

AutoSafe

D1.1 – Rammeverk for vurdering av farer ved operasjon av autonome passasjerskip

Author(s)

Kay Endre Fjørtoft, Even Ambros Holte (SINTEF Ocean)

Christoph Thieme, Thor Myklebust, Stig Ole Johnsen (SINTEF Digital)



Report

D1.1 – Rammeverk for vurdering av farer ved operasjon av autonome passasjerskip

Subtitle

KEYWORDS:

Autonomi, passasjerferge, farer, sannsynlighets- og konsekvens-reducerende barrierer, rammeverk.

VERSION

1.0

DATE

2022-04-22

AUTHOR(S)

Kay Endre Fjørtoft, Even Ambros Holte (SINTEF OCEAN)
Christoph Thieme, Thor Myklebust, Stig Ole Johnsen (SINTEF Digital)

CLIENT(S)

Forskningsrådet

CLIENT'S REF.

Kjell Røang

PROJECT NO.

302005845

NUMBER OF PAGES/APPENDICES:

37 + 2

ABSTRACT

Innen autonom passasjertransport til sjøs er det så langt fremmet få konkrete nye forslag til løsninger som ivaretar passasjersikkerheten ved kritiske hendelser. Ved å dokumentere og systematisere aktuelle farer, relaterte tekniske barrierer og aktuelle sikkerhetsfunksjoner, bidrar rapporten med nødvendig underlag for å lukke dette gapet.

Rapporten presenterer også et rammeverk utviklet av prosjektet, med hovedformål om å bidra til en mer strukturert prosess inn mot en mulig godkjenningssprosess av alternative løsninger. Bruk av rammeverket bidrar også med å fremskaffe viktig underlag ved design og utvikling av ny teknologi og nye løsninger som er særlig rettet mot autonom sjøbasert passasjertransport. Rapporten viser også praktisk anvendelse av selve rammeverket.

PREPARED BY

Kay Endre Fjørtoft, SINTEF Ocean

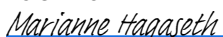
SIGNATURE


Kay Fjørtoft (May 3, 2022 08:50 GMT+2)

CHECKED BY

Marianne Hagaseth


SIGNATURE


Marianne Hagaseth (May 3, 2022 09:05 GMT+2)

APPROVED BY

Lars Magne Nonås

SIGNATURE


Lars Magne Nonås (May 4, 2022 00:06 GMT+2)

REPORT NO.

OC2021 A-099

ISBN

978-82-7174-426-7

CLASSIFICATION

Unrestricted

CLASSIFICATION THIS PAGE

Unrestricted

Document history

| VERSION | DATE | VERSION DESCRIPTION |
|---------|------------|--|
| 1.0 | 2021-12-16 | Utkast sendt til prosjektpartnere for kommentarer. |
| 1.2 | 2022-04-12 | Utkast til intern kvalitetssikring. |
| 2.0 | 2022-04-22 | Endelig versjon utstedt. |

Table of contents

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introduksjon..... | 6 |
| 2 | Rapportens omfang, avgrensninger og bruker-case | 7 |
| 2.1 | Rapportens omfang og avgrensninger | 7 |
| 2.2 | Bruker-caser | 8 |
| 3 | Metode og tilnærming til arbeidet | 11 |
| 3.1 | Utvikling av rammeverk for pre-HAZID og HAZID | 11 |
| 3.2 | HAZID workshops | 11 |
| 3.3 | Bow-tie diagram | 12 |
| 4 | Rammeverk for identifisering av farer, konsekvenser og reduserende tiltak..... | 13 |
| 4.1 | Steg 1: Identifisering av konsekvens kategorier | 14 |
| 4.2 | Steg 2: Valg av hovedfarer og topphendelser | 15 |
| 4.3 | Steg 3: Utvalg av farekilder | 15 |
| 4.4 | Steg 4: Identifikasjon av preventive barrierer og tiltak | 16 |
| 4.5 | Steg 5: Identifikasjon av reaktive barrierer og tiltak..... | 18 |
| 5 | Farekilder..... | 19 |
| 5.1 | Menneskelige, organisatoriske og operasjonelle farekilder | 19 |
| 5.1.1 | Passasjerer og mannskap | 19 |
| 5.1.2 | Samhandling | 20 |
| 5.1.3 | Evakuering, redning og øvrige sikkerhetskritiske farekilder..... | 21 |
| 5.2 | Teknologiske farekilder | 21 |
| 5.2.1 | Kommunikasjon og teknisk..... | 21 |
| 5.2.2 | Navigasjon- og styringssystem..... | 23 |
| 5.2.3 | Fartøy..... | 23 |
| 6 | Preventive og sannsynlighetsreduserende tiltak..... | 24 |
| 6.1 | Menneskelige, organisatoriske og operasjonelle | 24 |
| 6.2 | Teknologiske | 26 |
| 7 | Reaktive og konsekvensreduserende tiltak og barrierer..... | 27 |
| 7.1 | Konsekvensreduserende tiltak for menneskelige, organisatoriske og operasjonelle farekilder | 28 |
| 7.2 | Konsekvensreduserende tiltak for Teknologiske farekilder..... | 30 |
| 8 | Eksempel på bruk av rammeverket | 33 |
| 8.1 | Steg 1: Identifisering av konsekvenskategorier | 33 |
| 8.2 | Steg 2: Valg av hovedfarer og topphendelser..... | 33 |
| 8.3 | Steg 3: Utvalg av farekilder | 33 |
| 8.4 | Steg 4: Identifikasjon av preventive barrierer og tiltak | 34 |

| | | |
|-----|---|----|
| 8.5 | Steg 5: Identifikasjon av reaktive barrierer og tiltak..... | 34 |
| 9 | Videre arbeid | 35 |
| 10 | Referanser..... | 36 |

APPENDICES

A.1 Ulike grader av autonomi

A.2 Hovedkomponenter til et autonomt passasjerskipssystem

Forkortelser

| | |
|---------|---|
| RCC | Remote Control Centre (ref. ISO23860) |
| ConOps | Concept of operations |
| IMO | International Maritime Organisation |
| COLREG | Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea |
| HAZID | Hazard identification |
| Telemed | Telemedisin – bruk av datateknologi og datakommunikasjon til medisinske formål. |
| MRT | Minste Risiko Tilstand |

1 Introduksjon

Denne rapporten er første leveranse fra AutoSafe, et kompetansebyggende prosjekt med hovedfokus på utvikling av nye sikkerhetsløsninger tilpasset autonom passasjertransport til sjøs. Denne type nye løsninger ansees, sammen med løsninger som ivaretar sikker navigasjon og manøvrering, som svært viktig med tanke på realisering av lav- og/eller u-bemannede autonome passasjerskip. Dette er nødvendig for å ivareta et tilstrekkelig sikkerhetsnivå basert på verifiserte og myndighetsgodkjente løsninger.

Mye av utviklingsarbeidet innen autonom skipsfart har så langt vært rettet mot utvikling av løsninger som ivaretar sikker navigasjon og manøvrering av selve skipet. Samtidig er det fremmet få konkrete nye forslag til løsninger som ivaretar passasjersikkerheten ved sikkerhetskritiske hendelser. Så selv om ny teknologi knyttet til navigasjon og manøvrering teoretisk sett åpner opp for redusert driftsbemanning, står man fortsatt igjen med utfordringer knyttet til ivaretagelse av passasjersikkerhet som gjør det vanskelig å redusere sikkerhetsbemanningen. Her eksisterer et betydelig gap som må lukkes, og nye løsninger må kunne dokumenteres og verifiseres før en myndighetsgodkjennelse kan gis. Arbeidspakke 1 (WP1), "Passenger ship safety model", har som hovedformål å identifisere viktige farer knyttet til persontransport til sjøs, relaterte tekniske barrierer og aktuelle sikkerhetsfunksjoner. I tillegg vil krav til mannskap, teknologi, teknologiske løsninger, og cybersikkerhet bli berørt.

Rapportens hovedformål er å presentere et rammeverk for identifisering og systematisering av aktuelle farer ved autonom passasjertransport, men også aktuelle barrierer mot at uønskede sikkerhetskritiske hendelser oppstår, både av sannsynlighets- og konsekvensreduserende art. I så måte er rammeverket et viktig bidrag og hjelpemiddel for den maritime næring involvert i utvikling av autonome løsninger for passasjertransport, spesielt med tanke på påkrevde pre-HAZID og HAZID i forbindelse med en godkjennelsesprosess gjort av Sjøfartsdirektoratet¹. En slik Pre-HAZID og HAZID har flere formål; kartlegge mulige farer under operasjonen, peke på områder hvor detaljert risiko analyse er nødvendig, og gi innspill til design- krav og løsninger. Risikovurdering for hendelser som ansees som kritiske er også påkrevd. Det er derfor nødvendig med en god prosess for å identifisere alle relevante farer. Det bemerkes at aktuell prosess og metode for risikovurdering ikke er en del av denne rapporten, men vil være gjenstand for videre arbeid i prosjektet.

Innholdet til denne rapporten er basert på flere HAZID workshops med utgangspunkt i prosjektets bruker-caser, men også eksisterende litteratur omkring kjente farer ved operasjon av mindre passasjerskip. Rapporten utgjør dermed et viktig grunnlag for prosjektets videre arbeid, både med tanke på risikovurderinger for alternative sikkerhetsløsninger, men også som viktig bidrag inn mot design av autonome passasjerskip. Basert på resultater fra ulike HAZID workshops gjennomført av prosjektet presenterer også rapporten hvordan rammeverket kan anvendes.

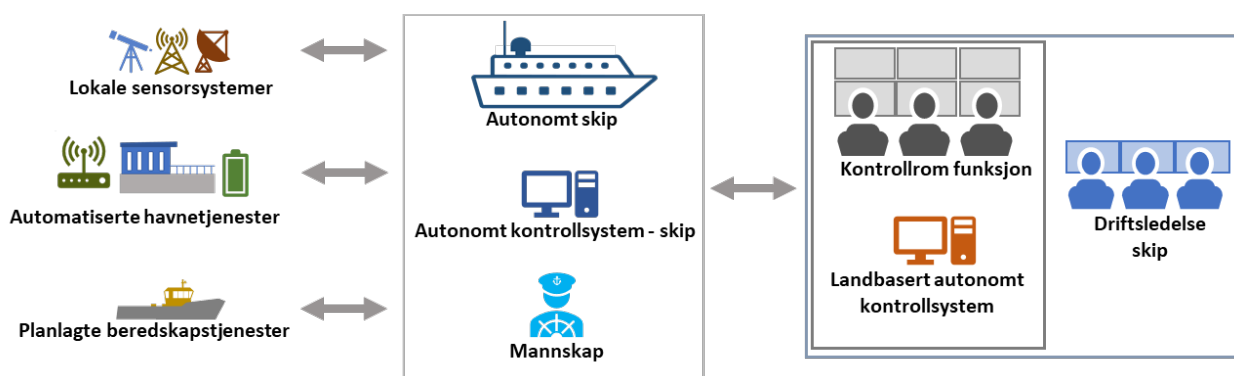
Kapittel 2 introduserer rapportens omfang og de aktuelle bruker-casene som er lagt til grunn for analysen. Kapittel 3 presenterer den metodiske tilnærmingen til arbeidet, før selve rammeverket presenteres i kap 4. Kapittel 5 gir en oversikt over aktuelle farekilder identifisert av prosjektet, mens kap 6 og 7 presenterer henholdsvis preventive og reaktive barrierer. Kap 8 gir en gjennomgang av selve rammeverket og viser dermed dets praktiske anvendelse.

¹ Spesifikt punkt 7.2 i sirkulær RSV 12-2020 (Sjøfartsdirektoratet, 2020).

2 Rapportens omfang, avgrensninger og bruker-case

2.1 Rapportens omfang og avgrensninger

Som del av avgrensningen til rapporten og prosjektets arbeid er det nødvendig med en tydelig definisjon av hva et autonomt skipssystem består av, men også en entydig definisjon av de ulike autonomigrader som legges til grunn. Denne rapporten baserer seg på definisjoner av autonomigrader gjengitt i Sjøfartsdirektoratets Rundskriv RSV 12-2020 (Sjøfartsdirektoratet, 2020), og en oppsummering av disse er gitt i Appendiks A.1. Rapporten tar utgangspunkt i beskrivelsen av et autonomt skipssystem som presentert av EU prosjektet AUTOSHIP (Rødseth, et al., 2020). Innholdet er justert for å reflektere passasjertransport til fordel for godstransport. Hovedkomponentene i det autonome skipssystemet er illustrert i Figur 1, hvor de grå pilene illustrerer hvilke komponenter det autonome skipet må forholde seg til, enten gjennom kommunikasjon eller fysisk interaksjon.



Figur 1: Hovedkomponenter til et autonomt passasjerskipssystem (Kilde: Rødseth, et al. 2020).

Aktører og systemer som ikke faller inn under definisjonen av et autonomt skipssystem vil da defineres som det omkringliggende miljøet, eller konteksten som systemet opererer i. Sett fra et skipssentrisk perspektiv, så vil man kunne definere kontrollrommet, lokale sensorsystem, automatiserte havnetjenester og tilgjengelige beredskapstjenester som omkringliggende system.

Som del av det nevnte autonome passasjerskipssystemet, fokuserer rapporten hovedsakelig på følgende deler, mens en mer detaljert beskrivelse av de ulike komponentene er gitt i Appendiks A.2.

- Det autonome skipet med tilhørende sikkerhetsutstyr og mannskap om bord.
- Landbasert kontrollrom (RCC, eng.: Remote Control Center²) og dets rolle som støtte til skipet.
- Interaksjon mellom skip og automatiserte havnetjenester, og spesifikt vedrørende løsning for sikker dokking og ombordstigning.
- Kommunikasjon mellom skip, kontrollrom og mannskap med et særlig fokus på nødsituasjoner.
- Aktuelle ressurser og tjenester for beredskap.

