

Rapport

Smartere transport – Møre og Romsdal: L2.2 Valg av autonomitetsgrad for fartøykonsept

Forfatter(e)

Even Ambros Holte, SINTEF Ocean

Lars Andreas Lien Wenersberg, SINTEF Ocean



SINTEF Ocean AS

Postadresse:
Postboks 4762 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 46415000Foretaksregister:
NO 937 357 370 MVA

Rapport

Smartere transport – Møre og Romsdal: L2.2 Valg av autonomitetsgrad for fartøykonsept

RAPPORTNR	PROSJEKTNR	VERSJON	DATO
OC2021 A-044	302004527-9	3.0	2021-09-13

EMNEORD:

Autonom sjøverts
passasjertransport,
State-of-the-Art,
anbefalt løsning,
fordeling av funksjoner
om bord – menneske og
maskin,
brukerperspektivet.

FORFATTER(E)

Even Ambros Holte, SINTEF Ocean
Lars Andreas Lien Wennersberg, SINTEF Ocean

OPPDRAKSGIVER(E)

Møre og Romsdal fylkeskommune

OPPDRAKSGIVERS REF.

Marte Berild Hjelle

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

39 + 7

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

ISBN

978-82-7174-415-1

SAMMENDRAG

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag for Møre og Romsdal fylkeskommune som del av prosjektet Smartere Transport – Møre og Romsdal.

Basert på en overordnet State-of-the-Art innen autonom sjøverts passasjertransport presenterer rapporten en anbefalt løsning med tanke på grad av autonomi for prosjektets to brukercase. Dette gjøres både i forhold til hva som er realistisk med utgangspunkt i dagens teknologiske løsninger, men også hva som ansees som realistisk frem mot 2030. Ulike gap som må lukkes for at de skisserte løsningene skal kunne realiseres presenteres også. Da i forhold til navigasjon og manøvrering, samt løsninger direkte knyttet til sikkerhetskritiske hendelser.

Rapporten bidrar også med innspill til hvordan funksjoner ombord tradisjonelle skip kan tenkes fordelt mellom menneske og automasjon på autonome skip og på kontrollsentere.

I tillegg belyses viktige føringer for løsningen sett fra brukerperspektivet. Disse føringene er basert på en tidligere utført brukerundersøkelse i regi av prosjektet.

**UTARBEIDET AV**

Even Ambros Holte



Even Ambros Holte (Sep 13, 2021 15:04 GMT+2)

KONTROLLERT AV

Ørnulf Jan Rødseth

**GODKJENT AV**

Lars Magne Nonås



Lars Magne Nonås (Sep 13, 2021 16:33 GMT+2)

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2021-08-04	Rapportutkast sendt for intern kvalitetssjekk.
2.0	2021-09-02	Ferdigstilt versjon oversendt oppdragsgiver for kommentarer.
3.0	2021-09-13	Endelig versjon oversendt oppdragsgiver.

Innholdsfortegnelse

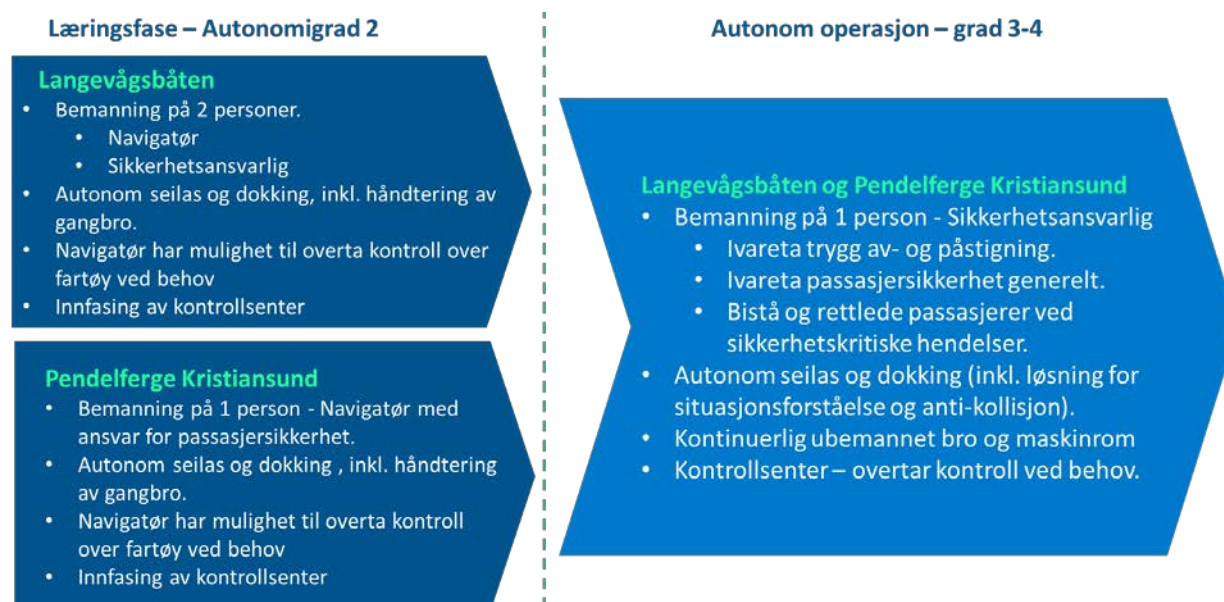
1	Sammendrag	4
2	Innledning	7
2.1	Prosjektbakgrunn	7
2.2	Brukercase	8
2.3	Rapportens omfang og avgrensninger	9
3	Metode	11
4	Anbefalt og realistisk grad av autonomi	12
4.1	State-of-the-Art.....	12
4.2	Anbefalt løsning for Langevågsbåten og Pendelferge Kristiansund	14
4.3	Forutsetninger for anbefalt løsning	18
5	Autonom operasjon - konsekvenser for bemanning og omkringliggende miljø	20
5.1	Vurderinger operasjonell fase 1 – 4	21
5.2	Vurderinger vedr. sikkerhetskritiske hendelser	25
6	Autonom sjøverts persontransport – synspunkter fra passasjerer	30
6.1	Etablering av tillitt hos brukerne	30
6.2	Kristiansund	31
6.3	Ålesund	31
6.4	Brukerperspektivet – oppsummert.....	31
7	Konklusjon og videre utviklingsbehov	32
8	Referanser	33
A	Appendiks	34
A.1	Notasjon for ansvarsmatriser knyttet til forskrifter.....	34
A.2	Ansvarsmatrise for bemanningsforskriften	34
A.3	Ansvarsmatrise for vaktholdsforskriften	35
A.4	Ulike grader av autonomi	35
A.5	Hovedkomponenter til et autonomt passasjerskipssystem	36
A.6	Styrker og svakheter ved ulike grader av autonomi	37
A.7	Ulike grader av autonomi og konsekvenser for det omkringliggende system	38

1 Sammendrag

Rapporten er utarbeidet på oppdrag for Møre og Romsdal fylkeskommune som del av prosjektet Smartere Transport – Møre og Romsdal, en av fem fylkeskommuner premiert i Samferdselsdepartementets konkurranse "Smartere transport i Norge". Hovedmålet har vært å fremskaffe en anbefaling hva gjelder realistisk grad av autonomi for persontransport på sjø. Dette med utgangspunkt i prosjektets to brukercase – Pendelferge Kristiansund og Langevågsbåten i Ålesund.

Innholdet er i stor grad basert på dybdeintervju og litteraturstudie. Når det gjelder dybdeintervju har prosjektet henvendt seg spesifikt mot personer som sitter i sentrale posisjoner ved ulike selskaper og organisasjoner. Dette er personer som har inngående kunnskap om teknologistatus og utviklingsbehov i tillegg til hva som kreves for at en autonom sjøverts persontransportløsning skal kunne realiseres. Prosjektet har vært i kontakt med aktører innen forvaltning (Sjøfartsdirektoratet) og industri, hvor sistnevnte omfatter særlig rederi og leverandører av teknologi og teknologiske løsninger innen navigasjon, manøvrering og passasjersikkerhet. Litteraturstudie er benyttet for å fremskaffe supplerende informasjon, samt status innen øvrige prosjekter av relevans.

Hva som er realistisk grad av autonomi, er avhengig av tilgjengeligheten til teknologiske løsninger og i hvilken grad disse er myndighetsgodkjent. I den forbindelse har prosjektet avdekket hva som er realistisk med dagens teknologi, men også utført vurderinger basert på en forventet teknologiutvikling frem mot 2030. Med dette som utgangspunkt kan man på kort sikt ikke forvente å realisere en løsning på et høyere nivå enn autonomigrad 2 (ref. NFAS definisjoner – Norsk Forum for Autonome Skip), men at man gjennom en læringsfase på 3-5 år kan utvikle begge brukercase til et nivå som tilsvarer en autonomigrad som ligger i skjæringspunktet mellom 3 og 4. En oversikt over de mest sentrale aspektene ved anbefalte løsninger er gjengitt i figur 1 nedenfor.



Figur 1: Anbefalt løsning – læringsfase og autonom operasjon

Anbefalt løsning representerer dermed en slags "trappetrinn" modell, hvor en forventet utvikling innen teknologi og teknologiske løsninger legges til grunn. Både i forhold til navigasjon og manøvrering, men også med tanke på passasjersikkerhet i tilfelle brann, evakuering eller mann-over-bord situasjon. En slik trinnvis tilnærming vil gjøre det mulig å bygge erfaringsbasert kunnskap og koble dette til utvikling av nye

teknologiske løsninger og operasjonelle prosedyrer - en suksessoppskrift hvor norsk maritim næring har en svært god historikk å vise til. Med forventet utvikling følger også noen sentrale forutsetninger for læringsfase og autonom operasjon:

Passasjersikkerhet	<p>Læringsfase: For at bemanningen som er indikert i læringsfasen skal kunne realiseres, forutsettes utvikling av nye løsninger innen passasjersikkerhet. Da fortrinnsvis innen brann, evakuering og mann-over-bord, og at disse utformes på en slik måte at et likeverdig sikkerhetsnivå kan opprettholdes selv med redusert sikkerhetsbemanning.</p> <p>Autonom operasjon: Nødvendige sikkerhetsløsninger for overgang til autonom operasjon krever kontinuerlig videreutvikling, og for denne fasen forutsettes det at disse er verifisert og kommersielt tilgjengelige.</p>
Automatisk dokking Ladeløsning Løsning for sikker ombordstigning	<p>Læringsfase: Eksisterende løsning for automatisk dokking implementeres basert på krav til bemannet bro, mens utforming av løsning for trygg og effektiv fortøyning av skipet, integrert med aktuell ladeløsning, må videreutvikles fra konseptstadiet og antas kommersielt tilgjengelig innen oppstart av læringsfasen. Herunder inkludert løsning for sikker ombordstigning.</p> <p>Autonom operasjon: Løsning for dokking av selve skipet inkludert løsning for ombordstigning videreføres til fasen med autonom operasjon, mens skipets automatiske dokking system må videreutvikles og verifiseres slik at skipet kan operere uten kontinuerlig bemannet bro.</p>
Automatisk overfart ved bemannet bro Automatisk overfart ved ubemannet bro	<p>Læringsfase: Eksisterende løsning for automatisk overfart implementeres basert på krav til bemannet bro, hvor bemanningen har mulighet til å overstyre automasjonen – og dermed navigasjonen og manøvreringen av skipet – ved behov. Gjennom læringsfasen forutsettes det at pågående utviklingsarbeid for etablering av verifisert løsning for situasjonsforståelse fortsetter, herunder nødvendige aktiviteter for utvikling av robuste løsning for objekt deteksjon og kollisjonsunngåelse. Dette arbeidet vil innbefatte fullskala tester, hvor en kan se for seg at begge brukercasene tar del i utviklingen.</p> <p>Autonom operasjon: Verifisert løsning for automatisk overfart forutsettes kommersielt tilgjengelig, og dermed mulighet for operasjon uten kontinuerlig bemannet bro.</p>
Energi- og fremdrifts-system	<p>Læringsfase og autonom operasjon: Løsninger for fjernovervåking av energi- og fremdriftssystem er kommersielt tilgjengelig, og har mulighet for selv-retting av mindre feil (f.eks. re-start av maskineri). Her legges det til grunn en naturlig videreutvikling i form av funksjoner for feilretting og systemovervåking.</p>
Relevant kompetanse	<p>Læringsfase og autonom operasjon: For både læringsfase og autonom operasjon legges det til grunn at bemanning om bord må besitte relevant kompetanse i form av navigatør og lett-matros/sikkerhetsansvarlig, hvor sistnevnte er ansvarlig for ivaretagelse av sikker av- og påstigning, samt generell ivaretagelse av passasjerer under overfart. Dette er også gjeldene for operatører ved kontrollrom, som i tillegg må ha spesialkompetanse innen fjern-operasjon av skip.</p>
Kontrollrom	<p>Læringsfase og autonom operasjon: For læringsfase kan begge brukercase innledningsvis realiseres uten kontrollrom, men det anbefales sterkt at en slik funksjon etableres så raskt som mulig. Da som delt ressurs mellom de ruter som skal betjenes. Dette for å høste erfaringsbasert kunnskap bl.a. knyttet til samhandling mellom involverte aktører. Et verdifullt aspekt når man går over til autonom operasjon i skjæringspunktet mellom grad 3 og 4, hvor etablering av kontrollrom fremstår som en nødvendighet.</p>

For læringsfase kan begge brukercase innledningsvis realiseres uten kontrollrom, men det anbefales sterkt at en slik funksjon etableres så raskt som mulig. Da som delt ressurs mellom de ruter som skal betjenes. Dette for å høste erfaringsbasert kunnskap bl.a. knyttet til samhandling mellom involverte aktører. Et verdifullt aspekt når man går over til autonom operasjon i skjæringspunktet mellom grad 3 og 4, hvor etablering av kontrollrom fremstår som en nødvendighet.

