

Bruk av sjekklister i en-pilots luftambulansoperasjoner: en sikkerhetsanalyse i cockpit blant to komparative grupper besetningsmedlemmer



Håvard Mattingsdal

06.10.2022

Masteroppgave i risikostyring og sikkerhetsledelse

Det teknisk-naturvitenskapelige fakultet



Universitetet
i Stavanger

UNIVERSITETET I STAVANGER

MASTERGRADSSTUDIUM I RISIKOSTYRING OG SIKKERHETSLEDELSE

MASTEROPPGAVE

SEMESTER:

Vårsemester, 2022

FORFATTER:

Håvard Mattingdal

VEILEDER:

Kenneth Arne Pettersen Gould

TITTEL PÅ MASTEROPPGAVE:

Bruk av sjekklister i en-pilots luftambulanseoperasjoner: en sikkerhetsanalyse i cockpit blant to komparative grupper besetningsmedlemmer

ENGELSK TITTEL:

Emergency checklist use in single-pilot air ambulance operations: a safety analysis in cockpit among two comparative groups of crew members

EMNEORD/STIKKORD:

Luftambulanse, risikostyring, menneskelige feilhandlinger, automatisering, redundans, sjekklister, arbeidsbelastning, beslutningstaking

SIDETALL:

85 (20 sider vedlegg)

STAVANGER

Håvard Mattingdal

DATO/ÅR 06.oktober 2022

Sammendrag

Innledning: Luftambulanshelikopter driftes enten som et en-pilots (singel), eller et to-pilots system. I Norge er tjenesten en singel pilot operasjon med redningsmann og pilot i cockpit, som har et kompetanse- og sikkerhetsnivå tilnærmet likt et to-pilots system. Dette krever et kontinuerlig fokus på sikkerheten og redundansen ved akutt sykdom hos piloten, en såkalt inkapasitering. Et problem i dag er manglende nødprosedyrer ved slike hendelser. Løsningen kan være å innføre sjekklister tilpasset redningsmannen for en fullverdig håndtering av slike nødssituasjoner. Hensikten til denne studien er å analysere en simulert pilot inkapasitering og effekten av en nyutviklet sjekklister, hvor redningsmannen utnytter helikopterets autopilotteknologi under alle flyforhold for en trygg håndtering og landing av helikopteret.

Metode: Eksperimentell studie i flysimulator under instrumentflygingsforhold med sammenligning av to komparative grupper redningsmenn. En kontrollgruppe (n=3) opererte etter dagens standard uten sjekklister, sammenlignet med en intervensjonsgruppe (n=3) som benyttet ny sjekklister. Sikkerhetsanalysen inkluderte menneskelige feilhandlinger med Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA), objektiv arbeidsbelastning med Hjerterate Variabilitet (HRV) og subjektiv arbeidsbelastning med NASA Stress Load Index (TLX).

Resultat: Studien viste at redningsmennene som benyttet ny sjekklister hadde signifikant færre registrerte menneskelige feilhandlinger (21 mot 80 hendelser, $p < 0,05$), en ikke-signifikant forskjell i registrert objektiv arbeidsbelastning (12,1 mot 14,2 i stress index, $p = 0,4831$) og signifikante forskjeller på subjektiv rapportert arbeidsbelastning (22,5 mot 57,5 i generell arbeidsbelastning, $p < 0,05$), sammenlignet med gruppen som opererte etter dagens standard.

Konklusjon: Studien viser at en standardisert sjekklister bidrar til økt sikkerhet ved singel pilot inkapasitering. Innføring av denne nye sjekklister i luftambulansetjenesten er realistisk grunnet eksisterende kompetanse hos redningsmennene og tilgjengelig teknologi i cockpit.

Abstract

Introduction: Helicopter Emergency Medical Services (HEMS) are operated either as a one-pilot (single) or a two-pilot system. In Norway, the service is a single pilot operation with a HEMS technical Crew Member (HCM) and a pilot in the cockpit, aiming for a level of competence and safety approximating to a two-pilot system. This carries a continuous focus on safety and redundancy in the event of an acute illness in the pilot, i.e. “pilot incapacitation”. Currently, the service lacks emergency procedures for such an incident. A solution could be to introduce checklists adapted to the HCM for such emergency situations. We aimed to analyse a simulated pilot incapacitation and the effect of a newly developed checklist, where the HCM utilizes the helicopter's autopilot technology for a safe handling and landing during all flight conditions.

Method: Experimental study in a flight simulator during Instrument Metrological Conditions (IMC) comparing two groups of HCMs. One control group (n=3) operated according to the current standard without a checklist, compared to an intervention group (n=3) which used the new checklist. The safety analysis included human error with the Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA), objective workload with Heart Rate Variability (HRV) and subjective workload with the NASA Stress Load Index (TLX).

Results: The study showed that the HCMs who used the new checklist had significantly fewer recorded human errors (21 versus 80 incidents, $p < 0,05$), smaller differences in recorded objective workload (12,1 versus 14,2 in the stress index, $p = 0,4831$) and significant differences in subjectively reported workload (22,5 versus 57,5 in general workload, $p < 0,05$), compared to the group that operated according to today's standard.

Conclusion: The study shows that a standardized checklist contributes to increased safety during pilot incapacitation in a single pilot with HCM operation. Introduction of this new checklist in Norwegian HEMS is realistic due to the existing competence of the HCMs and available technology in the cockpit.

Forord

Det å kunne videreutdanne- og fordype seg i akademisk arbeid i voksen alder er et privilegium. Den erfaringsbaserte masterutdanningen, Risikostyring og Sikkerhetsledelse ved Universitet i Stavanger (UiS), har vært lærerikt og en og inspirasjon for undertegnede. Studiet har vært faglig relevant og med en ansamling av svært kompetente forelesere og medstudenter. Dette har stimulert til gode diskusjoner og utvikling både innen risikostyring og sikkerhet generelt, men det har også åpnet opp for en fordypning og akademisk tilnærming til mitt eget fagområde, som er luftambulanseoperasjoner. For egen del har denne nye kunnskapen ført til nye perspektiver i arbeidet med risikostyring og vekket interessen for en vitenskapelig tilnærming til eget fag.

