å inntreffe hvert andre år med fire drepte havne i samme rute som en hendelse som er forventet å inntreffe hvert tiende år med en drept.

En hendelse kan ha ulike utfall av sannsynlighet og konsekvens (for eksempel K3/S3 eller K4/S2). I vurdering av risiko er det viktig å se på sannsynlighet og konsekvens i sammenheng. Hendelser som havner på samme diagonal i risikomatrisen er vurdert å ha samme risikonivå, dvs. at K3/S3 er vurdert å ha samme risikonivå som K4/S2 siden de ligger på samme diagonal og dermed har samme fargekategorisering.

Tabell 3-1 Risikomatrise (hentet fra veileder for risikoanalyse av vegtunneler)

	K1: Lettere skade	**K2: Hardt skadd**	**K3: 1 - 4 drepte**	**K4: 5 - 20 drepte**	**K5: Mer enn 20 drepte**
S5: Svært ofte (minst en gang i året)					
S4: Ofte (en gang per 2 -10 år)					
S3: Sjelden (en gang per 11 -100 år)					
S2: Svært sjelden (en gang per 101 - 1 000 år)					
S1: Ekstremt sjelden (sjeldnere enn hvert 1 000. år)					

For hendelsene som er vurdert er det nødvendig å identifisere tiltak i samsvar med kriteriene under:



Rød	Tiltak nødvendig
Oransje	Tiltak skal vurderes
Gul	Tiltak bør vurderes
Grønn	Tiltak ikke nødvendig, men skal iverksettes dersom kostnaden er lav i forhold til nytten.

3.2 Organisering av arbeidet

Som input til risikoanalysen ble det gjennomført et fareidentifikasjonsmøte 5. mai 2021. På grunn av omstendighetene med COVID-19 ble møtet arrangert ved hjelp av både videooverføring og fysisk oppmøte. Deltakerne i møtet fremgår av Tabell 3-2.

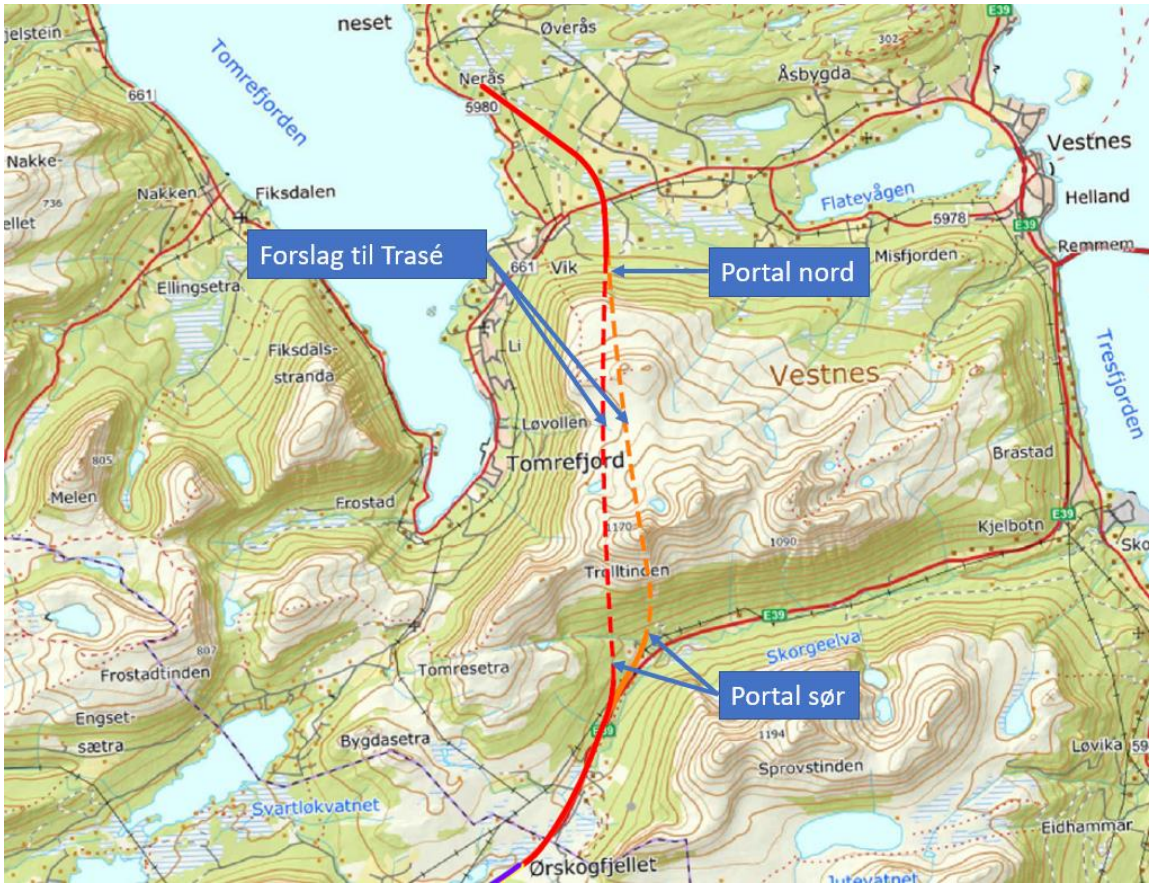
Tabell 3-2 Deltakere i arbeidsmøtet 05.05.2021

Navn	Firma	Rolle
Arve Olaf Torgauten	Safetec	Møteleder
Mads Lindberg	Safetec	Teknisk sekretær
Harald Inge Johnsen	SVV	Prosjektleder
Håkon Neergaard	SVV	Elektro
Ole Pedro Myklebostad	SVV	Drift og vedlikeholds divisjonen Molde
Wenche Brit Sivertsen	SVV	Sikkerhetskontrollør, nord- og midtnorge.
Frank Skorgenes	Vestnes brannvesen	Brannsjef og Beredskapsansvarlig
Odd Einar Lillebø	SVV	Byggeleder elektro/brannleder, Møre og Romsdal
Olav Amund Myklebust	SVV	Brannvernleder
Vegard Løkken Opsahl	SVV	Ingeniør
Sindre Egeness	Ålesund Brannvesen	Brann og Redning
Michael Werner	Ålesund Brannvesen	Brann og Redning
Lasse Bruaset	Vestnes kommune	Brann og Redning
Arne Sigurd Hansen	Ålesund Brannvesen	Brann og Redning
Per Brakstad Bergmyr	Vestnes kommune	Brann og Redning
Geir Hole	Vestnes kommune	Ingeniør

4 BESKRIVELSE AV ANALYSEOBJEKTET

4.1 Tunnelens beliggenhet, geometri og teknisk utforming

Den planlagte tunnelen vil ligge på den planlagte E39 strekningen ca. 7 kilometer vest for dagens E39 ved Vestnes. Tunnelen sørger for at trafikken kan flyttes bort fra boligområder og inngår i planen om fergefri E39 mellom Ålesund og Molde. Figur 4.1 viser hvordan tunnelen vil passere vest for Vestnes.