Sett fra brukerperspektivet antas mye av suksessen til en autonom sjøverts transportløsning å ligge i menneskelig nærvær, da dette ansees som en viktig og trygghetsskapende faktor. Brukere prosjektet har vært i kontakt med viser også betydelig tillitt til verifiserende myndighetsaktører, og deres rolle for å sikre at innfasing av nye teknologiske løsninger er trygge. Dette understreker behovet for å beholde en sikkerhetsansvarlig om bord flere år frem i tid.

Den anbefalte løsningen har på et overordnet nivå blitt presentert til Sjøfartsdirektoratet med hensyn til en tidligfase avsjekk og validering. Det må imidlertid bemerkes at disse samtalene på ingen måte kan og skal ansees som en formell validering, men heller en uformell avsjekk. En formell vurdering vil måtte gjennomføres på et tidspunkt hvor informasjonsgrunnlaget er videreutviklet og har en tilfredsstillende detaljgrad som etterspurt i direktoratets Rundskriv. Sistnevnte ligger utenfor prosjektets mandat, og må sees på som er videreføring av arbeidet fra prosjektet.

Det presiseres at planlagte prosjektaktivitet knyttet til vurderinger omkring kost-nytte i skrivende stund ennå ikke er gjennomført, og det derfor tas forbehold om at anbefalte løsning kan endres noe.

2 Innledning

Kapittel 2 introduserer de aktuelle brukercasene som er lagt til grunn for vurderingene knyttet til anbefalt grad av autonomi, rapportens omfang og avgrensning. Kapittel 3 beskriver metode før kapittel 4 presenterer anbefalt løsning og realistisk grad av autonomi. Herunder hva som kan betraktes som State-of-the-Art innen autonom sjøbasert passasjertransport, inkludert sentrale forutsetninger lagt til grunn. Deretter gir kapittel 5 en detaljert beskrivelse av hvordan anbefalt løsning påvirker fordelingen av funksjoner som følger med operasjon av passasjerskip, og dermed hvordan denne fordelingen vil kunne bli mellom menneske og automasjon. Dvs. hvilke funksjoner som teknologien skal ivareta, og hvilke som krever menneskelig interaksjon. I kapittel 6 inntas passasjerperspektivet og hva potensielle brukere vektlegger i forhold til bruk av en autonom sjøverts transportløsning.

2.1 Prosjektbakgrunn

Som beskrevet i Hovedprosjektplan ble Møre og Romsdal fylkeskommune som en av fem fylkeskommuner premiært i Samferdselsdepartementets konkurranse "Smartere transport i Norge", hvor hovedmålet er å: "Gjennomføre en mulighetsstudie for et helt nytt og banebrytende konsept for sømløs persontransport basert på autonome, sjøverts transportløsninger".

Basert på persontransportsystem for henholdsvis Ålesund (Langevågsbåten) og Kristiansund (Pendelferge), heter det at resultatene også skal være anvendbare for andre geografiske områder. I tillegg skal de være skalerbare med tanke på systemets kapasitet til å håndtere ulike trafikk- og reisemønstre (f.eks. variasjon i antall reisende over tid, rutevalg, reisevaner og reisemiddelfordeling). Det er også ønskelig at prosjektets løsninger skal kunne løftes over til utviklingen av autonome riksvegferger. Prosjekter består av totalt 4 arbeidspakker (WP'er), hvor fokus for denne rapporten er WP2 og aktivitet A2.2 (Tabell 1).

Tabell 1: Smartere transport - arbeidspakkestruktur

Arbeidspakke	Aktivitet
WP1 – Prosjektavgrensning	A1.1 Ståstedsanalyse
	A1.2 Beskrivelse av brukercase
WP2 Mulighetsstudie autonome fartøy	A2.1 Skalerbare fartøyskonsepter
	A2.2 Autonome/semi-autonome operasjoner
	A2.3 Framdrifts- og energisystem
	A2.4 Dokking, ombordstigning og evakuering
	A2.5 Ombordsystem og beslutningsstøtte for sikker operasjon
	A2.6 Kost-nytteanalyser
WP3 Landbasert digital og fysisk infrastruktur	A3.1 Landbasert kontrollrom
	A3.2 Sikker dokking og ombordstigning
WP4 Sikkerhet og beredskap	A4.1 Cyber security
	A4.2 Regulatoriske utfordringer
	A4.3 Sikre transportløsninger

Med utgangspunkt i hovedprosjektets målsetning og resultater fra del-aktivitetene A1.1 Ståstedsanalyse (Holte, et al., 2019), A2.1 Skalerbare fartøyskonsept (Borgen, et al., 2021), og de definerte brukercasene fra

A1.2 (Kleppe et al., 2019), presenterer denne rapporten en anbefaling av hva som er realistisk grad av autonomi for de respektive brukercasene. Dette legger betydelige føringer for utforming av selve transportløsningen, og påvirker dermed også flere andre aktiviteter i prosjektet. Bl.a. utforming kontrollrom, framdrifts og energisystem, løsning for sikker dokking og ombordstigning, ivaretagelse av passasjersikkerhet og regulatoriske utfordringer.

I tillegg til å gi en anbefaling vedr. realistisk grad av autonomi, belyses også ulike konsekvenser en mulig realisert løsning måtte ha. Spesielt i forhold til hvordan ulike funksjoner forbundet ved konvensjonell operasjon av passasjerskip vil måtte fordeles mellom automasjon, kontrollrom og bemanning om bord.

2.2 Brukercase

Prosjektet har i hovedsak definert to brukercase, ett for Ålesund og ett for Kristiansund, hvor prosjektrapporten L2.1 – Skalerbare fartøyskonsept, gir en mer utfyllende beskrivelse (Borgen, et al., 2021). Den kortfattede beskrivelsen av brukercasene nedenfor representerer de nye løsningene.

Brukercase Kristiansund – Pendelferge mellom Nordlandet og Kirkelandet

Foreslåtte pendelferge (rød linje) er en helt ny mobilitetsløsning for Kristiansund, og representerer en effektiv løsning for passasjertransport mellom Nordlandet og Kirkelandet (sentrum Kristiansund). En slik løsning vil potensielt gi et betydelig bidrag for å avlaste dagens veibaserte trafikk fra Nordlandet og omegn, og inn til Kirkelandet. Det presiseres at en slik løsning skal være et supplement til Sundbåten, da Pendelfergen er tenkt operert med høy frekvens og kort overfartstid.

- Skipskonsept: Pendelferge, saktegående
- Fartsområde: 1
- Passasjerkapasitet: 99

- Estimert seilingstid (rød linje): ca. 5 min.
- Estimert snutid: 5 min
- Seilingsdistanse: ca. 550 m.
- Estimert seilingshastighet: 5-8 knop



Illustrasjon: Møre Maritime

Brukercase Ålesund – Hurtigbåt Ålesund-Langevåg

Brukercase for Ålesund representerer en betydelig modernisering av eksisterende hurtigbåtsamband mellom Ålesund og Langevåg. Dagens rute er omtalt som en pendlerrute, noe analyser av passasjerstastikk gir et tydelig inntrykk av (Borgen, et al., 2021). Pågangen av passasjerer er størst om morgenen og på ettermiddagen. Det vil derfor være et betydelig behov for å opprettholde denne tjenesten også i fremtiden.

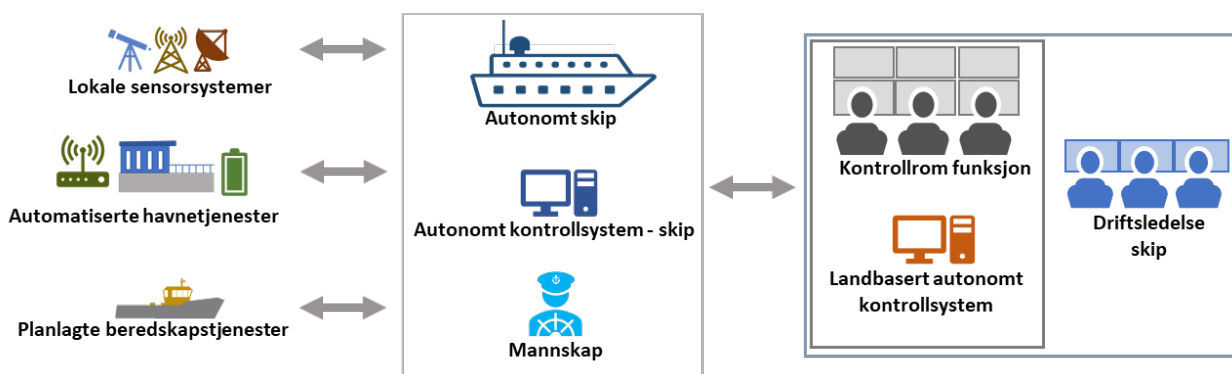
- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Skipsdesign: Katamaran, Hurtiggående • Fartsområde: 1 • Passasjerkapasitet: <ul style="list-style-type: none"> ○ 148 personer/ ○ 2 skip à 98 | <ul style="list-style-type: none"> • Estimert seilingstid: 10 minutter • Seilingsdistanse: 3,8 km • Estimert snutid: 5 min • Estimert seilingshastighet: +/- 20 knop |
|---|--|



Foto: Brødrene Aa

2.3 Rapportens omfang og avgrensninger

For at prosjektet skal være i stand til å anbefale en realistisk grad av autonomi for de to brukercasene, er det nødvendig med en tydelig definisjon av hva et autonomt skipssystem består av, samt en entydig definisjon av autonomigrader. 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.4. 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 i stedet for godstransport. Hovedkomponentene i det autonome skipssystemet er illustrert i Figur 2, hvor de grå pilene illustrerer hvilke komponenter det autonome skipet må forholde seg til, enten gjennom kommunikasjon eller fysisk interaksjon.



Figur 2: 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 planlagte beredskapstjenester som omkringliggende system.

Rapporten fokuserer hovedsakelig på følgende deler av det autonome skipssystemet, mens en mer detaljert beskrivelse av de ulike komponentene er gitt i Appendiks A.5:

- Det autonome skipet med tilhørende kontrollsystemer og eventuelle mannskap som er om bord.
- Kontrollrommets rolle som støtte til skipet.
- Interaksjon mellom skip og automatiserte havnetjenester, og spesifikt vedr. løsning for sikker dokking og ombordstigning med integrert lade-funksjon.
- Kommunikasjon mellom skip, kontrollrom og mannskap i nødsituasjoner.

Lokale sensorsystemer blir generelt ikke omhandlet, men det gis en overordnet beskrivelse av mulige løsninger for kommunikasjon. Funksjoner og oppgaver knyttet til skipets driftsledelse har ikke blitt vurdert eksplisitt.

Gjennom arbeidet med å utforme en anbefaling for realistisk grad av autonomi for de to brukercasene ble det identifisert et behov for å innføre en læringsfase *før* en autonom operasjon kan realiseres. Behovet ble identifisert gjennom samtaler med ulike teknologileverandører, og er i all hovedsak knyttet til mangel på verifiserte løsninger innenfor navigasjon og manøvrering (da spesielt løsninger for etablering av situasjonsforståelse), men også løsninger som muliggjør opprettholdelse av et likeverdig sikkerhetsnivå for personer om bord og omkringliggende miljø (se kapittel 4 for mer detaljer). Det er også slik at ved innføring av autonomi må man foreta en nærmere vurdering av hvordan nødvendige funksjoner om bord skal fordeles mellom teknologi og mennesket (dvs. hvilke funksjoner som teknologien skal ivareta, og hvilke som krever menneskelig interaksjon). Ettersom den autonome fasen representerer det største teknologispranget, men også antatt størst innvirkning for kost-nytte vurderingen, har prosjektet funnet det mest hensiktsmessig å fokusere arbeidet rundt vurderingene for den autonome fasen (se kapittel 5). Dette innebærer at læringsfasen kun er beskrevet på et overordnet nivå.

Ved redusert bemanning vil det også være et behov for å redefinere rollen om bord og evaluere hvilke nye kvalifikasjonskrav som stilles til sikkerhetsansvarlig. Kvalifikasjonskravene til sikkerhetsansvarlig vil måtte dekke opp gapene som eksisterer mellom ny teknologi som skal ivareta personsikkerhet, eksempelvis gjennom mer automatiserte evakueringsløsninger og tettere integrasjon mot beredskapstjenester. Prosjektet har ikke tatt stilling til hvordan kvalifikasjonskravene til sikkerhetsansvarlig dekkes av regelverk, men påpeker elementer av oppgaver som en sikkerhetsansvarlig vil måtte utføre i de ulike fasene av skipsoperasjonen, og kan dermed være et innspill til fremtidig utforming av kvalifikasjonskrav og tilhørende opplæringssystemer.

3 Metode

Rapportens innhold er basert på en kvalitativ analyse av informasjon som er innhentet gjennom offentlig tilgjengelige dokumenter og forskningslitteratur, informasjon som er innhentet spesifikt fra de to brukercasene og som ikke er offentlig tilgjengelig, samt gjennom semi-strukturerte intervjuer og samtaler med relevante teknologileverandører. I tillegg har det vært direkte samtaler med Sjøfartsdirektoratet. Intervjuprosessen ble gjennomført etter følgende steg:

1. Identifisering av aktuelle selskap og kandidater for intervju.
2. Identifisering av relevante spørsmål og utarbeidelse av intervjuguide. Dette for å sikre at sentrale problemstillinger og kartlegging av teknologistatus ble avdekket og belyst.
3. Gjennomføring av intervju med utgangspunkt i intervjuguiden.

Vurderinger knyttet til kontrollrom, navigasjon og maskineri er primært basert på intervjuer med teknologileverandører. Vurderinger knyttet til sikkerhetskritiske hendelser, fortrinnsvis evakuering, brann, grunnstøting og mann over bord, er basert på samtaler med rederi og en analyse og nedbrytning av dagens sikkerhetsinstrukser for et fartøy med operasjonsprofil av relevans. Sistnevnte analyse ble gjennomført med hensyn til hvilke oppgaver om bord som kan la seg automatisere, hvilke som kan automatiseres ytterligere, og hvilke oppgaver som fortsatt vil kreve utførende bemanning. Det ledende vurderingskriteriet lagt til grunn gjennom denne analysen er gjeldene krav vedrørende ivaretagelse av nødvendig sikkerhet for passasjerer, bemanning om bord og omkringliggende miljø.