Problemstillingen til masteroppgaven har vært diskutert internt i en årrekke og det er en glede å kunne bidra med et konkret forslag til løsning. Studien hadde ikke vært mulig uten at UiS var åpne for innovasjon, gode støttespillere og kollegaer som alle fortjener en stor takk.

For det første takkes Stiftelsen Norsk Luftambulanse. Uten deres støtte og finansiering ville ikke dette studiet vært mulig. Det å ha en ideell organisasjon som pådriver for videreutvikling av tjenesten har bidratt til at luftambulansen i Norge er en referanse for andre tilsvarende operatører. En stor takk går til min arbeidsgiver Norsk Luftambulanse Helikopter og til alle deltakerne i studien. Datainnsamlingen ville ikke vært mulig uten fleksibiliteten og velviljen til hele organisasjonen. En egen stor takk rettes til pilotene Erlend Segtnan, som tilrettela for bruk av flysimulatoren på Sola, og Andreas Hjert for arbeidet med formaliseringen av den nye sjekklisten. Metodene som ble benyttet i oppgaven kom fra inspirasjonen til brødrene Håkon og Eirik B. Abrahamsen. En stor takk til dem begge for deres rådgivning og faglige kompetanse. En spesiell takk går til min veileder Kenneth A.P. Gould for hans engasjement, sine konstruktive tilbakemeldinger og hans tro på oppgaven.

Til slutt vil jeg takke den viktigste bidragsyteren til at dette studiet har vært mulig. Rønnaug, du er en av en million. Uten støtten fra deg og guttene ville ikke ambisjonene med dette studiet vært mulig.

Stavanger, oktober 2022

Håvard Mattingsdal

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	3
Abstract	4
Forord	5
Forkortelser	8
1.0 Innledning.....	9
1.1 Problemstilling.....	11
1.2 Avgrensing.....	11
1.3 Operativ kontekst.....	14
2.0 Teori	17
2.1 Forsvar i dybden og sikkerhetsbarrierer	17
2.2 Beslutningstaking og sikkerhet i den skarpe enden.....	20
2.3 Identifisering av menneskelige feilhandlinger i luftfarten	22
2.4 Erfaringsbasert læring og simulering	24
2.5 Arbeidsbelastning	24
2.6 Automatisering: styrker og svakheter.....	25
3.0 Metode.....	27
3.1 Simuleringsforsøk.....	27
3.1.1 Ny sjekkliste: pilot inkapasitering.....	28
3.2 Datakilder og analyse	28
3.2.1 SHERPA.....	29
3.2.2 HRV	33
3.2.3 NASA TLX	34
3.3 Reliabilitet og validitet	34
3.4 Etikk.....	36
4.0 Resultat.....	37
4.1 SHERPA-analyse.....	37
4.2 HRV-analyse	41
4.3 NASA TLX-analyse	43
5.0 Diskusjon.....	46
5.1 Hvordan vil forekomsten av menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning påvirkes ved bruk av ny sjekkliste?.....	46
5.2 Hvordan kan regelbasert beslutningstaking og autopilotteknologi bidra til en implementering av ny sjekkliste i luftambulansetjenesten?	50

5.2.1	Bruk av autopilotteknologi.....	54
5.2.2	Er økt sikkerhet nødvendig sett opp mot økt arbeidsbelastning?.....	55
5.3	Videre forskning	57
6.0	Konklusjon	59
7.0	Referanser.....	60
8.0	Vedlegg	66
8.1	Vedlegg 1: Emergency checklist – pilot incapacitation	66
8.2	Vedlegg 2: Utvendig og innvendig illustrasjoner H145 helikoptersimulator.....	79
8.3	Vedlegg 3: Samtykkeerklæring	80
8.4	Vedlegg 4: Erfaringsnivå studiedeltakere.....	82
8.5	Vedlegg 5: Illustrasjoner av simuleringsforsøk.....	83
8.6	Vedlegg 6: Bildesekvens og video av sjekklisten i praksis	84
8.7	Vedlegg 7: NASA TLX-vekting.....	85

1.0 Innledning

Se for deg et scenario hvor et luftambulanshelikopter havarer midt i en større norsk by. Havarikommisjonen konkluderer med at hovedårsaken til havariet var at piloten fikk et illebefinnende som igjen resulterte i total tap av kontroll. Ville en slik ulykke vært akseptabel i et samfunnssikkerhetsperspektiv? Svaret er mest sannsynlig nei, dette fordi samfunnet forventer at luftambulansetjenesten er trygg og at syke pasienter får en sikker transport til sykehus. Denne sårbarheten i en-pilots operasjoner er noe studien ønsker å se nærmere på.

Luftambulanshelikopter driftes enten som et en-pilots (singel), eller et to-pilots system. Tjenesten betegnes ofte som Helicopter Emergency Medical Services (HEMS) og er i Norge en singel pilot operasjon styrt etter regelverk fra European Aviation Safety Agency (EASA).^{1,2} Det norske luftfartstilsynet er det nasjonale organet som fører tilsyn og monitorer den flyoperative leveransen til tjenesten. Luftambulansen opererer etter et likhets- og sikkerhetsprinsipp som tilsier at tjenesten skal være like sikker med en HEMS technical Crew Member (HCM), i Norge kalt en redningsmann, som assisterer piloten, som om det var to piloter i cockpit.^{1,3,4}

I et sikkerhetsperspektiv kan en argumentere for at det er et sikkerhetshull i singel pilot konseptet til luftambulansetjenesten for å kunne ivareta dette sikkerhetsprinsippet ved akutt sykdom hos piloten, det vil si en pilot inkapasitering. Med dette menes at det ikke er tilstrekkelig duplisering av kritisk kompetanse, det vil si redundans i systemet dersom piloten ikke er i stand til å fly helikopteret.⁵ Selv om redningsmenn i luftambulansetjenesten innehar mye flyoperativ kompetanse, så har de per dags dato ingen formell trening eller opplæring i å fly helikopteret selvstendig. En av de organisatoriske årsakene til dette er at redningsmenn ikke innehar et flysertifikat og at det i sentralt regelverket ikke er noen treningskrav for overføring av kommandoen ved inkapasitering i en singel pilot operasjon, noe som igjen fører til at en i operasjonsmanualer ikke kan beskrive at redningsmann skal fly helikopteret manuelt.^{3,6-12}