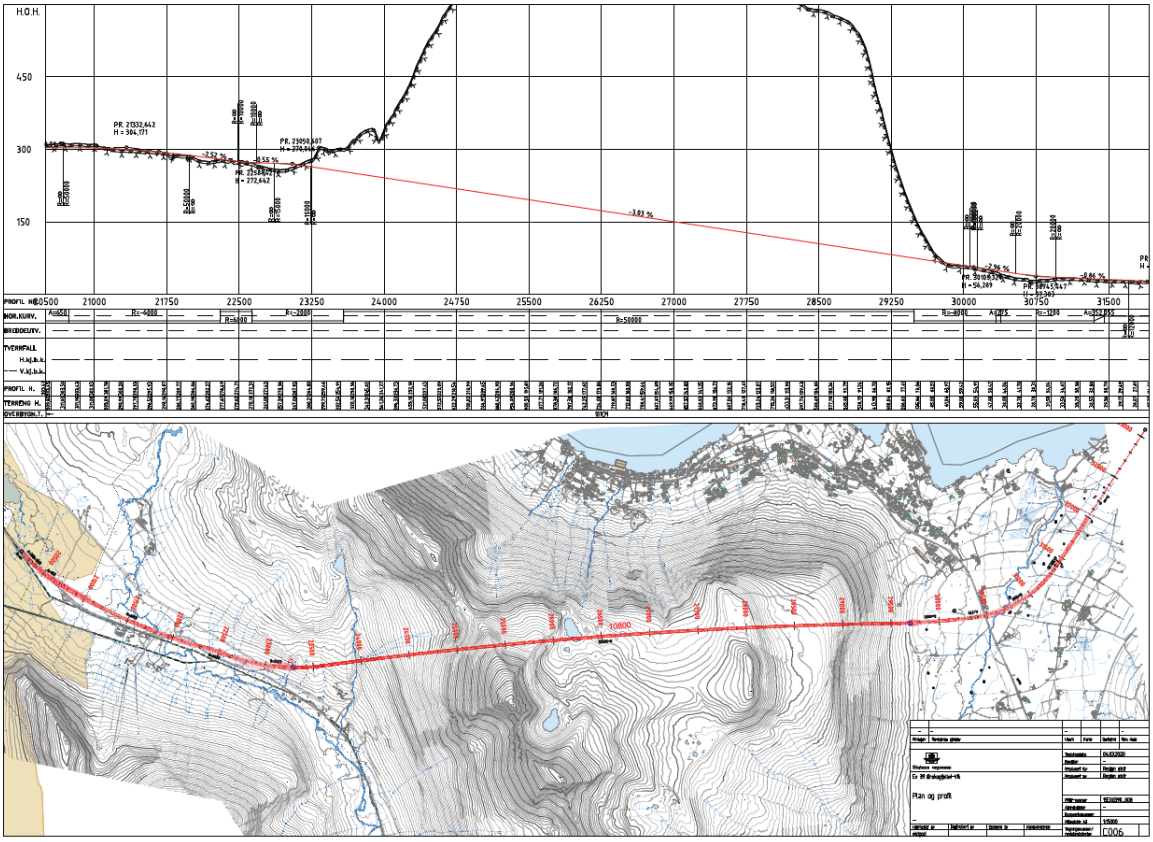
Figur 4.1 Tunnelens beliggenhet

Tunnelen er prosjektert med tunnelprofil T10,5 og vil bygges i henhold til blant annet N500 og tunnelsikkerhetsforskriften, og tekniske data for tunnelen er gjengitt i Tabell 4-1

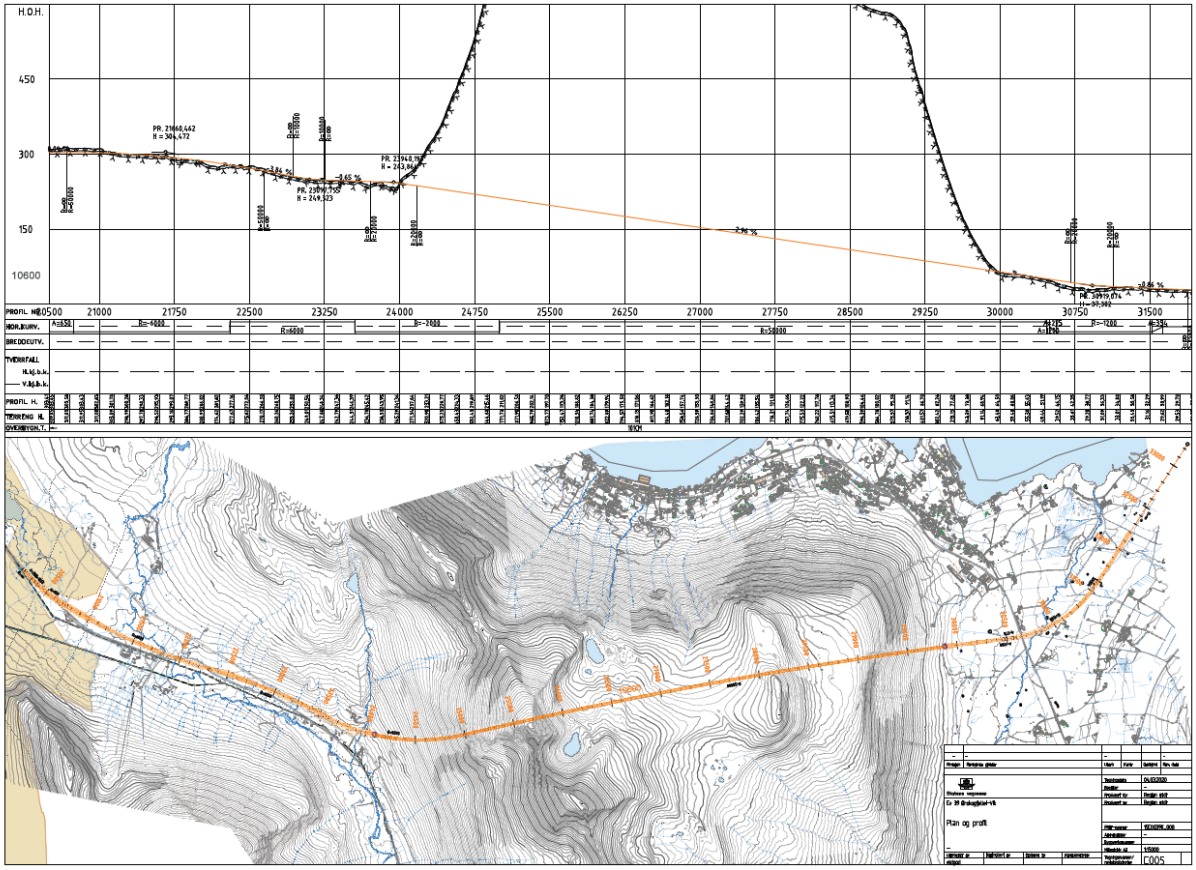
Tabell 4-1 Teknisk data for tunnelen

Data	Tunnelen
Lengde	5820/ 6470 meter
Fartsgrense	Til vurdering, men påregner 80 km/t
Maksimal stigning	3 %
Årsdøgntrafikk (ÅDT) (2050)	5500
Tungbilandel	Ca 15 %
Tunnelprofil	T10,5
Tunnelklasse	C
Kameraovervåkning	Ja

Data	Tunnelen
AID	Ja
Bankettbelysning	Til vurdering
Høydehinder	Ja
Automatiske bommer for stenging	Ja
Mekanisk ventilasjon	Ja
Tilrettelegging for mobildekning	Ja
Nødnett	Ja
Radio innsnakk/høyttaleranlegg	Ja/Ja
DAB	Ja



Figur 4-1 Lengdeprofil og skisse for traseforslag nummer 1



Figur 4-2 Lengdeprofil og skisse for traseforslag nummer 2.

Figur 4.1 og Figur 4-2 illustrerer hvordan de ulike traseforslagene vil stige gjennom fjellet mot sør frem til høybrekket som kommer ved den sørlige tunnelportalen.

4.2 Trafikale forhold

Fremskrevet årsdøgntrafikk for tunnelen er beregnet til å være i underkant av 5500 i år 2050. Foreløpige estimater tilsier at andel tunge biler vil utgjøre ca. 15 %. Dette tilsvarer altså en ÅDT (2050) for tyngre kjøretøy på underkant av ca. 825. Transport i forbindelse med nærliggende industri står for en betydelig andel av tungtransporten på strekningen. Resterende trafikk fordeles mellom trafikk mellom Ålesund og Molde og øvrig lokal trafikk.

Tabell 4-2 gir en oversikt over nærliggende tunneler på E39.

Tabell 4-2 Sammenlikning med nye tunneler på E39 på strekningen Ålesund - Molde.

Nr.	Navn	Lengde (m)	ÅDT (2030)	Tungbilandel (2030)	ÅDT tungbiler (2030)
1	Julakslatunnelen	1300	5800	15 %	870
2	Kringstadtunnelen	8500	5800	15 %	870
3	Romsdalsfjordkryssingen	14600	6900	15 %	1035

Ved stengt tunnel kan dagens E39 via Vestnes benyttes for omkjøring.

4.3 Oppsummering av særtrekk ved tunnelen

Ett særtrekk for den nye tunnelen er at det vil tilrettelegges for en fremtidig toløps tunnel som vil medføre at tunnelen bygges iht. en del av kravene for klasse D tunneler.

Området er preget av turisme, noe som kan bidra til økt busstrafikk i perioder, eksempelvis i sommer-halvåret.

Sør for portalen på Ørskogfjell-siden vil det være et halvkryss for innkjøring fra E136 Vestnes/Åndalsnes.

4.4 Erfaringsdata

Som beskrevet i kapittel 3 skal det vurderes en sannsynlighet for at de ulike hendelsene inntreffer, og en konsekvens, gitt at hendelsen har inntruffet. Følgende datakilder er benyttet fra erfarte tunnelulykker:

- Temaanalyse om dødsulykker i tunnel (UAG 2005–2012) (Ref. 17). 1057 personskadeulykker i tunneler i Norge inkluderes i analysen, hvor 77 av ulykkene var dødsulykker og det var totalt 87 drepte i disse ulykkene.
- Kartlegging av kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008–2011 (Ref. 18). Analysen inkluderer 135 branner og branntilløp. En brann involverer alt med åpen flamme, mens branntilløp er definert som røyk uten flamme. Tunneler på land med sterk stigning (>5 %) inkluderes sammen med undersjøiske tunneler i analysen.

