

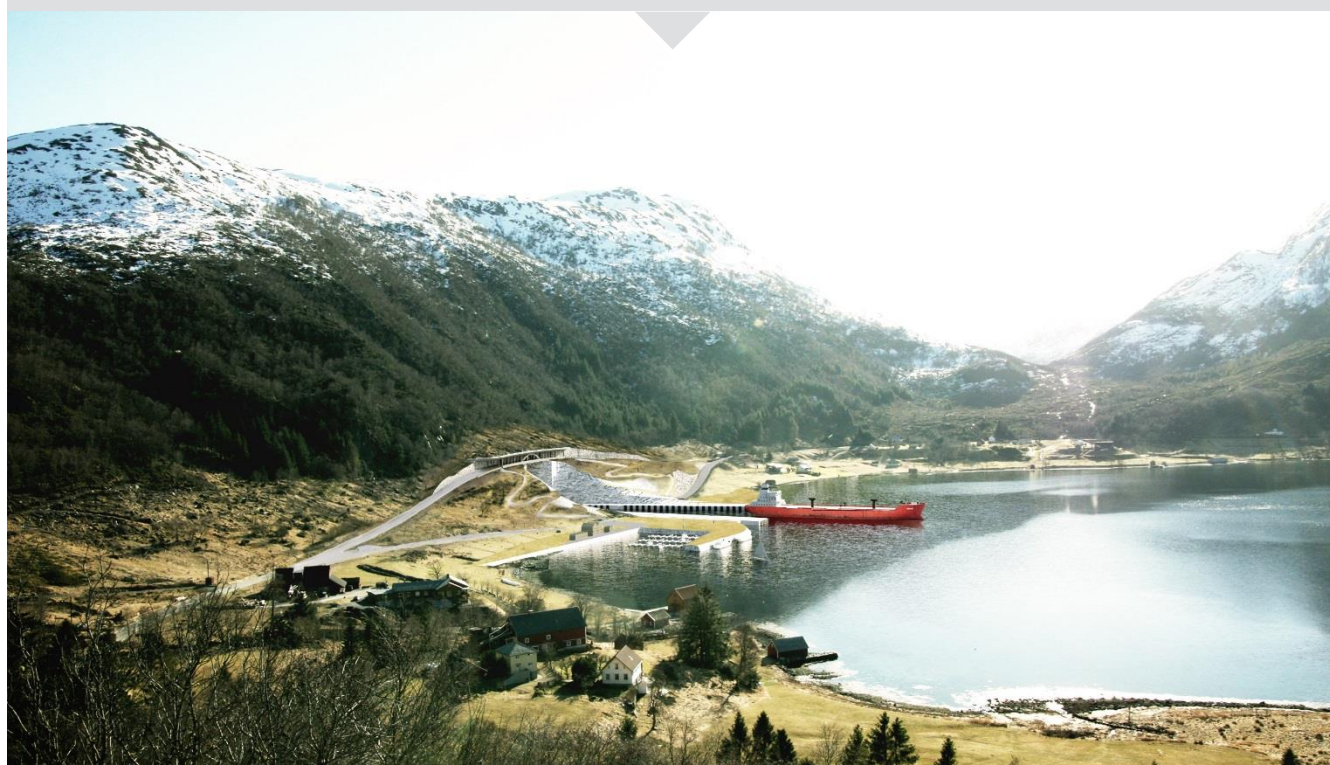


KYSTVERKET

Stad Skipstunnel

Teknisk forprosjekt

VEDLEGG F - RISIKOANALYSE



Oppdragsnr.: 5161743 Dokumentnr.: 001-F Versjon: J01
2016-12-02

J01	2016-12-02	Forprosjekt	JMIHA/HEL	JWB	SA
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. 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

Denne rapporten er utført av Norconsult på oppdrag fra Kystverket i forbindelse med forprosjektet for Stad skipstunnel. Analysen vil vurdere personrisikoen for gjennomseiling av tunnelen. Analysen vil så bli vurdert opp mot akseptkriteriet som ble definert i risikoanalysen som ble gjennomført i 2000.

Konsekvensen og risiko knyttet til brann i hurtigruten MS Midnatsol er vurdert. Konsekvensvurderingene inkluderer bl.a. en vurdering av evakuering i tunnel ved brann (se vedlegg E).

Personrisiko knyttet til brann i tunnel er innenfor definerte akseptkriterier på grunn av meget lav sannsynlighet for brann. Dette er basert på forutsetningen om dimensjonerende fartøys egenskaper tilknyttet brannsikkerhet.

Tekniske og organisatoriske tiltak for skip som skal seile gjennom tunnelen, samt øvrige beredskapstiltak, må vurderes nærmere gjennom en beredskapsanalyse.

For Hurtigrutens nyere fartøy vil redundant maskineri og slokkeanlegg i maskinrom kunne forutsettes, og er lagt til grunn for analysen. Disse tiltakene har betydning for risiko knyttet til seiling gjennom tunnel. Det bemerkes at risikoberegningene, som er lagt til grunn i denne rapporten forutsetter redundant maskineri.

Dersom det i det videre arbeidet med tunnelen, tilknyttet arbeidet med tunnelforskriften og beredskapsanalysen, fremkommer at dimensjonerende skip har lavere sikkerhet enn det som frem til nå er lagt til grunn, så må det verifiseres om akseptkriteriet fremdeles er tilfredsstillt. Dersom det ikke er tilfelle må tiltak vurderes.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Grunnlag	5
1.2	Forutsetninger og Avgrensninger	5
1.3	Akseptkriterium	5
1.4	Oppsummering tidligere analyser	6
1.4.1	Risikoanalyse 2000	6
1.4.2	Risikoanalyse 2007	7
1.4.3	Risikoanalyse 2010	7
2	Bakgrunn	9
2.1	Beskrivelse av området	9
2.2	Beskrivelse av tunnelen	9
3	Beregninger og vurderinger	11
3.1	Innledning	11
3.2	Frekvenser	11
3.2.1	Vurdering av designendring og påvirkning på frekvens	12
3.2.2	Frekvenser for brann i hurtigruta	12
3.3	Konsekvenser (Personrisiko)	13
3.3.1	Akseptkriterier	13
3.3.2	Worst case scenario	13
3.4	Vurdering av konsekvens ved en brannhendelse i Hurtigruta	16
3.4.1	Generelt	16
3.4.2	Avgrensninger	16
3.4.3	Røykspredning i tunnel ved brann	17
3.4.4	Naturlig ventilasjon	17
3.4.5	Sikkerhet ved evakuering i tunnel ved brann	18
3.4.6	Drøfting av konsekvens ved brann	19
3.5	Tiltak	20
4	Konklusjon	22
5	Referanser	23

1 Innledning

Denne rapporten er utført av Norconsult på oppdrag fra Kystverket i forbindelse med forprosjektet for Stad skipstunnel. Etter at forrige analyse ble gjennomført [3] er tunneltversnittet endret (økt tverrsnitt). I tillegg er det endringer i foreslått teknisk løsning hvor stråleskjerm langs gangbanene og mekanisk brannventilasjon vurderes fjernet. Dette vil kunne endre personrisikoen i tunnelen.

Analysen vil vurdere personrisikoen for gjennomseiling av tunnelen. Denne vil så bli vurdert opp mot akseptkriteriet som ble definert i risikoanalysen som ble gjennomført i 2000 [1].

Øvrige forhold som ikke er endret er ikke del av denne analysen. Det er endringene som skal vurderes.

1.1 Grunnlag

Analysen bygger videre på tidligere analyser utført av DNV i 2000 [1], 2007 [2] og 2010 [3]. Der hvor det er hentet tall og forutsetninger fra disse analysene vil det bli tydelig referert. I tillegg vil beskrivelser av området bli hentet fra Konseptvalgutredningen [4] og sluttrapporten for forundersøkelser til forprosjektet [5].

1.2 Forutsetninger og Avgrensninger

Dimensjonerende skip for analysen er Hurtigruten Midnatsol. For Hurtigrutens nyere fartøy vil redundant maskineri og slokkeanlegg i maskinrom kunne forutsettes, og dette er lagt til grunn for denne og tidligere analyser.