Funksjoner og oppgaver knyttet til skipets generelle driftsledelse er ikke eksplisitt vurdert, da prosjektet hovedsakelig er innrettet mot utvikling av nødvendige løsninger for ivaretagelse av passasjerenes sikkerhet ved kritiske hendelser (f.eks. brann, evakuering, grunnstøting, mann over bord, tap av stabilitet).

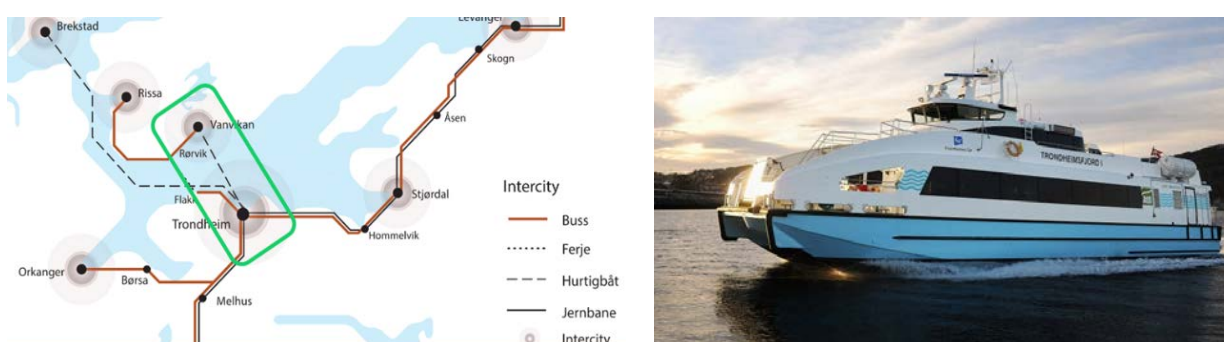
² [ISO - ISO/PRF TS 23860 - Ships and marine technology — Vocabulary related to autonomous ship systems](#)

2.2 Bruker-caser

Som gjennomgående grunnlag for prosjektets arbeid er det definert to ulike bruker-caser. For hver av disse er det utviklet en overordnet ConOps (Operasjonelt konsept, eng.: Concept of Operations), hvor en kortfattet beskrivelse er gjengitt nedenfor.

Bruker-case 1 – Hurtigbåtsambandet Trondheim-Vanvikan (Torghatten Midt)

Dette bruker-caset tar utgangspunkt i eksisterende hurtigbåtsamband som per i dag opereres av Torghatten Midt AS (TM), hvor ruten Trondheim-Vanvikan betjenes med en hurtiggående katamaran (**Figur 2**). Det ble gjennomført 1 HAZID workshop spesifikt for dette sambandet.



Figur 2: Operasjonsområde og fartøy – bruker-case Torghatten Midt (Foto: AtB, 2021)

Faktaboks sambandet Trondheim-Vanvikan:

- Max ant. pax: 130
- Material: Karbonfiber
- Seilingshastighet 22,5-23 knop
- Fartsområde: 2
- Seilingsdistanse: 15,8km/8,5NM
- Overfartstid: ca. 25 min
- Minste sikkerhetsbemanning (dagens/fremtidig): 3/1

Utgangspunktet for HAZID var identifikasjon av farer ved dagens operasjon med tilhørende bemanningsprofil bestående av tre personer (dvs. kaptein/skipsfører, maskinpasser og lettmatros). I tillegg ble det fokusert på aktuelle farer ved autonom operasjon under forutsetning om at skipet kunne seile med minste sikkerhetsbemanning på én person (sikkerhetsoffiser). Støtte fra RCC ble forutsatt. Hvordan en slik rolle bør defineres, og dermed hvilke funksjoner en sikkerhetsoffiser skal ivareta for å unngå en overbelastet rolle ble diskutert på et overordnet nivå. Dette temaet vil

bli forfulgt senere i prosjektet, da det er en naturlig del av arbeidet knyttet til risikovurdering av nye sikkerhetsløsninger. Øvrig informasjon omkring dagens rute og operasjonsområde er sammenfattet nedenfor:

- (1) Det er relativt liten trafikk i området med ca. 20 000 passeringer årlig. Det er noen sårbare områder langs ruten som kan ha betydning for sikkerheten.
- (2) Et sårbart område er ved terminalområdet i Trondheim, hvor blant annet seilbåter og kajakkpadlere ofte krysser ruta til hurtigbåten. Kajakpadlere er vanskelig å se, spesielt når de kommer rundt moloen. Enkelte dager er det også seilregatta som kan påvirke navigasjonsrommet.
- (3) Selve overfarten er i åpen sjø, kun Munkholmen som gir potensiell fare for grunnstøting.
- (4) Fjorden kan endre karakter raskt, fra speilblankt hav til store bølger. Det er viktig å kjenne forholdene godt og vurdere ut fra både erfaring og ut fra tilgjengelig informasjon.

- (5) Havneområdet i Vanvikan er trangt, spesielt kan det være vanskelig å navigere når vinden står på fra øst. Ved østlig vindretning over lengre perioder så har søppel og tømmer samlet seg i havneområdet, som har medført et problem og risiko for sambandet. I perioder har ruten blitt innstilt i påvente av at opprydning i havneområdet har blitt gjennomført.
- (6) Passasjersikkerheten ved av/på-stigning er godt ivaretatt, spesielt i Trondheim som har en ny terminal hvor passasjerene står skjermet fra vær og vind. Fare for klemskader osv. har også blitt minimalisert i denne terminalen.
- (7) Ved terminal i Vanvikan er passasjerer mer eksponert for vær og vind da det ikke er skjermet gangbro og venteområder før ombordstigning.

Bruker-case 2 – Passasjerferge Florø sentrum – Fjordbasen (Zeabuz)

Bruker-caset tar utgangspunkt i det prosjekterte sambandet mellom Florø sentrum og Fjordbasen, hvor sistnevnte er den største arbeidsplassen lokalt. Sambandet er planlagt som en ren pendlerrute med avganger om morgenen og ettermiddagen. Ved andre tider på døgnet er fergen tenkt utnyttet til opplevelses- og turistformål. Sambandet vil avlaste et allerede overbelastet veinett, samt representere en betydelig kortere reisevei. Den planlagte utvidelsen av Fjordbasen harmonerer også godt med behovet for å etablere en sjøbasert pendlerrute.



Figur 3: Operasjonsområde og fartøy – Bruker-case Zeabuz (Illustrasjon: Zeabuz)

Faktaboks sambandet Florø sentrum-Fjordbase:

- Max ant. pax: 25
- Material: Karbonfiber
- Seilingshastighet: maks. 5 knop
- Fartsområde: 1
- Seilingsdistanse: 2,6 km
- Overfartstid: ca. 20 min
- Minste sikkerhetsbemanning: 1

Det ble gjennomført 2 HAZID workshop spesifikt for dette sambandet. Som for bruker-case 1 er det forutsatt at daglig operasjon håndteres av 1 person om bord, understøttet av et RCC. Denne sikkerhetsoffiseren vil måtte håndtere enkle navigasjonsoppgaver ved daglig operasjon, men utgjør også en viktig ressurs dersom en sikkerhetskritisk situasjon skulle oppstå. Som nevnt for bruker-case 1 vil forslag til beskrivelse av denne rollen følge senere i prosjektet. Øvrig informasjon om prosjektert rute og operasjonsområde er sammenfattet nedenfor:

- (1) Prosjektert rute er lokalisert i fartsområde 1, et relativt godt skjermet farvann. Der er ulike miljøkrefter som vind, bølger og strøm som kan påvirke operasjonen.
- (2) Foreslåtte rute vil til enhver tid være i umiddelbar nærhet til land, slik at mulige nødhavner for oppankring og/eller landsetting av passasjerer kan gjennomføres ved behov.

- (3) Farvannet har relativt begrenset med kommersiell trafikk, bl.a. begrenset til daglig anløp av hurtigbåt (2 anløp per dag ref. dagens rutetabell), noe skipstrafikk til-og-fra Westcon skipsverft (estimert 1-2 avganger/anløp per måned), noe fritidstrafikk av småbåter og kajaker for privat rekreasjon.
- (4) Ruten befinner seg også i et område hvor fartsbegrensning er satt til 5 knop, og som derigjennom bidrar positivt i retning av et relativt oversiktlig trafikkbilde.

3 Metode og tilnærming til arbeidet

Rammeverket for gjennomføring av pre-HAZID og HAZID for lav- og ubemannende passasjerferger ble utviklet med bakgrunn i HAZID workshops organisert av prosjektet. Figur 4 gir en overordnet visualisering av utviklingsprosessen. Krav til en slik pre-HAZID er påkrevd av Sjøfartsdirektoratet ved godkjenning av alternative løsninger, og er beskrevet i sirkulær RSV 12-2020 under punkt 7.1 (Sjøfartsdirektoratet, 2020). Metodene som ble brukt i de forskjellige stegene er oppsummert i egne underkapitler. HAZID workshopene dannet grunnlaget for identifisering av de mest relevante farekilder og topphendelser (hovedfarer). Med utgangspunkt i topphendelsene ble Bow-tie diagrammer benyttet for å organisere og effektivt visualisere farekilder med tilhørende konsekvenser. Visualiseringen støttet identifikasjon av barrierer og tiltak som bidrar til reduksjon av sannsynlighet for og konsekvenser av de respektive topphendelsene. Resultatene fra dette arbeidet, understøttet av diskusjoner med prosjektpartnere, dannet utgangspunktet for etablering av selve rammeverket som presentert i kapittel 4.



Figur 4: Overordnet metodisk tilnærming

3.1 Utvikling av rammeverk for pre-HAZID og HAZID

Rammeverket som presentert i kapittel 4 ble utviklet med utgangspunkt i identifiserte farer fra ulike HAZID workshops og bow-tie diagrammer for de prioriterte topphendelsene. Basert på en induktiv tilnærming og med utgangspunkt i prosjektets to bruker-case, ble funn og spesifikke resultater diskutert og generalisert for å gi veiledning, støtte og forklaring for de ulike stegene i rammeverket. Induktiv tenking er en tenkemåte hvor man trekker generaliserte slutninger basert på observasjoner eller begrenset empirisk grunnlag. Rammeverket er i utgangspunktet kvalitativt, og de identifiserte konsekvenskategorier og farekilder er beskrevet deretter. Den induktive tilnærmingen gir derfor ingen veiledning med tanke på gjennomføring av kvantitative risikovurderinger. Rammeverket utgjør likefult et viktig grunnlag for prosjektets videre arbeid både som underlag for videre arbeid knyttet til vurdering av risiko for alternative sikkerhetsløsninger, og også som viktig bidrag inn mot design av autonome passasjerskip.

3.2 HAZID workshops

HAZID er en kjent metode for fare-analyse, og benyttes gjerne tidlig i design-fasen for kartlegging av hendelser og tilstander som kan medføre skade eller tap. Den gir dermed innspill til hvilke system eller del-system som trenger beskyttelse, samt potensielle barrierer og tiltak som bør introduseres. Metoden baserer seg på en strukturert idedugnad/gruppediskusjon og støtter seg på farelister og informasjon (tegninger, case beskrivelser, etc.) for kartlegging av farer, farekilder og relevante konsekvenser. Informasjonen om kjente farer fra tidligere og lignende systemer og fra relevant litteratur er forbered på forhånd for å støtte prosessen. For å prioritere kritiske hendelser bruker man ofte sannsynlighets- og konsekvenskategorier (Rausand og Haugen, 2020).

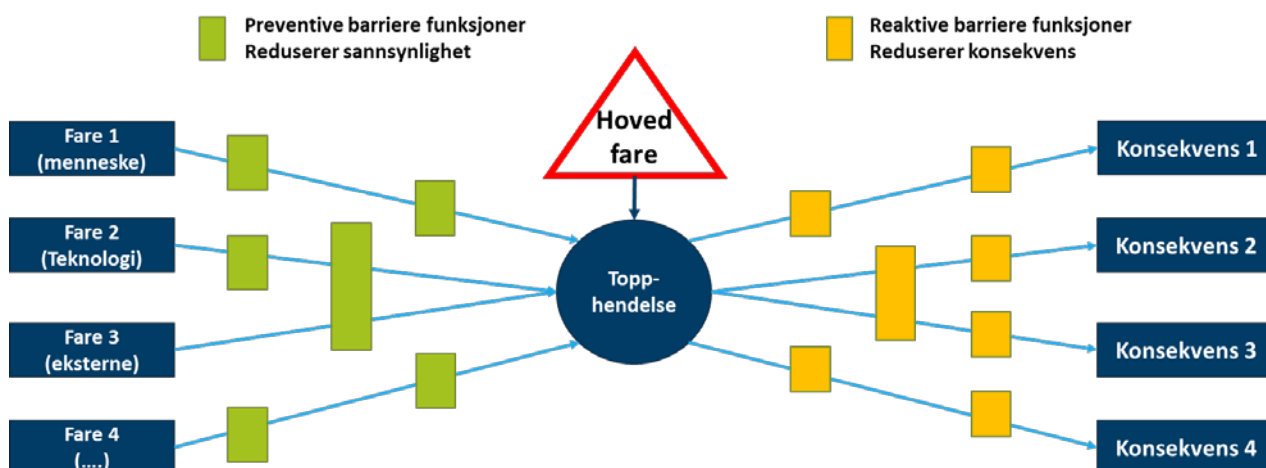
I forbindelse med AutoSafe prosjektet ble det gjennomført tre HAZID workshops våren 2021. Workshopene ble gjennomført med deltakere fra prosjektpartnere med ulike kompetanser og bakgrunn (Tabell 1). I forbindelse med gjennomføring av siste workshop ble de respektive topphendelser identifisert, hovedsakelig basert på kvalitative vurderinger av prosjektgruppen.