Tabell 4-3 viser en fordeling av skadegrad, mens Tabell 4-4 viser en fordeling mellom ulykkestyper både for skader og dødsulykker. Som tabellene viser, har hoveddelen av personskadene vært lettere skader. De fleste skadene har oppstått ved ulykker i samme kjøreretning, mens det har oppstått flest dødsulykker knyttet til utforkjøringer og møteulykker. Utforkjøring i tunnelen dekker hendelser der et kjøretøy treffer tunnelvegg.

Tabell 4-3 Fordeling over skadegrad (2005–2012) (Ref.17)

SKADEGRAD	ANTALL	%
Drepte	55	5 %
Meget alvorlig skadde	9	1 %
Alvorlig skadde	89	8 %
Lettere skadde	904	86 %
Totalt	**1 057**	**100 %**

Tabell 4-4 Fordeling mellom ulykkestyper- skader og dødsulykker (2005-2012) (Ref. 17)

ULYKKESTYPE	SKADER		DØDSULYKKER		ANTALL DØDSULYKKER PER PERSONSKADE-ULYKKE
	ANTALL	%	ANTALL	%	
Samme kjøreretning	446	42 %	6	8 %	1 %
Møteulykker	199	19 %	32	42 %	16 %
Kryssende kjøreretning	4	0 %	-	0 %	0 %
Fotgjengerulykker	10	1 %	3	4 %	30 %
Utforkjøring	347	33 %	34	44 %	10 %
Andre uhell	51	5 %	2	3 %	4 %
Totalt	**1 057**	**100 %**	**77**	**100 %**	**7 %**

Tabell 4-5 viser en fordeling av dødsulykker per sone i tunnel. Lengden på sonen utenfor (50 meter) og inngangssone (150 meter) er normalt betydelig kortere enn den totale lengden på indre sone. Dette betyr at med ca. 50 % av dødsulykkene i portalområdet er det økt risiko i dette område per kilometer veg i forhold til midtparti av en tunnel.

Tabell 4-5 Fordeling av dødsulykker per sone i tunnel splittet på ett- og toløpstunnel (2005-2012) (Ref.17)

SONE	ETTLØPSTUNNEL	TOLØPSTUNNEL	TOTALT	%
Utenfor	15	6	21	27 %
Inngangssone	14	4	18	23 %
Indre sone	34	4	38	49 %
Totalt	**63**	**14**	**77**	**100 %**
% vis fordeling	**82 %**	**18 %**	**100 %**	

Tabell 4-6 viser en fordeling av dødsulykker i forhold til skiltet fartsgrense. Merk at for å kunne gjøre en sammenligning mellom de ulike fartsgrensene må det også inkluderes statistikk om antall kilometer med de ulike fartsgrensene.

Tabell 4-6 Fordeling av dødsulykker i forhold til skiltet fartsgrense (2005-2012) (Ref. 17)

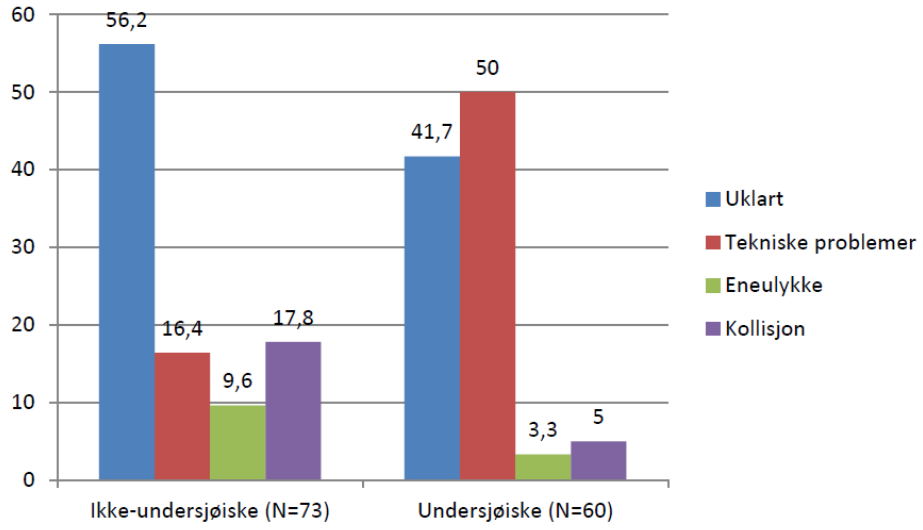
SKILTET FARTSGRENSE	ANTALL	%
50 km/t	5	6 %
60 km/t	3	4 %
70 km/t	10	13 %
80 km/t	54	70 %
90 km/t	0	0 %
100 km/t	5	6 %
Totalt	77	100 %

Tabell 4-7 viser årsakene til vegtunnelbranner for biler over og under 3,5 tonn, mens Figur 4.2 viser fordelingen mellom undersjøiske og ikke-undersjøiske tunneler, hvor tunneler med stigning over 5 % inkluderes i statistikk for undersjøiske tunneler.

Omtrent halvparten av alle vegtunnelbranner og tilløp har uklar årsak. Det skyldes trolig for en stor del at rapporteringen av årsaker er mangelfull. Som tabellen viser skyldes en større andel av brannene og tilløpene for biler over 3,5 tonn tekniske problem. Tekniske problem er også hovedbidragsyteren for undersjøiske tunneler (inkludert landtunneler med stigning over 5 %).

Tabell 4-7 Årsakene til vegtunnelbranner og branntilløp for biler over og under 3,5 t (2008-2011) (Ref. 18)

ÅRSAKSKATEGORIER	BILER UNDER 3,5 T	BILER OVER 3,5 T	ANTALL HENDELSER
Uklart	52 %	37 %	51
Tekniske problem	17 %	49 %	41
Eneulykke	11 %	2 %	9
Kollisjon	20 %	12 %	22
Antall hendelser	76	57	133



Figur 4.2 Fordeling mellom årsaker ikke-undersjøiske og undersjøiske tunneler (Ref. 18)[2]

Tabell 4-8 viser årsakene til vegtunnelbranner og tilløp til brann som involverer personskade. Som tabellen viser er det hovedsakelig eneulykke og kollisjon som medfører personskader. For 66 av brannene og branntilløpene er årsaken uklar, mens for 9 av brannene og branntilløpene er det uklart om hendelsen har medført personskade.

Tabell 4-8 Årsakene til vegtunnelbranner og tilløp til brann som involverer personskade (2008-2011) (Ref. 18)

ÅRSAKSKATEGORIER	INGEN SKADE	UKLAR KONSEKVENS	LETTERE SKADET	ALVORLIG SKADE/DØD	ANTALL HENDELSER
Uklar årsak	92,4 %	4,5 %	3 %	0 %	66
Tekniske problem	95,1 %	0 %	4,9 %	0 %	41
Eneulykke	37,5 %	0 %	25 %	37,5 %	8
Kollisjon	18,8 %	37,5 %	12,5 %	31,3 %	16
Antall hendelser	106	9	8	8	131

[2] Merk at tunneler på land med stigningsgrad over 5 % er inkludert i statistikk for undersjøiske tunneler.

4.5 TUSI-beregninger

TUSI-beregningene gjøres ved hjelp av en regnearkmodell som ved hjelp av horisontal- og vertikal-kurvatur, trafikkmengde, tungtrafikkandel, feltkonfigurasjon og fartsgrense, beregner en ulykkes-frekvens (personskade) for tunnelstrekningen. Tabell 4-9 oppsummerer resultatet for gjennomførte TUSI-beregninger for tunnelen.

Tabell 4-9 Oppsummering av TUSI-beregninger for tunnelen

SCENARIO	FREKVENS PER ÅR	ANTALL ÅR MELLOM HENDELSER
Trafikkulykke uten personskade (motorstopp, punktering etc.)	>100	0,006
Trafikkulykke med personskader	0,057	18
Brann i personbil/varebil	0,1	10
Brann i tungt kjøretøy	0,05	20

Kort oppsummert tilsier TUSI-beregningene at det vil skje 0,057 personskadeulykker i tunnelen per år, noe som tilsvarer omtrent én personskadeulykke hvert 18. år. Videre tilsier beregningene at det årlig forventes ca. 0,1 branntilløp totalt for tunnelen, noe som tilsvarer ett branntilløp hvert 10. år. Merk at TUSI-beregningene ikke sier noe om antatt konsekvens for branner eller personulykker.

4.6 Selvredning

Mennesker er forskjellige og reagerer ulikt ved en hendelse i en tunnel. Man kan heller ikke forvente at alle opptrer rasjonelt under hendelser. Ved brann i tunneler gjelder selvredningsprinsippet. Erfaringer fra europeiske branner i vegtunneler, og eksperimenter, viser at trafikanter blir sittende for lenge i kjøretøyet før en evakuerer (Ref. 19). Erfaringer med selvredning i reelle faresituasjoner har vi fra brannen i Oslofjordtunnelen i 2011 og Gudvangatunnelen i 2013, der henholdsvis ca. 30 og 70 personer ble fanget i røyk nedstrøms brannen. Erfaringen viser at konteksten kan oppleves ulikt for trafikantene som befinner seg i tunnelen. Konteksten påvirker atferd og mulighet til vellykket selvredning.