Risikoen ved innkjøring til tunnelportalen vil ikke vurderes i risikoanalysen. Det pågår tanktesting og vurdering av innseiling som vil gi grunnlag for å vurdere effektive tiltak for å minimere risikoen ved innseiling til tunnelen. Prosjektering av entringskonstruksjonen skal også ivareta dette. Analysen fra 2010 [3] pekte på at dette var nødvendig for å redusere usikkerheten i risikoberegningene til et akseptabelt nivå.

Miljøriskoen som ble analysert i den oppdaterte analysen i 2010 vil ikke vurderes på nytt. Endringene i konseptet og foreslåtte tiltak vurderes til å ikke ha innvirkning på analyseresultatene.

Risikoen for passering rundt Stad vil ikke vurderes på nytt med mindre ÅDT justeres vesentlig.

For å vurdere konsekvens ved brann er det tatt utgangspunkt i en brannhendelse ombord på MS Midnatsol.

1.3 Akseptkriterium

Det er besluttet å benytte akseptkriteriet som er lagt til grunn for tidligere analyser [1]:

Sikkerheten ved å passere Stad gjennom tunnelen skal være like god, eller bedre, som for annen kysttrafikk i området.

I siste oppdatering av analysen i 2010 [3] ble dette akseptkriteriet ikke omtalt. Her ble det valgt å vurdere resultatene av personrisiko opp mot seiling rundt Stad. Personrisikoen for seiling rundt Stad er høyere enn for generell kysttrafikk i området. Resultatene i denne rapporten vil derfor bli vurdert opp mot personrisikoen fra analysen utført i 2007.

Det presiseres i sluttrapport fra forundersøkelser til forprosjekt at akseptkriteriet gjelder for inn/utseiling så vel som inne i tunnelen [5]. Denne analysen omfatter kun gjennomseiling av tunnelen og ikke inn/utseiling. Dette er bare en del av bidraget i totalrisikoen som akseptkriteriet gjelder for.

1.4 Oppsummering tidligere analyser

Før risikoanalysen ble gjennomført er de tidligere analysene gjennomgått. Dette gir input til analysen og fungerer i tillegg som et sammenligningsgrunnlag for resultatene.

1.4.1 Risikoanalyse 2000

DNV utførte i 2000 en risikoanalyse for å vurdere hvor trygt det vil være å passere Stad gjennom skipstunnelen sammenlignet med sikkerheten ved annen kysttrafikk i området. Studien viste at:

- Sikkerheten ved å passere Stad gjennom skipstunnelen er minst like god som for annen innenskjærs kysttrafikk i området.
- Det vil bli vesentlig tryggere for skipstrafikken å bruke tunnelen framfor å gå rundt Stad.
- Risikoen for personskader ved brann i tunnelen er studert nøye, og det er foreslått tiltak til de faremomentene som tunnelbrann medfører.
- Om man vil bruke ressurser på å øke sikkerhet ytterligere for trafikken gjennom tunnelen bør man heller forbedre fartøyene fremfor å endre tunnelkonstruksjonen.
- Frekvensen for utslipp av bunkersolje er omtrent dobbelt så stor ved passering rundt Stad som den er ved å passere skipstunnelen.

En innledende fareidentifikasjon er brukt for å komme frem til aktuelle ulykkesscenario der frekvens og konsekvens er beregnet. Det er skilt mellom hendelser i tunnelen og hendelser under inn- og utseiling til tunnelen. Inn- og utseiling til tunnelen, regnet fra Rabben på sørsida til Haugsholmen på nordsida, er i stor grad sett på som vanlig kysttrafikk, men for kollisjon og grunnstøting er det benyttet modeller som regner ut frekvenser for ulykkeshendelser.

Følgende ulykkeshendelser er vurdert:

- Grunnstøting/støt mot tunnelvegg
- Kollisjon
- Brann/eksplosjon
- Arbeidsulykker

Tabell 1 Forventa tal på omkomne per 1 000 000 utsegla nm (gjennomsnitt av alle skip)

Ulykkestype	Delstrekning 1 – tunnel	Delstrekning 2 – forsegling	Passering av Stad gjennom tunnelen	Akseptkriteriet (Statistikk for kysttrafikk Bergen - Kristiansund)	Dagens situasjon, segling rundt Stad*
Brann	0.15	0.02	0.03	0.02	0.02
Grunnstøying	Neglisjerbar	0.09	0.08	0.03	0.18
Kollisjon	0.02	0.04	0.04	0.11	0.01
Forlis	Neglisjerbar	Neglisjerbar	Neglisjerbar	Neglisjerbar	0.72
Totalt	0.17	0.15	0.15	0.16	0.93

*Inkluderer ikkje hurtigbåtar, da desse ikkje vil gå rundt Stad.

1.4.2 Risikoanalyse 2007

DNV utførte i 2007 en risikoanalyse for å se på risikoen knyttet til seiling av Hurtigruta gjennom Stad skipstunnel etter at trafikk tallene ble justert i 2006. I denne analysen ble kun det største tunneltverrsnittet vurdert, mens risikoen for det mindre tunneltverrsnittet ble justert med hensyn til nye trafikkdata. Hovedformålet var å vurdere tiltak og gi input til den samfunnsøkonomiske analysen.

Hovedfunnene var:

- Antall ulykker har gått ned med Hurtigrutealternativet. Dette skyldes i stor grad færre antall støt mot tunnelveggen.
- Liten endring av risikoen for totaltap i forhold til tidligere.
- Sikkerheten ved å benytte det nye tunnelalternativet er redusert ytterligere og risikoen for omkomne ligger nå ca 44 % under akseptkriteriet etablert i studien i 2000.
- Miljøgevinsten ved å benytte Hurtigrutealternativet er ca 66 % under akseptkriteriet som er en 30% reduksjon i forhold til tunnelalternativet fra 2000.
- Sannsynligheten for at det skal oppstå brann om bord på Hurtigruta inne i tunnelen samtidig som at den ikke har mulighet til å komme seg ut er beregnet til $1.0E-6$ per år som gir en returperiode på 1 millioner år. Denne frekvensen er veldig lav og det ble derfor valgt å ikke gå videre med en evakuerings- og brannanalyse av Stad skipstunnelen.

Studien viser at utvidelse av tunnel slik at Hurtigruta kan passere reduserer det totale risikobildet.

Ulykkeskategori	Ingen tunnel	2000 prosjektet	Hurtigrute alternativet	Generell kysttrafikk
Brann	0.03	0.03	0.03	0.02
Grunnstøting	0.02	0.08	0.04	0.03
Kollisjon	0.02	0.04	0.03	0.11
Forlis	0.37	Neglisjerbart	Neglisjerbart	Neglisjerbart
Sum	0.44	0.15	0.10	0.16

Ny vurdering [6] av frekvens for brann i hurtigruten og samtidig tap av fremdrift i tunnelen er utført av DNV GL. Den nye vurderingen drøfter sannsynligheten for brann og sannsynligheten for at hurtigruten ikke har mulighet til å seile ut av tunnel. Som nevnt ovenfor var frekvensen for en slik hendelse beregnet å være $1.0E-6$ per år i risikoanalysen fra 2007. Beregning av ny frekvens viser at frekvensen for en slik hendelse er $1,19E-6$ per år.

Ny vurdering innebærer en marginal økning av frekvens og sannsynlighet for brann og behov for evakuering av hurtigruten i tunnel. Økt frekvens endrer ikke konklusjoner fra tidligere analyser.