Konseptet som foreslås i rapporten, inkludert anbefalt og realistisk grad av autonomi, har på et overordnet nivå blitt presentert til Sjøfartsdirektoratet med hensyn til en tidligfase avsjekk og validering. Det må dog bemerkes at disse samtalene på ingen måte kan og skal ansees som en formell validering, men heller en uformell avsjekk. En formell vurdering vil måtte gjennomføres på et tidspunkt hvor informasjonsgrunnlaget er videreutviklet og har en tilfredsstillende detaljgrad som etterspurt i direktoratets Rundskriv. Sistnevnte ligger utenfor prosjektets mandat, og må sees på som er videreføring av arbeidet fra prosjektet.

Informasjon om kommunikasjonsløsninger er basert på arbeid ifm. andre rapporter som er skrevet i Smartere Transport (L4.1 – Cyber security, Wille, 2021). Det samme gjelder for informasjon som er oppgitt ifm. viktige krav til dokumentasjon og godkjenningsprosesser (L4.3 – Sikre transportløsninger, Holte, et al, 2020).

4 Anbefalt og realistisk grad av autonomi

Hva som er realistisk grad av autonomi, og dermed hva som er mulig å fremlegge som en anbefaling for prosjektets to brukercase, er fullt og helt avhengig av gjeldene teknologistatus og i hvilken grad ulike løsninger er myndighetsgodkjent. I den forbindelse har prosjektet avdekket hva som er realistisk med dagens teknologi, men også utført vurderinger basert på en forventet teknologiutvikling frem mot 2030. Med dette som utgangspunkt gir kapittelet en overordnet innføring i hva som kan ansees som State-of-the-Art innen autonom sjøverts passasjertransport, for så å presentere anbefalt og realistisk grad av autonomi for prosjektets to brukercase. Dernest gis det en kort innføring i de ulike forutsetninger som er lagt til grunn. En overordnet vurdering av styrker og svakheter ved ulike grader av autonomi gis i appendiks A.6.

Innholdet i dette kapittelet er i stor grad basert på informasjon som har fremkommet gjennom samtaler med sentrale industri- og myndighetsaktører, men også kunnskap ervervet fra øvrige prosjekter av relevans.

4.1 State-of-the-Art

State-of-the-Art (SoA) innen autonom sjøverts persontransport kan prinsipielt sett deles inn i to ulike hovedtematikker. Hvorpå den ene er direkte koblet til utvikling av teknologi og teknologiske løsninger for navigasjon og manøvrering av selve fartøyet (inkl. overfart og dokking), og den andre er direkte knyttet til ivaretagelse av sikkerheten til passasjerene ombord. Nedenfor gis en kortfattet beskrivelse av SoA for nevnte tematikker, hvor utfyllende informasjon finnes i rapport A1.1 – Ståstedsanalyse (Holte, et al., 2019). En overbyggende og tredje tematikk som også belyses er knyttet til selve godkjennelsesprosessen.

Navigasjon og manøvrering

Med utgangspunkt i dagens teknologi og teknologiske løsninger befinner SoA innen autonom passasjerskipsfart seg på et nivå som tilsvarer autonomigrad 2 – selvstyrt, og hvor Sjøfartsdirektoratet gir følgende beskrivelse (Sjøfartsdirektoratet, 2020):

"Selvstyrende under kontinuerlig overvåkning og mulighet for å ta kontroll om bord (avansert eller videreutviklet "track pilot"). Dette kan også innebære alarm til operatør ved detekterte faresituasjoner. Dette er en videreutvikling hvor hele eller deler av seilassen utføres automatisk, for eksempel i form av en fjord-kryssning med en bilferge eller automatisk innseiling til kai og fortøyning" (s. 11).

Helt konkret betyr dette at industrien har kommet langt med tanke på realisering av autonom navigasjon og manøvrering av et skip, men at det fortsatt er utfordringer knyttet til utvikling og etablering av situasjonsforståelse. Herunder robuste og verifiserte løsninger for objekt-deteksjon og anti-kollisjon. En utfordring som kompliseres ytterligere når hastigheten økes, som f.eks. for den hurtiggående Langevågsbåten. For å lukke dette teknologi-gapet pågår flere utviklingsprosjekt med utgangspunkt i ulike kamera og bilde-teknologier, og hvordan man gjennom fusjon av slike sensorer kan skape den nødvendige robustheten. Hvor robust en slik løsning er beror i stor grad på algoritmene sin evne til å kategorisere og gjengi korrekt bevegelseskaraktistikk på de ulike objektene som et autonomt fartøy må forholde seg til. Per i dag er ikke algoritmene robuste nok til å håndtere nevnte problemstilling, noe som kan medføre feiltolkninger av hva som er det virkelige situasjonsbildet oppstår. En viktig grunn til dette er at datagrunnlaget som er nødvendig for å trene algoritmene foreløpig ikke finnes, altså tilstrekkelig mengde data av høy nok kvalitet. Dette innebærer at det fortsatt er nødvendig med en kontinuerlig bemannet bro, hvor navigatør kan overvåke operasjonen og gripe inn ved behov for overstyring av automasjonssystemet

(Holte, et al., 2019). Dette understreker behovet for videre utvikling før en kan realisere en løsning med høyere grad av automasjon (dvs. >2).

Tett koblet til nevnte problematikk med objekt deteksjon og anti-kollisjon er også de utfordringer man ser knyttet til interaksjon mellom autonome og andre bemannede skip. Per i dag er dette en begrensende faktor i forhold til hvor høy grad av autonomitet som er realistisk, da et automatisk anti-kollisjonssystem generelt sett vil ha store utfordringer med å gjette i ethvert tilfelle hva skipsfører på et annet bemannet skip vil gjøre i en gitt situasjon. Dette gjelder spesielt i situasjoner hvor kollisjonsreglene ikke gir klare svar.

Fergesambandet Moss – Horten representerer en operasjonalisering av SoA, og dermed det mest naturlige å se til. Sambandet har i en periode på snart 2 år operert med auto-dokking og fjordkryssing funksjoner, hvor det som kreves av menneskelig interaksjon stort sett er relativt begrenset sammenlignet med et konvensjonelt fartøy. Daglig operasjon gjennomføres under kontinuerlig brovakt fra navigatør, som gjennom simulatorbasert trening har spesialkompetanse på å gå over til manuell kontroll ved behov. Denne typen trening er et krav fra Sjøfartsdirektoratet. Det er også slik at alt som har med unna-manøvrering (dvs. objekt deteksjon og kollisjonsunngåelse) blir utført manuelt. Innen utgangen av 2021 vil det være totalt tre ferger i drift på dette sambandet med tilsvarende funksjonalitet.

Passasjersikkerhet

For konvensjonelle løsninger er sikkerheten til passasjerer og omkringliggende miljø tett koblet til bemanning om bord. Det er derfor viktig å fremheve at en realisering av autonomigrad 3-4 er sterkt knyttet til utvikling av nye sikkerhetsløsninger. Spesielt innen evakuering må en kunne fremlegge dokumentasjon på at nye løsninger som utvikles opprettholder et likeverdig sikkerhetsnivå sammenlignet med dagens løsninger. Selv i tilfeller med redusert sikkerhetsbemanning. Når det gjelder fastsettelse av bemanning er det to sentrale begrep man må forholde seg til, nemlig driftsbemanning og sikkerhetsbemanning. Driftsbemanning sørger for sikker navigasjon og drift av fartøy, og de kravene som stilles til fastsettelsen av denne avhenger av oppdraget båten skal utføre (f.eks. antall passasjerer om bord, fartsområde, størrelse på installert maskineri, osv.). Sikkerhetsbemanningen fastsettes basert på en evakueringsanalyse, som igjen definerer størrelsen på bemanning som er nødvendig for å ivareta tilstrekkelig grad av passasjersikkerhet. Dette beror igjen på eksisterende løsninger innen f.eks. bekjempelse av brann og evakuering, og i hvilken grad og omfang menneskelig interaksjon er påkrevd. Innenfor ren passasjertransport opplever man ofte at krav til sikkerhetsbemanningen er stor nok til å ivareta krav til driftsbemanning, og i noen tilfeller også overgår krav til teoretisk minste driftsbemanning.

Tatt i betraktning at mye av utviklingsarbeidet innen autonomi har vært rettet mot utvikling av løsninger for trygg navigasjon og manøvrering av selve skipet fra a til b, som helt klart er avgjørende for sikkerheten til eget skip så vel som for andre sjøfarende, er det fremmet få konkrete nye forslag til løsninger som ivaretar passasjersikkerheten i en eventuell sikkerhetskritisk situasjon. Så selv om ny teknologi knyttet til navigasjon og manøvrering åpner opp for redusert driftsbemanning, står man fortsatt igjen med utfordringer knyttet til ivaretagelse av passasjersikkerhet. Dette representerer et vesentlig gap som må lukkes, og hvor nye løsninger må verifiseres og myndighets-godkjennes. I lys av sistnevnte har forskningsprosjektet AutoSafe som mål å bidra til å lukke dette gapet. Da ved å utvikle nye prinsipper innen skipsdesign, design av sikkerhetsløsninger og arbeidsprosesser, for derigjennom bidra til å trygge passasjersikkerheten ved autonome transportløsninger.

Regelverk for godkjenning av autonome skip

Per dags dato eksisterer det ikke et eget regelverk for godkjenning av autonome (ubemannede) skip. Dette innebærer at det er IMO sitt rundskriv 1455 (IMO, 2013) som er førende for flaggstater som ønsker å bistå industrien med gjennomføring av en godkjenningsprosess for alternative løsninger. Som en videre konkretisering av IMO sitt rundskriv har Sjøfartsdirektoratet har publisert et eget – RSV 12-2020 (Sjøfartsdirektoratet, 2020). Dette har til formål å veilede søkere om hvilke dokumentasjon og prosesskrav som foreligger ved godkjenning av autonome skip eller alternative løsninger. I mangel av et tilpasset regelverk bidrar sirkulæret dermed til å sikre at eksisterende lover og forskrifter tilfredsstilles. Prosjektet har tatt utgangspunkt i informasjonsbehovet som etterspørres gjennom dette rundskrivet, men ikke dekket alle punkter. Det krever en detaljeringsgrad som ytterligere må utarbeides gitt realisering av konseptet.

I sine vurderinger knyttet til en godkjennelsesprosess legger Sjøfartsdirektoratet hovedsakelig til grunn to overordnede føringer:

1. Sikkerhetsnivå skal likebehandles og opprettholdes på samme nivå – eller høyere – sammenlignet med dagens løsninger.
2. Et fartøy som skal bygges og opereres med en gitt/bestemt grad av autonomi og/eller fjernstyring må vurderes mot, og godkjennes etter, gjeldende regelverk for fartøystypen.

Det er også viktig å understreke at det fortsatt er svært begrenset med erfaring hvor en faktisk godkjenning av et autonomt skip er gjennomført. Da spesielt for løsninger som overskrider autonomigrad 2. Det bemerkes derfor at en evt. godkjenningsprosess, mest sannsynlig, vil være både tid- og ressurs-krevende.

4.2 Anbefalt løsning for Langevågsbåten og Pendelferge Kristiansund

Vurderingene omkring anbefalt og realistisk grad av autonomi er hovedsakelig basert på:

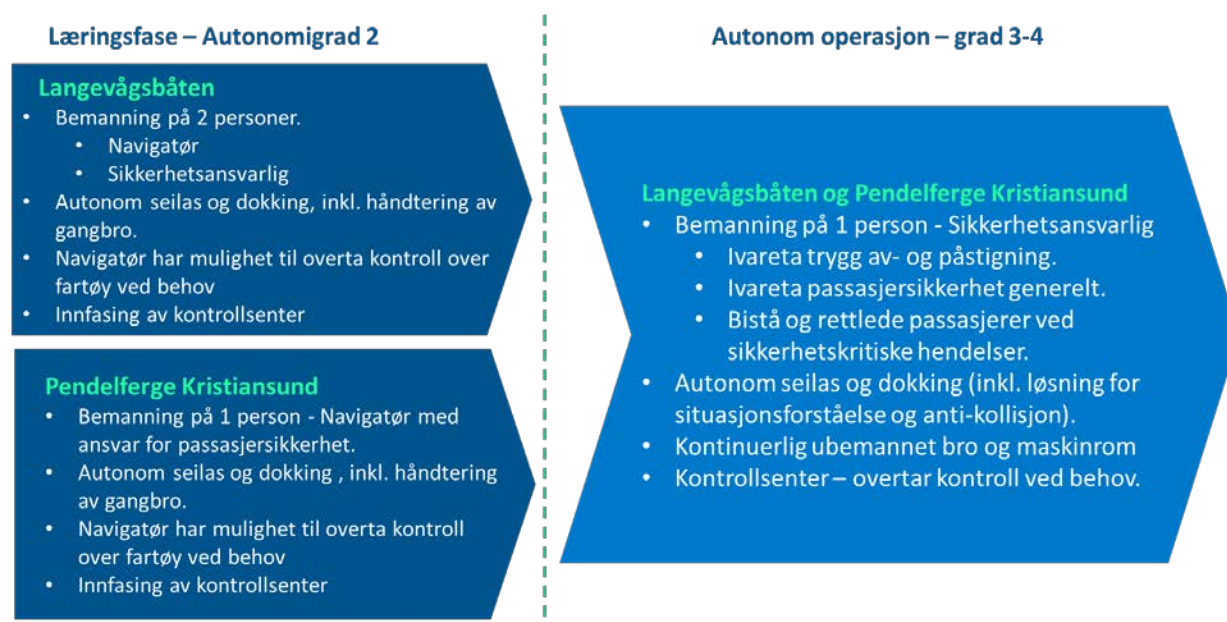
- Samtaler med Sjøfartsdirektoratets og vurderinger basert på deres rundskriv RSV 12-2020 (2020), *Føringer i forbindelse med bygging eller installering av automatisert funksjonalitet, med hensikt å kunne utføre ubemannet eller delvis ubemannet drift*. Herunder spesielt kap 7.1 punkt c) – Operasjonsbeskrivelse (CONOPS), samt Bemanningsforskriften (2009).
- Samtaler med relevante industriaktører med formål om å avklare realistisk og forventet operasjonalisering av ulike grader av autonomi for sjøverts passasjertransport.