Eksempler på dette er at:

- Avstand til brannen gjør at noen ikke vet hva årsaken til stans er, og kan bli stående i kø uten å vite hvorfor.
- Noen ser brann og er så nære at de velger å kjøre forbi, men andre kan velge å å snu, mens større kjøretøy vil ha problemer med å snu.
- Noen er alene i bilen. For andre påvirkes atferden av eksempelvis familier, barn eller hunder. Aldersforskjeller og førlighet påvirker også valget om å bli værende i bilen eller gå ut.
- Noen ringer nødnummer. Svært få benytter seg av nødtelefoner i tunnelen.
- I tykk røyk ser trafikanter ingenting, i beste fall en armlengde og det oppleves svært ubehagelig å puste og det svir i øynene. Noen blir sittende i kjøretøyet under hele brannen, andre blir

sittende i buss eller bil inntil varmen, røyken eller angsten blir uutholdelig. Noen går i en annen retning enn tenkt fordi de mister orienteringsevnen i tett røyk. Noen søker inn i andres biler.
- Noen finner åpne inspeksjonsluker og søker tilflukt bak tunnelhvelvet.
- Under brannhendelse er det mye støy, roping, det smeller, kollisjoner etc.
- Noen har vann og dynker håndklær som vern mot røyken.
- I røyk vil evakueringen skje i gangfart enten det er til fots eller i bil og de som kjører ut kolliderer med andre kjøretøy, personer og tunnelveggen.
- Turister er ofte ukjente med norske tunneler og har språkproblemer.
- Svært mange utenlandske kjøretøy har fortsatt ikke DAB-radio. Dermed registrerer de ikke trafikkmeldinger eller andre meldinger via DAB. Det vil også kunne være språkproblemer med radiomeldinger.

En vellykket selvredning kan deles inn i ulike elementer:

- **Informasjon og opplæring:** Selvredning innebærer at personene vet hva man skal gjøre dersom hendelsen inntreffer.
- **Fysiske tiltak:** Den beste form for selvredning består i å komme seg ut av tunnelen før en blir innhentet av røyk og varme. Eksempler på fysiske og tekniske tiltak som kan legge til til rette er høyttallere med meldinger på flere språk, tett mellom havarinisjer og snunisjer, kontinuerlig rømningslys/ledelys/håndlist, og brannventilasjon.
- **Overvåkning:** Grunnlaget for at alarmsentralene skal kunne gi riktige råd er presis informasjon om hvor i tunnelen det brenner, hva som brenner (personbil, vogntog, buss, ADR-transport, type last, mengde), hvor kjøretøy og personer befinner seg, og hvor nærmeste og tryggeste rømningsvei er.
- **Kommunikasjon under hendelsen**: Kommunikasjon med trafikanter så tidlig som mulig er helt vesentlig for å øke mulighet for effektiv selvredning. Informasjonen må være riktig og vil da ha en assisterende effekt på selvredningen. Det kan ha en fryktreduserende effekt, og dermed øke muligheten for å holde konsentrasjonen og gjøre riktige valg i den aktuelle konteksten den enkelte er i. Skal man nå frem til trafikantene i tunnelen må det skje via kringkastingsanlegg (DAB-radio) eller høyttaleranlegg, hvor det er DAB-radio som er vanligst, men hvor man da ikke kan nå trafikanter som har forlatt kjøretøyet sitt, eller ikke har DAB-radio påslått i bilen.

5 RISIKOVURDERING

5.1 Beredskap

Ved uønskede hendelser i tunnel kan beredskapen til nødetatene være avgjørende for konsekvensomfanget, og vurdering av selvredningstiltak opp mot innsatsmuligheter. Ved hendelser i denne tunnelen vil brannvesenet på Tomrefjord ha en responstid på ca. 15 minutter. Ambulansetjenesten anslås å ha en gjennomsnittlig innsatstid på ca. 20 minutter til tunnelen. Ved behov for luftstøtte, vil luftambulansen som er stasjonert i Ålesund kunne være ved tunnelen etter ca. 20 minutter.

I tillegg er estimat på innsatstidene fra nærliggende brannvesen oppsummert i tabellen under.

ETAT	INNSATSTID	INNSATSSTED	KOMMENTAR
Brannvesen	Ca. 15 min fra Tomrefjord Ca. 18 min fra Helland ca. 30 min fra Molde (kassernert) (Ca. 20 min fra Misund)	Vik (hovedinnsatsvei ved ett løp)	Ca. 18 min med eldre tankbil, fra Helland
	19 min fra Helland 25 min fra Tresfjord 19 min fra Ålesund/Sjøholt	Ørskogfjellet	Mannskapsbil og redningsbil. Inntil 10 mann
Politi	20 min		Rauma / Vestnes – Helland – kontortider. Ålesund, Molde
Ambulanse	Ca. 18 min fra Helland 20 min fra Ørskog Molde, Ålesund (inkl, luftambulanse)		En ambulanse En ambulanse

Ambulansetjenesten anslås å ha en gjennomsnittlig innsatstid på ca. 18 minutter til tunnelen. Ved behov for luftstøtte, vil luftambulansen som er stasjonert i Ålesund kunne være ved tunnelen etter ca. 20 minutter.

Politiets ressurser er ofte på vegene og dette medfører en betydelig usikkerhet knyttet til innsatstid for politiet, men anslås til å være ca 20 minutter til Vikakslatunnelen.

Basert på nåværende situasjon, inkludert den prosjekterte vegstrekningen som må legges til grunn for vurderingene, videre mot Molde, vil det være ca. 15–20 minutter innsatstid for innsats på større hendelser. I tillegg vil bistand fra omkringliggende større brannvesen (Molde i nord, og Ålesund i sør) være tilgjengelig etter ca. 30 minutter. Det er kun en tankvogn i Vestnes brann og redning, resten er tanker integrert i mannskapsbiler med maks 3 m^3 vann.

Innsatstidene bør kvalitetssikres i forbindelse med det videre arbeidet med beredskapsplan for tunnelen.

5.2 Fareidentifisering for tunnelen

I analysemøtet ble det identifisert ni typer uønskede hendelser:

1. Møteulykker
2. Påkjørsel bakfra
3. Utforkjøring
4. Påkjørsel av myke trafikanter
5. Velt buss/større kjøretøy
6. Velt andre kjøretøy
7. Brann i lett kjøretøy (<5 MW)
8. Brann i tungt kjøretøy (20-100 MW)
9. Lekkasje farlig gods

De ni hendelsestypene ble analysert og det ble identifisert flere spesifikke forhold av betydning for risikoen i tunnelen. Risikobildet er kort gjengitt i dette kapittelet. De uønskede hendelsene som kommer frem i kapittelet plasseres til slutt i en risikomatrise, se Tabell 5-2.

5.2.1 Møteulykker

Møteulykker utgjør en betydelig risiko i ett-løpstunneler med toveistrafikk. Typiske årsaker til slike ulykker er høy fart eller avsovning. Vikakslatunnelen vil bygges med en tunneldimensjon på T10,5 og det vil dermed være mer plass i tunnelen. Tunneldimensjonen vil også gi mer rom til å etablere rumlefelt ved midtlinjen, slik at en reduserer risikoen for hendelser der sjåføren for eksempel sovner. Tunnelen har også lite kurvatur og dette vil sannsynligvis lede til forbikjøringer. God belysning i tunnelen vil kunne redusere sjansen for at noen blendes av solen og krysser over i feil kjørefelt. Det vil også være strekninger på begge sider av tunnelen med forbikjøringsmuligheter.

Når det gjelder møteulykker, påkjørsler bakfra og utforkjøringer er det også i bompengeperioden en viss usikkerhet i hva som vil kunne skje mellom tunnelene når/hvis folk oppdager at de er på tur gjennom enda en bomveg, og en dyrere bomveg, når de kommer fra Ørskogfjellet til Vik og nærmer seg Møre-aksen.

5.2.2 Påkjørsel bakfra

Høybrekket i sørenden av tunnelen lede til påkjøringer bakfra dersom det oppstår en opphopning av trafikk. Et generelt moment er at enkelte bilførere er utilfredse med å ligge bak tyngre kjøretøy, uavhengig av fart. Dette kan øke sannsynligheten for trafikkulykker som eksempelvis påkjøring bakfra. Det vil være et forbud mot saktegående kjøretøy i tunnelen. Lite kurvatur og en relativt lav stigning på 3% bidrar allikevel til at dette anses som en sjelden hendelse

5.2.3 Utforkjøring

Utforkjøring viser til hendelser hvor kjøretøy forlater vegbanen og kolliderer med tunnelveggen. Konsekvensene av slike hendelser vil naturligvis avhenge av kollisjonsvinkel og hastighetsreduksjon. Vikakslatunnelen vil ha lite kurvatur og en tunneldimensjon på T10,5. Dette vil kunne virke inviterende for høye hastigheter, men dette vil kunne måles over tid. Selv om det ikke kan prosjekteres for ATK-bokser så vil det være mulig å etablere dette på et senere tidspunkt, dersom det skulle vise seg at høye hastigheter blir et problem. Hendelsen anses som en svært sjelden hendelse.