1.4.3 Risikoanalyse 2010

Kystverket har bedt DNV om å oppdatere risikoanalysen av Stad skipstunnel for skipstrafikk basert på AIS data. Oppdateringen er basert på analysene utført i 2007 og i 2000. Denne analysen omfatter vurderinger av sikkerhetsmessige forhold knyttet til forseiling fra, til og i Stad skipstunnel og sammenligne risikoen ved å passere Stad med og uten tunnelen. Sikkerheten er vurdert for passasjerer og mannskap ombord i fartøyene som vil kunne trafikkere tunnelen. Analysen ser på to tunnelalternativer, ett med tunnelbredde på 23 meter og med tunnelbredde på 26,5 meter der større skip, som Hurtigruta kan gå gjennom for:

- scenario for 2009/2010 og
- scenario for 2025 basert på en prognose av skipstrafikkdata i 2025 i kystregion Midt-Norge

- scenarier for 2009/2010 og 2025 med seiling rundt Stad
- miljørisiko er vurdert, og miljøgevinsten ved å passere Stad gjennom tunnelen er estimert

Risikoanalysen ble gjennomført for å designe og kostnadsestimere tunnelen og som input til en samfunnsøkonomisk analyse av prosjektet, som del av konseptvalgutredning (KVVU) for Stad Skipstunnel. Hovedfunnene i denne analysen er som følger:

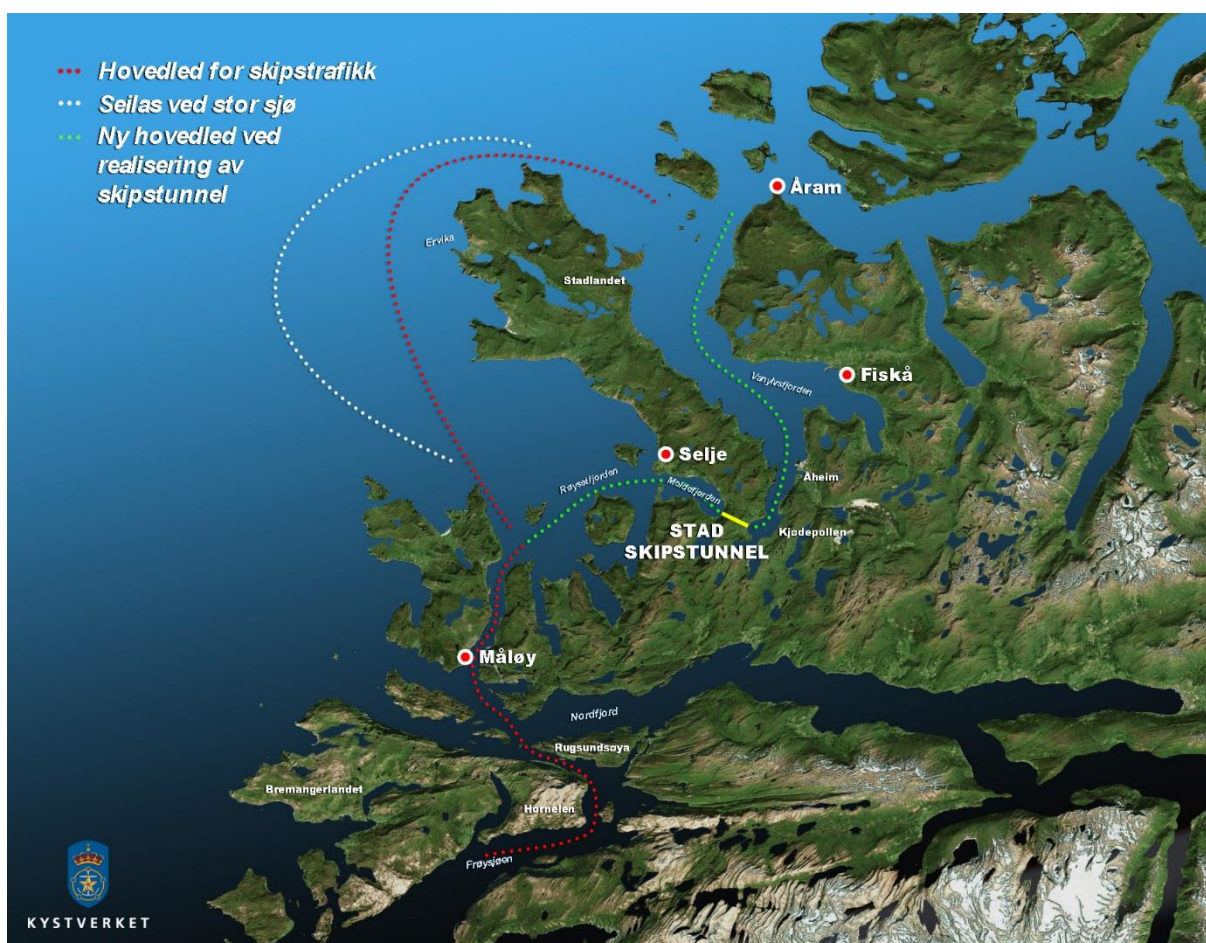
- Forventet antall ulykker vil reduseres mest med tunnelalternativ 'stor tunnel' (Hurtigrute alternativet). Dette skyldes i stor grad at en større andel skip vil kunne seile innaskjærs forbi Stad. Selv om Hurtigruten er forventet å ha to passeringer om dagen, som kan bidra til en økt frekvens av støt mot tunnelveggen, vil den økte tunnelbredden føre til at mindre fartøy har større klarering og dermed får en enklere navigasjon i gjennom tunnelen.
- Stor tunnel (Hurtigrute alternativet) gir en betydelig redusert risiko. Risikoen for omkomme forventes å ligge ca 5 ganger lavere enn ved seilas rundt Stad.

2 Bakgrunn

2.1 Beskrivelse av området

Stad-halvøya ligger i Sogn og Fjordane, på grensen mot Møre og Romsdal. En kombinasjon av havstrømmer og undersjøisk topografi skaper spesielt komplekse bølgeforhold og til tider med svært høye bølger som kan komme fra ulike kanter samtidig. Dette gjør seilingsforholdene rundt Stad til de mest utfordrende langs den norske kystlinjen.

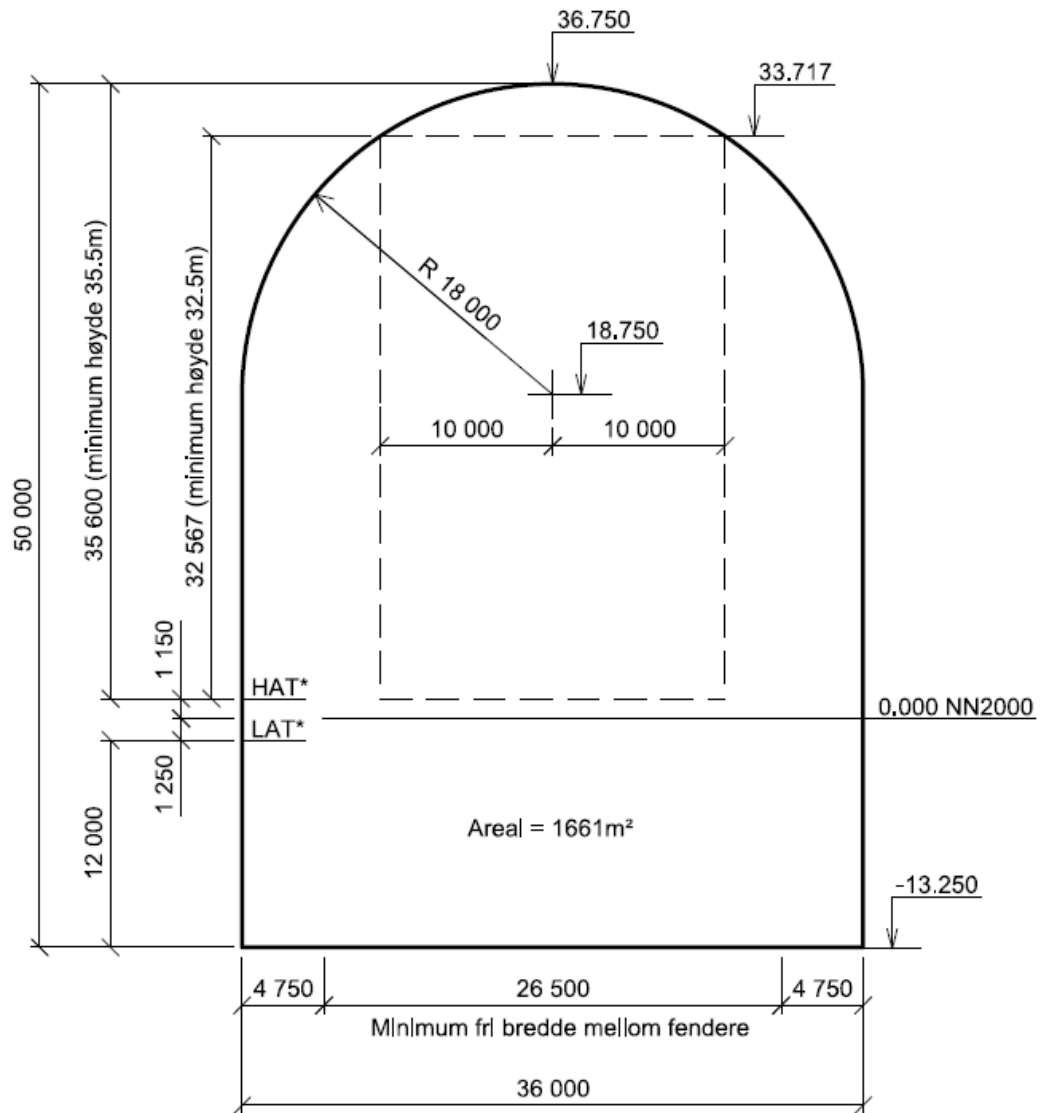
For transportører medfører dette, blant annet som følge av redusert forutsigbarhet i forhold til levering, forringelse av kvalitet på last og ubehag for passasjerer og mannskap. Mange fartøy som skal passere Stad velger å vente i stedet for å passere Stad under dårlige værforhold.