Problemet blir dermed at det ikke er implementert prinsipper for redundans på organisatorisk og systemnivå for håndteringen av denne risikoen.^{1,3} Løsningen for å tette dette sikkerhetshullet kan være å innføre sjekklister tilpasset redningsmannen for en fullverdig håndtering av slike nødssituasjoner (Vedlegg 1). Et høyt kompetansenivå hos redningsmenn i luftambulansen, samt forbedringer av autopilotteknologi i helikoptrene medfører mulighet til

å innføre nye sikkerhetsbarrierer, som kan gi økt sikkerhet og redundans ved en inkapasiterings nødsituasjon.^{13,14}

Ser en på sannsynlighet og konsekvens for denne nødsituasjonen, så viser en studie gjennomført av EASA at inkapasitering i luften, som en konsekvens av helserelaterte problem, var en sjelden hendelse som inntraff opp mot 0,45 ganger per 106 flytimer, eller 0,25% per år. Sannsynligheten for inkapasitering ble vurdert som svært usannsynlig, men de potensielle konsekvensene vil være katastrofale. EASA studien analyserte både rapporterte Commercial Air Transport pilot inkapasitering hendelser fra 1970-2017 og relevant litteratur angående risikoen.⁶ Et litteratursøk identifiserte videre at flere andre studier har sett på omfanget og sannsynligheten for denne risikoen, men få studier har sett på problemsstillingen i en single pilot HEMS operasjon.^{6-9,11,15-17} Litteratur angående bruk av automatikk for å håndtere nødssituasjoner kan også se ut som at har et økende fokus, men per dags dato er det kun publisert artikler for flyoperasjoner.^{10,12,15,18} For kommersiell flytrafikk kan det i tillegg virke som om dilemmaet med redundans og inkapasitering i singel pilot operasjoner har fått økt oppmerksomhet mye grunnet kostnadsbesparinger.^{12,16}

Sammenlikner en risiko for inkapasitering opp mot en annen nødssituasjon som det regelmessig blir trent på, en motorfeil, så er sannsynligheten for svikt i en turbinmotor mindre enn 0,01 per 1000 flytimer.¹⁹ Dette er interessant i et sikkerhets- og beredskapsperspektiv. Forenklet kan en si at sannsynligheten for pilot inkapasitering er større enn et motorbortfall, men det trenes per dags dato ikke systematisk på dette. Til sammenlikning blir det trent på et motorbortfall opptil flere ganger årlig.¹⁴

Bakgrunnen for studien er at det er mangel på kunnskap om håndtering av singel pilot inkapasitering i luftambulansetjenesten. En analyse av menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning, sett i lys av risikostyringsperspektiver og en hypotesetest, kan belyse om sikkerheten ved redningsmanns håndtering av en simulert inkapasitering er akseptabel eller om ytterligere tiltak er nødvendig. Denne forskningen vil kunne bidra til økt kunnskap innen et fagområde det eksisterer lite vitenskapelige data, samt skape grunnlag for videre akademisk arbeid, regulering, trening og sikkerhetsarbeid i sektoren.

1.1 Problemstilling

Singel pilot inkapasitering i luftambulansetjenesten: Hvordan bruk av ny sjekklister bidrar til duplisering av kritisk kompetanse og økt sikkerhet.

Forskningsspørsmål:

- Hvordan vil forekomsten av menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning påvirkes ved bruk av ny sjekklister?
 - Nullhypotese (H0) = Forekomsten av menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning vil være lik med eller uten bruk av ny sjekklister.
 - Forskningshypotese (H1) = Forekomsten av menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning vil være mindre ved bruk av ny sjekklister.
- Hvordan kan regelbasert beslutningstaking og autopilotteknologi bidra til en implementering av ny sjekklister i luftambulansetjenesten?

1.2 Avgrensning

Hensikten med studien er å analysere om en ny sjekklister kan gi økt sikkerhet og redundans ved pilot inkapasitering. Fokuset er på den skarpe enden av luftambulansetjenesten, det vil si personellet som er involvert i risikofylte og ofte vanskelige arbeidsoppgaver i cockpit.²⁰ Studien analyserer data fra to komparative grupper redningsmenn ved en simulert pilot inkapasitering: en kontrollgruppe måler dagens status, og en intervensjonsgruppe måler effekten av et nytt sikkerhetstiltak i form av en sjekklister.⁵ Forskningsspørsmålene skal bidra til å belyse problemstillingen. Dette for å gi økt kunnskap angående menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning, samt om bruken av regelbasert beslutningstaking og automatisering kan bidra til at ny sjekklister er mulig å implementere i luftambulansetjenesten. Det siste forskningsspørsmålet er sammensatt av to ulike tema, det vil si beslutningstaking og automatisering. Relatert til forskningsspørsmålet er disse to temaene knyttet til hverandre og vil bli diskutert i lys av denne sammenhengen.

Studien har noen avgrensinger. For det første eksisterer det lite tidligere forskning relatert til problemstillingen.^{6-12,15,16,18} Det å anskaffe egne data angående dette problemet er både ressurs- og tidkrevende, noe som har avgrenset studien til å omfatte et utvalg av redningsmenn i luftambulansetjenesten. Selv om antall deltakere i studien er lavt, så har målet og hensikten vært å skaffe til veie kunnskap rundt problemstillingen med en vitenskapelig tilnærming etter en metodikk som kan styrke eller avkrefte en hypotese.²¹⁻²³

For det andre omfatter studien kun operasjoner med helikopter typene Airbus H135T3H og H145T2/D3 (Figur 1). Disse helikoptrene har samme type automatikk og er i fast drift på elleve av tretten helikopterbaser. Helikoptertypen H145T2/D3 er i tillegg reservemaskin på de to resterende basene som primært blir betjent av helikoptertypen AW139.^{3,24} Alle de 72 pilotene og 68 redningsmennene i luftambulansen har utsjekk på minimum en Airbus helikoptertype som alle er utstyrt med en avansert fire akset autopilot, designet spesielt for helikoptre. Autopilotteknologien gir en svært høy flystabilitet, presisjon og beskyttelse mot overbelastning av motor/girboks. Dette muliggjør at en kan fly helikoptret ved hjelp av autopiloten i alle akser og gjennomføre automatiserte avganger/landinger. Helikoptrene benytter også et Helionix avionikk system i cockpit (Figur 2). Helionix er designet for å redusere arbeidsbelastningen i cockpit og for å gi besetningen en så god situasjonsforståelse som mulig. Systemet er en type «glasscockpit» og har ingen analoge instrument.¹³ Denne tilgjengelige automatikken er en avgrensning i oppgaven.