5.2.4 Påkjørsel av myke trafikanter

Til tross for forbud mot gående og syklende i tunnelen vil det fortsatt være en mulighet for påkjørsel av myke trafikanter. Påkjørsel av myke trafikanter vil kunne få svært alvorlige konsekvenser da tunnelen vil ha en høy fartsgrense. Samtidig er det ikke tillat med myke trafikanter i tunnelen, og det etableres egen

gang- og sykkelsti ved Vik. Dette kan også skje dersom fører eller passasjerer i et kjøretøy med stans i tunnelen velger å gå ut av tunnelen. Dette er imidlertid planlagt å etablere havarinisjer hver 375. meter og det vil tilrettelegges for mobildekning slik at det skal være mulig å varsle selv om man sitter inne i kjøretøyet. Påkjørsel av myke trafikanter vurderes som svært lite sannsynlig.

5.2.5 Velt buss/større kjøretøy

Velt av buss eller annet stort kjøretøy er en hendelse som vil kunne medføre store konsekvenser. En veltet buss kan medføre et større antall personer som er skadet eller fanget i tunnelen. En slik hendelse kan også lede til utslipp av farlige kjemikalier og/eller brann. Tunnelen vil ha lite kurvatur og en slik velt anses derfor som svært usannsynlig.

5.2.6 Velt andre kjøretøy

Med hendelsesbeskrivelsen «velt andre kjøretøy» vises det til hendelser hvor personbiler eller kjøretøy som ikke faller under overnevnte kategori velter i tunnelen. Slike hendelser anses å ha mindre konsekvenser sammenlignet med velt av større kjøretøy. I likhet med hendelsen «velt større kjøretøy» anses også sannsynligheten for en slik hendelse som svært lav grunnet lite kurvatur i tunnelen.

5.2.7 Brann i lett kjøretøy (<5 MW)

Det er ofte en klar sammenheng mellom årsdøgntrafikk (ÅDT) og risiko ved brann. Årsdøgntrafikken i denne tunnelen er relativt lav sammenlignet med de prosjekterte tunnelene i området, slik som Romsdalsfjordkryssingen (ref. Tabell 4-2). Risikoen vurderes dermed som lavere. ÅDT og tunnellengde har innvirkning på både sannsynlighet (flere kjøretøy som kan brenne) og for konsekvens (flere personer som kan bli eksponert for branngasser, og lengre rømningsvei og innsatsvei). Denne tunnelen har en relativt lav ÅDT sammenliknet med omkringliggende tunneler og en relativt lav stigningsprosent på 3% bidrar til redusert sannsynlighet for brann i kjøretøy som skyldes varmgang i bremser eller motor. Disse faktorene trekker risikoen ned. TUSI-beregningene anslår et forventet intervall mellom hvert branntilløp i lette kjøretøy på ca. 10 år.

5.2.8 Brann i tungt kjøretøy (20–100 MW)

En skiller ofte mellom brann i lette kjøretøy og tunge kjøretøy, selv om mindre branner kan forekomme i tunge kjøretøy og motsatt. En elbil vil normalt brenne som en personbil eller annen bil uavhengig av at den drives av elektrisitet, med mindre batteriet antenner. I matrisen er derfor brannhendelsene inndelt i to typer: Brann i lett kjøretøy (<5 MW) og Brann i tungt kjøretøy (20-100 MW). Typisk vil en brann i en lastebil eller trailer fort kunne komme opp i 50–60 MW (avhengig av last), noe som da nærmer seg grensen for hva brannvesenet vil klare å slukke med bruk av de slukkemidler som brannvesenet normalt har tilgang på. En slik stor brann vil også kunne føre til store materielle ødeleggelser i tunnelen, noe som vil medføre store økonomiske konsekvenser, i tillegg til at det vil være tidkrevende å reparere, noe som kan føre til at tunnelen må være stengt en periode.

Lav stigningsprosent på 3 % bidrar til redusert sannsynlighet for brann i kjøretøy som skyldes varmgang i bremser eller motor (ingen nødvendig bremsing ved 3 % og heller ikke tung oppoverbakke), for denne tunnelen isolert sett. Samtidig vil en betydelig andel av dem som kjører i Vikakslatunnelen komme fra en lang undersjøisk tunnel under Romsdalsfjorden, med stigning på inntil 5 %. Det kan påvirke risikoen for varmgang og påfølgende brann i kjøretøy noe, men ikke betydelig. I noen grad kan dette også gjelde for personbiler, men det er mer relevant for tunge kjøretøy. Møteulykker og utforkjøringer i tunnelen vurderes ikke å påvirke brannrisiko i stor grad, da sannsynligheten for disse hendelsene vurderes som små. Risikoen vurderes dermed som lavere, til tross for at tungtransportandelen er ca. 15 %. Et usikkerhetsmoment er bruk av alternative drivstoff i fremtiden, slik som hydrogen, og hvilke konsekvenser dette har for risikobildet i tunneler. Branner i dagens elbiler har også noe annerledes

brannforløp enn ordinære bilbranner, ved at de kan være langvarige og vanskelige å slukke hvis det er batteriet som brenner, men det er ikke grunnlag for å si at elbilbranner skjer oftere enn andre bilbranner, og således ikke skal medføre noen markant større brannrisiko enn andre kjøretøy. Brenner det i en elbil uten at det brenner i batteripakken, så kan det være enklere å slukke en slik brann enn en ordinær bilbrann, fordi det ikke er drivstoff som brenner.

5.2.9 Lekkasje av farlig gods

En lekkasje av farlig gods kan få flere uheldige konsekvenser. Det kan påvirke helsen til de som måtte befinne seg i tunnelen og som kommer i kontakt med godset. Videre kan det være brannfarlig, og føre til energirike branner som er utfordrende å slukke. I tillegg kan en lekkasje redusere friksjonen i vegbanen, som følgelig kan resultere i trafikkulykker. En lekkasje kan også påvirke oppetiden av tunnelen da det kan være tidkrevende å rense eller vaske tunnelen i etterkant. I tillegg kan en lekkasje ha negativ innvirkning på miljøet rundt tunnelen. En faktor som påvirker risikoen for lekkasje av farlig gods, er nærliggende industri og trafikk i området. Det kom frem i analysemøtet at det transporteres noe farlig gods/ADR i området, spesielt mellom sykehusene, og det går en del ADR-transport til og fra anlegg på Nyhavna. Denne tunnelen vil prosjekteres med moderne anlegg for drenering og avløp basert på N500, og lekkasje av farlig gods anses som en sjelden hendelse, basert på erfaring fra tilsvarende vegstrekninger.