Figur 1 - Oversiktskart inkludert foreslått plassering for skipstunnel. Hentet fra: www.kystverket.no

2.2 Beskrivelse av tunnelen

I konseptvalgutredningen [4] ble to ulike tunnelalternativer vurdert, en stor og en liten tunnel. I etterkant av KVUen ble det besluttet å gå videre med den store tunnelen, med noen endringer i profilet og tekniske installasjoner. Tunnelprofil med dimensjoner er vist i Figur 2.



Figur 2 Planlagt tunneltverrsnitt

3 Beregninger og vurderinger

3.1 Innledning

Det er i denne rapporten ikke utført detaljerte beregninger av personrisiko for alle ulykkeshendelser, da disse beregningene er gjennomgått og oppdatert flere ganger tidligere. Fokuset i denne rapporten er å:

- Vurdere risiko knyttet til en alvorlig brann i Hurtigruten (MS Midnatsol)
- Vurdere personsikkerhet ved evakuering av Hurtigruta inne i tunnelen
- Vurdere innvirkning på personrisiko ved å ikke implementere tiltak foreslått i tidligere utredning (røykventilasjon og stråleskjerm over gangbaner)

Frekvenser knyttet til brann og stans i tunnel er ikke beregnet på nytt i denne rapporten. Det er tatt utgangspunkt i beregninger som tidligere er utført. Se kapittel 3.2.2. Det bemerkes at sannsynlighet for brann i tunnel uten mulighet for utseiling er beregnet med utgangspunkt i skip med redundant maskineri. Denne frekvensen legges til grunn for vurdering av risiko ved en alvorlig brannhendelse i tunnelen.

Det vil i tillegg bli gjort en totalvurdering av hvorvidt personrisikoen, inkludert endringene nevnt ovenfor, er innenfor akseptkriteriene beskrevet i kapittel 1.3 og 3.3.1.

3.2 Frekvenser

Tabell 1 viser forventet antall ulykker pr år fra analysene som ble gjennomført i henholdsvis 2007 [2] og 2010 [3]. Som man ser av tallene er frekvensen for grunnstøting redusert kraftig, frekvensen for brann og kollisjon er også redusert betraktelig i 2010 rapporten. Den totale ulykkesfrekvensen er redusert med cirka 86% for alternativet «stor tunnel».

Den største reduksjonen i frekvens er for grunnstøting som er redusert med 90 %. Brannfrekvensen ble også betydelig redusert i oppdateringen. For risikovurderingene av brann fra 2010-rapporten er beregningene videreført fra 2000 og 2007. Ved oppdatering av analysen i 2010 ble skipstrafikk basert på AIS data inkludert for å redusere usikkerheten i resultatene. Risikoakseptkriteriet for personrisiko ble ikke oppdatert i denne analysen. I mangel på sammenliknbar akseptkriterier for dataene fra 2010 [3] vil det i analysen tas utgangspunkt i analysen fra 2007 [2]. Da frekvensen og påfølgende risiko beregnet i 2010 [3] er lavere, er dette ansett å være en konservativ forutsetning.

Tabell 1 Forventet antall ulykker per år for seiling rundt Stad (ingen tunnel) og i tunnel; fra DNV 2007 [2], og 2010 [3]

År	2007			2010		
	Ingen tunnel	Liten tunnel	Stor tunnel	Ingen tunnel	Liten tunnel	Stor tunnel
Brann	0,05	0,06	0,06	0,02	0,02	0,02
Grunnstøting	2,18	1,74	1,60	0,20	0,17	0,17
Kollisjon	0,11	0,15	0,14	0,05	0,05	0,06
Forlis	0,14	Neg.	Neg.	0,11	0,01	Neg.
Sum	2,48	1,95	1,80	0,38	0,25	0,25

3.2.1 Vurdering av designendring og påvirkning på frekvens

Sist oppdaterte tunneltversnitt er totalt 50 meter høyt. Dette er én meter mer enn tverrsnittet som ble benyttet for analysen i 2007 [2]. Årsaken til økningen er at det skal være minimum 12 meters dybde ved seiling, også ved lavvann. Dette er en relativt beskjeden endring og er vurdert til å gi liten påvirkning for kollisjon, forlis og brann. Årsakene til den uønskede hendelsen «grunnstøting» inkluderer endrede bunnforhold, teknisk svikt på fartøy og menneskelige feil. Med forutsetningene for estimering av frekvens for grunnstøting som ble lagt til grunn for analysen i 2007 [2] er det vurdert at en utvidelse av tverrsnittet ikke vil påvirke frekvensen nevneverdig. Påvirkning av utvidet tverrsnitt vil være i positiv retning slik at benyttelse av gjeldene frekvenser fra 2007 vil være en konservativt antagelse.

3.2.2 Frekvenser for brann i hurtigruta

I analysen fra 2007 ble scenariet med brann og evakuering om bord i Hurtigruten, samtidig som skipet befinner seg inne i tunnel og ikke kommer seg ut for egen maskin, spesifikt behandlet 2007 [2] og videre bearbeidet i forundersøkelser til forprosjekt gjennomført av Concreto [5]. Ny vurdering av frekvenser knyttet til brann i hurtigruten er gjort av DNV [6]. Resultater fra vurderinger av frekvens er oppsummert i tabellen nedenfor.

Notasjon	Variabel	Verdi	Enhet
	Passeringer/år	730	Antall
	Tid i tunnel	12	Minutter
	Årlig eksponeringstid i tunnel	8760	Minutter
	Årlig brannfrekvens	2,10E-02	Ratio
	Minutter i ett år	525600	Minutter
X	Sannsynlighet brann om bord i tunnel/år	3,5E-04	Ratio
	Returperiode	2857	År
	Tunnellengde	1	Nautisk mil
	Seilingsdistanse i tunnel /år	730	Nautisk mil
	Sannsynlighet blackout / nautisk mil ¹	4,80E-06	Ratio
Y	Sannsynlighet blackout i tunnel	1,70E-08	Ratio
Z	Sannsynlighet for kollisjon / år	3,40E-03	Ratio
	Sannsynlighet for brann i tunnel, uten mulighet for utseiling (forutsatt redundant maskineri).	1,19E-06	
R	Returperiode, brann i tunnel uten mulighet for utseiling.	840 336	År

Den årlige brannfrekvensen for hurtigruta er hentet fra 2007 [2] og [6] og baseres på data om brann om bord på cruiseskip som fører til evakuering av skipet. For at det skal oppstå et scenario der evakuering skjer inne i tunnelen må Hurtigruta bli hindret å komme seg ut av tunnelen, da det er forutsatt at det ved hendelser i tunnel vil fartøyet seile ut av tunnelen for egen maskin om mulig. Årsaker som kan hindre at dette er mulig er en blackout av hovedmaskineriet eller at skipet kolliderer og blir hindret av et annet fartøy eller objekt som befinner seg i tunnelen. Sannsynligheten for at

¹ Gjelder hurtigrute uten redundant maskineri

objekter befinner seg i tunnelen som fører til fortetning av tunnelen er vurdert som neglisjerbar, og hindring vil da kun være som følge av kollisjon eller blackout, og sannsynligheten for disse hendelsene er i [2] beregnet til henholdsvis $3,4E-03$ og $1,70E-8$. Sannsynligheten for brann i tunnel, uten mulighet for utseiling blir da summen av sannsynligheten for brann og blackout pluss sannsynligheten for brann og kollisjon. ($X*Y+X*Z$). Dette resulterer i at sannsynlighet for brann i tunnel uten mulighet for utseiling blir $1,19E-06$, dette tilsvarer en returperiode på rundt 840 000 år.