Med utgangspunkt i SoA, og gitt en realisering av begge brukercasene innen 2-3 år etter prosjektets sluttdato (Q4 2022), innebærer dette klare begrensninger, men også muligheter. Begrensning ift. til at man på kortere sikt nok ikke kan forvente å realisere en løsning på et høyere nivå enn autonomigrad 2, men at man gjennom en læringsfase på 3-5 år kan utvikle begge brukercase til et nivå som tilsvarer en autonomigrad som ligger i skjæringspunktet mellom 3 og 4. Dette innebærer at anbefalt løsning består av de to nevnte fasene. Helt overordnet, og med utgangspunkt i hva som vil være realistisk med tanke på autonomi, vil et løp for realisering kunne forløpe seg slik (Figur 2):



Figur 3: Tenkt tidslinje for realisering av autonom sjøverts persontransport

Anbefalt løsning og realistisk grad av autonomi for begge brukercasene er oppsummert nedenfor i Figur 3. Beskrivelse av de ulike brukercasene blir relativt like, men med en prinsipiell forskjell når det kommer til dette med bemanning under læringsfasen. Oppsummeringen understøttes av en overordnet beskrivelse i Tabell 3. En mer detaljert beskrivelse av den autonome operasjonen og fordelingen av funksjoner mellom autonomi og menneske, herunder bemanning om bord og kontrollrom, gis i kapittel 5.



Figur 4: Anbefalt løsning og grad av autonomi

Sett opp mot dagens løsning for begge brukercasene gir anbefalte løsning følgende utslag ift. bemanning med følgende forutsetninger:

- Faktiske behov for antall skift er ikke inkludert, hverken for dagens eller fremtidig løsning.
- Ettersom Pendelferge ikke eksisterer per i dag, er krav til bemanning basert på gjeldene krav for Sundbåten.
- Ett og samme kontrollrom skal ivareta operasjonelle forhold for begge brukercase, og er derfor tenkt å håndtere flere ruter og skip.

Tabell 2: Anbefalt løsning og antatt utslag i bemanning

	Bemanning per i dag	Bemanning læringsfase	Bemanning autonomigrad 3-4
Pendelferge	1 (2 ved pax >25)	1	1
Langevågsbåten	3	2	1
Kontrollrom	0	1 (+1 i bakvakt)	1 (+1 i bakvakt)

Som nevnt gir tabellen nedenfor (Tabell 3) en videre utdyping av Figur 4, begrenset til en kortfattet beskrivelse av begge brukercase for tre utvalgte hovedparameter (anbefalt grad av autonomitet, bemanning og kontrollrom), både for læringsfase og autonom operasjon.

Tabell 3: Kortfattet beskrivelse av anbefalt løsning for brukercase Kristiansund og Ålesund

Læringsfase	Autonom operasjon
Anbefalt og realistisk grad av autonomi	
<p>Autonomigrad 2 muliggjør selvkjøring under kontinuerlig overvåking fra navigatør. Det autonome systemet håndtere automatisk overfart langs pre-definert rute, inkl. dokking og lading. Herunder også automatisk håndtering av gangbro. Navigatøren har også – til enhver tid – mulighet til å overta kontroll over skipet ved behov (f.eks. ved uoversiktlig og utfordrende vær- og trafikkforhold). Begge brukercase realiseres med ubemannet maskinrom.</p>	<p>Autonomigrad 3-4 muliggjør autonom seilas med kontinuerlig ubemannet bro og maskinrom, men med sikkerhetsansvarlig ombord. Dette forutsetter at løsning for situasjonsforståelse, inkludert objekt-deteksjon og anti-kollisjon er verifisert og myndighetsgodkjent.</p>
Bemanning	
<p>I tillegg til dagens teknologiske utfordringer knyttet til etablering av situasjonsforståelse opererer begge skip i relativt trafikkerte farvann, bestående av både større og mindre skip, samt øvrige farkoster (f.eks. passasjerskip, frakteskip, fiskebåter, seilbåter, mindre motorbåter, kajaker, etc.). For Langevågs-båten spesifikt forsterkes kompleksiteten ved nevnte punkter ytterligere grunnet høy seilings-hastighet.</p> <p>Langevågsbåten: Består av 2 ulike roller – navigatør og sikkerhetsansvarlig.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Navigatør er kontinuerlig til stede på bro og ivaretar sikker navigasjon og manøvrering av skipet. • Sikkerhetsansvarlig har som primæroppgave å ivareta passasjerenes sikkerhet under overfart og i forbindelse med av- og ombordstigning. <p>Pendelferge Kristiansund: Består bemanning av 1 rolle – navigatør med ansvar for passasjersikkerhet om bord. Herunder ivareta sikker og effektiv navigasjon og manøvrering av fartøy, samt passasjerenes sikkerhet under overfart, og i forbindelse med av- og ombordstigning.</p>	<p>Begge brukercase bemannes med 1 person – sikkerhetsansvarlig, hvor hovedoppgaver er å:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ivareta trygg av- og påstigning. • Ivareta passasjersikkerhet generelt. • Bistå og rettlede passasjerer ved sikkerhetskritiske hendelser. <p>I denne fasen er sikkerhetsansvarlig om bord fritatt fra forpliktelser knyttet til daglig navigasjon og manøvrering av skipet. Skipet bør derimot utrustes med kontrollpanel med enkel HMI (Human Machine Interface), som bl.a. muliggjør utløsning av ulike <i>fallback</i> (se kapittel 5.2).</p>
Kontrollrom	
<p>Kontrollrom anbefales etablert som delt ressurs for begge brukercasene. Begge ruter <i>kan</i> i en innledende periode realiseres uten kontrollrom, men anbefales sterkt etablert for å bygge viktig erfaringsgrunnlag inn mot autonom fase. Et slikt kontrollrom bør være i operasjon anslagsvis 1-2 år før brukercasene går over i autonomigrad 3-4.</p>	<p>Kontrollrom har mulighet til å overta kontroll over skip ved behov, og bemanning alarmeres ved hendelser som avviker fra normal operasjon. Dette vil kreve at operasjon av kontrollrom legger til rette for pålitelig alarmering av operatør slik at denne rekker å sette seg inn i situasjonen før assistanse gis. For begge brukercasene er funksjonen knyttet til sikker og effektiv navigasjon og manøvrering basert på spesialkompetanse, bl.a. basert på simulator-trening. En tilnærming man allerede ser blir tatt i bruk for opptrening av operatører for operasjon av ASKO sine nye sjødroner og Yara Birkeland (Stensvold, 2021)</p>

Videre, for pendelfergen kan man se for seg en senere fase hvor denne gjøres *helt ubemannet*. Dette vil derimot, i tillegg til realisering av forutsetningene nevnt i kap 4.3, kreve helt nye prinsipper innen evakuering, men også nye og formaliserte rutiner for samarbeid med ekstern beredskap. Det bemerkes at en slik løsning ikke er hensyntatt i analysen, da arbeidet har vært konsentrert omkring de mest nærliggende mulighetene innen autonom passasjertransport til sjøs.

4.3 Forutsetninger for anbefalt løsning

Som beskrevet i forrige seksjon representerer anbefalt løsning en slags "trappetrinn" modell, som først omfatter en læringsfase og deretter autonom operasjon. Bakgrunnen for denne modellen er at det forventes en gradvis utvikling av nødvendig teknologi og systemløsninger knyttet til navigasjon, manøvrering og passasjersikkerhet. Forventet utvikling gir dermed også noen forutsetninger for både læringsfasen og autonom operasjon.

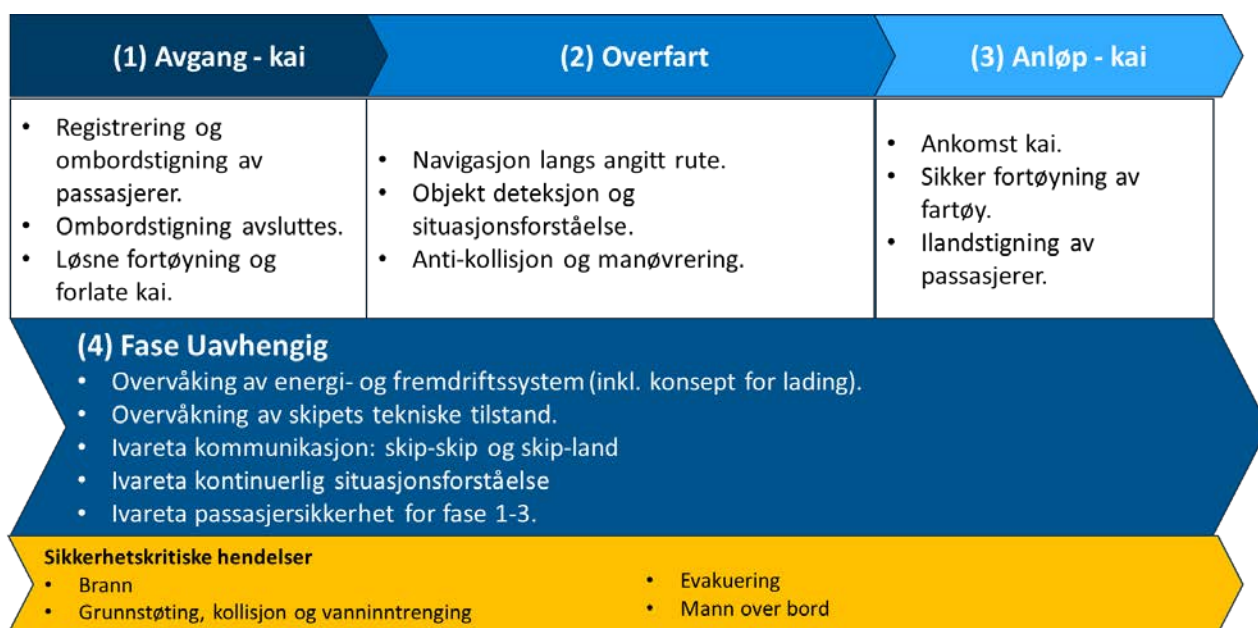
Passasjersikkerhet	<p>Læringsfase: For at bemanningen som er indikert i læringsfasen skal kunne realiseres, forutsettes utvikling av nye løsninger innen passasjersikkerhet. Da fortrinnsvis innen brann, evakuering og mann-over-bord, og at disse utformes på en slik måte at et likeverdig sikkerhetsnivå kan opprettholdes selv med redusert sikkerhetsbemanning.</p> <p>Autonom operasjon: Nevnte sikkerhetsløsninger er nødvendig for overgang til autonom operasjon krever kontinuerlig videreutvikling, og for denne fasen forutsettes det at disse er verifisert og kommersielt tilgjengelig. Sjøfartsdirektoratets krav til dokumentasjon vil være førende. For at indikert tidsplan skal være realistisk (Figur 3), er det derfor sterkt anbefalt å initiere aktiviteter knyttet til utvikling av nye sikkerhetsløsninger – og spesielt løsninger for evakuering – på et så tidlig tidspunkt som mulig.</p>
Automatisk dokking Ladeløsning Løsning for sikker ombordstigning	<p>Læringsfase: Eksisterende løsning for automatisk dokking implementeres basert på krav til bemannet bro, mens utforming av løsning for trygg og effektiv fortøyning av skipet, integrert med aktuell ladeløsning, må videreutvikles fra konseptstadiet og antas kommersielt tilgjengelig innen oppstart av læringsfasen. Herunder inkludert løsning for sikker ombordstigning.</p> <p>Autonom operasjon: Løsning for dokking av selve skipet inkludert løsning for ombordstigning videreføres til fasen med autonom operasjon, mens skipets automatiske dokking system må videreutvikles og verifiseres slik at skipet kan operere uten kontinuerlig bemannet bro.</p>
Automatisk overfart ved bemannet bro Automatisk overfart ved ubemannet bro	<p>Læringsfase: Eksisterende løsning for automatisk overfart implementeres basert på krav til bemannet bro, hvor bemanningen har mulighet til å overstyre automasjonen – og dermed navigasjonen og manøvreringen av skipet – ved behov. Gjennom læringsfasen forutsettes det at pågående utviklingsarbeid for etablering av verifisert løsning for situasjonsforståelse fortsetter, herunder nødvendige aktiviteter for utvikling av robuste løsning for objekt deteksjon og kollisjonsunngåelse. Dette arbeidet vil innbefatte fullskala tester, hvor en kan se for seg at begge brukercasene tar del i utviklingen.</p> <p>Autonom operasjon: Verifisert løsning for automatisk overfart forutsettes kommersielt tilgjengelig, og dermed mulighet for operasjon uten kontinuerlig bemannet bro.</p>

Energi- og fremdrifts-system	Læringsfase og autonom operasjon: Løsninger for fjernovervåking av energi- og fremdriftssystem er kommersielt tilgjengelig, og har mulighet for selv-retting av mindre feil (f.eks. re-start av maskineri). Her legges det til grunn en naturlig videreutvikling i form av funksjoner for feilretting og systemovervåking. Ved større feil på maskineri blir skipet tatt midlertidig ut av drift og nødvendig servicepersonell tilkalles fra aktuelle utstysleverandører for feilretting.
Relevant kompetanse	Læringsfase og autonom operasjon: For både læringsfase og autonom operasjon legges det til grunn at bemanning om bord må besitte relevant kompetanse i form av navigatør og lett-matros/sikkerhetsansvarlig, hvor sistnevnte er ansvarlig for ivaretagelse av sikker av- og påstigning, samt generell ivaretagelse av passasjerer under overfart. Dette er også gjeldene for operatører ved kontrollrom, som i tillegg må ha spesialkompetanse innen fjern-operasjon av skip.
Kontrollrom Kommunikasjon	Læringsfase og autonom operasjon: For læringsfase kan begge brukercase innledningsvis realiseres uten kontrollrom, men det anbefales sterkt at en slik funksjon etableres så raskt som mulig. Da som delt ressurs mellom de ruter som skal betjenes. Dette for å høste erfaringsbasert kunnskap bl.a. knyttet til samhandling mellom involverte aktører. Et verdifullt aspekt når man går over til autonom operasjon i skjæringspunktet mellom grad 3 og 4, hvor etablering av kontrollrom fremstår som en nødvendighet. For begge faser forutsettes det også at løsninger for robust kommunikasjon mellom skip og kontrollrom er etablert. Dvs. flere kommunikasjonslinjer dersom en skulle falle ut grunnet tekniske feil.