Figur 1: Helikoptertypen H145D3 under en fjellredningsøvelse. (Kilde: Albert Lunde)



For det tredje gjelder studien kun luftambulansetjenesten i Norge. Selv om Norsk Luftambulans Helikopter (NLA) drifter fire helikopterbaser i Danmark og disse opererer etter de samme operative håndbøkene, så er de ikke inkludert i studien.

Figur 2: Helionix avionikk i en Airbus H145T2. ¹³ (Kilde: Norsk Luftambulans Helikopter)



En fjerde avgrensning er valg av metode. Kvantitativ metode med bruk av tre ulike variabler er valgt for å kunne analysere innsamlet data. Studien er avgrenset til bruk av Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA), objektiv registrering av arbeidsbelastning ved Hjerterate Variabilitet (HRV) og subjektiv registrering av arbeidsbelastning ved hjelp av NASA Task load Index (TLX). ²⁵⁻³² Studien har avgrenset seg til disse metodene for å kunne analysere problemstillingen og forskningshypotesen om at forekomsten av menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning vil være mindre ved bruk av ny sjekkliste. Statistikken i studien er avgrenset til et lite utvalg deltakere og bruk av uavhengig t-test med standardavvik og p-verdi har påfølgende begrensning/svakheter. ^{21,22} Bruk av p-verdi er avgrenset til de tre datavariablene som ble vurdert som mest relevante for problemstillingen. Dette er «antall feilhandlinger» i SHERPA-analysen, «Baevsky stress index» i HRV-analysen og «overall arbeidsbelastning» i TLX-analysen. En statistisk styrkeberegning (0,8) identifiserte at data fra totalt seks deltakere ville være tilstrekkelig for SHERPA-analysen, men for HRV-, og TLX-analysen var det nødvendig med et høyere antall deltakere. ^{21,23} Selv om utvalget deltakere er lavt for HRV og TLX, så vil resultatene i analysen bli diskutert ut fra de funnene som er gjort.

Den siste avgrensingen er at studien fokuserer på den skarpe enden av operasjonen med en eksperimentell utprøving av ny sjekklister.²⁰ Med eksperimentell menes at en prøver ut noe som ikke formelt har blitt utprøvd før og at en ser på mulige løsninger på et problem ved å analysere det utøvende leddet i operasjonen. Selv om den nye sjekklister i studien benyttet en uskreven praksis, så er det internasjonalt å anse som eksperimentelt i en HEMS kontekst. Regelverket på systemisk nivå er relevant for problemstillingen da det regulerer drift av operasjonen, men en detaljanalyse av regelverket er ikke inkludert i denne studien. Regelverk som er betydningsfullt for studien er redegjort for generelt.^{1-3,13}

1.3 Operativ kontekst

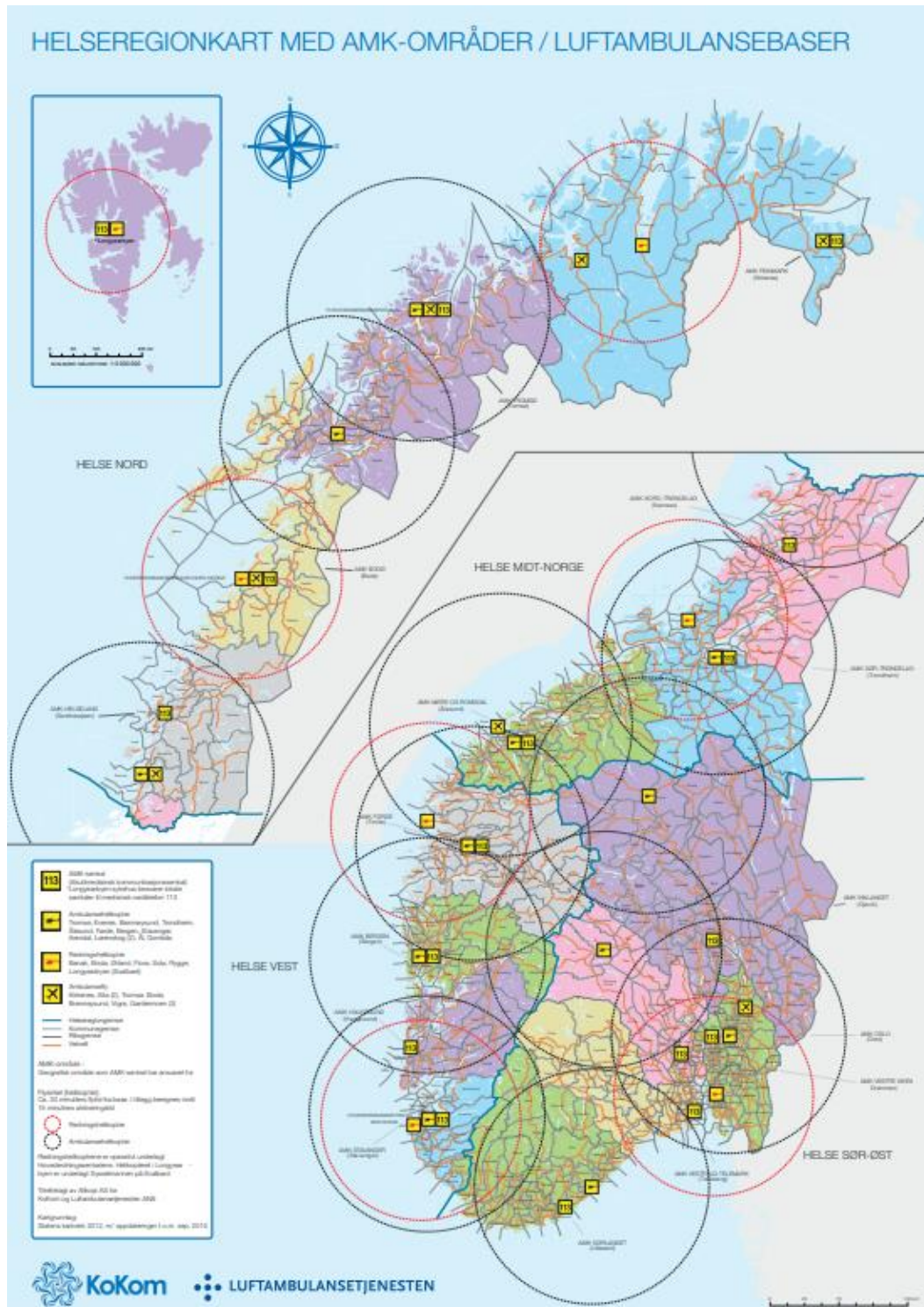
Luftambulansetjenesten i Norge er statlig finansiert og består prinsipielt av i to deler: luftambulanse helikopter, og luftambulanse fly (Figur 3). Både helikopter- og flytjenesten er driftet av sivile operatører på anbud fra staten. Per dags dato er helikoptertjenesten driftet av Norsk Luftambulanse Helikopter og flytjenesten er driftet av Babcock Scandinavian AirAmbulance AS.^{24,33} Denne studien tar for seg helikopter delen av luftambulansetjenesten.