Sannsynlighet for blackout ved brann i hurtigruten er vurdert i notat fra DNV GL [6]. Det fremheves i notatet at alle maskinrom for Hurtigrutens skips skal være utstyrt med slokkeanlegg innen 2020. I tillegg vil en evt. brann i maskinrom som medfører tap av fremdrift sannsynligvis være begrenset til maskinrom på grunn av krav til passiv brannsikring og slokkeanlegg.

I beregningene ovenfor er sannsynlighet for kollisjon i tunnel dominerende. Det bemerkes at sannsynligheten som ligger til grunn for beregningene kan anses å være konservative, da teknisk tiltak som etableres i tunnel for å hindre kollisjoner (f.eks. overvåkning og radar) ikke er hensyntatt [6].

3.3 Konsekvenser (Personrisiko)

3.3.1 Akseptkriterier

Akseptkriteriet for personrisiko er gitt av risiko ved seiling i generell kysttrafikk. Det er i tidligere analyser tatt utgangspunkt i Statistikk fra Bergen – Kristiansand. Personellrisiko er i fra [2] og [1] beregnet for seiling rundt Stad, liten tunnel og stor tunnel og generell kysttrafikk som utgjør akseptkriteriet. Beregningene er vist i Tabell 2.

Tabell 2 Forventet antall omkomne per 1 000 000 nautiske mil, [2] og [1]

Ulykkes kategori	Seiling rundt Stad	Liten tunnel	Stor tunnel	Generell kysttrafikk
Brann	0,0300	0,03	0,03	0,02
Grunnstøt	0,02	0,08	0,04	0,03
Kollisjon	0,02	0,04	0,03	0,11
Forlis	0,37	0		0
Sum	0,44	0,150	0,100	0,160

Akseptkriteriet er 0,160 omkomne pr. 1 000 000 nautiske mil.

3.3.2 Worst case scenario

Det er gjort en vurdering av hva et tenkt worst case scenario, med svært høy fatalitetsprosent, gjør med ivaretagelsen av akseptkriteriet.

Det er for et worst case scenario tatt utgangspunkt i fatalitetsprosenten på Scandinavian star som er den største personbåtulykken i nordisk farvann med tanke på brann. På Scandinavian Star omkom 159 av de totalt 482 ombord på båten, altså rett over 30%. En årsak til at denne ulykken fikk så høy fatalitet var bl.a. at båtenes utforming gjorde det vanskelig for de evakuerende å komme seg ut på dekk og vekk fra røyken. Dagens båter for persontrafikk har et design med tiltak for å forebygge slike hendelser der korridorer skal ha flere utganger for å hindre at evakuerende møter blindveier og ikke

kommer seg ut på dekk. Scandinavian Star er en gammel hendelse og fatalitetsprosenten anses derfor som meget konservativ.

Fra [1], appendiks D, som beskriver konsekvensberegningene er det oppgitt at de fleste fartøysbranner (om lag 80%) slukkes raskt og har liten betydning for sikkerheten til mannskap eller passasjerer. De resterende 20% av brannene er alvorlige fordi man får overtenning, som medfører kraftig varme- og røykutvikling og representerer en alvorlig trussel mot mennesker i området da hendelsen kan eskalere. Dette benyttes i beregningene av et worst case scenario.

Videre er det i konsekvensberegningene for brann i [1] konstruert ett hendelsestre der det er vurdert grensansynligheten for at brannen ikke slukkes raskt, spredning, sannsynlighet for at båten befinner seg i tunnelen uten mulighet til å fortøye eller komme ut og våt evakuering.

I denne rapporten benytter vi kun sannsynlighetene for at brannen ikke slukker (alvorlig fartøysbrann) og sannsynligheten for spredning fra [1]. I appendiks D [1] er sannsynlighet for å ikke slukke satt til 20% mens sannsynligheten for spredning er satt til 10%. Dette gir en returperiode for alvorlig fartøysbrann med spredning i tunnelen som vist i Tabell 3

Tabell 3 Returperiode, Worst case brann ombord på hurtigruten

Notasjon	Variabel	Verdi	Enhet
R	Sannsynlighet for brann i tunnel, uten mulighet for utseiling	1,19E-06	
1/R	Returperiode, brann i tunnel	840 332	År
	Sann for at brann i tunnel, uten mulighet for utseiling er alvorlig fartøysbrann	2,4E-07	
	Sann for at brann i tunnel, uten mulighet for utseiling er alvorlig fartøysbrann med spredning	2,4E-08	
	Returperiode, worst case brann	42 mill.	År

Tabell 4 Personrisiko, worst case scenario

Variabel	Verdi	Enhet
Personer ombord	1000	Antall
Fataliteter i et worst case scenario	330	Antall
Omkomne per år	7,58E-06	Ratio
Omkomne per 1 000 000 nm	1,2E-05	Ratio
Omkomne per 1 000 000 nm seilt i tunnel	1,6E-03	Ratio

For å se bidraget fra worst case scenarioet i forhold til akseptkriteriet er omkomne per 1 000 000 nm seilt i tunnel lagt til bidraget fra brann i personrisiko beregnet gjort for stor tunnel i [2]. Dette er illustrert i Tabell 5.

Tabell 5 Personellrisiko, worst case scenario

Ulykkes kategori	Generell kysttrafikk (akseptkriterie)	Seiling rundt Stad	Stor tunnel	Stor tunnel med worst case
Brann	0,02	0,0300	0,03	0,0408
Grunnstøt	0,03	0,02	0,04	0,04
Kollisjon	0,11	0,02	0,03	0,03
Forlis	-	0,37	-	
Totalt	0,160	0,44	0,100	0,111

Som det kommer frem av tabellen vil ikke et worst case scenario i tunnelen utgjøre et stort bidrag til personrisikoen i forbindelse med brann på grunn av den høye returperioden. Bidraget blir ytterligere redusert om en ser på det totale risikobildet for tunnelen. Risikobidraget for brann er større i tunnel enn ved generell kysttrafikk. Dette kommer av at frekvensene er noe høyere for brann i tunnel, da det kan ta fyr i selve tunnelen (tekniske anlegg), samt at konsekvenser ved brann i tunnel potensielt er mer alvorlige enn ved en hendelse i generell kysttrafikk. Dette er, isolert sett, argumenter som kan tilsi at en allikevel bør vurdere tiltak.

Returperioden for et worst case scenario er vurdert å være konservativ, det samme er fatalitetsprosenten. Selv med denne konservative antakelsen er personrisikoen for stor tunnel godt innenfor akseptkriteriet og tiltak er i henhold til dette ikke nødvendig. Dette kan illustreres ved å benytte en høyere fatalitetsprosent. Ved å anta at båten er fullt bemannet og ingen personer kommer seg ut i et worst case scenario (1000 personer omkommer) vil den totale personrisikoen fortsatt være innenfor akseptkriteriet gitt ved generell kysttrafikk. Dette underbygger at den høye returperioden tilsier at hendelsen ikke er dimensjonerende, og tiltak ikke vurderes som nødvendig.