5 Autonom operasjon - konsekvenser for bemanning og omkringliggende miljø

Med utgangspunkt i anbefalt løsning og autonomigrad i skjæringspunktet mellom grad 3 og 4 (kapittel 4.2), har prosjektet gjennomført relativt detaljerte vurderinger med tanke på hvordan tradisjonelle funksjoner om bord kan fordeles mellom kontrollrom, selve automasjonen, og bemanningen om bord. Kapittelet gir dermed en beskrivelse av konseptet autonom operasjon. Arbeidet er basert på tidligere definerte operasjonelle faser med tilhørende funksjoner (Figur 5), (Holte, et al., 2019). De ulike operasjonelle fasene består hovedsakelig av 4 faser: (1) Avgang, (2) overfart/ transitt, (3) ankomst, og (4) Fase-uavhengig. Fase 1, 2 og 3 dekker i stor grad funksjoner som er tydelig avgrenset til de respektive fasene. Fase 4 er mer overordnet og inneholder funksjoner som må ivaretas til enhver tid, uavhengig om fartøyet er under transitt eller ligger til kai, være seg kommunikasjon og cyber sikkerhet, kontrollrom land for ivaretagelse av generelt sikkerhetsnivå, og overvåking av operasjon og system. I tillegg er det utført vurderinger knyttet til sikkerhetskritiske hendelser for ivaretagelse av nødvendig passasjersikkerhet. En overordnet vurdering av mulige konsekvenser ulike grader av autonomi har for det omkringliggende system gis i appendiks A.7.

Med utgangspunkt i RSV 12-2020 er det også gjennomført vurderinger opp mot gjeldene bemanningsforskrift og vaktholdsforskrift (Sjøfartsdirektoratet, 2020). Disse er å finne i appendiks A.1, A.2 og A.3.



Figur 5: Autonom sjøverts passasjertransport - operasjonelle faser og funksjoner (Kilde: SINTEF Ocean, 2019)

5.1 Vurderinger operasjonell fase 1 – 4

Beskrivelse av fase 1: Ombordstigning og avgang kai

Sikkerhetsansvarlig(e) ivaretar sikker ombordstigning ved å påse at automatisk gangbro er forsvarlig sikret slik at passasjerer kan gå ombord på en trygg måte. De med særskilte behov mottar direkte assistanse (f.eks. barn og personer med nedsatt funksjonsevne). Sikkerhetsansvarlig påser også at passasjerene trekker inn i salong/passasjerdekk. Når alle passasjerer er trygt ombord aktiveres prosedyre for avgang fra kai manuelt av sikkerhetsansvarlig (f.eks. ved trykknapp plassert ved dør for ombordstigning).

Operatør(er) ved **Kontrollrommet** vil i denne fasen overvåke operasjonen passivt (dvs. støttet av automasjonen), men vil kunne gripe inn og overta kontroll over skipet dersom det oppstår situasjoner som er for komplekse til at automasjonssystemet kan håndtere dette selv. Endelig antall passasjerer per tur registreres i systemet og kontrollrommet varsles via alarm dersom denne overskrides. Kontrollrom mottar beskjed om at skip går fra kai når "trykknapp" for avgang fra kai er aktivert av sikkerhetsansvarlig. Ved behov og utløst alarm (f.eks. ved komplisert operasjonsmiljø med mange ulike fartøy), overvåker kontrollrom omkringliggende miljø og ivaretar kommunikasjon mot evt. andre nærliggende skip.

Prosedyre for ombordstigning og avgang fra kai består av følgende overordnede steg:



Automasjon på skip – funksjoner

- Parallelt med ombordstigning utfører navigasjonssystemet en automatisk verifisering av fastsatt rute. Eventuelle justeringer i ruten tas inn på bakgrunn av oppdatert informasjon omkring øvrig maritim trafikk og værforhold.
- Automatisk informering av passasjerer via PA-system, f.eks. velkommen om bord, samt prosedyrer dersom ulykke skulle inntreffe (redningsvester, mønstringsplass, evakuering, etc.). Dette understøttes av visuelle kommunikasjonsløsninger om bord (f.eks. informasjonsvideo).
- Automatisk heving av gangbro/løsning for ombordstigning, og lading deaktiveres.
- Automatisk løsning av fortøyning/fra-kobling fra dokkingløsning.
- Automatisk manøvrering av skip ut fra kai og havneområde.

Fasen avsluttes ved automatisk aktivering av skipets funksjon for automatisk navigasjon langs angitt rute.

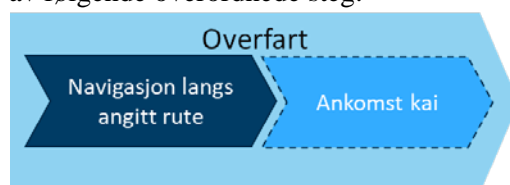
Bemannings ombord – funksjoner	Kontrollrom – funksjoner
Påser at gangbro er forsvarlig sikret og at skip er klarert for ombordstigning.	Mottar notifikasjon via automasjonssystem ved operasjonelle avvik (f.eks. alarm ved brudd på sikker fortøyning).
Observerer ombordstigning og bistår evt. passasjerer med særskilte behov for assistanse.	Passasjerer registreres automatisk – mottar notifikasjon ved overskridelse av maks. pax
Påser at alle passasjerer er trygt ombord før prosedyre for avgang aktiveres.	
Prosedyre for avgang fra kai aktiveres ved trykknapp.	Mottar notifikasjon via automasjonssystem ved behov for overstyring av skip (f.eks. alarm – automasjon gir beskjed ved uoversiktlig situasjonsforståelse).

Beskrivelse av fase 2: Overfart

Sikkerhetsansvarlig ombord påser at funksjon for automatisk navigasjon langs angitt rute er aktivert. Ivaretar også sikkerheten ombord ved å overvåke situasjonen i salong/passasjerdekk, samt er tilgjengelig for evt. spørsmål. Har til enhver tid mulighet til å kommunisere med kontrollrom vedr. situasjonsforståelse.

Operatør(er) ved **Kontrollrommet** vil i denne fasen overvåke operasjonen passivt (dvs. støttet av automasjonen), men vil kunne gripe inn og overta kontroll over skipet dersom det oppstår situasjoner som er for komplekse til at automasjonssystemet kan håndtere dette selv. Inngripen vil påkalles via utløst alarm. Trygg seilas langs angitt rute ivaretas av system for automatisk navigasjon (inkl. objekt deteksjon og anti-kollisjon). Således overvåkes også det operasjonelle miljøet rundt skipet kontinuerlig av systemet, og behov for endring av rute evalueres kontinuerlig av navigasjons-løsningen. Kontrollrom trer aktivt inn med mulighet til å overstyre operasjonen kun ved utløst alarm (f.eks. nærgående skip eller mange kryssende skip). Kontrollrom ivaretar også kommunikasjon mot øvrige aktører ved behov.

Prosedyre for overfart består av følgende overordnede steg:



Automasjon på skip – funksjoner

- Skipets system for automatisk navigasjon langs angitt rute aktiveres, og skipet følger angitt rute.
- System for objekt-deteksjon og anti-kollisjon sørger for at øvrige skip og maritime farkoster passerer på en forsvarlig og trygg måte.

Fasen avsluttes ved at skipet ankommer kai og hastigheten reduseres.

Bemanning ombord – funksjoner	Kontrollrom – funksjoner
Påser at funksjon for automatisk navigasjon langs angitt rute er aktivert.	Mottar notifikasjon via automasjonssystem ved operasjonelle avvik (f.eks. ved komplekse situasjoner – kombinasjon av flere store og mindre fartøy). Evt. overstyres skip ved behov for å sikre trygg seilas, og/eller kommuniserer med konvensjonelt skip ved behov for å varsle om nødvendige kurs og hastighetsendringer.
Ivaretar passasjerer og er tilgjengelig for evt. spørsmål.	
Påser at automatisk funksjon for innseiling til kai er aktivert.	Mottar notifikasjon via automasjonssystem ved operasjonelle avvik (f.eks. dersom funksjon for automatisk innseiling til kai ikke aktiveres). Herunder også overvåking av skipets operasjon og dets omkringliggende miljø (dvs. rute for innseiling er klarert).

Beskrivelse av fase 3: Ankomst kai og ilandstigning

Sikkerhetsansvarlig påser at skipets hastighet reduseres og at system for automatisk dokking aktiveres (dvs. automatisk fortøyning og lading). Når automatisk fortøyning er utført og skipet er forsvarlig sikret ved kai, aktiveres automatisk gangbro manuelt av sikkerhetsansvarlig via "trykknapp". Påser at automatisk gangbro er forsvarlig sikret og informerer passasjerer om at skipet er klarert for ilandstigning.

Operatør(er) ved **Kontrollrommet** vil i denne fasen overvåke operasjonen passivt (dvs. støttet av automasjonen), men vil kunne gripe inn og overta kontroll over skipet dersom det oppstår situasjoner som er komplekse til at automasjonssystemet kan håndtere dette selv. Kontrollrom mottar beskjed om at skip er klargjort for at passasjerer kan gå i land når "trykknapp" er aktivert av sikkerhetsansvarlig.

Prosedyre for ankomst til kai består av følgende overordnede steg:



Automasjon på skip – funksjoner

- Automatisk informering av passasjerer via PA-anlegg om at skipet nærmer seg kai. Passasjerer bes om å bli sittende inntil beskjed gis om at skipet klarert for ilandstigning.
- Automatisk innseiling og ankomst til kai
- Automatisk dokking og fortøyning av skip, lading aktiveres.
- Automatisk aktivering og sikring av gangbro/løsning for ilandstigning.
- Klarsignal til passasjerer om at ilandstigning kan påbegynne.

Fasen avsluttes ved at skipet er forsvarlig sikret ved kai og passasjerene går trygt i land.

Bemannings ombord – funksjoner	Kontrollrom – funksjoner
Påser at skipets hastighet reduseres og trygg seilas mot kai foretas.	Mottar notifikasjon via automasjonssystem ved behov for overstyring av skip (f.eks. alarm – automasjon gir beskjed ved uoversiktlig situasjonsforståelse og eller trafikkilde).
Påser at system for automatisk dokking er aktivert (utføres fra skipets "arbeidsstasjon").	
Påser at skip legger trygt til kai og at automatisk løsning for fortøyning/dokking aktiveres, samt at skip blir forsvarlig sikret ved kai.	Mottar notifikasjon dersom skipet ikke er forsvarlig fortøyd, eller lading ikke aktiveres som planlagt.
Aktivering av automatisk gangbro/løsning for ombordstigning, samt påser at denne er forsvarlig sikret.	Mottar notifikasjon dersom gangbro ikke er forsvarlig sikret.
Gir klarsignal til passasjerer om at ilandstigning kan påbegynnes.	

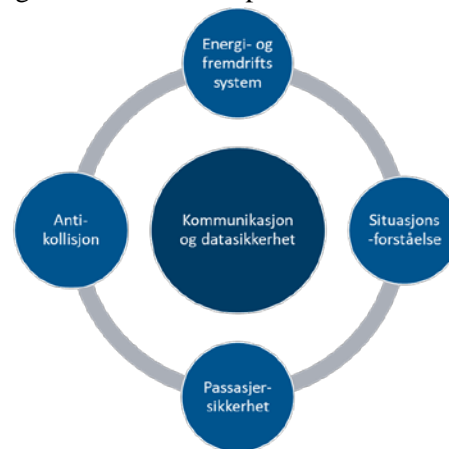
Beskrivelse av fase 4: Fase uavhengig

Sikkerhetsansvarlig har alltid en direkte kommunikasjonsmulighet med kontrollrom (dvs. tilgang på flere løsninger for økt redundans), og bærer i tillegg VHF til enhver tid. Gjennomfører visuell sjekk av energi- og fremdriftssystem på forespørsel fra kontrollrom. Responderer på utløste alarmer fra ulike systemer om bord (f.eks. maskineri, navigasjon, situasjonsforståelse, dokking, ladeløsning), og oppretter kommunikasjon med kontrollrom ved behov. Er tilgjengelig for passasjerer og assisterer ved behov ifm. ombordstigning og ilandstigning. Ivaretar passasjersikkerhet gjennom:

- Påser at automatisk PA-anlegg fungerer som normalt, samt ulike informasjonskanaler ombord (f.eks. nød-instruks som vises på stor-skjerm).
- Inspiserer redningsutstyr ombord med jevne mellomrom og etter føringer fra Sjøfartsdirektoratet (f.eks. redningsvester, hjertestarter og flåter).
- Håndterer passasjerer som får illebefinnende, eller som opptrer irrasjonelt.

I samarbeid med kontrollrom ivaretas også sikkerhetskritiske hendelser (se vurderinger kapittel 5.2). Ved slike tilfeller har sikkerhetsansvarlig ansvar for koordinering mot evt. beredskapsenhet.