Tabell 1: Oversikt over workshop deltakere

| Deltakere/ Prosjektpartnere | Workshop 1 – Case 1 TM | Workshop 2 and 3 – Case 2 Florø |
|---|------------------------|---------------------------------|
| Fergeoperatør (Torghatten Midt, Zeabuz) | 4 | 3 |
| Skipsdesign (Brødre Aa, Multi Maritime) | 1 | 0 |
| Utstyr utvikler (Autronica, Viking) | 3 | 3 |
| Forskningsinstitutt (SINTEF) | 4 | 5 |
| Nasjonal myndighet (Sdir) | 2 | 1 |

3.3 Bow-tie diagram

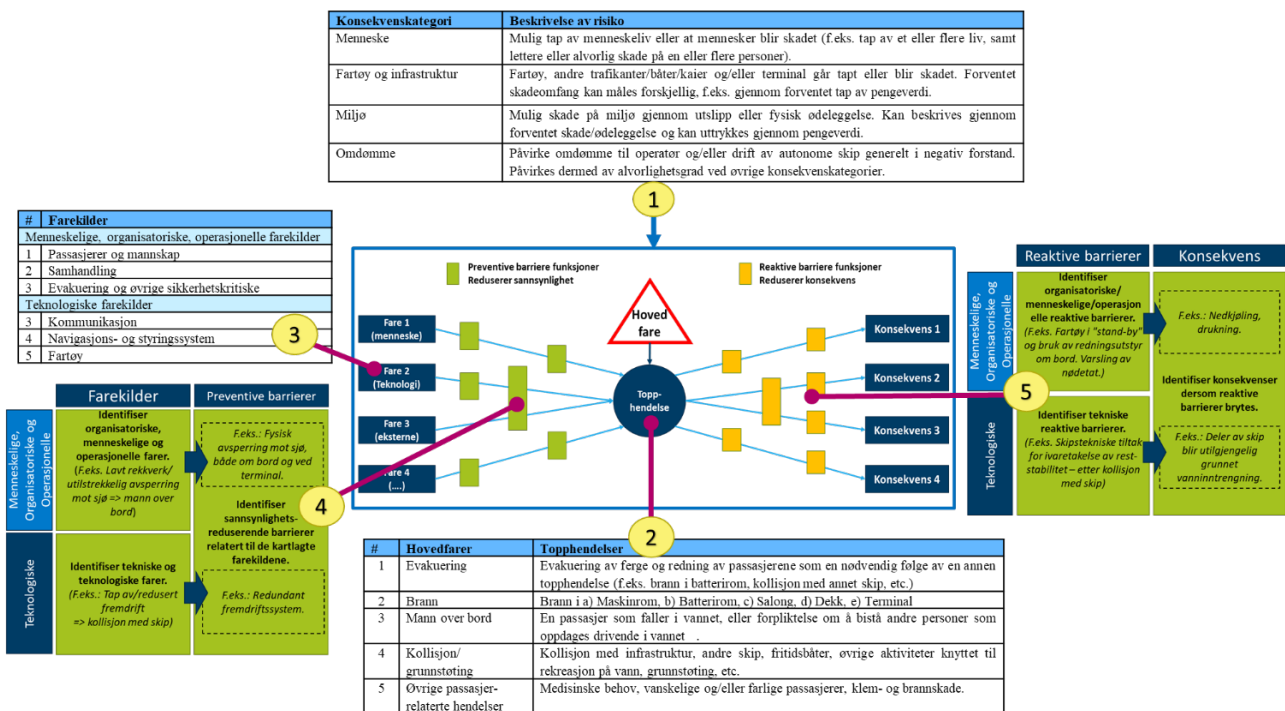
Etter gjennomført prosess med HAZID workshops var utvikling av ulike bow-tie diagram for de prioriterte topphendelsene et naturlig neste steg. Bow-tie er en velkjent metode og strukturert tilnærming for identifisering og visualisering av sikkerhetsrelaterte barrierer og tiltak, både i forhold til preventive (sannsynlighets reduserende) og reaktive (konsekvensreduserende) (Rausand og Haugen, 2020). Figur 5 viser bow-tie-diagrammet som anvendt av prosjektet, hvor venstre side viser farekilder som kan utløse en gitt topphendelse (midt i diagrammet), og høyre side mulige konsekvenser av inntruffet topphendelse. Alle konsekvensene kan samlet sett sies å representere et konsekvensspektrum. Pilene symboliserer sammenheng mellom de respektive farekilder via utløst topphendelse og mulige konsekvenser. Disse avbrytes av potensielle barriere eller tiltak for å minske sannsynlighet (grønn) av at en topphendelse faktisk inntreffer, eller redusere uønskede konsekvenser (gul).


Figur 5: Generisk Bow-tie diagram

4 Rammeverk for identifisering av farer, konsekvenser og reduserende tiltak

Dette kapittelet beskriver rammeverket utviklet av AutoSafe (Figur 6), og er ment som et viktig bidrag og hjelpemiddel for utvikling og design av alternative løsninger for aktører involvert i maritim transport. Da spesifikt for dokumentasjon av farer og dermed grunnlag for gjennomføring av påkrevde risikovurderinger. Det gir også innspill til hvilke designkriterier som bør legges til grunn. Rammeverket er å anse som generisk, og dermed også av verdi for utvikling av løsninger som går ut over prosjektets hovedfokus – nemlig utvikling av løsninger som ivaretar passasjersikkerhet dersom en unormal hendelse skulle inntreffe. Rammeverket består av fem ulike steg beskrevet nedenfor (markert i gult i Figur 6):

1. Beskrivelse av ulike konsekvenskategorier for definering av fokus for analysen.
2. Identifisering av hovedfare og topphendelse relatert til konsekvenskategori identifisert i punkt 1, og dermed grunnlaget for videre analyser.
3. Gjennom HAZID workshops identifiseres relevante farekilder som kan inntreffe, og som dermed kan ha en utløsende effekt på utvalgte topphendelse i bow-tie diagrammet.
4. De farekildene som ansees som mest kritiske kobles til mulige preventive barrierer og tiltak. Disse danner grunnlaget for videre arbeid med tanke utvikling av preventive tiltak.
5. Med utgangspunkt i inntruffet topphendelse identifiseres mulige reaktive barrierer, samt en beskrivelse av ulike konsekvenser dersom barrierene feiler.



Figur 6: Oversikt over rammeverket for kartlegging av farer og barrierer

Rammeverket baserer seg på følgende definisjoner:

- **Konsekvenskategorier**, er de tap som kan skje dersom en topphendelse inntreffer, eksempelvis at liv går tapt. Konsekvenskategoriene og prioritering mellom disse kan potensielt sett være ulik fra bruker-case til bruker-case, men også fra analyse til analyse.

- **Hovedfare** beskriver de prioriterte og mest relevante fareområdene som prosjektet har identifisert (f.eks. kollisjon)
- **Topphendelse** er utledet av hovedfaren og representerer en mer spesifisert beskrivelse av selve hendelsen som kan inntreffe, og som i verste fall kan lede til flere mulige slutthendelser – listet som konsekvenser (f.eks. kollisjon med kai).
- **Farekilder** beskriver opprinnelse av forskjellige farer som kan utløse en topphendelse. Ulike farekilder kan føre til samme topphendelse (f.eks. tap av fremdrift).

4.1 Steg 1: Identifisering av konsekvenskategorier

Valg av relevante konsekvenser er viktig for identifisering av relevante hovedfarer og topphendelser, men skaper også en felles forståelse for hvilket fokus som skal være førende for analysen. Konsekvenskategoriene må fastlegges før analysen, slik at vurderingen skjer på en konsistent og enhetlig måte. Konsekvenskategoriene ansett som mest relevant for prosjektet er beskrevet i Tabell 2, og viser at konsekvensene kan påvirke menneske, fartøy og infrastruktur, miljø og omdømme.

Tabell 2: Konsekvenskategorier med foreslått alvorlighetsgradering

| Konsekvenskategori | Beskrivelse av risiko |
|-------------------------|---|
| Menneske | Menneskeliv går tapt eller at skader oppstår. Inkluderer passasjerer, mannskap om bord, personal som bistår under nødsituasjoner eller andre personer som på en eller annen måte kommer i kontakt med fergen. Det kan være aktuelt med bruk av forskjellige alvorlighetsgrader som f.eks. tap av ett eller flere liv, alvorlig eller lettere skade på en eller flere personer. |
| Fartøy og infrastruktur | Risikoen består av at fartøy, andre trafikanter/båter/kaier og/eller terminal går tapt eller blir skadet. Forventet skadeomfang kan måles ulikt, for eksempel gjennom forventet tap av pengeverdi. Gradering av tap kan være nyttig for å sammenligne konsekvenser som resultat av ulike farekilder. |
| Miljø | Hendelser kan medføre skader på miljø gjennom utslipp eller fysisk ødeleggelse. Risiko kan beskrives gjennom forventet skade/ødeleggelse og kan uttrykkes gjennom pengeverdi. |
| Omdømme | Inntruffet hendelse påvirker omdømme til operatør og/eller drift av autonome skip generelt i negativ forstand. Påvirkes dermed av alvorlighetsgrad ved de nevnte konsekvenskategorier (menneske, fartøy og infrastruktur, miljø). |

4.2 Steg 2: Valg av hovedfarer og topphendelser

Med utgangspunkt i gjennomførte HAZID workshops, og med øvrige innspill fra næringen og tilgjengelig litteratur, identifiserte prosjektet fem ulike farer som er ansett som mest kritisk for å kunne ivareta et tilstrekkelig sikkerhetsnivå ved lav- eller ubemannede passasjerferger. Disse ble definert som **hovedfarer** (se Tabell 3), og gir innspill til topphendelser. Prioritering av hovedfarene er basert på bruker-casene og ut fra erfaringer som prosjektgruppen innehar i henhold til farer for små og mellomstore passasjerferger.

Topphendelser er ofte beskrevet som selve hendelsen, med både bakenforliggende årsaker og flere mulige slutthendelser/konsekvenser av varierende sannsynlighet (Lloyd's Register, 2017). Topphendelsen plasseres derfor i midten av bow-tien og beskriver den relevante hendelse med kontekst. Sammenhengen mellom hovedfare og topphendelse er illustrert ovenfor i Figur 5, hvor topphendelsen står i midtpunktet til bow-tie diagrammet. Ved anvendelse av rammeverket på andre bruker-case, eller andre fokusområder (ref. ulike konsekvenskategorier), kan andre hovedfarer eller topphendelser enn de som er beskrevet være mer relevant. For eksempel er en hovedfare brann, mens topphendelsen i bow-tien er brann i salongen under overfart.

Første hovedfare "Evakuering" kan, i tillegg til å være en topphendelse i seg selv, også være en konsekvens av en annen topphendelse. For eksempel kan brann være en topphendelse hvor konsekvensen er evakuering. Selve evakueringen og redning blir dermed ansett som et svært kritisk faresenario. Derfor er det viktig å sette selve hendelsen i fokus, for nettopp å belyse hvordan man best mulig kan unngå eller håndtere en inntruffet hendelse.

Tabell 3: Hovedfarer og topphendelser

| # | Hovedfare | Topphendelse |
|---|--|--|
| 1 | Evakuering | Evakuering av ferge og redning av passasjerene som en nødvendig følge av en annen topphendelse (f.eks. brann i batterirom, kollisjon med annet skip, etc.) |
| 2 | Brann | Brann i a) Maskinrom, b) Batterirom, c) Salong, d) Dekk, e) Terminal |
| 3 | Mann over bord | En passasjer som faller i vannet, eller forpliktelse om å bistå andre personer som oppdages drivende i vannet. |
| 4 | Kollisjon/ grunnstøting | Kollisjon med infrastruktur, andre skip, fritidsbåter, øvrige aktiviteter knyttet til rekreasjon på vann, grunnstøting, etc. |
| 5 | Øvrige passasjer- relaterte hendelser | Medisinske behov, vanskelige og/eller farlige passasjerer, klem- og brannskade. |

4.3 Steg 3: Utvalg av farekilder

Med utgangspunkt i definerte hovedfarer og topphendelser, identifiseres farekilder i steg 3 fra tre definerte hovedgrupper (**Tabell 4**): Menneskelige, organisatoriske, operasjonelle farekilder, og Teknologiske farekilder.

De identifiserte farekildene er nærmere beskrevet i kapittel 5. Noen av undergruppene har fokus på menneskelige og operasjonelle forhold, mens andre er mer teknologisk orientert. Disse er ment som støtte for å identifisere farer som er relevant for en valgt topphendelse. Derfor er det nødvendig at de farekilder som er beskrevet i dokumentet tilpasses farescenarioet for analyse (dvs. sammenheng mellom topphendelse, bruker-case og konsekvenskategorier). De identifiserte farekildene danner utgangspunktet for steg 4 (identifikasjon

av preventive barrierer). Det er også viktig å påpeke at noen av farekildene kan kontrolleres eller gjøres noe med, andre er mer ukontrollerbare som eksempelvis vær og vind, eller eksterne bidragsyttere som ikke nødvendigvis kan styres av andre.

Når man identifisert farekilder, må man også bestemme risikonivået. Risiko i denne sammenheng er en grov kategorisering basert på erfaring og kunnskap til deltakere i HAZID workshop som skal utføres. Risikoen er en kombinasjon av forventede konsekvenser og den tilhørende sannsynlighetsvurderingen. Det anbefales å bruke kategorier som støtte for denne vurderingen.