Med konservative beregninger for worst case scenario med brann i Hurtigruten er personrisikoen ca. 30 prosent lavere enn akseptkriteriet tillater. Som nevnt i kapittel 1.3 tar denne vurderingen ikke for seg risikoen for inn- og utseiling av tunnelen. Risikobidraget for inn- og utseiling av tunnelen vil, ifølge tidligere analyser, ikke være dominerende i forhold til den totale personrisikoen. Hovedårsakene til dette er:

- Konsekvensene ved hendelser ved inn- og utseiling vil være relativt begrenset da hastighetene er lave samt at man vil ha strenge rutiner for innseiling.
- Simuleringer av innseiling viser at Hurtigruten vil ha få utfordringer med å treffe portalen. Det er mer utfordrende for lasteskip, som kan øke sannsynligheten for kollisjon med portalene. Da lasteskip har svært få personer om bord vil allikevel personrisikoen være begrenset.

Det vurderes derfor som lite sannsynlig at den totale personrisikoen, inkludert inn- og utseiling, vil overstige akseptkriteriet også etter denne vurderingen av worst-case scenario.

3.4 Vurdering av konsekvens ved en brannhendelse i Hurtigruta

3.4.1 Generelt

Som det fremgår av foregående vurderinger så er akseptkriteriet tilfredsstillt. Dette er basert på forutsetningen som gjelder for arbeidet, som er skip med spesifikke kvaliteter tilknyttet sikkerhet. Av denne vurderingen følger det at det ikke er behov for tiltak utover minimumstiltakene for brannsikkerhet i tunnelen, slik de er angitt i brannkonseptet (vedlegg E). Dette vurderes å gjelde så lenge forutsetningen er gyldig, eller til det eventuelt kommer inn andre krav (f.eks. gjennom forskriftsarbeidet eller beredskapsanalyse).

For å vurdere behovet for mulige tiltak utover minimumskravene ved endrede forutsetninger, er det gjort en vurdering av konsekvens ved en hendelse. Dette er gjort i tilknytning til brannkonseptet, og er gjort av en hendelse som medfører brann og stans i fremdrift i tunnelen, dvs. at evakuering av skip må skje inne i tunnelen. Det påpekes at endrede forutsetninger vil kreve revidert vurdering av ivaretagelse av akseptkriteriet, altså en revidert risikoanalyse.

I konsekvensvurderingen er Hurtigruta Midnatsol brukt som modell for størrelse og antall passasjerer, der scenarioet er brannstørrelse på 100 MW (stor konservativ størrelse) og 1000 passasjerer. Vurderingene evaluerer indirekte effekten av at to tiltak er tatt ut av prosjektet fra tidligere risikoanalyser. Dette omfatter røykventilasjon av tunnelen og stråleskjerm over gangbane.

Begrunnelsen for å fjerne disse tiltakene har, så vidt det er kjent for Norconsult, vært at røykventilasjon basert på vanlige impulsventilatorer trolig vil ha liten effekt i dette store tverrsnittet, og at en stråleskjerm over gangbanen vil kunne hindre evakuering fra skip ved at det blir vanskelig å få slått ned landganglemmen. Mekanisk ventilasjon er nå drøftet på nytt i forprosjektet mht. gjennomførbarhet mm. (se vedlegg H).

For å se nærmere på dette er det gjort to vurderinger:

- Sikkerhet ved evakuering i tunnel ved brann (Brannkonsept / Vedlegg E)
- CFD-beregning av røykspredning (Vedlegg G)

Vurderingen av evakuering i tunnel belyser hvor lang evakueringstid som kan forventes og hvordan personer som evakuerer i tunnelen vil kunne eksponeres av brann ved evakuering.

Røykspredningsberegningene sier noe om strålingsnivået og røykkonsentrasjonen som kan forventes på gangbanen, samt hvordan røykspredning i tunnelen potensielt kan skje.

I tillegg til dette er det gjort en egen vurdering av hva som kan forventes av naturlig ventilasjon, for å si noe om tilstedeværelsen av trekk i tunnelen.

3.4.2 Avgrensninger

Konsekvensen av en brann i tunnelen vil bl.a. avhenge av:

1. Branneksporing av personer ombord på skipet før og under evakuering til gangbane
2. Muligheten for sikker evakuering fra skip og tid til fullført evakuering til gangbane
3. Branneksporingen av personer som evakuerer langs gangbane.

Underlaget for å vurdere pkt. 1-2 ovenfor er begrenset og vil i stor grad være avhengig av tekniske og organisatoriske tiltak om bord på skip. Konsekvensvurderingen knyttet til brann i tunnel er begrenset til pkt. 3 og at det antas at personer som evakueres ikke er eksponert for brann og røyk før de er ute av skipet. Pkt. 1-2 må imidlertid også vurderes, men dette er ikke omfattet av denne analysen (foreslås utredet i forbindelse med videre arbeider)-

Ved brann om bord i skip er det forutsatt at det prioriteres å seile ut av tunnelen, og dermed bli et viktig punkt i beredskapsplan. Evt. eksponering av personer om bord på skip i forbindelse med seiling gjennom tunnelen ved brann om bord er ikke vurdert. Det etableres fortøyningspunkter langs entringskonstruksjoner, slik at det er lagt til rette for evakuering av skip før innseiling til tunnel eller etter gjennomseiling.

3.4.3 Røykspredning i tunnel ved brann

Det er utarbeidet en egen rapport som omhandler røykspredning ved brann i tunnelen (Vedlegg G). Det vises til denne rapporten en utfyllende vurderingen av forholdet. Her følger kun konklusjonen.

Det er gjennomført CFD-beregninger av brannforløp for forskjellige trekkscenarier: 3,5 m/s trekk ved brannstart (dvs. konstant 20 Pa vindindusert overtrykk mellom portaler), 4,3 m/s trekk i tunnelen ved brannstart (dvs. konstant 30 Pa vindindusert overtrykk mellom portaler) og uten trekk i tunnelen ved brannstart (dvs. uten overtrykk mellom portaler) for 100 MW brann. I tillegg er en 25 MW brann uten overtrykk mellom portaler undersøkt.

Beregningene viser at det vil være nødvendig med ca. 4,3 m/s trekkhastighet (30 Pa trykkforskjell mellom portalene) for å fortrenge røyken (dvs. at all røyk dyttes i en retning). Rømningsforholdene vil da være gode oppstrøms skipet, mens de vil være en del dårligere nedstrøms skipet (~30 m sikt). Er trykkforskjellen mindre enn dette, vil det typisk oppstå en situasjon med tilbakesjiktning der røyk trenger seg oppunder hengt motstrøms den generelle naturlige trekkretningen. Forverrede rømningsforhold må i disse tilfellene forventes både nedstrøms og oppstrøms skipet.

Ved ingen, eller liten, trykkforskjell mellom portalene sjikter røyken seg først oppunder taket, men etter hvert som den avkjøles trekkes den ned langs sidene mot vannoverflaten og etter ca. 10 – 12 minutter oppstår siktforhold under 10 m i rømningshøyde. Her nevnes det at brannveksttiden i simuleringene er svært rask, mens reelt vil normalt en brann bygges seg opp over noe tid (avhengig av lokasjon, ventilasjonsforhold, tilgang til brensel m.m.). Tid til redusert sikt oppstår vil være lengre med en langsommere brannveksttid, men med liten eller ingen trekk i tunnelen kan det antas at rømningsforhold langs gangbane gradvis forverres.

Trykkmålinger ved planlagte portaler (se vedlegg H) viser imidlertid at trykkdifferansen mellom portalene vil variere mye, og det er sannsynlig at trekkretning kan skifte under en brannhendelse i tunnelen. Trykkforskjellen mellom portalene vil være mindre enn 20Pa i mesteparten av tiden.

Det er derfor sannsynlig at trekkforholdene vil variere i løpet av tiden en brann og evakuering pågår i tunnelen. Det er derfor vanskelig å forutsi spredning av røyk i tunnelen, uten bruk av aktiv røykkontroll/mekanisk ventilasjon.