Operatør(er) ved **Kontrollrom** har til enhver tid direkte kommunikasjonsmulighet med sikkerhetsansvarlig om bord de ulike skipene. Har med støtte fra automasjonssystemet ansvar for opprettholdelse av kontinuerlig situasjonsforståelse. Ansvarlig for all kommunikasjon mot skip og øvrige fartøy, samt kontinuerlig opprettholdelse av kommunikasjonslinje, inkl. back-up systemer. Overvåker kontinuerlig energi- og fremdriftssystem (herunder ladefunksjon og energinivå ombord), og mottar notifikasjon fra systemet ved evt. feilmeldinger. Bistår sikkerhetsansvarlig ombord ved sikkerhetskritiske hendelser. Ivaretar datasikkerhet i samråd med systemleverandører.



Automasjon på kontrollrom – funksjoner

- Automatisk overvåking av energi- og fremdriftssystem ombord (bl.a. energinivå om bord, status batterirom, status ladesystem på landside, mulighet for fjernstyrt re-start og feilretting av fremdriftssystem).
- Automatisk ivaretagelse av situasjonsforståelse – bemanning varsles fortrinnsvis via alarmer ved avvik fra normal operasjon og pre-definerte operasjonsgrenser.
- Automatisk notifikasjon ved svikt/feil/mangler på sikkerhetsutstyr for passasjerer.

Bemanning ombord – funksjoner

Kontrollrom – funksjoner

Visuell inspeksjon av energi- og fremdriftssystem gjennomføres på forespørsel fra kontrollrom.	Tilgang til real-time informasjon vedr status for energi- og fremdriftssystem. Automatisk varsling via alarm ved f.eks. varmeutvikling i battericeller.
Varsler kontrollrom ved hendelser som avviker fra normal operasjon.	Støttet av automasjonen besitter kontrollrom situasjonsforståelse og responderer på ulike alarmer.
Mulighet for kommunikasjon med kontrollrom til enhver tid	Ivaretar og sikrer kontinuerlig kommunikasjon med skip og øvrige farkoster
Inspiserer redningsutstyr om bord ved behov.	Datasikkerhet ivaretas av egnet leverandør
Ved sikkerhetskritiske hendelser kan <i>fallback</i> for skip aktiveres (se vurderinger kapittel 5.2).	Informeres via alarm om at <i>fallback</i> er aktivert. Kontakter sikkerhetsansvarlig vedr. videre aksjoner. Vurderer varsling av nødetat.

5.2 Vurderinger vedr. sikkerhetskritiske hendelser

Dersom det oppstår situasjoner og hendelser som skipet ikke er i stand til å håndtere selv så skal i utgangspunktet operatør på kontrollrom varsles slik at skipet kan fjernstyres. Dersom operatør ikke responderer eller er i stand til å ta kontroll over situasjonen så skal en *fallback* (ISO, 2021) aktiveres. Dette innebærer at skipet faller tilbake til en tilstand som ikke kan resultere i en utålelig risiko. Sjøfartsdirektoratets rundskriv bruker begrepene minste-risiko-tilstand (MRT) og sikker tilstand. Definisjonene til disse begrepene er ganske lik definisjonen til en *fallback* med unntak av noen nyanseringer. I denne rapporten har vi valgt å bruke *fallback* som foreslått i gjeldende utkast av ISO (2021) i stedet for MRT og sikker tilstand.

Som en ekstra sikkerhetsbarriere vil det også være mulig for sikkerhetsansvarlig om bord å aktivere ulike fallbackfunksjoner basert på den faktiske operasjonelle tilstanden som skipet befinner seg i. Listen under gir eksempler på mulige fallbackfunksjoner som kan benyttes i ulike operasjonelle faser for å ta skipet over i en tilstand som ikke innebærer utålelig risiko. Endelige fallbackfunksjoner vil måtte spesifiseres ytterligere og ettergås ved en eventuell realisering av brukercasene.

- Forbli ved kai slik at passasjerer ikke utsettes for unødvendig risiko. Dette gitt f.eks. værforhold hvor pre-definerte operasjonsgrenser overstiges, eller andre systemfeil oppstår.
- Returner til nærmeste kai – ved f.eks. feil på maskineri i form av redusert truster kapasitet, illebefinnende blant passasjerer.
- Hold posisjon – assistert av system for dynamisk posisjonering holdes skipet i ro inntil normal tilstand er opprettet og skipet kan fortsette sin operasjon. F.eks. kan skipet stoppe ved lokalisering av hjelpeløs person i vannet og be om assistanse fra redningsetat eller andre farkoster i omkringliggende miljø.

Dersom sikkerhetskritiske hendelser oppstår som følge av brann, mann over bord, kollisjon, grunnstøting og vanninntrenging, så vil sikkerhetsansvarlige på konvensjonelle skip ha definerte oppgaver knyttet til håndtering av hendelsene. Dette gjelder også dersom det blir behov for evakuering. Om bord autonome skip med redusert bemanning vil deler av disse oppgavene måtte automatiseres, eller overføres til andre aktører, slik at belastningen på sikkerhetsansvarlig ikke går på bekostning av et tilfredsstillende sikkerhetsnivå. I det følgende beskrives resultatet av hvordan dette anbefales gjort for prosjektets brukercase. Resultatet følger av en analyse av dagens sikkerhetsinstruks med hensyn til hvilke oppgaver som kan la seg automatisere, overføres til kontrollrom og hvilke oppgaver som sikkerhetsansvarlig da står igjen med ansvar for.

Brann

Sikkerhetsansvarlig varsles ved utløst brannalarm og møter på arbeidsstasjon for etablering av situasjonsforståelse. Bærer VHF radio til enhver tid og kontakter kontrollrom for verifisering av brann (dvs. avdekking av "falsk positivt"). Har i tilfelle brann mulighet til å utløse automatisk slukkesystem manuelt. Informerer og rettleder passasjerer ombord via skipets PA-anlegg. Passasjerer med særlige behov for assistanse ivaretas spesifikt. Leder beredskaps-situasjonen og påser at slukkesystemer bekjemper brann/branntilløp. Benytter evt. lokale slukkemidler ved behov (f.eks. pulverapparat). Ved behov for evakuering eller øvrig bistand påkalles ekstern assistanse via radio, hvorpå direktekontakt opprettholdes.

Operatør(er) ved **Kontrollrom** er ansvarlig for skipets navigasjon og manøvrering. Validerer utløst alarm ved overføring av bilde/video og øvrig sensor-data for avdekking av mulig "falsk positiv". Informerer sikkerhetsansvarlig om bord vedr. status (f.eks. brann i maskinrom eller ikke), og ber ved behov sikkerhetsansvarlig gjennomføre en visuell inspeksjon. Avgjør i samråd med sikkerhetsansvarlig ombord hvorvidt ekstern assistanse er nødvendig, samt behov for:

- Stoppe vifter, stenger ventilasjonsluker og spjeld, og starte brann- og skumpumper.
- Manuell utløsning av slukkesystem basert på bekrefteelse fra sikkerhetsansvarlig om bord, enten fra skipet eller fra kontrollrom. Slukkesystem kan styres mot spesifikke soner ved behov (dvs. for bare maskinrom, energilager og/eller passasjersalong).

Automasjon på skip – funksjoner

Skipssystemets automasjonsløsninger ivaretar følgende funksjoner:

- Automatisk utløsning av brannalarm om bord, samt ved kontrollrom og beredskapstjeneste.
- Automatisk varsling via PA-anlegg for informasjon og rettleiding av passasjerer.

Bemannings ombord – funksjoner	Kontrollrom – funksjoner
Møter ved utløst alarm på mønstringsplass med VHF. Holder kontrollrom informert om status på situasjonen.	Overtar styring av skip for manøvrering til sikkert sted (land/evakuering) ved behov.
Avdekker mulig "falsk positiv" og utløser manuelt skipets automatiske slukkesystem for maskineri- og energilager eller passasjerdekk, eller begge deler.	Ivaretar situasjonsforståelse og opprettholder kommunikasjon med sikkerhetsansvarlig om bord. Kan ved behov utløse automatisk slukkesystem.
Avgjør i samråd med kontrollrom om hvorvidt ekstern assistanse er nødvendig.	Kommuniserer med beredskapstjeneste og formidler beskjeder til sikkerhetsansvarlig på VHF og passasjerer på PA-anlegg.
Ved behov foretas visuell inspeksjon av brannsted. Dette i samråd med kontrollrom.	Kontrollrom verifiserer status på vifter, luker og pumper, og stopper disse ved behov.
Leder beredskapssituasjonen og ivaretar direkte kommunikasjon med beredskapsenhet dersom behov for assistanse bekreftes.	Støtter sikkerhetsansvarlig om bord. Rettleider sikkerhetsansvarlig om bord vedr. status ift. både utvikling og omfanget av brann. Informerer også andre skip i nærheten og avklarer muligheter for ekstern bistand.
	Overvåker at slukkesystem for brann er aktivert og brann bekjemper.
Avgjør behov for evakuering i samråd med kontrollrom.	Påser at beredskapsressurser og/eller andre fartøy kommer til unnsetning.

Evakuering

Sikkerhetsansvarlig møter på mønstringsplass med VHF radio (som bæres til enhver tid), og informerer og rettleder passasjerer over PA-anlegg om at fartøy skal forlates. Kontakter ekstern beredskapsenhet ved behov eller i samråd med kontrollrom. Har direkte kontakt med ekstern beredskapsenhet. Leder evakueringen ombord og gjør evt. avklaringer i samråd med kontrollrom. Iklær seg rednings- vest eller drakt og utløser skipets redningsflåte (MES-stasjon). Påser at redningsflåte er korrekt utløst. Påser at redningsvester sitter korrekt på og rettleder/assisterer passasjerer ombord i MES-stasjon. Foretar et siste søk i salong/passasjerdekk før skipet forlates.

Operatør(er) ved **Kontrollrom** holder kontinuerlig oversikt over omkringliggende miljø og situasjonen ombord. Herunder også skipets tekniske tilstand. Avgjør i samråd med Sikkerhetsansvarlig ombord hvorvidt ekstern assistanse er nødvendig. Sikrer at beredskapsenhet er varslet og underveis. Påser at redningsflåte er utløst og at passasjerer beveger seg over i MES-stasjon.

Automasjon på skip – funksjoner

Skipssystemets automasjonsløsninger ivaretar følgende funksjoner:

- Ved utløst alarm ombord, utløses tilsvarende alarm ved kontrollrom og beredskapstjeneste.
- Informasjon om skipets posisjon og teknisk tilstand overføres til kontrollrom og beredskapsenhet.
- Automatisk informasjon fra PA-anlegg for rettleiding av passasjerer.

Bemanning ombord – funksjoner

Kontrollrom – funksjoner

Møter på mønstringsplass med VHF. Holder kontrollrom informert.	Tar over styring av skip for manøvrering til sikkert sted, enten mot land eller tryggest mulig posisjon for evakuering. Setter ved behov fartøy i fallback.
I samråd med kontrollrom avgjøres behov for ekstern assistanse.	Støtter sikkerhetsansvarlig ombord og kontakter evt. ekstern beredskapsaktør med nødvendig informasjon vedr. skipets posisjon og teknisk tilstand, antall og pax med særskilte behov.
Iklær seg rednings- vest eller drakt.	Overvåker situasjon ombord og bistår sikkerhetsansvarlig med informasjon omkring skipets tilstand, situasjon ombord og omkringliggende miljø.
Utløser aktuell MES-stasjon og påser at den er korrekt utløst.	Påser at redningsflåte er utløst.
Assisterer og rettleder passasjerer om bord, støttet av PA-anlegg.	
Trer som siste person over i MES-stasjon etter å ha utført et siste manuelt søk i salong for å bekrefte at alle passasjerer er evakuert.	Støtter Sikkerhetsansvarlig med å gjennomføre søk i salong assistert av kamera og sensorer.

Kollisjon, grunnstøting og vanninntrenging

Sikkerhetsansvarlig møter på mønstringsplass med VHF radio (som bæres til enhver tid), og kontakt med kontrollrom opprettes for avklaring av situasjon og omfang av denne. Leder beredskaps-situasjonen ombord og bl.a. informerer og rettleder passasjerer via skipets PA-anlegg. Avklarer situasjonen og påser at lense-system er aktivert. Har mulighet til manuell utløsning. Avklarer i samråd med kontrollrom behov for ekstern assistanse. Direktekontakt mellom skip og ekstern assistanse opprettholdes via radio.

Operatør(er) ved **Kontrollrom** overtar skipets navigasjon og manøvrering og fører ved behov skipet til sikkert sted (kai/land/evt. fallback). Validerer utløst alarm ved overføring av bilde/video og øvrig sensor-data og etablerer situasjonsforståelse. Informerer sikkerhetsansvarlig ombord, og ber ved behov sikkerhetsansvarlig gjennomføre en visuell inspeksjon. Overvåker at lense-system er aktivert og at dette fungerer som tiltenkt. Avgjør i samråd med sikkerhetsansvarlig ombord hvorvidt ekstern assistanse er nødvendig, og påkaller ved behov.

Automasjon på skip – funksjoner

Skipssystemets automasjonsløsninger ivaretar følgende funksjoner:

- Automatisk utløsning av alarm ombord, med tilsvarende utløsning av alarm ved kontrollrom og beredskapstjeneste.
- Automatisk overføring av informasjon om skipet, teknisk tilstand, posisjon, værforhold, antall pax til kontrollrom og beredskapsenhet.
- Automatisk informasjon fra PA-anlegg for rettleiding av passasjerer.
- Automatisk varsling ved skade på skott og omfang av vanninntrenging.

Bemanningsombord – funksjoner

Kontrollrom – funksjoner

Møter på mønstringsplass med VHF. Holder kontrollrom informert.	Overtar styring av skip for manøvrering til sikkert sted (land/ evakuering) ved behov.
Leder beredskapssituasjonen om bord	Støtter sikkerhetsansvarlig ombord kontinuerlig med informasjon vedr. skade og omfang
Informerer og rettleder passasjerer via PA-anlegg.	Overvåker situasjon i salong/på passasjerdekk.
	Påser at lense-system er aktivert og i funksjon.
Avklarer behov for ekstern assistanse.	Avklarer behov for ekstern assistanse, og tilkaller evt. denne.
Har direkte kontakt med ekstern beredskapsenhet.	