Tabell 4: Farekilder – hoved- og undergrupper

| # | Farekilder |
|---|---|
| Menneskelige, organisatoriske, operasjonelle farekilder | |
| 1 | Passasjerer og mannskap |
| 2 | Samhandling |
| 3 | Evakuering og øvrige sikkerhetskritiske |
| Teknologiske farekilder | |
| 4 | Kommunikasjon |
| 5 | Navigasjons- og styringssystem |
| 6 | Fartøy |

4.4 Steg 4: Identifikasjon av preventive barrierer og tiltak

Steg 4 i rammeverket omhandler identifisering av mulige preventive barrierer og tiltak (dvs. sannsynlighetsreducerende), og man befinner seg på den venstre siden i bow-tie diagrammet. Diagrammet er et viktig hjelpemiddel i en slik prosess, da det kommuniserer godt og bidrar til gode diskusjoner. Som støtte for identifisering av mulige barrierer og tiltak har prosjektet etablert en oversikt, gjengitt i detalj i kapittel 6. Valg av aktuelle barrierer og tiltak tar utgangspunkt i de relevante og mest kritiske farekildene som ble identifisert i steg 3 (se også detaljert oversikt over identifiserte farer i kapittel 5). Et tilsvarende oppsett vist i Tabell 5 kan anvendes til dette formålet, for nettopp å skape en tydelig kobling mellom fare og preventive barrierer og tiltak, dvs. hvilke sannsynlighetsreducerende barrierer som kan hindre at en fare eskalerer og dermed at en tophendelse utløses.

Tabell 5: Sannsynlighetsreduserende tiltak

| | Farekilder | Preventive barrierer |
|--|---|--|
| Menneskelige, Organisatoriske og Operasjonelle | Identifiser organisatoriske, menneskelige og operasjonelle farer. <i>(F.eks. Lavt rekkverk/ utilstrekkelig avsperring mot sjø => mann over bord)</i> | <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <i>F.eks.: Fysisk avsperring mot sjø, både om bord og ved terminal.</i> </div> Identifiser sannsynlighetsreduserende barrierer relatert til de kartlagte farekildene. |
| Teknologiske | Identifiser tekniske og teknologiske farer. <i>(F.eks.: Tap av/ redusert fremdrift => kollisjon med skip)</i> | <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <i>F.eks.: Redundant fremdriftssystem.</i> </div> |

Kritiske farekilder forstås i denne sammenheng som de farer som etter prosjektets vurderinger med høy sannsynlighet kan inntreffe, men også de farer med lavere sannsynlighet hvor den uønskede konsekvensen er høyest.

Tabell 5 viser hvordan ulike farer relaterer til de 3 tre hovedgruppene av farekilder, men også sammenhengen mellom de ulike farene og aktuelle preventive barrierer. Sistnevnte er tiltak som ansees å faktisk bidra til å redusere sannsynligheten for at en tophendelse inntreffer. Kapittel 6 beskriver mulige preventive barrierer og tiltak i mer detalj, men merk at disse må tilpasses til bruker-case, og farescenario (topphendelse og fokus) som analyseres.

Det er viktig å bemerke at ved beskrivelse av barrierer og tiltak så beskrives også designkriteriene til disse. I form av RRF (risiko reduserende faktor) beskriver man hvor effektiv en løsning skal være og dermed minske sannsynligheten for at en uønsket hendelse inntreffer (dvs. tophendelsen). SIL (Safety Integrity Level) går blant annet på påliteligheten til barrieren/tiltak. Hverken RRF eller SIL er nærmere diskutert i denne rapporten.

Barrierene og tiltakene som er presentert kom fram gjennom diskusjon og arbeid med de to bruker-casene i AutoSafe prosjektet. Derfor er de ikke fullstendige, og andre barrierer og tiltak kan være relevante for det bruker case og farescenario som er under betraktning.

4.5 Steg 5: Identifikasjon av reaktive barrierer og tiltak

Tabell 6: Konsekvensreducerende tiltak

| | Reaktive barrierer | Konsekvens |
|--|---|---|
| Menneskelige, Organisatoriske og Operasjonelle | <p>Identifiser organisatoriske, menneskelige og operasjonelle reaktive barrierer. (F.eks. Fartøy i "stand-by" og bruk av redningsutstyr om bord. Varsling av nødetat.)</p> | <p>F.eks.: Nedkjøling, drukning.</p> |
| Teknologiske | <p>Identifiser tekniske reaktive barrierer. (F.eks. Skipstekniske tiltak for ivaretagelse av rest-stabilitet – etter kollisjon med skip)</p> | <p>F.eks.: Deler av skip blir utilgjengelig grunnet vanninntrengning.</p> |

Tilsvarende steg 4, velger man i steg 5 hvilke reaktive barrierer og tiltak som skal beskytte mot uønskede konsekvenser gitt at en tophendelse har inntruffet (f.eks. brann i maskinrom). Disse befinner seg på den høyre siden av bow-tie diagrammet. Tabell 6 viser et tilsvarende skjema som Tabell 5, og de definerte hovedkategoriene³ av ulike farekilder benyttes også her for å strukturere og dokumentere sammenheng mellom farekilde, fare og konsekvensreducerende tiltak og barrierer.

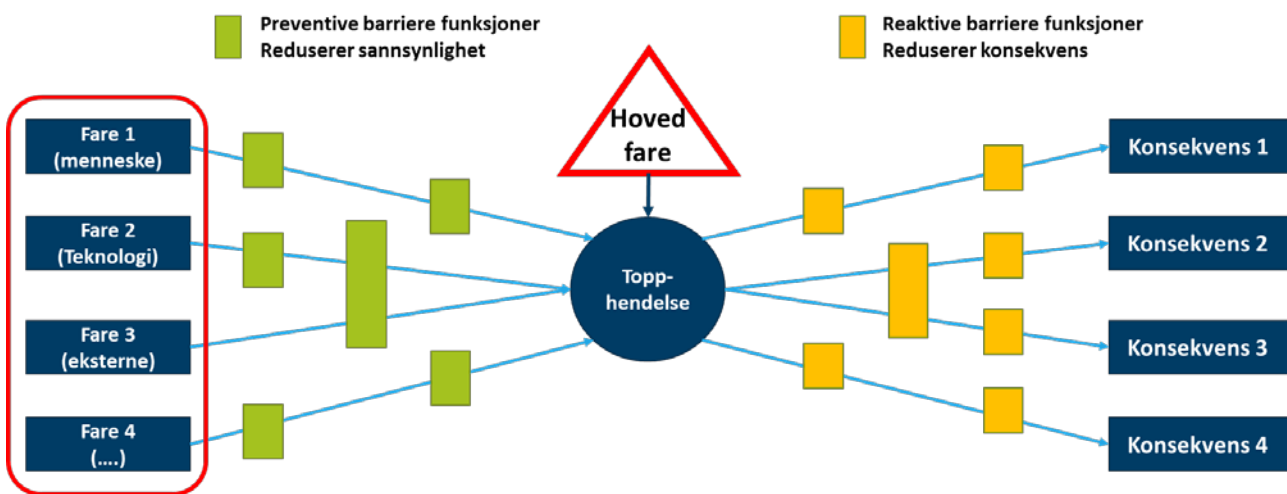
De ulike kategoriene må ansees som faktorer som kan påvirke hendelsesforløp, og hvordan man kan redusere effekten av innflytelse fra disse. I kolonnen "Reaktive barrierer" noterer man barrierer og tiltak som skal minske effekten ved en uønsket

tophendelse. I kolonnen "Konsekvens" noteres mulig utfall dersom ulike barrierer brytes eller tiltak ikke strekker til. Listen med relevante konsekvenser, se Tabell 2, er ment for bruk når den høyre siden av bow-tie diagrammet skal defineres. I kapittel 7 er det listet en rekke konsekvensreducerende tiltak som kan være behjelpelig for identifisering av mer konkrete barrierer og tiltak.

³ i) menneskelige, organisatoriske og operasjonelle områdene, ii) teknologiske, og iii) eksterne faktorer.

5 Farekilder

Basert på resultatene fra HAZID workshopene ble de identifiserte farekildene organisert i ulike grupper og undergrupper etter inndelingen som vist i Tabell 4, og hvor dette kapitlet gir en detaljert beskrivelse av hver enkelt av disse. Kapitlet gir dermed nyttig veiledning når aktuelle farer ved (autonom) sjøbasert passasjertransport skal identifiseres og dokumenteres (Figur 7). Innholdet danner også et viktig utgangspunkt for identifisering av aktuelle sannsynlighetsreducerende tiltak og barrierer, hvorpå disse er gjengitt i kapittel 6. Det understrekes at de dokumenterte farene for hver enkelt farekilde representerer sjøbasert passasjertransport generelt, og er heller ikke ment å være uttømmende. Dette er gjort fordi aktuelle farer vil variere fra bruker-case til bruker-case (f.eks. lengde på rute, antall bemanning om bord, fartsområde, grad av autonomi).



Figur 7: Bow-tie diagram og farekilder

5.1 Menneskelige, organisatoriske og operasjonelle farekilder

Undergruppene organisert under farekildegruppe menneskelige, organisatoriske og operasjonelle farekilder er: (1) passasjerer og mannskap, (2) samhandling, og (3) evakuering og øvrige sikkerhetskritiske farer.

5.1.1 Passasjerer og mannskap

Denne farekildegruppen omhandler farer som er relatert til passasjerer og mannskap. Det vil si farer som kan oppstå grunnet menneskelige begrensninger eller svikt, feil eller mangelfulle prosedyrer, eller bevist utførte handlinger. Slike kan oppstå om bord i fartøyet under overfart, så vel som ved av- og påstigning. Farer knyttet til ulike situasjoner med mann-over-bord er også inkludert.

Tabell 7: Farekilder passasjerer og mannskap

| # | Farekilder – passasjerer og mannskap |
|-----|--|
| 1.1 | Passasjerer med uforutsette medisinsk behov (hjertestans, illebefinnende, anfall og bevissthetstap, etc.). |
| 1.2 | Passasjerer med utilsiktet eller uberegnelig oppførsel – utagerende og/eller ruspåvirket. |

| # | Farekilder – passasjerer og mannskap |
|------|---|
| 1.3 | Mangelfull håndtering av (eller evne til å håndtere), personer med bevegelseshemming og barn. |
| 1.4 | Passasjerer i sjokk og/eller med irrasjonelt reaksjonsmønster (f.eks. ved tilløp til brann). |
| 1.5 | Passasjer/mannskap faller i vannet ("Mann over bord" observert og ikke observert). |
| 1.6 | Klemskader for mannskap og passasjerer (særlig av- og påstigning). |
| 1.7 | Manglende kontroll på antall personer om bord (og hva de bærer med seg). |
| 1.8 | Stress grunnet lav bemanning, mannskap har for mange oppgaver som må håndteres parallelt. |
| 1.9 | Manglende kontroll på hva passasjerer har med om bord som kan være farlig. |
| 1.10 | Manglende kompetanse (for eksempel i kontrollsenter, medisinsk ekspertise, teknisk ekspertise). |
| 1.11 | Utilstrekkelig informasjon til/opplæring av både passasjerer og bemanning. |
| 1.12 | Mangelfulle prosedyrer og ansvarskart ved definerte sikkerhetskritiske hendelser (f.eks. brann, tapt stabilitet, evakuering, mann over bord). |
| 1.13 | Bruk av åpen ild om bord (inkl. røyking). |
| 1.x | <i>Andre farekilder</i> |

5.1.2 Samhandling

Undergruppen samhandling dekker farekilder som er viktig når dialogen mellom mennesker og/eller ulike organisasjoner skal håndteres, både interne og eksterne (f.eks. mellom fartøy, kontrollsenter eller redningstjeneste). Eksempelvis vil det være viktig at eksternt redningspersonell kan kommunisere med passasjerer om bord i en ubemannet passasjerferge som befinner seg i en uønsket tilstand. Samhandling er også viktig med tanke på håndtering av uønskede hendelser (ledelse og gjennomføring), og dermed hvilke prosedyrer som skal følges. Generelt sett bør slike nødprosedyrer klart definere hvem som er ansvarlig ved ulike hendelser, og klargjøre ansvarsfordeling mellom involverte aktører i transportsystemet. Overordnet sett er derfor farekildene knyttet til ukoordinert situasjonsforståelse, og manglende evne til koordinert samspill mellom involverte aktører.

Tabell 8: Farekilder samhandling

| # | Farekilder – samhandling |
|-----|--|
| 2.1 | Ukoordinert samhandling mellom RCC, autonomt fartøy, og med rednings- og nødetater. |
| 2.2 | Tap av mulighet for kontrollsenter til å fjern-assistere autonomt fartøy. |
| 2.3 | Mangelfullt og dårlig forankret planverk for beredskap. |
| 2.4 | Begrenset mulighet til å midlertidig koordinere redningsaksjon opp mot farkoster og personer i nød (f.eks. fartøyets sensorer detekterer ikke egne eller andre forulykkede). |
| 2.5 | Språk og kulturelle barrierer mellom kontrollsenter og passasjerer om bord i autonomt fartøy (f.eks. døve passasjerer, ikke engelskspråklige passasjerer). |
| 2.6 | Ulik situasjonsforståelse mellom fartøy og kontrollsenter. |
| 2.7 | Manglende samhandling mellom mannskap og passasjer (f.eks. ved brann, evakuering, vanninntrenging). |
| 2.8 | Overbelastet rolle for bemanning ved sikkerhetskritiske hendelser. |
| 2.x | <i>Andre farekilder</i> |

5.1.3 Evakuering og øvrige sikkerhetskritiske farekilder

Evakuering og redning er plassert under hovedgruppe eksterne farekilder, og er veiledende i prosessen med identifisering av farer som er viktig å forstå under en evakuering og/eller redningsprosess. Disse er av både operasjonell og teknisk art, og gir dermed innspill til hvilke designkrav som bør tilfredsstilles.