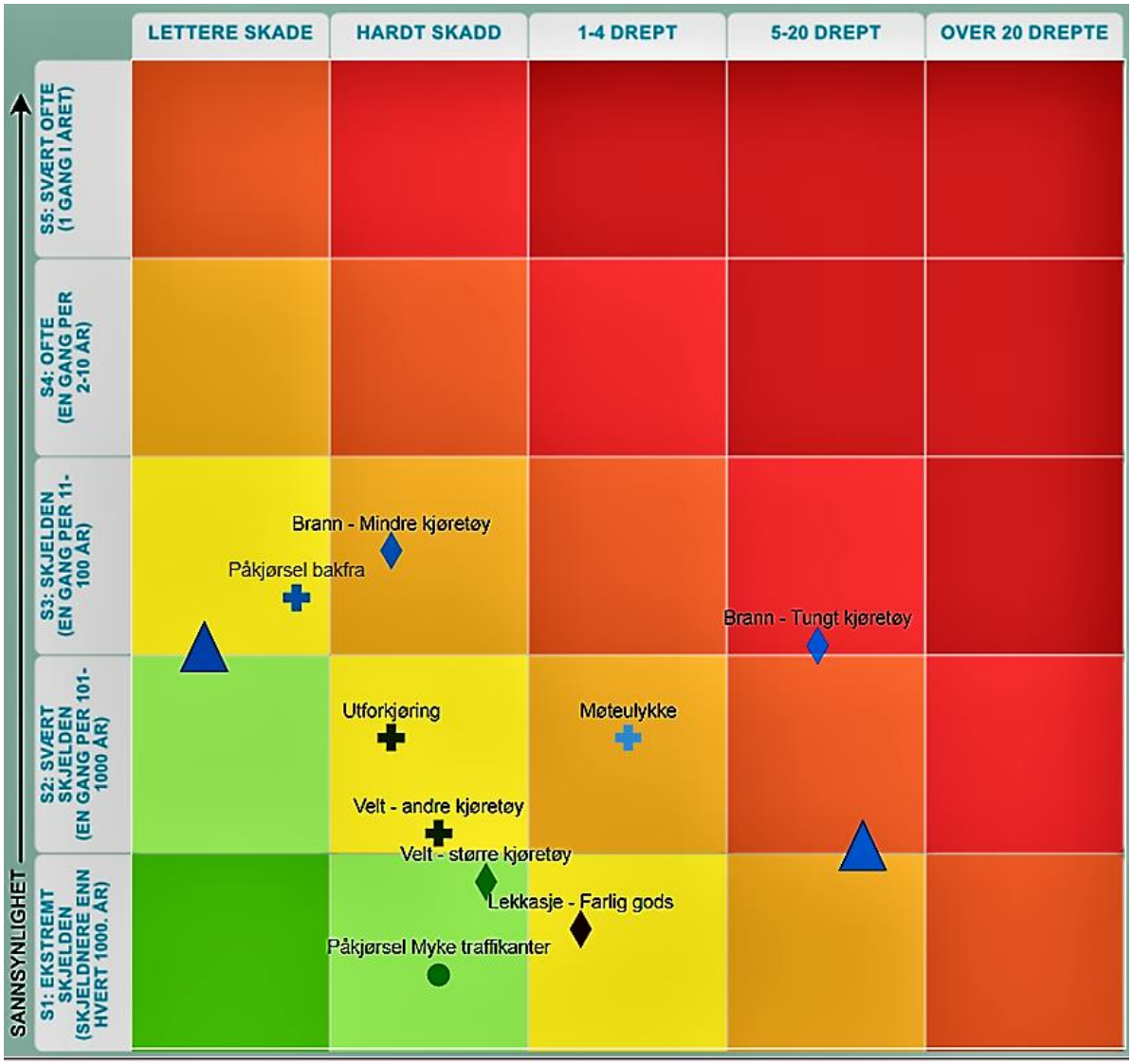
5.3 Risikomatrise og vurdering av risiko

I Tabell 5-2 er de uønskede hendelsene som ble identifisert for tunnelen plassert inn i en risikomatrise. Det presiseres at en hendelse kan ha flere mulige konsekvenser; for eksempel kan en møteulykke medføre alt fra lettere skadde til en hendelse med flere drepte. Plasseringen i matrisen er valgt på bakgrunn av den mest sannsynlige konsekvensen for en gitt hendelse, med tilhørende vurdering for frekvens-/sannsynlighet. Risikomatrisen presenterer konsekvenser for skadde og drepte, og gjengir således ikke konsekvenser for materielle verdier og skade på ytre miljø. Alle hendelsene i risikomatrisen under kan også medføre konsekvenser for tap av materielle verdier og skade på ytre miljø. Særlig vil hendelsene stor brann og lekkasje av farlig gods kunne føre til omfattende materielle skader, skader det kan ta tid å reparere, og skader på ytre miljø utenfor tunnelen. Dermed vil disse hendelsene også kunne føre til at tunnelen må være stengt en periode, med de konsekvensene det vil gi for trafikantene, og for kostnader til reparasjon. I Tabell 5-1 presenteres nummerering og kunnskapsstyrken for de ulike farehendelsene i risikomatrisen.

Tabell 5-1 Kategorisering og kunnskapsgrunnlag for risikomatrisen

ULYKKESKATEGORI	SANNSYNLIGHET	KONSEKVENS	KUNNSKAPS-STYRKE
MØTEULYKKER	6	10	Medium
PÅKJØRSEL BAKFRA	9	3	Medium
UTFORKJØRING	6	5	Medium
PÅKJØRSEL AV MYKE TRAFFIKANTER	1	6	Høy
VELT - BUSS / STØRRE KJØRETØY	3	7	Lav
VELT - ANDRE KJØRETØY	4	6	Medium
BRANN I LETT KJØRETØY	10	5	Lav
BRANN I TUNGT KJØRETØY	8	14	Lav
LEKKASJE AV FARLIG GODS	2	9	Lav

Tabell 5-2 Risikomatrise for Vikakslatunnelen



6 RISIKOREDUSERENDE TILTAK

Risiko kan beskrives som produktet av sannsynlighet og konsekvens, og ved å redusere en av disse faktorene vil risikoen derfor også reduseres. I dette kapittelet presenteres ulike tiltak som vil kunne redusere risikoen i tunnelen.

Ved å følge kravene i N500, så skal en i utgangspunktet oppnå akseptabel risiko.

6.1 Tiltak for å redusere sannsynligheten for uønsket hendelse

Sannsynlighetsreduserende tiltak er tiltak som reduserer sannsynligheten for at en hendelse kan oppstå og skal generelt prioriteres fremfor konsekvensreduserende tiltak. Tabell 6-1 gir en oversikt over noen sannsynlighetsreduserende tiltak for tunnelen samt en vurdering av tiltakene.

Tabell 6-1 Sannsynlighetsreduserende tiltak som kan vurderes

TILTAK		VURDERING AV TILTAKET
Trafikk-regulering	Redusere hastigheten i tunnelen	En reduksjon av fartsgrensen vil i teorien kunne redusere risiko for trafikkulykker, og dermed også sannsynlighet for brann i kjøretøy og eksempelvis utslipp av giftig gass/væske. Høy kollisjonshastighet er en av hovedårsakene til ulykker med dødelig utfall. Hastighetsreduksjon vil også være et konsekvensreduserende tiltak. Det bemerkes imidlertid at dersom fartsgrensen settes lavere enn naturlig kjørehastighet, vil ikke fartsgrensen overholdes. I dette tilfellet vil nok ikke trafikantene oppleve det som rimelig å overholde en lavere hastighet som følge av lite kurvatur i tunnelen. Dette tiltaket anses ikke som hensiktsmessig for denne tunnelen.
Trafikkontroll	Automatisk trafikkontroll (ATK)/ hastighetsmåling	Det er ikke mulig å prosjektere for innstallering av ATK i dette stadiet av prosjektet. Et slikt tiltak kan vurderes dersom erfaringsdata tilsier at høye hastigheter er et problem etter åpning.
Trafikkontroll	Fartskontroller	Hyppige fartskontroller vil kunne redusere sannsynligheten for at fartsgrensen brytes. Dette vil kunne bli mer aktuelt hvis det gjøres erfaringer med råkjøring i tunnelen. Det legges opp til automatisk tellepunkt som også registrerer hastigheter i tunnelen.
Trafikkontroll	Fjernstyrte bommer	Fjernstyrte bommer for stenging er et risikoreduserende tiltak som både reduserer sannsynligheten og konsekvensen for hendelser. Tunnelen kan stenges ved hendelser som har oppstått inne i tunnelen eller eksempelvis ved vedlikeholdsarbeid. Erfaringer tilsier at trafikanter ofte ikke respekterer stengelys for tunneler, og at det er betydelig mer sikkert å stenge vegen fysisk ved hjelp av bom. Etablering av fysiske bommer vil derfor være til stor sikkerhet ved hendelser, i tillegg til for vedlikeholdsarbeidere.
Trafikkontroll	Variable fartsgrenseskilt	Variable fartsgrenseskilt kan benyttes ved trafikkuhell/stansede kjøretøy i tunnelen for å forhindre følgeulykker og sikre en god trafikkavvikling inntil hendelsen/ulykken er avklart, og hinderet er fjernet.
Trafikkontroll	Tidsbegrensninger for tunge kjøretøy	Det er mulig å begrense tungtransport og frakt av farlig gods til gitte tidsrom i døgnet. Dette vil redusere tungbilandelen i tidsrom med høy trafikk i tunnelen. Et slikt tiltak kan samtidig være inngripende og ha konsekvenser for omkjøringveger.

TILTAK		VURDERING AV TILTAKET
Vegoppmerking	Sinusfrest/profilert vegoppmerking	Sinusfrest vegoppmerking vil redusere sannsynligheten for møteulykker og utforkjøring fordi uoppmerksomme sjåfører vil kunne oppdage at de er på vei ut av kjørefeltet sitt. Ett alternativt tiltak kan være profilert vegoppmerking, men det bemerkes at dette ikke er like effektivt for tyngre kjøretøy. Det vil være 1 m midtfelt i tunnelen (med sinusfres), altså god avstand mellom kjøreretningene.
Trafikkontroll	Snunisjer	I Vikakslatunnelen er det foreslått å etablere snunisjer 1500 meter inn i tunnelen fra begge sider, etterfulgt av snunisjer hver 1000. meter i midtseksjonen. Snunisjer vil bidra til at busser og andre større kjøretøy kan snu inne i tunnelen, slik at man unngår evakuering til fots. Dette kan være et viktig tiltak i en tunnel på ca. 6 km. Tankbiler fra brann og redning vil kunne snu ved hjelp av havarinisjene i tunnelen. Det anbefales å utføres en vurdering av avstanden mellom snunisjene i Vikakslatunnelen.
Trafikkontroll	Havarinisjer	Tunnelene vil ha havarinisjer hver 375. meter, som er kravet i tunnelklasse C. Kortere avstand mellom havarinisjene (250 m som i klasse D) vurderes videre for best mulig tilrettelegging for doble tunnelløp (klasse E-tunnel), men ansees som ikke nødvendig for å oppnå akseptabel risiko. Kortere avstand mellom havarinisjer vil kunne bidra til å bedre håndteringen av uønskede hendelser i tunnelene.