Helikopterbesetningen består av en pilot, en redningsmann, og en anestesilege.^{1,2,24,33} Internasjonalt opereres det med ulike typer HEMS konfigurasjoner, både i forhold til materiell og personell. I Europa er det mest vanlig å fly med en besetning på tre personer, men noen operatører benytter en fire persons besetning.^{34,35} Hovedsakelig er en tre persons besetning benyttet da det er den konfigurasjonen som i praksis har vist seg å være fleksibel, gi god effekt og som har en samfunnsmessig gunstig pris.^{33,35} Besetningssammensetningen i Norge har historisk variert noe, men av flysikkerhetsårsaker ble det i 2020 bestemt at alle HEMS baser i Norge skulle operere med en tre persons besetning.³³

Siden oppstarten i 1978 har det vært en kontinuerlig utvikling av kompetanse, teknologi og prosedyrer for å kunne yte best mulig medisinsk bistand og evakuering til akutt syke pasienter utenfor sykehus. Utviklingen har fortsatt i tråd med at oppdragsmengden til tjenesten jevnt har økt, hvor det i nyere tid årlig gjennomføres 10-15.000 helikopteroppdrag fordelt på de ulike luftambulansebasene.^{24,33} Det har tidligere vært ulike helikopteroperatører involvert i driften av tjenesten, men i fra 2018 har Norsk Luftambulanse Helikopter driftet alle helikopterbasene i Norge.³³ I Norge er det tretten HEMS baser og fjorten operative helikopter på døgnberedskap. I tillegg til dette drifter Forsvaret redningshelikoptertjenesten med åtte baser (Figur 3). I overgangsfasen til nytt redningshelikopter, AW101, blir redningshelikopterbasene

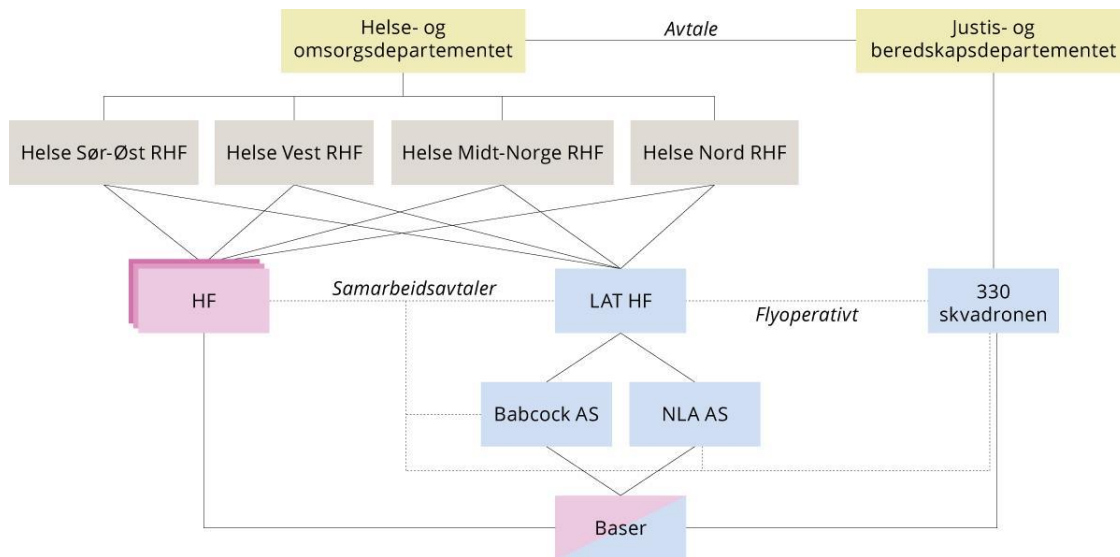
Florø og Tromsø driftet sivilt av CHC Helicopters. Redningshelikoptrene inngår som en sekundærressurs i luftambulansetjenesten.^{24,33}

Figur 3: Helseregionkart som viser luftambulans- og redningshelikopterbasene med aksjonsradius. Luftambulans Kirkenes og redningshelikopter Tromsø ikke inkludert. (Kilde: LAT HF)