Tabell 9: Farekilder evakuering- og sikkerhetskritiske hendelser

| # | Farekilder – evakuering- og øvrige sikkerhetskritiske |
|------|---|
| 3.1 | Evakuering igangsettes til feil tidspunkt (for tidlig eller sen evakuering). |
| 3.2 | Manglende forståelse for tidsbruk ved evakuering. |
| 3.3 | Klemskader ved utsetting av evakueringsutstyr (f.eks. flåte). |
| 3.4 | Utilstrekkelig opplæring og potensielt feil bruk av redningsutstyr om bord. |
| 3.5 | Manglende beskjed fra kontrollsenter eller mannskap om når evakuering skal iverksettes. |
| 3.6 | Manglende forståelse for (eller oversikt over) behovet for å assistere passasjerer under en kritisk hendelse (f.eks. brann, vanninntrenging og evakuering). |
| 3.7 | Manglende koordinering av en evakuering og/eller redning (f.eks. mellom passasjerer og kontrollsenter, men også ekstern redningstjeneste). |
| 3.8 | Mann over bord ifm. entring av evakueringsløsning. |
| 3.9 | Hardt vær og håndtering av sikkerhetskritisk hendelser (f.eks. evakuering ved kraftig vind, store bølger, tåke, mørke). |
| 3.10 | Utilstrekkelige evne til å assistere eksternt forulykkede (eksempelvis livløs person i sjøen). |
| 3.11 | Blokkert rømningsvei. |
| 3.12 | Menneskelige feil ved kontrollsenter som reduserer muligheten til fjernassistanse ved sikkerhetskritisk hendelse. |
| 3.13 | Manglende mulighet for autonomt (lav/u-bemannet) fartøy til å bistå andre fartøy/farkoster i nød. |
| 3.14 | Tåke, regn, snø, eller lignende som forstyrrer sensorer. |
| 3.x | <i>Andre farekilder</i> |

5.2 Teknologiske farekilder

De tre undergruppene som er plassert under farekildegruppen teknologi er: (1) kommunikasjon og teknisk, (2) navigasjon, og (3) fartøy. Denne gruppen dekker faktorer som har betydning for hvordan fartøyet skal kunne seile trygt, samt hvordan fartøyet kan overvåkes, opereres og kontrolleres fra et kontrollsenter.

5.2.1 Kommunikasjon og teknisk

Undergruppen dekker farekilder som kan oppstå grunnet problemer med kommunikasjon, bortfall av kommunikasjon, samt bevisste handlinger som har til hensikt å angripe kommunikasjons- og tekniske løsninger. Kritiske sensorer bør derfor kartlegges og mulige *fall-back*- eller redundante systemer vurderes.

Tabell 10: Farekilder kommunikasjon og teknisk

| # | Farekilder – kommunikasjon og teknisk |
|------|---|
| 4.1 | Tap av kommunikasjon mellom fartøy og RCC. |
| 4.2 | Tap av/feil på data og sensorer (f.eks. på sensorer for dokking, navigasjon, deteksjon av brann eller vanninntrenging). |
| 4.3 | Manglende tilgang på data for etablering av situasjonsforståelse (for skipets autonomisystem og kontrollsenter). |
| 4.4 | Feil på ladeinfrastruktur. |
| 4.5 | Tapt mulighet for kommunikasjon over PA-anlegg og via skjermer om bord. |
| 4.6 | Mangelfull kunnskap vedr. ulike om bord-systemer, deres kapasiteter, og hvordan de kan betjenes. |
| 4.7 | Manglende forståelse for tilgjengelig landbasert kommunikasjons- og teknisk infrastruktur. |
| 4.8 | Feil og nedetid ved kontrollsenteret. |
| 4.9 | Dataangrep rettet mot fartøy eller kontrollsenter. |
| 4.10 | Teknisk feil ved installert automatisk slukkesystem for brann (f.eks. feil på sensor for utløsning). |
| 4.x | <i>Andre farekilder</i> |

5.2.2 Navigasjon- og styringssystem

Denne undergruppen er rettet mot funksjonelle farekilder som kan oppstå under navigasjon og manøvrering. Navigasjonsrelaterte farer er viktig å dekke da de påvirker fartøyets evne til å navigere og manøvrere på en sikker måte.

Tabell 11: Farekilder navigasjons- og styringssystem

| # | Farekilder navigasjons- og styringssystem |
|-----|---|
| 5.1 | Bortfall av autonomisensorer og påfølgende feil/bortfall i autonomisystemet. |
| 5.2 | Feil på maskineri og tap av/reduert fremdrift. |
| 5.3 | Ufullstendig situasjonsforståelse (f.eks. manglende forståelse av trafikkbilde i operasjonsområde). |
| 5.4 | Manglende deteksjon av mindre farkoster og (delvis) flytende objekt (f.eks. padlere, fritidsbåter). |
| 5.5 | Feil på system for dynamisk posisjonering eller annen løsning for trygg manøvrering. |
| 5.6 | Fartøyet holder for stor fart inn mot kai. |
| 5.7 | Ikke overholdelse av COLREG (International Regulations for Preventing Collisions at Sea), også av øvrige fartøy (kilde: imo.org). |
| 5.x | Andre farekilder |

5.2.3 Fartøy

Fartøysrelaterte farekilder er også viktig å belyse, og også for denne undergruppen kan noen farer påvirkes av farer som er identifisert i andre grupper. Eksempelvis vil det være behov for kommunikasjon med fartøyet dersom vi skal kunne fjernstyre lukking av vandører etc.

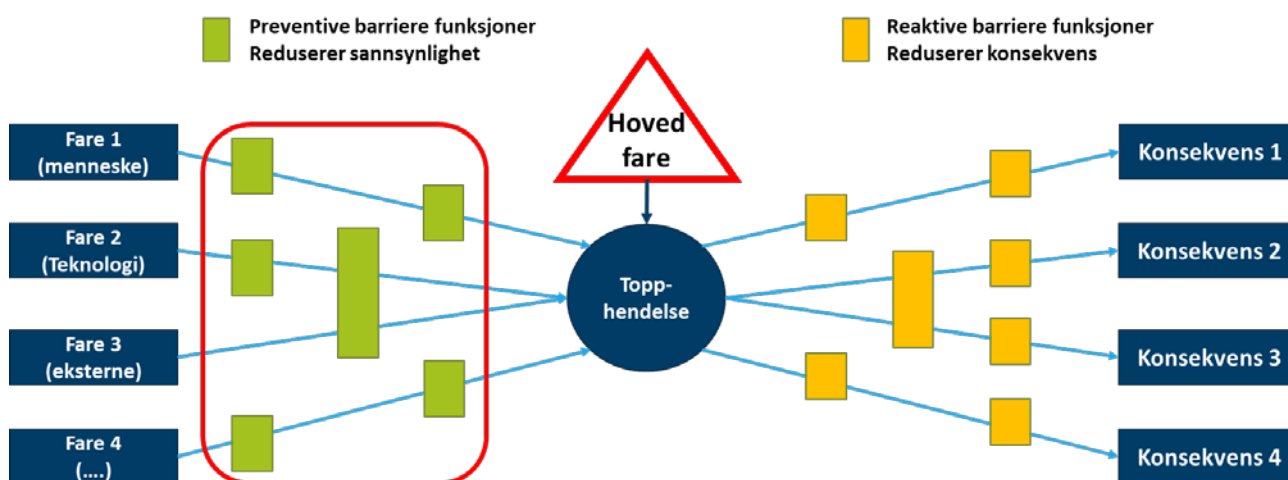
Tabell 12: Farekilder fartøy

| # | Farekilder fartøyet |
|------|--|
| 6.1 | Vanninntrengning, lekkasjer, og skade på skrog oppdages ikke eller for sent. |
| 6.2 | Rednings- og bergingsutstyr er skadet og lar seg ikke benytte under en hendelse. |
| 6.3 | Kollisjon/grunnstøting med påfølgende vanninntrengning. |
| 6.4 | Sammenstøt med kai eller med molo/infrastruktur ifm. Manøvrering til- eller fra kai. |
| 6.5 | Kortslutning i teknisk utstyr i salong, energirom, maskinrom (brann/røykutvikling) |
| 6.6 | Svikt i sikker kobling mellom båt og landinfrastruktur/gangbro ved dokking. |
| 6.7 | Feil på MRT-funksjon (Minste Risiko Tilstand). |
| 6.8 | Feil på ventilasjonsanlegg og påfølgende dårlig luftkvalitet/utlufting av skadelige stoffer ved f.eks. brann. |
| 6.9 | Feilkonstruksjon av fartøy (f.eks. salongens utforming gjør evakuering unødvendig komplisert, eller isolering av brann fungerer ikke etter hensikten). |
| 6.10 | Tapt mulighet til fjernstyring av sensorer, vandører og luker. |
| 6.11 | Utilstrekkelig energikapasitet på fartøyet for planlagt seilas. |

| | |
|-----|----------------------------|
| # | Farekilder fartøyet |
| 6.x | <i>Andre farekilder</i> |

6 Preventive og sannsynlighetsreducerende tiltak

Formålet med en Pre-HAZID er å etablere en oversikt over aktuelle farekilder og uønskede hendelser som kan ha en utløsende eller forsterkende effekt mot en mulig topphendelse. En slik oversikt benyttes så for identifisering av potensielle barrierer og tiltak av preventiv art, og dermed en sannsynlighetsreducerende effekt mot de identifiserte topphendelsene. Det kan være design av selve skipet og dets arrangement, sikkerhetsløsninger/utstyr om bord, mulig tilleggsutstyr, prosedyrer, eller tilbud knyttet til opplæring. Figur 8 viser at en preventiv barriere kan være koblet til en spesifikk farekilde, eller koblet til flere. Dette kapittelet oppsummerer de barrierer og tiltak som er identifisert av prosjektet i lys av de definerte bruker-casene, og er dermed ikke ment å være fullt ut dekkende. Samme inndeling som for kapittel 5 er lagt til grunn også for dette kapittelet, med sammenfallende hoved- og undergrupper.



Figur 8: Farekilder og preventive barrierer

6.1 Menneskelige, organisatoriske og operasjonelle

Tabell 13: Preventive barrierer og tiltak for farer tilknyttet passasjerer og mannskap

| # | Beskrivelse barrierer og tiltak |
|-----|--|
| 1.1 | Utforming av ombord- og avstigningsområde som hindrer skader, herunder ivaretagelse av universell utforming (f.eks. klemskader, person i vann). |
| 1.2 | Innføre rutiner for trygg og effektiv av- og påstigning. Inkludert innføring av automatisk telling av passasjerer kombinert med slusesystem ved kaianlegg. |
| 1.3 | Innføre prosedyrer/rutiner for identifisering av personer/grupper med høy sannsynlighet for uforutsette hendelser. |

| # | Beskrivelse barrierer og tiltak |
|-----|---|
| 1.4 | Installere systemer for overvåking av passasjerer om bord (f.eks. at passasjerer oppholder seg i salong). |
| 1.5 | Eliminere mulighet til å gå ut på dekk, evt. etablering av høyt rekkverk som ivaretar inn- og utsikt. |
| 1.6 | Gode rutiner og implementerte løsninger for informasjon til passasjerer om bord og ved terminal (f.eks. nødplakater og informasjonsskjermer). |
| 1.7 | Innføre krav til sikkerhetsklarering av mannskap om bord og personell ved kontrollsenter. |
| 1.x | <i>Andre sannsynlighetsreduserende barrierer og tiltak</i> |

Tabell 14: Preventive barrierer og tiltak for farer tilknyttet samhandling

| # | Beskrivelse barrierer og tiltak |
|-----|--|
| 2.1 | Etablere prosedyrebeskrivelser med klare ansvarsforhold, som også brukes i opplæring og øvelse (f.eks. hvem er ansvarlig om bord, hvem tar beslutning om evakuering, hvordan og hvem påkaller ekstern bistand/redningsassistanse. Planverk må også inneholde tidsbruk for mobilisering, samt plan for hvordan situasjonsforståelsen formidles mellom de ulike aktørene). |
| 2.2 | Innføre klare retningslinjer for kommunikasjon mellom passasjerer, sikkerhetsbemanning og RCC. |
| 2.3 | Kunngjøre informasjon via PA-anlegg, informasjonsskjermer og nød-plakater (fler-språklig). |
| 2.4 | Installere toveis kommunikasjonsløsning mellom skip og land (intuitivt brukergrensesnitt). |
| 2.5 | Etablere felles rutiner for varsling mellom skip, kontrollrom og aktuelle beredskapstjenester. |
| 2.x | <i>Andre sannsynlighetsreduserende barrierer og tiltak</i> |