6.2 Tiltak for å begrense utvikling av en hendelse (konsekvensreduserende)

Dersom ulykken blir et faktum, skal konsekvensreduserende tiltak bidra til at risikoen holdes på et akseptabelt nivå. Tabell 6-2 viser foreslåtte tiltak i tunnelen for å begrense utvikling av en hendelse (konsekvensreduserende).

Tabell 6-2 Konsekvensreduserende tiltak som kan vurderes

TILTAK	VURDERING AV TILTAKET
Ledelist med sammenhengende rømningslys	Ledelist med kontinuerlig lys i hoftehøyde er et tiltak kan ha stor betydning for å lykkes med effektiv selvredning (Ref. 19). I tillegg til kontinuerlig rømingslys vurderes det også å etablere bankettbelysning i denne tunnelen. Kravet i N500 tilsier at det i alle tunneler > 5 km skal monteres sammenhengende rømningslys (ref. 2, kap. 4.3.2.2)
Nødstrøm	Nødstrøm er styrt av krav i tunnelsikkerhetsforskriften og N500. Et spørsmål er om det vil kunne etableres høyspentstrøm fra to retninger som et mulig tiltak for nødstrøm. Dette må vurderes videre.
Videoovervåkning (ITV)	Iht. N500 skal videovervåking (ITV) med automatisk registrering av hendelser (AID) monteres i tunneler med lengde > 3 km i tunnelklasse C, D, E og F (ref. 2). Etablering av videoovervåkning vil være konsekvensreduserende siden VTS settes i stand til å forstå hendelsen i en tidlig fase, og kan dermed sette i gang nødvendige tiltak for å håndtere hendelsen raskt, eksempelvis i samråd med nødetater. Dette vil spesielt kunne være til stor hjelp ved vurderinger av brannvesenets innsats-muligheter, samt for søk etter trafikanter som måtte befinne seg i tunnelen. Det bemerkes imidler-tid at røykmengden i tunnelen etter hvert kan begrense nytteverdien av kameraovervåkning ved søk etter at brannen har fått tid til å utvikle seg, men kameraovervåkning kan være et viktig hjelpe-middel til f.eks. å kunne fastslå hvor mange kjøretøy som fortsatt befinner seg inne i tunnelen. Kameraovervåkning er også et tiltak som erfaringsmessig fører til at man reduserer den tiden en tunnel må være stengt ved f.eks. meldinger om kjøretøystans, objekt i vegbanen eller andre mindre hendelser, fordi VTS-en kan holde tunnelen åpen hvis de for eksempel kan se at kjøretøyet som har stanset er i en havarilomme. Det samme gjelder ved tyveri/fjerning av brannslukningsapparat uten at det brenner.
Brannventilasjon	Tunnelsikkerhetsforskriften krever brannventilasjon for tunneler med lengde over 1000 meter (ref. 1). Denne tunnelen bli ca. 6 km og betydelig lenger en 1000 m. Mekanisk brannventilasjon vil være svært konsekvensreduserende ved brann. Brannvesenet vil kunne være sikrere på å ha vinden i ryggen ved innsats, og vil dermed kunne rykke inn ved flere tilfeller enn hvis det ikke etableres brannventilasjon. Brannventilasjon er et tiltak med svært stor konsekvensreduserende effekt.

TILTAK	VURDERING AV TILTAKET
Slukkevann	Tunnelsikkerhetforskriften krever tilgang til brannvann. Primært skal det være tilgjengelig hver 250 meter gjennom tunnelen. Dette bør tilstrebes ved anlegg av nye tuneller, der det er praktisk mulig, og håndteres i samaråd med brannvesenet. Dette kan oppnås gjennom å etablere basseng i sørenden av tunnel, med fall og trykk mot nord, og avtales nærmere med brannvesenet på begge sider av tunnelen. Det er foreslått vannuttak i tunnelen som både kan kobles til vanntankvogn og fremtidige slukkerobotter (LUF). Tankvognkapasitet kan erstatte lokal tilgang på slukkevann. Likevel bør det også gjøres en helhetlig kost/nytte vurdering av om andre løsninger for slukkevann kan være mer hensiktsmessig i prosjektet med tunneler mellom Ålesund og Molde som helhet. Tilgang på tankvogner kan gi brannvesenet bedre fleksibilitet, og tilstrekkelig slukke kapasitet for brann i tunnel i tillegg. Dette åpner tunnelsikkerhetsforskriften for, men må vurderes i samråd med lokalt brannvesen. Dette bør skje i tidlig planleggingsfasen for å sikre at løsningen som velges dekker potensielle brannhendelser i denne tunnelen, i tillegg til at andre tunneler i prosjektet også skal ha tilstrekkelig innsatsmuligheter.
Automatisk hendelses-detektering (AID)	Automatisk hendelsesdetektering (AID) kan (litt avhengig av hvordan det er satt opp) varsle VTS-operatøren ved kø, objekt i vegbanen, brann, ulykker etc. Muligheten for at det oppstår følgehendelser som eksempelvis trafikkulykker etter en kjøretøystans, vil derfor reduseres dersom hendelser kan detekteres og responderes på i en tidlig fase av hendelsesforløpet.
Høyttalersystem	N500 krever at det monteres høyttalersystem som sikrer at trafikanter får melding i en nødsituasjon skal monteres i ettløpstunneler med lengde > 3 km i tunnelklasse C og D, og i tunneler med lengde > 5 km i tunnelklasse B. Utstyret monteres i forbindelse med havarinisjene (ref. 2). Dette vil forenkle kommunikasjonen med trafikanter ved hendelser, og sørge for at muntlig informasjon tilkommer alle i tunnelen, og ikke bare de som sitter i kjøretøyet og har installert (og påskrudd) DAB-anlegg i bilen.

6.3 Selvredning i tunnelen, brannventilasjon og snunisjer

Hovedprinsippet er at evakuering i størst mulig grad skal skje ved hjelp av trafikantenes egne kjøretøy. Det er vurderes å etablere bankettbelysning som vil etterleve krav og regelverk med hensyn til rømnings-lys.

Brannventilasjon er et godt tiltak for selvredning, både fordi det blir forutsigbart for de evakuerende hvordan røyken sprer seg, og det blir blandet tilstrekkelig med oksygen inn i røyken til at man ikke om-kommer like raskt som man kan gjøre i røyken som sprer seg i en tunnel uten brannventilasjon.

Det vil etableres innsnakk via høyttaleranlegg. Dette er et tiltak som kan øke sannsynligheten for vel-lykket selvberging ved at trafikanter varsles tidlig. Dette er imidlertid avhengig av at VTS eller nødetater er orientert om situasjonen, og det vil derfor være hensiktsmessig å etablere kameraovervåkning i tunnelen.

Vikakslatunnelen skal i utgangspunktet bygges som en ettløpstunnel i tunnelklasse C, men planlegges som en fremtidig toløps-tunnel, og vil derfor bygges etter enkelte av N500-kravene for tunneler klasse D.

I tunnelen vil det i henhold til tunnelklasse C være snunisjer hver 1500 meter. En mulighet, for å øke mulighet for større kjøretøy å evakuere ved å kjøre ut av tunnel, er å etablere flere snunisjer, f.eks. ved å redusere avstanden tilsvarende til avstanden som er gitt i tunnelklasse D – 1000 meter. Det vurderes ikke til at det er noen kvantifiserbar reduksjon i risiko ved etablering av et økt antall snunisjer alene, selv om det vil være en noe større sannsynlighet for å kunne snu f.eks. en buss ved høyere tetthet av snunisjer. Tiltaket er beskrevet i SINTEF-rapporten (Ref. 14), som ett av flere tiltak som kan bedre selv-bergingsmulighet, og det kan også gjøre det enklere for brannvesenet å snu sine største kjøretøy.

Ved implementering av tiltak iht. konklusjonen (kapittel 8) vurderes selvberging å være godt ivaretatt i tunnelen.