I 2021 ble det gjennomført en offentlig utredning av en ekspertgruppe for fremtidig drift av tjenesten. Bakgrunnen for utredningen var blant annet samfunnssikkerhetsspørsmål som dukket opp i kjølvannet av operatørbyttet på luftambulansedytjenesten. Operatørbyttet synliggjorde svakheter i den nasjonale beredskapen. Anbefalingen fra ekspertgruppen var å videreføre dagens modell med offentlige anbud og statlig finansiering (Figur 4).³³

Figur 4: Organisering av luftambulansedytjenesten.^{33,s.14} (Kilde: LAT HF)



Helseforetakene er ansvarlige for den medisinske leveransen til tjenesten. Organisatorisk innebærer dette at anestesilegen er ansatt i helseforetaket, mens pilot og redningsmann er ansatt i flyselskapet. Redningsmann har en medisinsk utdanning som sykepleier eller paramedisiner og har tilleggstudning i redningsteknikk og flyoperative oppgaver i henhold til nasjonal standard for redningsmenn og flyselskapets prosedyrer, som er beskrevet i de ulike operative håndbøkene - Operations Manual (OM).^{3,4,13,14} Redningsmann har med andre ord en treenighet av fagområder han/hun skal beherske.

De flyoperative arbeidsoppgavene til redningsmann innebærer blant annet betjening av navigasjonssystemer, radiokommunikasjon, instrument monitorering, assistere piloten under flyging, lesing av sjekklister (normal- og nødprosedyrer), luftroms- og hindringsobservasjoner, vurdering og sikring av landingsplasser, samt tanking av helikopteret.^{2,4} Den formaliserte flyoperative treningen til redningsmann omfatter ikke selvstendig håndtering av flymaskinen, verken under regulære operasjoner eller ved nødstilfeller.^{2,14}

2.0 Teori

Luftfartsindustrien har i lengre tid vært en referanse for risikostyrings- og systemarbeid relatert til sikkerhet. Dette gjelder både med tanke på menneskelig yteevne, organisering, teknologi og materiell. ^{5,20,36,37} For å kunne svare på problemstillingen er det spesifikt noen teorier som er relevante. Teoriene til James Reason angående styring av risiko i organisasjoner er mye brukt innen luftfarten. Disse teoriene vil være aktuelle for å belyse problemstillingen, da spesielt viktigheten av redundans og forsvar i dybden.

Beslutningstaking og regelbasert beslutningstaking i den skarpe enden er også sentralt for problemstillingen og vil bli redegjort for. ²⁰ Det samme gjelder identifisering av menneskelige feilhandlinger, Human Error Identification (HEI), og arbeidsbelastning. ³⁸⁻⁴⁰ Simulerings- og treningsteorier er også relevante for problemstillingen, samt styrker og svakheter ved automatisering. ^{18,20,41-44}

2.1 Forsvar i dybden og sikkerhetsbarrierer

Prinsippet om forsvar i dybden baserer seg på redundans og mangfold. Med dette menes flere lag av barrierer og variasjoner av disse barrierene. ⁵ Redundans kan skilles mellom det som beskrives enten som duplisering, eller som overlapping av kritisk materiell/kompetanse. Duplisering innebærer at en har et system som fortsetter å virke selv om en komponent svikter. Med overlapping menes at en har redundans i form av at et system er mer pålitelig i samhandling med andre i motsetning til om det opererer alene. ^{5,36} Luftfartsindustrien har flere praktiske eksempler som synliggjør forsvar i dybden og de to formene for redundans. Ser en på autopilotsystemet i et moderne fly, så vil en se at det er flere lag av barrierer for å sikre at automatikken og stabiliseringsteknologien fortsetter å virke selv om en komponent skulle svikte. Dette er eksempel på en kombinasjon av duplisering og overlapp. Et sammenbrudd i alt av teknologiske barrierer sikres igjen ved at piloten kan fly manuelt uten hjelp fra automatikk eller stabiliseringsverktøy. ^{13,19} Drivstoffsystemet til et fly er et annet eksempel på redundans fra luftfarten. Her er det flere ulike lag og variasjoner av barrierer. Det er ulike drivstofftanker og forskjellige redundante pumpe-systemer for å sikre leveranse av drivstoff, som er en kritisk forutsetning for en trygg flyoperasjon. ^{13,19}

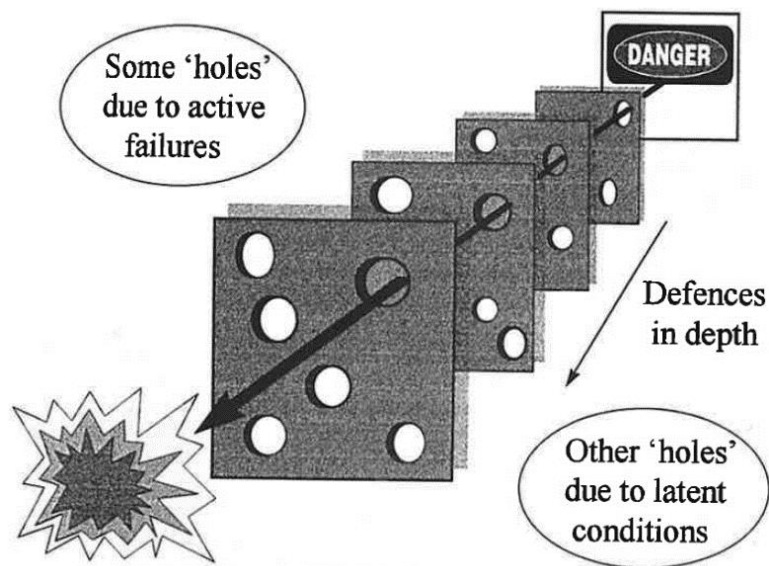
Før en ser i detalj på prinsippet om forsvar i dybden, så er det nyttig å redegjøre for hva som menes med sikkerhetsbarrierer. Ser en først på ordet sikkerhet, så kan det bety et fravær av uønskete hendelser. ³⁶ Sikkerhetsbarrierer kan dermed beskrives som barrierer mot uønskete