Tabell 15: Preventive barrierer og tiltak for farer tilknyttet evakuering- og øvrige sikkerhetskritiske

| # | Beskrivelse barrierer og tiltak |
|------|---|
| 3.1 | Utvikle aktuelle MRT/Fall-back løsninger (f.eks. hold posisjon og avvent bistand fra nødetat/beredskapstjeneste, gå til nærmeste kai eller nødhavn). |
| 3.2 | Ha teknisk løsning, systemer og rutiner for å få hjelp ved behov for nødslep. |
| 3.3 | Utarbeide rømningsveier også for kantret fartøy. |
| 3.4 | Kartlegging av tilgjengelige ressurser og redningsutstyr som kan bistå dersom en nødsituasjon skulle inntreffe (f.eks. søsterfartøy, øvrige fartøy i nærområdet eller beredskapsaktører). |
| 3.5 | Installere alarm om bord med lys/lyd. |
| 3.6 | Innføre evakueringsløsning som ikke krever behov for posisjonering/justering etter at den er utløst (ref. fjerne behov for linjeføring ved bruk av flåte). |
| 3.7 | Installere redundans for kritiske sikkerhetsløsninger (f.eks. evakuering, brannslukking, etc., hvor universell utforming er ivaretatt). |
| 3.8 | Etablere MRT slik at passasjerene kan unnvære og forlate skip (dvs. designe skip med "safe haven", slik at bruk av evakueringsflåte ikke er nødvendig). |
| 3.9 | Utvikle bedre og enklere design av personlig redningsutstyr, med universell utforming/ design som er god og enkel. Reduserer fare for feil bruk i stressede situasjoner. |
| 3.10 | Utvikle evakueringskapsel som integrert del av skipet, med universell utforming. |

| | |
|------|--|
| 3.11 | Innføre rutiner for operasjon i dårlig vær, tilpasset aktuell bemanningsprofil (ref. operasjonsgrenser). |
| 3.12 | Innføre rutiner (MRT/Fall-back) som trer i kraft når sensorer ikke kan se godt (f.eks. tåke, snø). Må være koblet til klare prosedyrer og rutiner. |
| 3.x | <i>Andre sannsynlighetsreduserende barrierer og tiltak</i> |

6.2 Teknologiske

Tabell 16: Preventive barrierer og tiltak for farer tilknyttet kommunikasjon og teknisk

| # | Beskrivelse barrierer og tiltak |
|-----|---|
| 4.1 | Innføre redundans i kommunikasjonsutstyr for ivaretagelse av uavbrutt kommunikasjonsmulighet. |
| 4.2 | Installere meldeknapp for sikkerhetsrelaterte hendelser om bord, lignende "Nødstop" (dvs. enkel aktivering av ulike MRT). |
| 4.3 | Innføre sikring av systemene basert på aktuelle konkrete trusler og standarder (ref. datasikkerhet). |
| 4.4 | Installere overvåking av skip, system og del-systemer under operasjon ("kommende" krav i security standarder). |
| 4.5 | Utvikle redundans i sensorer og andre aktuelle løsninger for å unngå «single point of failure». |
| 4.6 | Innføre preventivt vedlikehold av kritiske systemer (f.eks. brann og røykvarsling). |
| 4.x | <i>Andre sannsynlighetsreduserende barrierer og tiltak</i> |

Tabell 17: Preventive barrierer og tiltak for farer tilknyttet navigasjons- og styringssystem

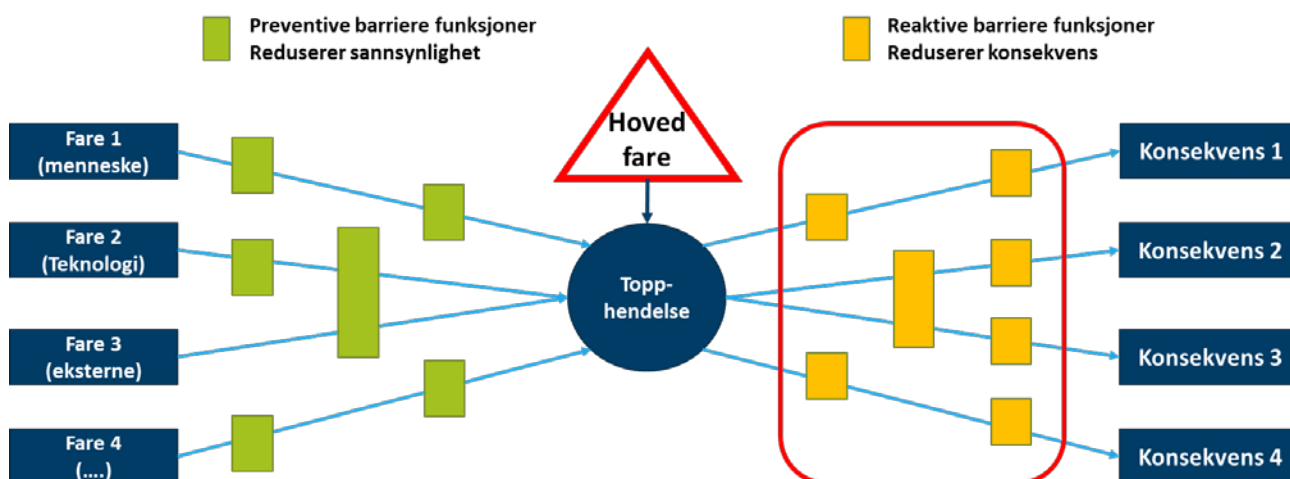
| # | Beskrivelse barrierer og tiltak |
|-----|--|
| 5.1 | Innføre navigasjonsløsningene som er uavhengig, og som har redundans (f.eks. mulighet til å styre skipet lokalt/fjernstyrt). |
| 5.2 | I samarbeid med RCC - vurdere iverksetting av aktuell MRT/fall-back (f.eks. gå til nærmeste (nød)havn). |
| 5.3 | Innføre prosedyrer for bruk av eksternt utstyr (f.eks. droner som kan sendes ut til fartøyet for å benyttes til situasjonsforståelse og navigasjon av fartøy). |
| 5.4 | Innføre «geofence»-soner korrelert med fart og retning (digital fartsbegrensning). |
| 5.5 | Innføre muligheter for støtte fra infrastruktur for å unngå kollisjon der kontroll/operasjons-senter bistår med overvåking for økt situasjonsforståelse. Innføre og muliggjør at RCC tar midlertidig kontroll over navigasjon/manøvrering. |
| 5.x | <i>Andre sannsynlighetsreduserende barrierer og tiltak</i> |

Tabell 18: Preventive barrierer og tiltak for farer tilknyttet fartøy

| # | Beskrivelse barrierer og tiltak |
|-----|--|
| 6.1 | Installere sensorer som utløser stenging av vanntette skott. |
| 6.2 | Anvendelse av brannhemmende materiale |
| 6.3 | Utvikle skip som ikke kan synke slik at passasjerene kan være trygge om bord. |
| 6.4 | Installere (Semi-)automatisk slukkesystem – vanntåke (Deluge). |
| 6.5 | Etablere lukket rom med reduserte/ingen faktorer som "mater" brann (f.eks. reduksjon/fjerning av oksygen). |
| 6.6 | Etablere brannsikker sone i salong (sikker mot flamme, røyk og gass). |
| 6.7 | Installere høysensitive sensorer for tidlig-identifisering av brann- og røykutvikling. |
| 6.8 | Utvikle skipsdesign – gitter foran dyser/propell for å unngå kuttskader ved sammenstøt med person i vann. |
| 6.9 | Installere løsning for utlufting av skadelig røyk og gasser ved brann, som også er tilgjengelig for passasjerer. |
| 6.x | <i>Andre sannsynlighetsreduserende barrierer og tiltak</i> |

7 Reaktive og konsekvensreduserende tiltak og barrierer

Dette kapittelet oppsummerer reaktive barrierer og tiltak identifisert av prosjektet. Hovedformålet er å foreslå aktuelle barrierer og tiltak som kan redusere eller eliminere uønskede konsekvenser *etter* at en gitt tophendelse har inntruffet. Tilsvarende som for preventive og sannsynlighetsreduserende tiltak (kap. 6), er oversikten ikke ment å være fullt ut dekkende slik at case-spesifikke vurderinger må gjøres.


Figur 9: Reaktive barrierer for reduksjon av konsekvens

7.1 Konsekvensreducerende tiltak for menneskelige, organisatoriske og operasjonelle farekilder

Tabell 19: Konsekvensreducerende tiltak for passasjerer og mannskap

| # | Barriere og tiltak beskrivelse |
|-----|--|
| 1.a | Effektiv berging av funksjonshemmede/personer med ekstra behov: Sikre universell utforming, men også vurdere tiltak som overgår spesifiserte krav. Prosedyrer, plan og hjelpemiddel må kunne håndtere forskjellige utfordringer, som panikk hos enkeltpassasjerer, dødsfall, og bevegelsehemming, som alle kan være en fare for effektiv evakuering. |
| 1.b | Effektiv koordinering av bergingssituasjon: Prosedyrer og teknologiske løsninger for hvordan kontrollsenter og mannskap/passasjerer skal kunne assistere ekstern redningstjeneste, herunder etablering av kontaktperson/skadedestleder for berging av folk fra fartøy som kan gi assistanse underveis. Unngå overbelastning av mannskapsrollen for å forhindre unødvendig stressnivå (f.eks. ofte krever få personer mye av tilgjengelig tid fra mannskap/redningspersonell). |
| 1.c | Iverksette effektiv og riktig bruk av redningsutstyr: Gode prosedyrer og veiledere må utarbeides for å sikre at passasjerer får god rettleiding for bruk av redningsutstyr, som at redningsvest bæres riktig. Husk funksjonshemming, språk og kulturelle barrierer kan være faktorer som kan gå ut over effektiviteten. SAMME SOM 3.i |
| 1.d | Tydelige og praktisk rettede beslutningspunkter: Klare beslutningspunkter for når passasjerer skal evakueres, da en evakuering ofte medfører større risiko enn å forbli om bord. |
| 1.e | Iverksette evakuering til riktig tid: Sikre at passasjerer kommer seg raskt fra båt i nød uten hinder. Etablering av barrierer for å hindre mann-over-bord, samt gode rutiner for bruk av personlig redningsutstyr som intuitivt er lett å anvende. Trening av driftsorganisasjon for når evakuering skal gjennomføres, gjerne sammen med bergingsetater. |
| 1.f | Kontroll på antall personer om bord: Teknologisk løsning som gir rask oversikt over hvem som er om bord og hvor de befinner seg. |
| 1.g | Iverksette prosedyrer for effektiv håndtering av kritiske hendelser: Sikre effektiv håndtering av kritiske situasjoner og rask gjeninntakelse av kontroll. Prosedyrene skal ta hensyn til økt stress hos passasjerer og mannskap, noe som kan påvirke gjennomførings- og vurderingsevne for trygg og effektiv håndtering av situasjon. |
| 1.h | Iverksette behandling av skade: Etablere gode løsninger for tilgang til førstehjelpsutstyr for behandling av skader på mannskap/passasjerer (f.eks. illebefinnende og klemskader ifm. ombordstigning, evakuering, ved lineføring for posisjonering av redningsflåte, etc). TeleMed og/eller assistanse fra kontrollsenter bør vurderes. Andre hensyn som bør vurderes er behandling av kuttskader fra propell. |
| 1.i | Iverksette effektiv redning av folk i vannet: Gode løsninger som gjør det mulig å hente folk opp fra vannet. Det kan være flere behov som må vurderes, fra å hente opp folk som er tilsynelatende livløse fra vannet til de som har muligheten til å klatre opp en leder i skutensiden. Et tiltak kan være å fjernoperere en redningsbøye bort til person i havet, inkludert førstehjelp for å motvirke nedkjøling/hypotermi. |
| 1.j | Iverksette effektiv varsling til passasjerer: Gode veiledere og informasjonsråd bør gis til passasjerer før nød-utstyr anvendes. Eksempelvis bør informasjon instrueres til passasjerer i forkant av bruk, som |

| | |
|-----|---|
| | ved bruk av vanntåke. Informasjonen bør opplyse om at dette er helt ufarlig, men gir opplevd kuldefølelse som kan være ubehagelig for noen passasjerer. |
| 1.x | <i>Andre konsekvensreducerende barrierer og tiltak</i> |

Tabell 20: Konsekvensreducerende tiltak – Samhandling

| # | Barriere og tiltak beskrivelse |
|-----|---|
| 2.a | Iverksette effektiv samhandling: Det bør utarbeides klare prosedyrer for samhandling dersom en kritisk hendelse inntreffer. Hvordan skal samhandling mellom kontrollsenter og bergingsassistanse gjøres, hvordan gi tilgang til båtens teknologi for bergingsetater, og hvordan kan felles situasjonsforståelse best formidles? Samhandlingen må være dekkende for berging av eget fartøy så vel som rutiner for hvordan fartøyet kan anvendes når andre er i nød. Bør legges til grunn for øvelser. |
| 2.b | Iverksette effektiv assistanse ved hendelser: Utarbeide gode treningsrutiner og prosedyrer som skal anvendes under en hendelse. Treningen bør gis til de som sitter på kontrollsenteret, men også trening sammen med redningsetater må påregnes. I dette ligger også fokuset på varslingsrutiner til redningsetater og trafikk for øvrig. |
| 2.c | Iverksette effektiv assistanse til passasjerer: Samhandlingen mellom kontrollsenter og fartøy bør planlegges hvor god informasjon og instruksjoner formidles. Et viktig aspekt ved trening er f.eks. knyttet til hvordan rettlede passasjerer under en evakuerings prosess (dvs. ivaretagelse av "crowd control"). |
| 2.d | Iverksette samhandling med annen trafikk: Planverk for hvordan fartøyet skal samhandle med øvrig trafikk må utarbeides. Det vil komme tilfeller hvor COLREG ikke kan følges, hvordan kan dette gjøres og hvilke prosedyrer må iverksettes? |
| 2.e | Rutiner og prosedyrer for å sikre mulig assistanse fra passasjerer Assistanse fra passasjerer for innhenting av situasjonsforståelse og øvrige avhjelpende tiltak. |
| 2.x | <i>Andre konsekvensreducerende barrierer og tiltak</i> |