7 USIKKERHETSVURDERINGER

Usikkerhet i risikovurderinger er et tema som har fått betydelig mer oppmerksomhet de senere årene, og har også fått betydelig mer omtale i den oppdaterte NS5814 Krav til risikovurderinger fra april 2021 (Ref. 16). Der er usikkerhet bl.a. beskrevet slik i tillegg B:

> «Vi befinner oss i en tilstand av usikkerhet når vi ikke vet om en påstand er sann. I en risikovurderingsprosess sammenstilles data, informasjon og kunnskap om fenomener, årsaker og virkninger for å synliggjøre mulige (usikre) fremtidige hendelser og konsekvenser. Risikovurderingen er et verktøy for å synliggjøre usikkerhet for beslutningstakere, som må veie resultatet opp mot andre prioriteringer.»

Det foreligger usikkerhet knyttet til resultatene i analysen. Det kan ikke utelukkes at risikobildet er presentert på bakgrunn av eksisterende grunnlagsmateriale og den kunnskap som ekspertgruppen har vært i besittelse av (se Tabell 1) er ufullstendig. Det kan være andre forhold som ikke har blitt avdekket gjennom analysen.

Identifisering og vurdering av farer, forhold, risiko og forslag til tiltak er basert på tilgjengelig informasjon og den faglige kompetansen til arbeidsgruppen og Safetec. Den faglige sammensetningen av analysegruppen ansees å gi en usikkerhet som er innenfor det som regnes som akseptabelt for denne typen analyse. Det er også uttrykt usikkerhet i kunnskapsstyrken bak enkelte av farene i risikomatrisen, som følge av manglende datagrunnlag (ref. Tabell 5-1).

TUSI-beregningene er basert på historiske data, og det er dermed knyttet usikkerhet til disse.

8 KONKLUSJON

Fareidentifikasjonen viste en rekke farer som er typisk for vegtunneler. De identifiserte farene som er vurdert å ha størst risiko er «Brann – tungt kjøretøy» (som ligger i det røde området i risikomatrisen, hvor tiltak er nødvendig), samt de to farene «Brann – lett kjøretøy» og «Møteulykke» (som ligger i det oransje området i risikomatrisen, hvor tiltak bør vurderes).

På tross av en relativt høy andel tungbiler er årsdøgntrafikken såpass lav på strekningen at antallet tyngre kjøretøy som passerer gjennom tunnelen vil være lavere enn for alle de andre tunnelene som det er sammenliknet med i Tabell 4-2. Det er heller ikke identifisert noen betydelige risikoer ved tung-trafikken som utpeker seg for tunnelen, sammenlignet med andre tunneler.

Tunnelen vil bli bygd iht. krav i blant annet håndbok N500 og tunnelsikkerhetsforskriften, og oppfyller derfor gjeldende krav til sikkerhet i moderne vegtunneler. Tunnelen bygges nå som ettløpstunnel i tunnelklasse C, men den planlegges som fremtidig toløpstunnel, og vil derfor bygges etter en del av N500-kravene for tunneler klasse D.

Analysen har behandlet noen særtrekk for tunnelen. Disse vurderingene konkluderer med at følgende tiltak bør vurderes etablert for å heve sikkerheten ytterligere:

- Etablere fjernstyrte bommer for stenging
    - Dette vil være til sikkerhet for vedlikeholdsarbeidere i tunnelen, samt være et konsekvensreduserende tiltak ved hendelser. Bommene bør plasseres med tilstrekkelig avstand til tunnelportal for å unngå at bilister fanges i eventuell røyk fra tunnelen.

- Etablere variable fartsgrenseskilt i tunnelen
    - Dette vil kunne bidra til bedre trafikkontroll ved kjøretøystans i tunnelen eller ved gjenstander/lekkasjer i kjørebanen. Tiltaket vil kunne redusere risikoen for påkjørsler bakfra og andre kollisjoner.

- Etablere bankettbelysning i tunnelen:
    - Det etableres sammenhengende rømningslys iht. krav i N500. Det vurderes om det er hensiktsmessig å etablere bankettbelysning i tillegg.

- Tunnelen vil bygges etter kravene for klasse-C-tunneler, og vil derfor ha brannventilasjon dimensjonert for 50 MW med en minimumshastighet på 3,0 m/s.

    - Retning på brannventilasjon er basert på skorsteinseffekten primært mot sør. Likevel bør scenariobeskrivelser i beredskapsplanverket beskrive de relevante scenarioene hvor brannventilasjonen skal snues. Et eksempel på dette er hvis en brann oppstår i bunnen, dvs. i nordenden av tunnelen, slik at ventilasjonsretningen ikke forårsaker at alle kjøretøy sør for hendelsen blir fanget i røyk. Dette må også kombineres med rask stenging av tunnelen og eventuelt variable skilt i tunnelen, samt innsnakk (via høyttaleranlegg) som gir mulighet til å be om trafikantene om å snu og kjøre ut.

- Slukkevann skal være tilgjengelig, i henhold til tunnelsikkerhetsforskriften.
    - En helhetlig vurdering av behov for slukkevann lokalt i tunnelen, opp mot en tilgjengelighet av tankvogner som kan fungere som innsats i flere av tunnelene i prosjektet bør vurderes. Dette må gjøres i samråd med lokalt brannvesen. Basert på informasjon fra denne analysen, er ikke dagens tilgang på tankbiler tilstrekkelig uten god tilgang på lokalt slukkevann ved tunnelen.

    - Det bør utredes å utstyre lokalt brannvesen med slukkerobot (LUF).
- Det vil være automatisk deteksjon av branntilløp i tunnelen i form av AID. Ved hjelp av AID vil VTS kunne danne seg en vurdering av situasjonen ved hjelp av overvåkingskameraene. Det vil trolig være mulig å overføre disse bildene til 110-sentralene slik som det gjøres i andre tunneler. Dette vil kunne styrke nødetatenes innsats.
    - Tilgjengelighet av tidlig informasjon og gode beredskapsplaner vil være avgjørende for å kunne benytte seg av tilstøtende brannvesen (Molde og Ålesund), slik at disse varsles tidsnok. VTS og brannvesen bør i samarbeid utarbeide varslingsplaner for ulike scenario.
- Nødstrøm og tilgang:
    - Det er uklart om det vil kunne etableres høyspentstrøm fra to retninger som et mulig tiltak for nødstrøm. Det anbefales å vurdere dette nærmere.
- Nisjer:
    - Når det gjelder snunisjer, så kan det for midtsonen av tunnelen (i sonen innenfor 1500 meter i hver ende) vurderes å bygge snunisjer for hver 1000 meter, som er tettere enn kravet i tunnelklasse C (hver 1500. meter).

9 REFERANSER

1 Samferdselsdepartementet; Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse tunneler på fylkesvegnettet og kommunalt vegnett i Oslo (tunnelsikkerhetsforskrift for fylkesveg m.m.); 10.12.2014
2 Statens vegvesen; Håndbok N500 Vegtunneler; 2020
3 Statens vegvesen; Håndbok N100 Veg- og gateutforming; 2019
4 Statens vegvesen; Etatsprogrammet Moderne vegtunneler 2008-2011; juni 2012
5 Nordisk vegteknisk forbund; *Sikkerhetskonsept for vegtunneler*, NVF rapport nr. 3; mai 2004
6 Statens vegvesen; Håndbok V721 Risikovurderinger i vegtrafikken; februar 2007.
7 Statens vegvesen; Temaanalyse om dødsulykker i tunnel UAG 2005-2012; desember 2013
8 TØI; Kartlegging av kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008-2011; april 2012
9 TØI; *Kartlegging av farlig gods i Norge*; TØI rapport 1293/2013; https://www.toi.no/publikasjoner/kartlegging-av-transport-av-farlig-gods-i-norge-article32235-8.html; 2013.
10 SP Fire Technology; *Fire safety in Buses*; April 2006
11 Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap: Risikoanalyse av brann i tunnel – delrapport til Nasjonalt risikobilde; 2014
12 Statens vegvesen; Håndbok N601 Sikkerhetskrav for elektriske anlegg i- og langs offentlig veg; januar 2021
13 Norsk Elektroteknisk komite; NEK600:2021 El og ekom i vegtrafikksystem; januar 2021
14 SINTEF; Risikoanalyse, ÅDT 4000/8000, Rømningstunnel vs. Tilleggsinstallasjoner utover krav; 2018
15 Statens vegvesen; *Veileder for risikoanalyser for vegtunneler*, TS 2007:11; 2007-10-31
16 Standard Norge; Norsk standard NS 5814:2021 Krav til risikovurderinger; 2021-04-28
17 Statens vegvesen; Temaanalyse om dødsulykker I tunnel UAG 2005-2012; desember 2013
18 TØI; Kartlegging av kjøretøybranner I norske vegtunneler 2008-2011; april 2012
19 Gunnar Jenssen, Moen Terje and Cato Bjorkli; In Martens M. (Ed.), Workpackage 3, *Human response D33 Human Factors Aspects in Tunnels: Tunnel User Behaviour and Tunnel Operators*. Official deliverable © version September 2008 Available at: http://www.uptun.net/downloads/finalreports