hendelser og en kan videre skille mellom det som kalles harde- og myke sikkerhetsbarrierer. Harde barrierer er fysiske komponenter, mens myke barrierer er menneskelig yteevne og eksempelvis regelverk/lovgivning. Begge typene barrierer skal forhindre at uønskete hendelser oppstår eller begrense utfallet dersom en uønsket hendelse skulle tiltre.^{5,36,37} Et konkret eksempel på harde sikkerhetsbarrierer med redundans er kravet om to motorer og krav om en-motors yteevne.⁵ Dette innebærer at flymaskinen skal være flydyktig selv om en motor svikter. Dette er et krav som gjelder kommersiell flytrafikk med passasjerer, noe som også omfatter luftambulansetjenesten.^{3,19,33} I tillegg til disse harde barrierene kan piloten og helikopteret autorotere ned til bakken dersom begge motorene skulle svikte. Dette er eksempel på en kombinasjon av både myke- og harde barrierer. Et eksempel på myke sikkerhetsbarrierer, fra singel pilot HEMS operasjoner, er kravet om trening av redningsmann i flyoperative arbeidsoppgaver i cockpit.^{1,2,14} Denne myke barrieren i form av flyoperativ kompetanse hos redningsmann gir økt sikkerhet ved blant annet å redusere total arbeidsbelastning og det bidrar med overlapping av kompetanse i cockpit.^{2,14} Sikkerhet og redundans gjennom menneskelig yteevne, som kunnskap og kompetanse i flyoperative arbeidsoppgaver, er essensielt for å ivareta en trygg operasjon.^{2,45}

Sammenbrudd av forsvar i dybden kan resultere i total svikt av en operasjon.

Problemsstillingen til denne studien har identifisert en sårbarhet og et hull i en barriere som i sjeldne tilfeller kan få hele forsvaret i dybden til å falle sammen. For å eksemplifisere dette kan en benytte ostehullmodellen til James Reason (Figur 5).^{5,s.12} Modellen viser hvordan uønskete hendelser kan oppstå ved å passere ulike sikkerhetshull i systemet selv om barrierer er på plass. Dette kan være aktive feil eller latente forhold. Med aktive feil menes handlinger som er utført av mennesker, enten bevisst eller ubevisst, og som har en direkte påvirkning på systemet og sikkerheten. Dette kan være snarveier som aktivt gjøres for å unngå noen sikkerhetsbarrierer, for eksempel unnlattelse av å bruke sikkerhetsutstyr. Latente forhold er svakheter i organisasjonen eller systemet som kan resultere i en menneskelig feilhandling, eksempelvis systemfeil og/eller konstruksjonsfeil.^{5,45} Ostehullmodellen kan også brukes for å visualisere forskjellen på de to ulike formene for redundans beskrevet tidligere. Duplisering kan enkelt sies å være en tilsvarende barriere som vil fortsette å virke selv om en lignende komponent skulle frafalle. Overlapping vil være barrierer som medfører flere lag og som skal bidra til at en uønsket hendelse ikke skal få utvikle seg.⁵ I praksis vil ofte en duplisering også innebefatte en form for overlapping av barrierer.

Figur 5: Forsvar i dybden eksemplifisert med ostehullmodellen. ^{5,s.12}



Prinsippet om forsvar i dybden har fått kritikk for å kunne skjule opphavet til en feilhandling samt langtidsvirkningene av disse feilene. Kritikken mot spesifikt redundante «back-ups» er at de kan gi operatørene en falsk følelse av trygghet, noe som igjen kan føre til en higen etter økt produksjon. Det å tilføre redundante barrierer kan også føre til et mer komplekst og sårbart system, feil kan gå uoppgadet over tid og akkumuleres slik at de får anledning til å passere de ulike lagene i «ostehullmodellen» (Figur 5). ^{5,46} Med sårbarhet menes hvor utsatt et system er dersom en uønsket hendelse skulle oppstå og de problemene det vil få for å kunne gjenopprette sin normalfunksjon. ³⁶

Et viktig moment i forhold til forsvar i dybden er at regelverk kan være et nyttig verktøy for å styre risiko, men det kan også være en kilde til latente forhold i et system. ⁵ Det å regulere og skrive nye prosedyrer for hver enkelt operasjon kan redusere risikoen og gi operatørene et nyttig risikohåndteringsverktøy, men det vil innsnevre muligheten for fleksibilitet og egne vurdering. ⁵ Det kan dermed være et tveegget sverd. Med dette menes at det kan være en fin balanse mellom det som gir økt sikkerhet og det som gir økt kompleksitet og sårbarhet. ^{5,36}

For å bedre forstå organisasjoner og forsvar i dybden, så er det nyttig til slutt å kort redegjøre for de klassiske kjennetegnene til det som skildres som en High Reliability Organization (HRO). En HRO har som regel forsvar i dybden på ulike nivå i organisasjonen og luftfartsindustrien fremheves ofte i litteraturen som et eksempel på dette. ^{5,20,36}

Sikkerhetsperspektivet om en HRO organisasjon, på norsk en høypålitelig organisasjon, har flere kjennetegn. For det første er det et perspektiv som ser på organisasjoner som har en god

sikkerhetskultur. En god sikkerhetskultur innebærer en velorientert kultur som igjen har fire kjennetegn. For problemstillingen til studien er det spesielt ett av disse kjennetegnene som er viktig og det er en fleksibel kultur. Med dette menes det at en organisasjon er i stand til å justere seg effektivt etter endrede krav og/eller behov/trussel. Organisasjonen er med andre ord dynamisk både med tanke på arbeidsoppgaver og løsninger. Denne fleksibiliteten kan gi en redundans i organisasjonen og en pålitelig håndtering av komplekse operasjoner. Fleksibilitet er en av de definerende egenskapene til en HRO.⁵ For problemstillingen til denne studien er redundans i organisasjonen også vesentlig da villigheten og gjennomføringsevnen til organisasjonen var en forutsetning for hele studien. Uten denne fleksibiliteten hadde ikke studien vært mulig. De resterende kjennetegnene til en HRO: en rapporterings- rettferdighets- og lærende kultur er ikke like relevante for problemstillingen og vil ikke bli redegjort for i detalj.^{5,45}