Tabell 21: Konsekvensreducerende tiltak – evakuering- og sikkerhetskritiske hendelser

| # | Barriere og tiltak beskrivelse |
|-----|--|
| 3.a | Prosedyrer og løsninger for evakuering og redning av eget fartøy/ egne passasjerer: Lage gode retningslinjer for håndteringen av kollisjon, grunnstøting, vanninntrenging etc. |
| 3.b | Etablere løsning for enkel bording av autonomt skip, dersom eksternt aktør har behov for å komme om bord i fartøy. Vurder også god informasjon om og fra fartøyet som lett kan nås av eksterne, som nødetater. |
| 3.c | Prosedyrer og løsninger for assistanse av eksterne fartøy: Lage gode retningslinjer for hvordan det autonome fartøyet, samt kontrollsenteret, kan assistere eksterne hendelser. Det bør også vurderes om eget fartøy kan benyttes til å innhente situasjonsforståelse fra andre fartøy. |
| 3.d | Utarbeide løsninger og prosedyrer for nødslep: Utarbeide teknologi som gjør det enkelt å kunne slepe fartøyet. Dette kan være å skyte ut en slepeline som annet fartøy kan benytte seg av. Tilsvarende bør det være mulig å kunne benytte fartøyet til å taue eksterne fartøy. |

| | |
|-----|--|
| 3.e | Enkel tilgang til og mobilisering av flåte/livbåt/redningsutstyr. Utarbeide designløsninger som tillater økt integrasjon av redningsutstyret i skipet. |
| 3.f | Prosedyrer for evakuering via helikopter: Utarbeide gode retningslinjer for hvordan passasjerer og mannskap best mulig kan evakueres via helikopter. |
| 3.g | Sikre fartøysoperasjoner ved berging i dårlig vær: Det bør utarbeides retningslinjer for fartøysoperasjoner ifm. håndtering av hendelser i dårlig vær. Fartøyets kapasiteter bør vurderes opp mot værvindu. Også tilgang til terminaler og dokking av fartøy i dårlig vær må planlegges for. Været gjør eksempelvis evakuering og berging vanskelig og assistanse fra eksterne både utfordrende og mer tidkrevende. |
| 3.h | Rapportering av eksterne skader: Det må utarbeides rutiner for hvordan kontrollsenters og fartøys innhentet informasjon om materielle skader- eller feil på infrastruktur som terminaler eller navigasjonsobjekter. |
| 3.i | Rapportering av annen trafikk eller hendelser i området: Det må utarbeides rutiner for hvordan kontrollsenters og fartøys innhentet informasjon om hendelser, planlagt vedlikehold, eller ekstraordinær trafikk som kan påvirke en seilas. |
| 3.x | <i>Andre konsekvensreducerende barrierer og tiltak</i> |

7.2 Konsekvensreducerende tiltak for Teknologiske farekilder

Tabell 22: Konsekvensreducerende tiltak – kommunikasjon og teknisk

| # | Barriere og tiltak beskrivelse |
|-----|--|
| 4.a | Kartlegge og innhente assistanse fra kontrollsenters: Teknologiske muligheter for både fjernstyring og assistanse fra kontrollsenters. Dette kan være assistanse til navigasjon, støtte til passasjerer og mannskap, samt bistå med koordinering ved kritisk hendelse. |
| 4.b | Etablere delt situasjonsforståelse: Robuste løsninger for tilgang til sensorer og teknologiske løsninger/systemer som RCC kan anvende, herunder både land- og fartøysbaserte. Systemene må gi tidligvarsel ved feil og ved tap av informasjon til navigasjon. |
| 4.c | Redundante løsninger for kritiske systemer: Deler av sikkerhetssystem kan bli slått ut/deaktivert, enten ved feil eller ved bevisste handlinger. Det er viktig å planlegge for hvordan "reserveløsninger" kan anvendes. Eksempelvis må retningslinjer for å innhente informasjon fra forskjellig teknologier lages, eksempelvis dersom fartøyets kamera feiler hvordan det visuelle da kan formidles til kontrollsenters. |
| 4.d | Aktivere fjernbetjening av kritisk utstyr: Kontrollsenters bør ha mulighet til å fjern-operere kritisk utstyr, (f.eks. utløsning slukkeanlegg og utstyr til evakuering). |
| 4.e | Iverksette involvering av ekstern assistanse ved å gi tilgang til fartøyets teknologi: F.eks. sikre beredskapsenheter tilgang til fartøyets PA-anlegg for direkte informasjon/kommunikasjon med passasjerer. |

| | |
|-----|---|
| 4.f | Iverksette varslings til annen trafikk: Fartøyet må kunne formidle til annen trafikk at det er et autonomt fartøy og har begrensninger. Det er viktig å kunne formidle både i form av lyssetting av fartøy, så vel via PA-anlegg og via VHF, og som AIS-objekt. Dersom fartøyet er i en degradert tilstand, må dette spesielt kunne formidles til annen trafikk og infrastruktur. Også tidsberegninger må kunne gis, eksempelvis tidsbruk frem til strandsettingsområde dersom det er aktuelt. |
| 4.x | <i>Andre konsekvensreducerende barrierer og tiltak</i> |

Tabell 23: Konsekvensreducerende tiltak navigasjons- og styringssystem

| # | Barriere og tiltak beskrivelse |
|-----|---|
| 5.a | Iverksette feilretting av skipets navigasjonssystem: Utarbeidelse av retningslinjer og redundant teknologi som muliggjør fjernnavigasjon fra kontrollsenter. Dersom kontroll ikke oppnås må fartøyet selv gå over i egnet MRT (f.eks. holde posisjon). |
| 5.b | Varsling om avvik iht. ruteplan: Dersom fartøyet seiler etter fast tidsplan, men avviker fra denne, så må dette formidles. |
| 5.c | Navigasjonsretningslinjer ved hendelser: Utarbeide retningslinjer for håndtering av fartøyet ved kollisjon eller grunnstøting. |
| 5.d | Aktivisering av aktuelle MRT-er som er aktuelle for samtlige topphendelser. |
| 5.x | <i>Andre konsekvensreducerende barrierer og tiltak</i> |

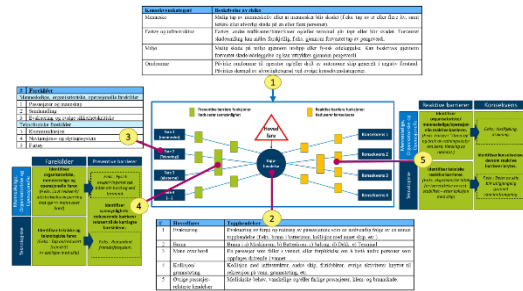
Tabell 24: Konsekvensreducerende tiltak – fartøy

| # | Barriere og tiltak beskrivelse |
|-----|---|
| 6.a | Situasjonsforståelse ved hendelser: Utarbeide prosedyrer og sjekklister for kartlegging av fartøyets tilstand som skal anvendes ved kollisjon med annet fartøy, kollisjon med objekter eller infrastruktur, grunnstøting, vanninntrenging, brann, etc. Her må teknologien gi informasjon som grunnlag for en beslutning. Også bruk av passasjerer til å innhente informasjon må lages rutiner for. Da vil samhandling mellom kontrollsenter og passasjerer være nødvendig. |
| 6.b | Prosedyrer for synkende fartøy: Dersom en hendelse er så alvorlig at det er fare for at båten synker, må evakuering iverksettes så raskt og effektivt som mulig. Det vil da være behov for å effektivt varsle nødetater og annen trafikk i området som kan assistere. Også styring av passasjerer til riktig evakueringsområde må gjøres. Før evakueringen iverksettes er det også viktig å kartlegge fartøyets stabilitet slik at dette blir hensyntatt under en evakuering. Enkelte områder på båten kan bli utilgjengelig, dette må formidles slik at evakueringen gjøres så effektivt som mulig (redningsutstyr på feil side vs. vanninntrengning etc.). |
| 6.c | Prosedyrer for skadet skip: Konsekvensene for en skade på fartøy må kunne forstås før en beslutning tas. Retningslinjer og forståelse for omfang må innhentes både fra tilgjengelig teknologi så vel som fra observasjoner av mennesker. |
| 6.d | Prosedyrer for feilretting og betjening av alarmer: Falske alarmer fra sensorene om bord i et fartøy kan oppstå. Det er viktig at disse alarmene bekreftes som reelle før konsekvensreducerende tiltak iverksettes. |

| | |
|-----|--|
| 6.e | Utarbeide løsninger som berger fartøyet: Eksempel på nye løsninger kan være "airbag" rundt båten for ivaretagelse av nødvendig oppdrift/flyteevne, samt airbag i kai dersom fartøyet kolliderer med kai i høy hastighet. Skumfylling i alle voider og fylling mellom passasjerdekk og skrog. Tiltak som sikrer passasjersalong ved brann. |
| 6.f | Utarbeide designløsninger: Utarbeide sikre passasjerzoner, gjerne to seksjoner, som benyttes når det ene området ikke kan benyttes grunnet brann, vanninntrengning eller en annen hendelse. |
| 6.g | Utarbeide innovative skrogløsninger: Utarbeide skipskonsepter som er designet til å kunne håndtere utfordrende sjøtilstander og betydelig skader på skrog (ref. skumfylling i voider). |
| 6.h | Iverksette effektiv bekjempelse av skadeomfang røyk/brann: Teknologiske løsninger for å lede røyk bort fra passasjerseksjon for å unngå røykskader og inhalering av farlige gasser. Også førstehjelpsutstyr til behandling av brannskader bør være lett tilgjengelig. Førstefasen av behandling av brannskade om bord bør være del av veiledere. Tilrettelegge for bruk av telebasert medisinsk assistanse (TeleMed direkte til båt og passasjersone) er også viktig å vurdere. |
| 6.i | Påse at ventilasjonsanlegg for utlufting av røyk og skadelige gasser er aktivert. |
| 6.j | Manuell åpning av ventilasjonsluke |
| 6.k | Utarbeide løsninger for bekjempelse av batteribrann: Utarbeide løsning for å begrense skade/ sikre fortsatt fremdrift (f.eks. redundans i motorrom og batteri-rom, kortslutte ulike celler for å ta ned brann i skadete celler). |
| 6.x | <i>Andre konsekvensreducerende barrierer og tiltak</i> |

8 Eksempel på bruk av rammeverket

For å vise nytteverdi for en konkret bruker-case, gir dette kapittelet en praktisk gjennomgang av de ulike stegene i rammeverket. Dette med utgangspunkt i topphendelse brann om bord i en lavbemannet passasjerferge med operasjon i fartsområde 1.



8.1 Steg 1: Identifisering av konsekvenskategorier

Som konsekvenskategori er det i dette eksempelet fokusert på menneske, samtidig som konsekvenser knyttet til fartøy, infrastruktur og miljø også berøres.

| Konsekvenskategori | Beskrivelse |
|--------------------|---|
| Menneske | Risikoen består av at menneskeliv går tapt eller at mennesker blir skadet. Menneske inkluderer passasjerer, mannskap om bord, personal som bistår under nødsituasjoner eller andre personer som på en eller annen måte kommer i kontakt med fergen. Det kan være aktuelt med bruk av forskjellige alvorlighetsgrader som er forventet, for eksempel, tap av flere liv, tap av et liv, alvorlig skade på en eller flere personer, lett skade på en person. |

8.2 Steg 2: Valg av hovedfarer og topphendelser

Hovedfare og topphendelsen i dette eksempelet er henholdsvis **brann** og **2c - brann i salong** (ref. Tabell 3). Hendelsen kan føre til tap av liv og store skader på fartøyet, herunder evakuering og tap av fartøy.

| # | Hoved fare | Topphendelse beskrivelse |
|----|------------|-------------------------------|
| 2c | Brann | Brann i salong under overfart |

8.3 Steg 3: Utvalg av farekilder

Med utgangspunkt i det aktuelle scenarioet (dvs. brann i salong om bord i lavbemannet passasjerskip), er relevante farer hentet fra tabellene i kap. 5, altså de farer som kan ha en utløsende effekt mot, eller på annen måte kan forsterke selve topphendelsen.

| # | Identifiserte farer |
|---|---|
| Menneskelige, organisatoriske og operasjonelle farekilder | |
| 1.2 | Passasjerer med utilsiktet eller uberegnelig oppførsel – utagerende og/eller ruspåvirket. |
| 1.7 | Manglende kontroll på antall personer om bord (og hva de bærer med seg). |
| 1.8 | Stress grunnet overbelastet bemanningsrolle. |
| 2.1 | Ukoordinert samhandling mellom RCC, autonomt fartøy, og med rednings- og nødteater. |
| 2.5 | Språk og kulturelle barrierer (mannskap, passasjer, og RCC). |
| 2.6 | Ulik situasjonsforståelse mellom fartøy og kontrollsenters. |
| 3.2 | Manglende forståelse for tidsbruken ved evakuering. |

| | |
|-------------------------|--|
| 3.4 | Utilstrekkelig opplæring og potensielt feil bruk av redningsutstyr om bord. |
| 3.9 | Hardt vær og håndtering av sikkerhetskritisk hendelse (vind, store bølger, tåke, mørke). |
| 3.11 | Blokkert rømningsvei hindrer mulighet for evakuering til kai. |
| Teknologiske farekilder | |
| 4.1 | Tap av kommunikasjon mellom fartøy og RCC. |
| 4.2 | Feil på data og sensorer for deteksjon av brann. |
| 4.10 | Teknisk feil ved installert automatisk slukkesystem for brann |
| 6.5 | Kortslutning i teknisk anlegg/utstyr installert i salong. |
| 6.8 | Feil på ventilasjonsanlegg og dårlig utlufting av skadelige stoffer. |

8.4 Steg 4: Identifikasjon av preventive barrierer og tiltak

Figur 10 viser koblingen mellom de identifiserte farekildene og aktuelle barrierer av preventiv art. Merk at oversikten ikke må ansees som komplett, men mer som et eksempel på anvendelse av selve rammeverket.