3.4.4 Naturlig ventilasjon

I forprosjektet er det utarbeidet egen rapport for vurderer ventilasjon ved naturlige drivkrefter (Vedlegg H). Fra denne trekkes følgende frem med tanke på trekkforholdene som er diskutert for røykspredning ved brann i skip i tunnelen:

- Forhold en kan legge merke til er at trekkhastigheten sjelden er stabil rundt null, dvs. det vil sjelden være ingen ventilasjon inne i tunnelen over lengre tid. Trekken skifter derimot ofte retning og vil passere gjennom null når trekkretningen snur.
- Det ser ikke ut til at trekken vil skifte retning, eller gå til null, i løpet av en vanlig passering gjennom tunnelen. Det er da forutsatt at passeringen typisk tar 10 til 20 minutter (med ca. 3 - 5 knop).
- Variasjonen i trekk og tiden det tar å endre trekk retning kan benyttes i et organisatorisk tiltak ved at man monitorerer lufthastigheten i tunnelen, og evt. venter med å passere gjennom til en stabil trekk er etablert.

- Ved en brann eller annen hendelse som tar lenger tid, f.eks. fra én til flere timer, er det derimot relativt sannsynlig at vinden vil kunne snu i løpet av hendelsen.
- I måleperioden er det hyppigere trekk fra Eide mot Kjøde. Trekk på 2 m/s i denne retningen er det hyppigst forekommende. Ut fra vanlige meteorologiske variasjoner mellom vinter og sommer virker det som en sannsynlig hypotese at dette bildet kan være motsatt på vinterstid, altså at dominerende trekk vil gå fra Kjøde mot Eide.

Underlaget for rapporten er vind- og trykkmålinger ved hver tiltenkt portal. Disse målestasjonene ble satt opp rett før sommeren 2016, og tidsgrunnlaget er foreløpig kort. Vurderingene må revideres når tidsgrunnlaget er blitt lengre.

3.4.5 Sikkerhet ved evakuering i tunnel ved brann

Rømningskonseptet for tunnelen blir i utgangspunktet tilsvarende som for jernbanetunneler, der det primære tiltaket er at fartøyet skal prøve å seile ut av tunnelen ved en brannhendelse dersom det er mulig. Det etableres mulighet for fortøyning for skip ved entringskonstruksjoner på hver side av tunnelen, slik at skip kan evakuere passasjerer ved inn- eller utseiling fra tunnel.

Evakuering inne i selve tunnelen vil derfor kun foregå om fartøyet ikke klarer å seile ut av tunnelen. I tunnelen er evakueringsprinsippet basert på selvberging der de evakuerende ikke skal være avhengig av eksterne ressurser. Selvberging betyr at man selv må ta seg ut av tunnelen, der hjelpemidlene her er gangbane, nødbelysning og skilter.

Rømning fra skip skjer via landganger/ledere o.l. til gangbaner som er plassert på begge sider av tunnelen. Det skal være mulig å evakuere i begge retningene langs gangbanen ut til det fri til et sikkert sted. Med sikkert sted menes et område der samtlige personer som har evakuert ut av tunnelen kan oppholde seg til videre assistanse er på stedet. Sikkert sted er utenfor portalene.

I henhold til beregningene for rømningstid gjort i *Vedlegg E* er nødvendig rømningstid beregnet til minst 60 minutter. Dette inkluderer evakuering av alle i skipet ned til gangbane i tunnel i løpet av ca. 30 min (ref. angivelse fra Hurtigruta) og 30 minutters forflytningstid i tunnelen for å komme ut (ved midtstilt skip i tunnelen). Det er i disse beregningene tatt høyde for passasjerer med lav bevegelighet og ganghastigheten er satt til 0,5 m/s. Skipet er dessuten plassert midt i tunnelen, så avstand til portal blir ca. 875 m.

Det må antas at evakuering av fullt skip i tunnelen (til portal) vil ta mer enn 60 minutter, og usikkerheten knyttet til dette er stor. For hurtigruten må man forvente at det tar mer enn 30 minutter å tømme båten, og det må forventes tillegg i tid til beslutning om evakuering tas og for klargjøring for evakuering (slippe anker, sikre landgang, m.m.). Total evakueringstid fra tunnelen vil da kunne bli vesentlig lengre enn 60 minutter.

CFD-analysen (Vedlegg G) viser at sikten langs gangbanen er rundt 10m for brannstørrelser på inntil 100MW, gitt trekk i tunnelen. I tilfeller hvor det er stillestående luft eller liten trekk i tunnelen (<20 Pa trykkforskjell), vil sikten bli forverret over tid og vil etterhvert kunne medføre kritiske forhold langs gangbanen. Effekten av en langvarig brann i stillestående luft eller liten trekk er ikke utredet nærmere. Det nevnes imidlertid at det sjelden er vindstille i tunnelen, men trykkforskjell mellom portalene vil være mindre enn 20Pa mesteparten av tiden (se Vedlegg H).

I tilfeller med trekk i tunnelen (>20 Pa trykkforskjell) vil røykkonsentrasjonen langs gangbanen være relativt lav. Overlevelsesmuligheter, selv ved 100MW, vil derfor være tilstede, også utover 60 minutter. Røykspredning ved <20Pa trykkforskjell mellom portalene er ikke tilstrekkelig utredet og det er derfor ikke grunnlag for å si noe om overlevelsesmuligheter ved en evakuering i slike situasjoner. Det samme gjelder situasjoner hvor trekkretning endres i løpet av evakueringen.

En brann på skip kan medføre kritisk varmestråling mot gangbanen fra flammer. Dette kan forhindre at korteste vei mot portal er tilgjengelig for evakuerende. Avstand til portal og forflytningstid i tunnel kan derfor bli lang.

Utgangspunktet for røykspredningsberegningene er at brannveksten er svært rask. Brannveksthastigheten har størst betydning for evakueringen på gangbane i forhold til:

- Varmestråling langs skip på gangbane som følge av flammer ut av vindu/åpning. Varmestrålingen kan hindre evakuering til gangbane.
- Røykkonsentrasjon i tunnel ved liten eller ingen trekk. Ved liten eller ingen trekk i tunnelen vil røyk kunne akkumuleres og etter hvert gi kritisk røykkonsentrasjon langs gangbane.

Brannveksttiden som er lagt til grunn for simuleringene av røykspredning anses å være konservativ. En brann i øvre deler av skipet er konservativt i forhold til vurdering av varmemestråling mot gangbane. En brann i øvre deler av skipet vil sannsynligvis ikke hindre skipet i å seile ut av tunnelen. En brann i nedre deler av skipet, som medfører tap av fremdrift, vil være mest sannsynlig i en evakuerings situasjon.

Beregninger viser at varmemestråling mot gangbanen fra røyk i tunnelen ikke vil være kritisk på grunn av det store tverrsnittet. Varmestråling, ved brann på inntil 100 MW, vil kun påvirke personer på gangbanen gjennom varmemestråling fra flammer i nærheten av brannstede.

3.4.6 Drøfting av konsekvens ved brann

Som det fremgår av vurderingene ovenfor vil det være mulig å komme seg ut av tunnelen selv om rømning skjer i røyk, og selv om evakueringen i tunnelen tar lengre tid enn 60 minutter.

Det er imidlertid stor usikkerhet knyttet til hva den totale evakueringstiden vil være, og hvordan en brann vil utvikle seg på et skip (brannsted, brannveksttid). Ventilasjonsforholdene i tunnelen vil kunne ha stor betydning for overlevelsesmuligheten, men det er vist at selv liten trekk vil kunne ha stor betydning for overlevelsesmuligheter. Det forventes normalt at det er trekk tilstede i tunnelen.

For at evakuering av skip skal kunne skje til gangbane er det nødvendig at følgende er tilstede:

- Landgang er tilgjengelig for bruk.
- Skipet ligger relativt stille, slik at sikker evakuering via landgang kan gjennomføres.

Det som er vesentlig her er at de tekniske installasjonene, som er nødvendig for å sikre evakuering til gangbane virker i en blackout situasjon (bl.a. landganger og anker). Så langt Norconsult kjenner til, er ikke landgang tilknyttet reservekraft i dagens hurtigruteskip.

Dersom dette blir et dimensjonerende scenario, bør det vurderes om det er behov for fortoyning muligheter inne i tunnelen. Slik det er nå vurderes behovet for fortøyning å være begrenset til konstruksjonene på utsiden av tunnelen.