Mann over bord

Sikkerhetsansvarlig slår alarm og kontakt med kontrollrom opprettes for avklaring av situasjon. Leder beredskaps-situasjonen om bord dersom det vurderes som hensiktsmessig at skipet skal bistå i redning og/eller søk. Passasjerer informeres via skipets PA system. Når skipet er i posisjon hjelpes person i vannet om bord via dedikert redningsanordning. Assistanse fra passasjerer tilkalles ved behov. Avklarer i samråd med kontrollrom behov for ekstern assistanse.

Operatør(er) ved **Kontrollrom** markerer posisjon og overtar skipets navigasjon og manøvrering og fører skipet i posisjon slik at redning er gjennomførbar (potensielt Fallback 3). Overvåker situasjonen og bistår sikkerhetsansvarlig med koordinering opp mot redningsetat. Avgjør i samråd med sikkerhetsansvarlig ombord hvorvidt ekstern assistanse er nødvendig, og påkaller ved behov.

Automasjon på skip – funksjoner

Skipssystemets automasjonsløsninger ivaretar følgende funksjoner:

- Automatisk varsling av kontrollrom ved utløst alarm.

Bemanningsansvarlig – funksjoner	Kontrollrom – funksjoner
Møter på mønstringsplass med VHF og holder kontrollrom informert.	Kontrollrom land overtar navigasjon og manøvrering av fartøy og koordinerer operasjonen i samarbeid med sikkerhetsansvarlig om bord og beredskapsenhet.
Tilkaller hjelp fra passasjerer ved behov.	Påser at "mayday" er sendt ut og oppretter kontakt med (og informerer) omkringliggende fartøy, samt beredskapsetat.
Ansvarlig for redning: Lokaliserer personen lokalt og kommuniserer med kontrollrom for posisjonering av fartøy, håndterer redningsanordning for å assistere forulykket person om bord.	Navigerer skipet for trygg og effektiv overføring av berget person til beredskapsenhet.
Utfører førstehjelp etter behov med eventuell assistanse fra passasjerer.	

6 Autonom sjøverts persontransport – synspunkter fra passasjerer

Anbefalt autonomnivå for de ulike brukercasene påvirkes også av sluttbrukerne av transportløsningen. På mange måter er dette et viktig designkriterium for å skape en attraktiv løsning for brukeren, og som dermed bærer den nødvendige tilliten. Således gir dette kapittelet innsikt i hva potensielle brukere av de nye transportløsningene vektlegger i forhold til bruk av en autonom sjøverts transportløsning. Da med utgangspunkt i NTNU sin rapport – L1.2 Brukercase for mulighetsstudiet (Kleppe, et al., 2019), samt øvrig relevante publikasjoner (Fagerlie, 2019; Høklie, 2017; Nix, 2017).

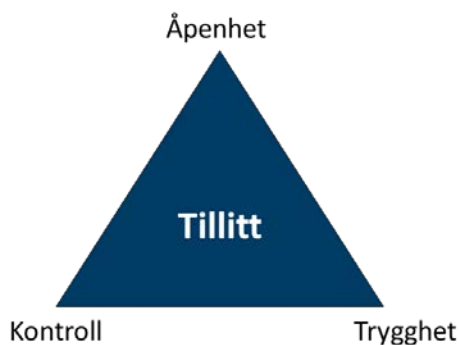
6.1 Etablering av tillitt hos brukerne

Fagerlie (2019) fremhever at det å sikre tillitt hos potensielle brukere av en transporttjeneste er helt essensielt, noe som også understøttes av Høklie (2017). Her fremheves tillitt til selve *systemet*, men også ulike *design-prinsipp* for selve fartøyet.

Når det gjelder å bygge *tillitt til systemet* fremhever Fagerlie (2019) dets evne til å levere en tjeneste som er pålitelig, noe som i stor grad kan overføres til fravær av feil som går ut over frekvens og evne til å levere en tjeneste som følger rutetabellen. Desto færre og mindre graverende feil, og jo lengre tid det går mellom feil, gir utslag i økt tillitt hos brukeren. Tillitten er også mest sårbar i den innledende fasen etter at en ny løsning er satt i operasjon. Dette understøttes i stor grad i Høklie (2017), som beskriver at tillitt til en transporttjeneste er en naturlig konsekvens av hvor mye man har vært eksponert til den.

For å sikre etablering av nødvendig tillitt til systemet løfter Nix (2017) frem tre viktige *design-prinsipp*:

- **Åpenhet:** Det er viktig at brukeren holdes informert om fartøyets operasjon, da særlig ift. rute, destinasjon og estimert ankomsttid. Dette kan f.eks. løses gjennom bruk av informasjonsskjermer ol.
- **Kontroll:** Påvirkes av brukernes mulighet til å utøve en viss form for kontroll av operasjonen. F.eks. muligheten til å trykke på en "stopp-knapp" gitt at situasjonen påkrever dette, eller ta direkte kontakt med et kontrollrom. Lignende funksjoner finnes også i dagens heiser, og gir oss brukere en mulighet til å påvirke sin bruk av funksjonen.
- **Trygghet:** Påvirkes i stor grad av menneskets evne til å kjenne seg igjen i den nye transportløsningen, og at overgangen fra øvrige kjente transportmidler ikke er for stor. Dette ved å minimere brukerterskelen gjennom å etablere et mest mulig gjenkjennbart og enkelt brukergrensesnitt. Her vises det til gjenkjennbar fysisk utforming (f.eks. andre kjente kollektivformer), men også ift. muligheten for å utøve en viss form for kontroll (ref. knappepanel i heiser).



Figur 6: Tre prinsipper for etablering av tillitt (Kilde: Nix, 2017)

6.2 Kristiansund

Datagrunnlaget for Kristiansund er basert på totalt 84 respondenter, hvorav 66 personer er lokale og 18 er besøkende/turister.

Her svarte 33% at det var negative til å reise med en autonom passasjerbåt. Det som i sum var mest den mest utslagsgivende faktoren for denne gruppen var hovedsakelig knyttet til manglende trygghetsfølelse som resultat av menneskelig fravær. Dette er tett koblet til sikkerhet ombord, og dermed mangel på interaksjon og veiledning fra mannskap dersom en kritisk situasjon skulle oppstå. Dette reflekteres tydelig ved at 54% av denne gruppen ville reist med en autonom Sundbåt dersom en person var om bord med ansvar for personsikkerhet, men uten noen rolle ift. navigasjon og styring av selve båten. Dette betyr at dersom en autonom/automatisert Pendelferge skal realiseres, bør den ha en sikkerhetsbemanning på en (1) person, ettersom dette vil øke akseptansen blant brukerne. I forhold til antall prosent spurte vil dermed andel negativt innstilte til en autonom Pendelferge reduseres fra 33% til 15% (Kleppe, et al., 2019).

Av de som stilte seg positive til å reise med en autonom ferge (67%), er det flere faktorer som løftes frem, og den mest fremtredende er særlig muligheten til hyppigere avganger. Dermed følger oppfatningen om at autonomi/automatisering av en sjøbasert transporttjeneste fremstår som spennende teknologisk, samt at det potensielt kan gi en miljøgevinst. Sistnevnte er strengt tatt ikke direkte knyttet til autonomi som sådan, men gir likefullt muligheten til å introdusere mer energieffektive og utslippsfrie fremdriftsløsninger. Denne gruppen av respondenter ser altså ut til å ha en underliggende tiltro til at sikkerheten er ivaretatt, og at man stoler på de teknologiske løsningene som realiseres (Kleppe, et al., 2019).

6.3 Ålesund

Datagrunnlaget for Ålesund er vesentlig større sammenlignet med Kristiansund, (880 respondenter mot 84), og resultatene kan derfor tolkes med betydelig større grad av pålitelighet.

Som for Kristiansund er også frekvens, og dermed hyppigere avganger, noe som verdsettes høyt av respondentene fra undersøkelsen. Herunder også et uttrykt ønske om flere avganger i helgene. Når det gjelder akseptansen for autonomi, ble denne gjennomført for alle respondentene, og ikke bare for eksisterende og potensielt nye brukere av dagens sjøbaserte transportløsninger. Undersøkelsen viser at nærmere 80% av respondentene stiller seg positive til å reise med en autonom/automatisert passasjerferge gitt sikkerhetsnivået er tilsvarende eller bedre sammenlignet med en konvensjonell løsning. Dette viser at resultatene er relativt sammenfallende med de fra Ålesund, at dette med sikkerhet og muligheten til menneskelig interaksjon ved kritiske hendelser fremstår som en viktig og trygghetsskapende faktor (Kleppe, et al., 2019).

6.4 Brukerperspektivet – oppsummert

Totalt sett viser resultatene fra brukerundersøkelsene i Kristiansund og Ålesund sammenfallende resultater, og at suksessen til en autonom/automatisert sjøverts transportløsning – sett fra en brukers perspektiv – i stor grad er avhengig av at de løsninger som implementeres er like sikre som dagens løsning, men også at menneskelig nærvær ansees som en viktig og trygghetsskapende faktor. Resultatene viser også betydelig tillitt til verifiserende myndighetsaktører, og deres rolle for å sikre at innføring av nye teknologiske løsninger som er trygge. Dette understreker behovet for å beholde en sikkerhetsansvarlig om bord flere år frem i tid.

7 Konklusjon og videre utviklingsbehov

Rapporten bekrefter at det teknologiske mulighetsrommet knyttet til autonom sjøverts persontransport er betydelig, men at vesentlige behov for forskning og industriell utvikling fortsatt eksisterer. Både i forhold til påkrevde løsninger for sikker og effektiv navigasjon og manøvrering – kai til kai – men også for ivaretagelse av et nødvendig sikkerhetsnivå om bord og for det omkringliggende miljø. Dette gapet representerer samlet sett hovedargumentet og realismen bak anbefalingen om å realisere begge brukercasene gjennom en "trappetrinn" modell. Denne tilnærmingen vil gjøre det mulig å bygge erfaringsbasert kunnskap og koble dette til utvikling av nye teknologiske løsninger og operasjonelle prosedyrer - en suksessoppskrift hvor norsk maritim næring har en svært god historikk å vise til.

Den anbefalte løsningen består av en læringsfase (autonomigrad 2) før oppstart av fasen med autonom operasjon av skipet initieres (autonomigrad 3-4). Læringsfasen kommer hovedsakelig av nevnte gap knyttet til autonom navigasjon og manøvrering av skipet. Da særlig grunnet eksisterende utviklingsbehov for mer robuste løsninger for objekt deteksjon og anti-kollisjon. Herunder også opprettelse av et kontrollrom, men også behovet for å bygge kunnskapsbasert erfaring vedrørende samhandling mellom skip med høy grad av autonomi og kontrollrom. I tillegg kommer behovet for utvikling av nye løsninger knyttet til personsikkerheten om bord dersom en kritisk hendelse skulle oppstå. Dette er et område hvor det frem til nå er fremmet få konkrete forslag til nye løsninger tilpasset autonom passasjertransport. Hvor nettopp dette med håndtering av brann og evakuering per i dag fremstår som de største utfordringene før en vesentlig reduksjon i sikkerhetsbemanning kan realiseres.

På sikt viser analysen av den trinnvise innføringen av autonomi at funksjoner som tradisjonelt ivaretas av driftsbemanningen om bord, i stor grad vil kunne håndteres av automasjonen (f.eks. navigasjon og manøvrering), kontrollrom (f.eks. ivareta kommunikasjon mot andre skip) , eller av eksterne aktører (f.eks. drift og vedlikehold av fremdrifts- og energisystem). Når det gjelder sikkerhetsbemanning om bord vil den kunne reduseres trinnvis til en person for begge brukercase. Denne anbefalingen er gitt for å ivareta passasjerens sikkerhet gitt forventet status på teknologiutvikling. Anbefalingen er basert på:

- Analyse av sikkerhetsinstruks som viser flere gjenstående funksjoner og oppgaver om bord som ikke like lett lar seg automatisere eller fordeles på omkringliggende infrastruktur.
- Utfordringer rundt universell utforming som gjør at personer med et bredt spekter av behov skal kunne benytte seg av autonome passasjerskip.
- Menneskelig nærvær av kompetent og trent personell bidrar til å skape trygghet hos passasjerer, og derigjennom og dermed økt aksept og tillit til tjenesten.

Det er ikke tatt stilling til hvordan kvalifikasjonskravene til sikkerhetsansvarlig dekkes av regelverk, men rapporten påpeker oppgaver som en sikkerhetsansvarlig vil måtte utføre i de ulike fasene av skipsoperasjonen, og kan således være et innspill til fremtidig utforming av kvalifikasjonskrav og tilhørende opplæringsystemer.

Det presiseres også at planlagte prosjektaktiviteter knyttet til vurderinger omkring kost-nytte i skrivende stund ennå ikke er gjennomført, og det tas derfor forbehold om at anbefalte løsning kan endres noe.

8 Referanser

Borgen, H., Holte, E.A., Pobitzer, A., (2021), *Smartere Transport – Møre og Romsdal L2.1 Skalerbare fartøyskonsept*, SINTEF Ocean rapport OC2021 A-061, ISBN 978-82-7174-420-5

Holte, E.A., Wennersberg, L.A.L., Pobitzer, A., (2020), *Smarter Transport – Møre og Romsdal L4.3 Sikre transportløsninger*, SINTEF Ocean rapport OC2020 A-043, ISBN 978-82-7174-382-6

Holte, E.A., Pobitzer, A., Borgen, H., Chu, Y. (2019), *Smartere Transport – Møre og Romsdal A1.1 Ståstedsanalyse*, SINTEF Ocean rapport OC2019 A-075, ISBN 978-82-7174-358-1

Høeklie, O. I. (2017), *Passenger trust in autonomous transportation - How to use design to establish trust between passenger and autonomous ferries*, Fakultet for arkitektur og design, NTNU. Hentet fra: https://www.ntnu.edu/documents/139799/1279149990/15+Article+Final_olaih_fors%C3%B8k_2017-12-06-23-56-40_TPD4505_Passenger+trust+in+autonomous+transportation_Ola.i.H..pdf/84cb6a6a-598b-4066-9f6c-e189779a1dee

Fagerlie, M. (2019), *Design features – a way to develop passengers' trust in autonomous ferries?*, Master Thesis, Universitetet i Sørøst-Norge, Fakultet for teknologi, naturvitenskap og maritime fag.