| | Farekilder | Preventive barrierer |
|---|---|---|
| Menneskelige, organisatoriske, operasjonelle. | <p>Passasjerer og mannskap:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1.2) Passasjer med utilsiktet hensikt (ulovlig bruk av åpne ild). (1.7) Manglende oversikt over antall passasjerer (hva de bærer med seg). (1.8) Stress grunnet overbelastet bemanningsrolle. <p>Samhandling:</p> <ul style="list-style-type: none"> (2.1) Ukoordinert samspill mellom skip, RCC og ekstern redningstjeneste. (2.5) Språk og kulturelle barrierer (mannskap og passasjerer). (2.6) Ulik situasjonsforståelse mellom fartøy til og RCC. <p>Evakuering og øvrige sikkerhetskritiske:</p> <ul style="list-style-type: none"> (3.2) Manglende forståelse for tidsbruk ved en evt. evakuering. (3.4) Utilstrekkelig opplæring og potensielt feil bruk av redningsutstyr. (3.9) Hardt vær (f.eks. vind, store bølger, tåke, mørke). (3.11) Blokkert rømningsvei. | <p>Passasjerer og mannskap:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1.3) Sikkerhetspersonell som avviser synlig/overstadig berusede og personer som kan utgjøre en sikkerhetsmessig trussel. (1.4) Kamera om bord for overvåking av salong. <p>Samhandling:</p> <ul style="list-style-type: none"> (2.1) Trening av mannskap basert på klare prosedyrer. (2.3) Flerspråklig informering over PA-anlegg, skjermer og nød-plakater. <p>Evakuering og øvrige sikkerhetskritiske:</p> <ul style="list-style-type: none"> (3.5) Alarm om bord med lys/lyd. (3.7) Redundans i form av aktuelle redningsveier. (3.12) Klart definerte prosedyrer med fordeling av ansvar- og oppgaver, inkl. aktuelle MRT/Fall-back. |
| Teknologiske | <p>Kommunikasjon og teknisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> (4.1) Tap av kommunikasjon mellom fartøy og RCC. (4.2) Feil på data og sensorer for deteksjon av brann/røykutvikling. (4.10) Feil på installert automatisk slukkesystem for brann. <p>Fartøy:</p> <ul style="list-style-type: none"> (6.5) Kortslutning i teknisk anlegg/utstyr i salong. (6.8) Feil på ventilasjonsanlegg og dårlig utlufting av skadelige stoffer. | <p>Kommunikasjon og teknisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> (4.1) Redundans i kommunikasjonsutstyr. (4.5) Redundans av kritiske sensorer/løsninger. (4.6) Preventivt vedlikehold av system for brann og røykutvikling. <p>Navigasjon og styringssystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> (5.2) I samarbeid med RCC - vurdere iverksetting av aktuell MRT/fall-back (f.eks. gå til nærmeste (nød)havn). <p>Fartøy:</p> <ul style="list-style-type: none"> (6.2) Anvendelse av brannhemmende materiale. (6.6) Etablering av sikker sone om bord. (6.7) System for tidligidentifisering av brann- og røykutvikling. |

Figur 10: Farekilder ved brann i salong og aktuelle preventive barrierer

8.5 Steg 5: Identifikasjon av reaktive barrierer og tiltak

Som for steg 4 viser Figur 11 fremgangsmåten for steg 5, hvor aktuelle reaktive barrierer og tiltak fra kap. 7 er koblet mot en mer overordnet oversikt av mulige konsekvenser ved tilfelle brann i salong.

| | Reaktive barrierer | Konsekvenser |
|--|---|---|
| Mennekelige, organisatoriske, operasjonelle. | <p>Passasjerer og mannskap: (1.h) Iverksette behandling av mulige røyk- og brannskader. (1.j) Effektiv varsling og rettleiding/informering av passasjerer. Samhandling: (2.a) Effektiv samhandling mellom skip, kontrollrom og beredskapstjeneste. (2.c) Lede passasjerer til trygg del av salong (i samarbeid med RCC, samt bruk av lys- og lydsignaler). (2.e) Kartlegge mulig assistanse fra passasjerer. Evakuering- og øvrige sikkerhetskritiske: (3.c) Klargjøre for bording av fartøy (få redningstjeneste om bord). (3.e) Klargjøre for mobilisere evakueringsløsning.</p> | <p>Evakuering: - Evakuering må iverksettes => aktivering av evakueringsløsning og rettleiding av passasjerer.</p> <p>Passasjerer og mannskap (Menneske): - Personskade grunnet inhalering av skadelig røyk og gass. - Brannskader ved passasjer og mannskap. - Panikk og uberegnelig oppførsel (mannskap og passasjer). - Brann- og røykskade på personell fra beredskapsaktør.</p> <p>Fartøy og infrastruktur - Brannskadet fartøy - Fartøy stopper i farlig område (f.eks. nærme land under hardt vær) - Havari av fartøy</p> |
| Teknologiske | <p>Kommunikasjon og teknisk: (4.b) Etablering av delt situasjonsforståelse mellom skip, RCC og beredskapstjeneste. (4.c) Sikre at slukkesystem for brann utløses (f.eks. deluge). (4.f) Vurdere varsling av hendelse til andre skip i området. Navigasjons- og styresystem: (5.d) Iverksette aktuell MRT (f.eks. gå til nærmeste havn/kai). Fartøy: (6.h) Bekjempelse av brann og/eller røykutvikling (evt. også med håndholdt utstyr). (6.i) Påse at skadelig røyk/gass ledes ut av – og bort fra – fartøy. (6.j) Ved behov – manuell åpning/lukking av ventilasjonsluker ved behov.</p> | <p>Miljø: - Utslipp til luft og vann.</p> <p>Omdømme: - Tapet av omdømme for operatør, potensielt også tap av tillit til autonome transportløsninger til sjøs generelt.</p> |

Figur 11: Reaktive barrierer ved brann i salong og mulige konsekvenser

9 Videre arbeid

Som nevnt ansees rammeverket som et godt bidrag og hjelpemiddel for maritim næring involvert i utvikling av autonome løsninger for passasjertransport, spesielt med tanke på påkrevde pre-HAZID og HAZID i forbindelse med en godkjennelsesprosess opp imot Sjøfartsdirektoratet, herunder spesifikt punkt 7.2 i sirkulær RSV 12-2020 (Sjøfartsdirektoratet, 2020). En naturlig påbygning til dette arbeidet vil derfor være rettet mot følgende overordnede problemstillinger:

- Er det mulig å lage en standardisert tilnærming til etablering av CONOPS og/eller sikkerhetsfilosofi?
- Hvordan bør en "standardisert" prosess for utvikling av sikkerhets/ drifts- og vedlikeholds filosofi se ut?
- Hvordan risiko- analysere/vurdere et system/del-system hvor det er lite eller ingen erfaringsdata?
- Hvordan definere/konkretisere potensielle gap mellom eksisterende regelverk og nye tekniske løsninger?

10 Referanser

Lloyd's Register Consulting – Energy AS, (2017), Retningslinjer for kvantitative risikovurderinger for anlegg som håndterer farlig stoff, Rapport til Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), Rapportnr.: 106535/R1 Rev: Sluttrapport A.

Rausand, M., & Haugen, S. (2020). Risk Assessment. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119377351>

Rødseth Ø.J., Faivre J., Hjørungnes S.R., Andersen P., Bolbot V., Pauwelyn A.S., Wenersberg L.A.L. "AUTOSHIP deliverable D3.1: Autonomous ship design standards", Revision 1.0, June 2020.

Sjøfartsdirektoratet (2020), *Føringer i forbindelse med bygging eller installering av automatisert funksjonalitet, med hensikt å kunne utføre ubemannet eller delvis ubemannet drift*, Rundskriv – Serie V, RSV 12-2020.

Nettreferanser

IMO (International Maritime Organisation), COLREG - Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972 (COLREGs), Adoption: 20 October 1972; Entry into force: 15 July 1977, Hentet: <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/COLREG.aspx>

A Appendiks

A.1 Ulike grader av autonomi

Med utgangspunkt i NFAS (Norsk Forum for Autonome Skip) sine definisjoner (Rødseth og Nordahl, NFAS, 2017), gir Sjøfartsdirektoratet følgende definisjon av autonomi-grad i sitt rundskriv serie V – *Føringer i forbindelse med bygging eller installering av automatisert funksjonalitet, med hensikt å kunne utføre ubemannet eller delvis ubemannet drift* (Sjøfartsdirektoratet, 2020):

1. Beslutningsstøtte:
 - Beslutningsstøtte og rådgiving til mannskap, og hvor mannskap har direkte kontroll og ansvar for skipets bevegelser.
2. Selvstyrende:
 - Selvstyrende fartøy under kontinuerlig overvåking av operasjon med nødvendig driftskompetanse ombord og tilstedeværelse på bro. Alarmer påkaller oppmerksomhet fra driftsbemannning ved uforutsette hendelser.
3. Periodisk ubemannet:
 - Redusert bemanning, og som tilkalles bro gjennom alarmer, evt. ubemannet over flere dager. Kontrollsenter kan overta styring av fartøy, samt fungere som støttefunksjon dersom en nødsituasjon oppstår.
4. Ubemannet:
 - Kapabel til å operere helt ubemannet, men med mulighet til fjernstyring av operasjon fra kontrollsenter funksjon. Dette for å ivareta muligheten til å intervensjonere når operasjonelle begrensninger i systemet overskrides.
5. Fullt autonomt:
 - Kapabel til å operere helt ubemannet og uten overvåking fra land, dvs. en hel-autonom transportløsning hvor det operasjonelle systemet ombord tar egne beslutninger for gjennomføring av sikker operasjon.
 - Krever nødvendigvis ikke etablering av kontrollsenter funksjon.

A.2 Hovedkomponenter til et autonomt passasjerskipssystem

Beskrivelsen av et autonomt skipssystem ikke bare omfatter selve skipet, men også inkluderer systemer som inngår i den daglige og normale driften av skipet, og som kan tenkes å automatiseres ytterligere. I det følgende gis en beskrivelse av hver enkelt komponent og system (Rødseth, et al. 2020):

- **Det autonome skipet** er skipet med dets relevante ombordsystemer og nødvendig mannskap. Et slikt skip kan, avhengig av autonomigrad, operere med og uten en kontrollromfunksjon.
- **Det autonome kontrollsystemet – skip** består av skipets ombordsystemer for kontroll og overvåking, og utgjør grenseflaten mellom skipets del-system og mannskapet ombord. Systemet utgjør sammen med landbasert autonomt kontrollsystem det totale automasjonssystemet for passasjerskipet.
- **Mannskap** er personer om bord som har ansvar for navigasjon og ivaretagelse av personsikkerhet, hvor påkrevd antall og funksjon er svært avhengig av den operasjonelle konteksten og valgte løsning for det autonome skipet.
- **Kontrollrom funksjon** er fysisk lokalisert et annet sted enn på selve skipet, fortrinnsvis på land, og har som hovedoppgave å overvåke sentrale skipssystemer og skipets operasjon. Samtidig skal det også besitte både kapasitet og kapabilitet til å overta styringen av et skip, samt yte generell bistand ved en eventuell nødsituasjon (f.eks. koordinering mot nødetat og rederi, sikring av farled, etc.). Personellet i et slikt kontrollrom må besitte nødvendig kompetanse innen bl.a. navigasjon, systemforståelse i tilfelle behov for feilretting av del-system, og prosedyrer for kommunikasjon med øvrige aktører innen beredskap og havnemyndigheter generelt.

- **Driftsledelse skip** skal bistå skipet i dets daglige operasjon, tilsvarende den funksjon som et tradisjonelt rederikontor har per i dag ved konvensjonelle skipsoperasjoner. Merk at denne funksjonen kan samlokaliseres med kontrollrom funksjonen, men ikke nødvendigvis. Viktige støttefunksjoner er å bistå skipets mannskap omkring driftsrelaterte plikter og gjøremål, samt sikre kvalifisert bemanning, rotasjon av mannskap, innhente ekstra bemanning ved behov (f.eks. sykdom og ferieavvikling), forsyning av forbruksvarer og renhold. Driftsledelse skip kan også betjente flere ruter på tvers av oppdragsgivere og rederi.
- **Det autonome kontrollsystemet – land** er de kontroll- og automasjonsfunksjoner ved kontrollrom funksjonen.
- **Lokale sensorsystemer:** kan også plasseres på land, og ikke nødvendigvis kun ombord på skipet. Et slikt oppsett, hvor en legger hovedvekt på den landbaserte infrastrukturen, kan gi operasjonelle og kostnadmessige fordeler ved at flere fartøy og ruter kan basere seg på samme infrastruktur. Slike systemer kan bl.a. ha som hovedfunksjon å overvåke det omkringliggende miljø, og dermed være en viktig komponent for etablering av situasjonsforståelse.
- **Automatiserte havnetjenester** er de tjenester som et autonomt passasjerskip benytter til daglig drift. Være seg infrastruktur for tilførsel av energi, systemer for sikker dokking og ombordstigning, samt digitale løsninger for understøtting av presise skipsoperasjoner, særlig i forbindelse med dokking og avgang fra kai.
- **Planlagt beredskapstjeneste** er en viktig komponent utenfor selve skipssystemet, og som skal bistå det autonome skipet i tilfelle en kritisk situasjon oppstår. Spesielt i tilfeller hvor sikkerheten til passasjerer eller det omkringliggende miljø er truet, som f.eks. tilfeller med brann og røykutvikling, mann over bord, motor-stans og feil ved det automatiserte kontrollsystemet om bord.



Technology for a better society

www.sintef.no