Beredskap om bord på skip vil være et svært viktig og godt tiltak for å begrense konsekvensene av en brann i tunnelen og mulighetene for å kunne seile gjennom tunnelen. Det er nødvendig at prosjektet i kommende faser jobber videre med en beredskapsplan for tunnelen. Det må gjennomføres en beredskapsanalyse for å vurdere, og fastsette, krav til tekniske og organisatoriske tiltak for skip som skal ha lov til å seile gjennom tunnelen. Følgende tekniske og organisatoriske tiltak for skip som skal seile gjennom tunnelen bør vurderes nærmere gjennom en beredskapsanalyse:

- Eget beredskapsnivå for skip som seiler gjennom tunnelen. Dette kan innebære økt vakthold/bemannning, sikkerhetsrunder, systemsjekker for sikkerhetssystemer og lukking av brannskiller.
- Behov for tilpassing av tekniske systemer om bord (f.eks. styring av ventilasjonsanlegg så ikke røyk i tunnel ikke kan trekkes inn i skipet før skipet er evakuert)
- Røyk i tunnel må ikke kunne forhindre drift av maskineri og trygg seiling gjennom tunnel.
- Rutiner og tekniske tiltak for å sikre sikker evakuering til gangbane. Blackout ombord på skip må vurderes opp mot muligheten for sikker evakuering til gangbane.
- Rutiner for å bistå ved evakuering av passasjerer langs gangbane.

- Avklare behov for beredskapstiltak på land og hvordan en nødsituasjon i tunnelen skal håndteres av fartøy og nødetater på land.

Som det fremgår av vurderingene ovenfor er det usikkerheter knyttet til konsekvensen av brann i tunnel ved evakuering i tunnel. Usikkerheten er primært knyttet til forhold om bord på skip og klargjøring av skip for evakuering til tunnel dersom dette blir nødvendig. Den kan f.eks. være en utfordring å få evakuert passasjerer fra skip raskt inne i tunnelen i en nødsituasjon der båten har svikt i sentrale systemer (blackout). Det er også usikkerhet knyttet til ventilasjonforhold i tunnelen og hvordan ingen trekk, liten trekk (<20 Pa trykkforskjell mellom portaler) og endring av trekkretning i løpet av en evakuering vil påvirke overlevelsesmuligheter.

For å sikre at tilstrekkelig gode rømningsforhold er ivaretatt ved en større brann viser vurderingene at det er behov for mekanisk røykventilasjon. Løsning for dette er drøftet i Vedlegg H. Et alternativ til ventilasjon kan være rømningsvei, men dersom tiltak vurderes som nødvendig vil nok mekanisk ventilasjon gi den største beredskapsgevinsten.

3.5 Tiltak

I tidligere prosjektfaser er det listet en rekke tiltak. Alle disse listes ikke her, og det vises til sluttrapport [5] som var grunnlaget for forprosjektet.

Faren tilknyttet grunnstøting, eller kollisjon i inn- og utseiling, er evaluert gjennom separate simulator tester. Resultater her i fra må tas videre i planlegging av tiltak, herunder både designmessige tiltak og tiltak for å hjelpe skip å navigere riktig.

Tunnelen foreslås utført uten tiltakene som tidligere er angitt i risikoanalyser, dvs. uten tunnelventilasjon med impulsventilatorer og uten stråleskjerm. Dette er i tråd med forrige fases sluttrapport. Årsaken er at akseptkriteriet er tilfredsstillt uten disse tiltakene (bekreftet gjennom ny gjennomgang av tallgrunnlag av DNV GL [6]). Om tiltak senere allikevel ønskes implementert, så anbefales mekanisk ventilasjon. Dette blir også aktuelt dersom dimensjonerende skipstype endres, og det blir da nødvendig med en revisjon av risikoanalysen.

Utgangspunktet for tiltak er at hendelsen knyttet til brann og evakuering i tunnel er neglisjerbar, noe som betyr at kun minimumstiltak skal være nødvendig. Dette er gangbane, belysning, håndløper, m.fl.. Her henvises det til *Vedlegg E* for oversikt over de branntekniske tiltakene for tunnelen.

Fra denne risikoanalysen fremkommer tiltak tilknyttet hendelsen brann i tunnel i gjennomgangen under.

Tekniske og organisatoriske tiltak for skip som skal seile gjennom tunnelen må vurderes nærmere gjennom en beredskapsanalyse:

- Eget beredskapsnivå for skip som seiler gjennom tunnelen. Dette kan innebære økt vakthold/bemannning, sikkerhetsrunder, systemsjekker for sikkerhetssystemer og lukking av brannskiler.
- Behov for tilpassing av tekniske systemer om bord (f.eks. styring av ventilasjonsanlegg så ikke røyk i tunnel ikke kan trekkes inn i skipet før skipet er evakuert)
- Røyk i tunnel må ikke kunne forhindre drift av maskineri og trygg seiling gjennom tunnel.
- Rutiner og tekniske tiltak for å sikre sikker evakuering til gangbane. Blackout ombord på skip må vurderes opp mot muligheten for sikker evakuering til gangbane.
- Rutiner for å bistå ved evakuering av passasjerer langs gangbane.
- Avklare behov for beredskapstiltak på land og hvordan en nødsituasjon i tunnelen skal håndteres av fartøy og nødetater på land.

For at evakuering av skip skal kunne skje til gangbane er det nødvendig at følgende er tilstede:

- Landgang er tilgjengelig for bruk, selv om blackout på skip inntreffer
- Skipet må ligge relativt stille i lengde retning og sideveis, slik at sikker evakuering via landgang kan gjennomføres.

For Hurtigrutens nyere fartøy vil redundant maskineri og slokkeanlegg i maskinrom kunne forutsettes. Disse tiltakene har stor betydning for risiko knyttet til seiling gjennom tunnel. Det bemerkes at beregningene som er lagt til grunn i denne rapporten forutsetter redundant maskineri. Krav til fartøy som skal seile gjennom tunnelen må vurderes nærmere i forbindelse med videre arbeider med beredskapsplan og tunnelforskrift. Dette blir svært viktig.

Det etableres mulighet for fortøyning for skip ved entringskonstruksjoner ved hver portal, slik at skip kan evakuere ved inn- eller utseiling fra tunnel.

4 Konklusjon

Risiko knyttet til brann i tunnel er innenfor definerte akseptkriterier på grunn av meget lav sannsynlighet for brann. Tiltak utover minimumstiltakene, slik de er gitt i Vedlegg E Brannkonsept kap. 3, er derfor ikke aktuelt.

Til konklusjonen så påpekes det at vurderingen er basert på en dimensjonerende skipstype, med et høyt sikkerhetsnivå. For Hurtigrutens nyere fartøy vil redundant maskineri og slokkeanlegg i maskinrom kunne forutsettes. Disse tiltakene har stor betydning for risiko knyttet til seiling gjennom tunnel. Det bemerkes at beregningene som er lagt til grunn i denne rapporten forutsetter redundant maskineri. Krav til fartøy som skal seile gjennom tunnelen må vurderes nærmere i forbindelse med videre arbeider med beredskapsplan og tunnelforskrift.

Dersom forutsetningene tilknyttet skipstype endres (til en skipstype med lavere sikkerhetsnivå), vil konsekvensreducerende tiltak bli nødvendig. Da er mekanisk ventilasjon mest nærliggende å benytte, slik at det er mulig å oppnå stabile og tilfredsstillende evakueringsforhold.

Tekniske og organisatoriske tiltak for skip som skal seile gjennom tunnelen, samt øvrige beredskapstiltak, må vurderes nærmere gjennom en beredskapsanalyse.

5 Referanser

- [1] DNV, «Risikoanalyse av Stad skipstunnelen», Rapport 2000-3284, 13.07.2000
- [2] DNV rapport nr. 2007-1268 rev.02 – Risikoanalyse av Stad skipstunnel inkludert gjennomseiling av Hurtigruta
- [3] DNV rapport nr. 2010-1639 rev.01 – Risikoanalyse av Stad skipstunnel for to ulike tunnelalternativer
- [4] Konseptvalgutredning Stad skipstunnel rev.1.0, Kystverket, 2010-12-20
- [5] «Sluttrapport - Forundersøkelser til forprosjekt», Concreto, ukjent dato.
- [6] Notat «Oppdatering av stad skipstunnel», DNV GL, 2016-11-01, notat