Forskrift om bemanning av norske skip (bemanningsforskriften), 2009, Nærings- og fiskeridepartementet, FOR-2017-12-20-2379 fra 01.01.2018. Hentet den 14.06.2021: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-06-18-666>

Forskrift og vakhold på passasjer- og lasteskip (vakholdsforskriften), 1999, Nærings- og fiskeridepartementet, FOR-2007-06-29-1006 fra 01.07.2007, Hentet den 14.06.2021: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-04-27-537>

Kleppe, P.S., Røssevold, S.S., Romundstad, S., (2019), *Smartere Transport – Møre og Romsdal L1.2 – Beskrivelse av brukercase*, NTNU Ålesund.

Nix, M. (2017), *How Uber Builds Trust in Self-Driving Cars*. Hentet fra: <https://www.youtube.com/watch?v=0IfnQrKE77s>

Rødseth, Ø.J. og Nordahl, H., (2017), *Definitions for Autonomous Merchant Ships*, NFAS – Norwegian Forum for Autonomous Ships.

Rødseth Ø.J., Faivre J., Hjørungnes S.R., Andersen P., Bolbot V., Pauwelyn A.S., Wennersberg 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.

Stensvold, T. (2021), *Her utdannes verdens første kapteiner for fjernstyring og overvåking*, Teknisk Ukeblad, nettutgaven 31. mai 2021. Hentet den 14.06.2021 (https://www.tu.no/artikler/her-utdannes-verdens-forste-kapteiner-for-fjernstyring-og-overvaking/510553?utm_source=newsletter-tumaritim&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter-2021-06-03&key=ro7Itmlc)

IMO (2013). *Guidelines for the Approval of Alternatives and Equivalents as provided for in Various IMO Instruments*, MSC.1/Circ.1455, 24 June 2013.

ISO (2021), ISO 23860, *Ships and marine technology -- Terminology related to Maritime Autonomous Surface Ships (MASS)*, Version 6, 2021.

Wille, E., (2021), *Smartere Transport – Møre og Romsdal L4.1 – Cyber security*, SINTEF Ocean rapport OC2020 A-126, ISBN 978-82-7174-402-1

A Appendiks

A.1 Notasjon for ansvarsmatriser knyttet til forskrifter

Aktører		Ansvarlig	
SA	Sikkerhetsansvarlig	A	Ansvarlig part
RCC	Landkontrollrom m/operatører	U	Utøvende part
LS	Landbasert servicepersonell (innkalling)		
RT	Redningstjenester		
A	Automasjonssystem		
SM	Ship Management		

A.2 Ansvarsmatrise for bemanningsforskriften

Foreslått løsning for de to brukercasene dekker forskrift om bemanning av norske skip (<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-06-18-666>) som vist i tabell under.

Punkt og beskrivelse fra bemanningsforskriften	Løsningsforslag for brukercase	Aktører og ansvarsfordeling					
		SA	RCC	LS	RT	A	SM
A	Vakthold både på sjøen og ved landligge, samt sikkerhets- og beredskapsøvelser	A	U				
B	Operasjon og vedlikehold av sikkerhetskritiske driftssystemer, herunder fremdriftsmaskineri og rednings- og beredskapssystemer		U	A		U	
C	Operasjon og vedlikehold av teknisk utstyr på bro og i maskinrom, samt andre kontrollrom		U	A		S U	
D	Operasjon og vedlikehold av internt og eksternt kommunikasjonsutstyr		U	A		U	
E	Vedlikehold av kritiske komponenter		U	A		U	
F	Forpleining av besetning, samt påbudt renhold	A		U			
G	Ankring og fortøyning, samt klargjøring av skipet før reisen	U				A	
H	Maritime operasjoner som navigasjon, manøvrering, stabilitet med mer		U			A	
I	Overvåke lasting og lossing, sikring og plassering av last (farlig last osv.)	A	U				
J	Førstehjelp, skadebehandling og medisinsk bistand	A	U		U		

		sikkerhetsansvarlig med kommunikasjon mot nødtjenester.						
K	Sikkerhetsopplæring og annet sikkerhetsarbeid, herunder de oppgavene som følger av <u>forskrift 22. juni 2004 nr. 972</u> om sikkerhet, pirat- og terrorberedskapstiltak og bruk av maktmidler om bord på skip og flyttbare boreinnretninger	Rederi/Ship management er ansvarlig for sikkerhetsopplæring. RCC og sikkerhetsansvarlig er ansvarlig for operasjonelt sikkerhetsarbeid.	U	U				A
L	Familiarisering av nye besetningsmedlemmer	Rederi/ Ship management er ansvarlig.						A
M	Føre tilsyn med inntak av bunkers, proviant og forråd	Automatisk lading av skip, RCC alarmeres ved teknisk feil som igjen vurderer tiltak for evt. feilretting. Sikkerhetsansvarlig er primærressurs med støtte fra RCC.	A	U				
N	Øvrige operasjoner av betydning for sikkerhetsbemanningen.	Reder/ Ship management er ansvarlig, med mulig støtte fra sikkerhetsansvarlig.	U					A

A.3 Ansvarsmatrise for vaktholdsforskriften

Foreslått løsning for brukercase dekker Forskrift og vakthold på passasjer- og lasteskip. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-04-27-537> som vist i tabell under.

Paragraf og beskrivelse fra vaktholdsforskriften		Løsningsforslag for caser	Aktører og ansvarsfordeling					
			SA	RCC	LS	RT	A	SM
P5	Skikkethet til tjeneste	Reder/ Ship management sørger for at alle aktører er skikket til tjeneste.						A
P6	Vaktordninger og prinsipper	Reder/ Ship management utarbeider vaktordninger og prinsipper. SA og RCC er ansvarlig for å følge dette.	U	U				A
P7	Brovakt	Utføres i kombinasjon av RCC og automasjon	U	A			U	
P8	Maskinvakt	Utført i kombinasjon av RCC og automasjon.		A			U	

A.4 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 driftsbemanning 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 intervensere 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.5 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.

A.6 Styrker og svakheter ved ulike grader av autonomi

Tabell 4 gir en overordnet vurdering av styrker og usikkerhetsmoment for hver autonomigrad. Vurderinger omkring grad 5 er utelatt da dette nivået er ansett å ikke være relevant for prosjektet. Vurderingene er basert på forestående kapitler, øvrig forskningslitteratur, samt Smartere transport leveransen A1.1 – Ståstedsanalyse (Holte, et al., 2020).

Tabell 4: Overordnet vurdering av styrker og svakheter ved ulike grader av autonomi

Autonomigrad	Styrker	Usikkerhetsmoment
Grad 1 og 2	<ul style="list-style-type: none"> • Eksisterende løsninger er godkjent og ansett som trygge, gitt menneskelig nærvær og overvåking av system. • Eksisterende løsninger er i drift ved flere fergesamband, og høster viktig erfaring for videre utvikling. • Utfordrer i svært liten grad kjente risikofaktorer innen sjøbasert persontransport. 	<ul style="list-style-type: none"> • Foreløpig ikke kjent å gi noen store utslag ift. reduksjon i sikkerhetsbemanning, og dermed få åpninger til reduksjon i operasjonelle kostnader.
Grad 3	<ul style="list-style-type: none"> • Gir muligheter til å redusere minste sikkerhetsbemanning og derigjennom også for reduksjon i driftskostnader. • Åpner opp for økt forutsigbarhet i forhold til drift og daglig operasjon. • Åpner opp for å øke antall driftstimer per døgn, uten nevneverdig økning i kostnad. • Gir et betydelig bidrag til å minimere menneskelige feil, som ofte er den bakenforliggende årsaken til ulykker til havs. • Innføring av kontrollrom kan bidra til økt sikkerhet, både for skip, passasjerer og omkringliggende miljø. • Kontrollrom kan også gi kostnadmessige fordeler ved å 	<ul style="list-style-type: none"> • Utfordrende å realisere faktisk reduksjon i sikkerhetsbemanning, da dette krever utvikling og godkjenning av sikkerhetsløsninger som pt. ikke finnes. • Krever økt forståelse for hvordan ulik domenekunnskap kan kobles for å realisere et likeverdig sikkerhetsnivå, selv med reduksjon i bemanning. Nødvendig å koble skipsdesign, med design av sikkerhetsløsninger og kontrollrom funksjon. • Nye risikofaktorer oppstår, hvor det antas at noen ennå ikke er fullt ut kjent for industri eller myndigheter. • P.t. er det få – om ingen – verifiserte løsninger som kan

	ivareta kontrollfunksjonen for flere ruter.	ivareta sikker navigasjon og daglig drift av fartøy. Herunder løsninger for situasjonsforståelse, objekt-deteksjon og anti-kollisjon. <ul style="list-style-type: none"> Etablering av kontrollrom kan bidra til å utfordre kostnadsbildet. Sterkt koblet til omfang vedr. krav til bemanning om bord og antall ruter som betjenes.
Grad 4	<ul style="list-style-type: none"> Kapitaliserer på nevnte styrker for Grad 3. Åpner opp for ubemannet operasjon, og dermed betydelig reduksjon i kostnader knyttet til bemanning. 	<ul style="list-style-type: none"> Krever at usikkerhetsmoment vedr. autonomigrad 3 er løst. Foreløpig ukjent hvordan personsikkerhet skal ivaretas under drift, da det periodevis ikke vil være mannskap ombord.
Grad 5	<ul style="list-style-type: none"> N/A 	<ul style="list-style-type: none"> N/A

A.7 Ulike grader av autonomi og konsekvenser for det omkringliggende system

Operasjon av et autonomt skip påvirker det omkringliggende system på ulike måter. Det omkringliggende system forstås i denne sammenheng hovedsakelig som øvrig konvensjonell skipstrafikk og maritim virksomhet (skip i kommersiell virksomhet, lyst-båter, og andre farkoster), samt relevante støttefunksjoner som er nødvendig for drift av det autonome skipet (f.eks. kontrollrom). Tabell 5 gir en overordnet beskrivelse av hvordan ulike grader av autonomi påvirker konfigurasjonen av et skipssystem og dets omkringliggende miljø. Vurderingene er gjort med utgangspunkt i sjøbasert passasjertransport, og er ikke ment å være uttømmende. Mer utfyllende informasjon finnes i rapporten Smartere transport A1.1 – Ståstedsanalyse (Holte, et al., 2019).

Tabell 5: Grader av autonomi og konsekvenser for omkringliggende miljø

Grad av autonomi	Konsekvenser	Beskrivelse
1. Beslutningsstøtte	Mindre	Drift og operasjon av fartøy er tilnærmet lik konvensjonell skipsoperasjon, men med økt innslag av ulike systemer for beslutningsstøtte. Systemer installert ombord i fartøy gir mannskap om bord økt mulighet for å sikre en mer effektiv og trygg seilas. Ingen endring i hverken drifts- eller sikkerhetsbemanning påregnes, og således få eller ingen konsekvenser for omkringliggende system
2. Selvstyrt		Relativt lik situasjon som for foregående, men med mer avanserte systemer ombord med kapasitet til å ta fartøy sikkert til- og fra kai, samt føre skipet langs en pre-definert rute (f.eks. auto-docking og auto-transit). Her finnes kommersielt tilgjengelige løsninger fra ulike systemleverandører (f.eks. ABB, Wärtsilä og Kongsberg Maritime, Maritime Robotics). Operasjon er under

		kontinuerlig oppsyn fra mannskap ved bro med nødvendig navigasjonskompetanse, klare til å overstyre systemet ved behov. Grad av autonomi medfører stort sett ingen endringer for omkringliggende system. Endringer i drifts- eller sikkerhetsbemanning påregnes heller ikke.
3. Periodisk ubemannet	Store	Konsekvenser for skipssystem og omkringliggende miljø er relativt store. En mulig reduksjon i drifts- og sikkerhetsbemanning setter betydelige krav til etablering av nye løsninger for ivaretagelse av passasjersikkerheten om bord. Både knyttet til nye sikkerhetsløsninger og autonom drift. Et kontrollrom vil måtte etableres for overvåking av operasjon, inkludert øvrig maritim aktivitet i farled/operasjonsområde, med mulighet til å overta navigasjon av fartøyet. Nye prosedyrer for hvordan og i hvilke situasjoner nødteam skal bistå må også etableres, samt at verifiserte systemer for sikker autonom navigasjon og dokking må være kommersielt tilgjengelig. I tillegg kommer behov for standardiserte meldingsutvekslinger mellom skip-skip og skip-land, samt robuste løsninger for kommunikasjon.
4. Ubemannet	Vesentlige	Ubemannet operasjon medfører vesentlige endringer i et skipssystem (Holte, et al., 2019). Uten mannskap ombord må sikkerheten for passasjerer, samt det omkringliggende miljø (dvs. andre fartøy og miljøet som sådan), ivaretas gjennom andre løsninger og tiltak, hvor mange per i dag foreløpig er ukjent. Det forutsetter og at det finnes verifiserte løsninger for autonom seilas og dokking, samt at operasjon overvåkes fra et kontrollrom (med mulighet til å overstyre skipets system og del-system). Operasjonelle prosedyrer mellom autonome skip og mellom autonome og konvensjonelle skip må også være etablert (f.eks. en oppdatert versjon av COLREG), samt digital infrastruktur og standarder for utveksling av informasjon.
5. Fullt autonomt		Ved fullt autonom seilas er kontrollromfunksjonen ikke lenger påkrevd ettersom skipet er i stand til å operere på egne hånd, og dermed håndtere alle forutsette og uforutsette situasjoner på en sikker og effektiv måte. Med bakgrunn i dette, samt behovet for vesentlige endringer i regelverk, omtales denne graden av autonomi som ikke realiserbar i nærmeste framtid.