2.2 Beslutningstaking og sikkerhet i den skarpe enden

For å kunne håndtere krevende operasjoner og for å kunne ha en beredskap for nødstilfeller, så er det ulike modeller for beslutningstaking. De fire mest vanlige modellene for beslutningstaking i en operativ kontekst er: gjenkjennelsesbasert-, regelbasert-, analytisk- og kreativ beslutningstaking.^{5,20} Gjenkjennelsesbasert beslutningstaking blir mye brukt av eksperter i situasjoner med høyt arbeidspress og hvor en opererer innenfor marginer. For piloter med mye erfaring vil det som oftest være denne modellen for beslutningstaking som benyttes. Det samme kan sies om redningsmenn som må ta sikkerhetsbeslutninger i variable omgivelser basert på trening og erfaring.^{20,47,48} For en redningsmann i luftambulansen, som har monitorerings- og assistentoppgaver i cockpit, vil gjenkjennelsesbasert beslutningstaking bli brukt på områder som han/hun har mengdetrening på. Handlingen hvis redningsmann oppdager noe uforutsett vil typisk være å varsle piloten, som igjen agerer på situasjonen. Siden redningsmann ikke har en formell pilotopplæring, vil en modell for gjenkjennelsesbasert beslutningstaking være preget av store individuelle forskjeller dersom han/hun selv skal håndtere flymaskinen.

Regelbaserte modeller for beslutningstaking blir ofte beskrevet som prosedyrebaseret. Det vil si at en følger en skriftlig regel og/eller prosedyre i utførelsen. Operatøren i den skarpe enden gjenkjenner en situasjon og bruker relevante prosedyrer for å løse situasjonen. Sjekkliste vil være eksempler på dette fra luftfarten. I luftfarten har sjekkliste ofte kritiske moment som er hukommelsespunkter, og deretter en sjekkliste som skal gjennomgås før en handling utføres.

^{13,20} En av fordelene med regelbaserte modeller for beslutningstaking er at de gir mindre erfarent personell ferdige anbefalinger fra eksperter på handlingsmåter i ulike situasjoner. Slike modeller er mye brukt blant annet i luftfarten, helsevesen, skipsfart og så videre. ²⁰

Analytisk beslutningstaking er en modell hvor en analyserer situasjonen og benytter seg av erfaring, trening eller manualer for å fatte en beslutning. Noen av fordelene med denne modellen er at en kan sammenlikne ulike handlingsmåter, beslutningen kan bli rettferdiggjort og det er mer sannsynlig at den kommer frem til et best mulig resultat. Noen ulemper kan være at det krever tid, en kan bli påvirket av stress og det kan gi en overbelastning for beslutningstakeren i form av for mye informasjon. Denne beslutningstakingsmodellen kan bli optimalisert i operative kontekster ved å forberede og planlegge for «what ifs» i operasjonen, noe som er vanlig i militære avdelinger. ⁴⁹ En vil da kunne tilpasse, optimalisere og forberede beslutningene til de ulike situasjonene som kan oppstå. Denne strategien er også vanlig innen luftfart. ²⁰

Kreativ beslutningstaking innebærer at en benytter nye løsninger på ukjente problem. Innen luftfarten er denne modellen sjeldent brukt, men det er eksempler på at det har blitt brukt i ekstreme tilfeller. Denne modellen er tidkrevende, men kan gi resultat på ukjente dilemma. Selv om denne modellen er sjeldent brukt i luftfarten, så er det eksempelvis noen militære avdelinger som benytter seg av denne modellen for beslutningstaking og planlegging. ^{20,49}

Tabell 1: Fire ulike modeller for beslutningstaking. ²⁰

Beslutningstaking	Fordeler	Ulemper
Gjenkjennelsesbasert	Veldig rask Krever lite bevisst tankegang Bra i rutinesituasjoner Motstandsdyktig mot stress	Krever ekspertise Kan være vanskelig å rettferdiggjøre Kan føre til «conformation bias»
Regelbasert	Bra for «ikke-eksperter» Kan være rask Gir en handlingsmåte som er bestemt av eksperter	Kan bli komplisert Regler kan være utdaterte eller ikke presise Kan føre til forfall av ferdigheter
Analytisk	Sammenlikner ulike handlemåter Sannsynlig å bidra med en optimal løsning Kan bli rettferdiggjort	Tidkrevende Kan føre til kognitiv overbelastning Kan bli påvirket av stress
Kreativ	Kan bidra med nye løsninger	Vanskelig under stress, tidkrevende Uprøvde løsninger

Ser en på problemstillingen til denne studien, så er modellen til James Reason som viser de seks variantene av regel-relaterte handlinger relevant for å synliggjøre ulike handlinger sett opp mot regler (Tabell 2).⁵ Tabellen skiller grovt på korrekt eller feil utførelse, og gode-, dårlige- eller ingen regler. For problemstillingen og i analysen av ny sjekkliste kan denne tabellen illustrere hvordan de ulike handlingene til de to deltakergruppene kan kategoriseres opp mot regelverk. Med dette menes at det kan gi en forutsetning og et rammeverk for å diskutere om regler er gode eller dårlige, samt utførelsen dersom det ikke foreligger noen formelle regler.⁵

Tabell 2: Seks varianter av regel-relaterte handlinger.^{5,s.75}

	Gode regler	Dårlige regler	Ingen regler
Korrekt utførelse	Korrekt etterlevelse	Korrekt regelbrudd	Korrekt improvisering
Feil utførelse	Feil etterlevelse	Misforstått etterlevelse	Feiltakelse

2.3 Identifisering av menneskelige feilhandlinger i luftfarten

Menneskelige feilhandlinger kan være utløsende årsak til at ulykker oppstår.^{36,50} For å kunne analysere håndteringen av den simulerte nødssituasjonen i studien er dette viktig. Før en ser på ulike metoder som benyttes, så er det nyttig med en definisjon av menneskelig feilhandlinger. Denne studien benytter James Reasons definisjon på menneskelig feilhandlinger som er: «a generic term to encompass all those occasions in which a planned sequence of mental or physical activities fails to achieve its intended outcome, and when these failures cannot be attributed to the intervention of some chance agency».^{50,s.9} Oversatt til norsk kan dette beskrives som en generisk betegnelse som omfatter alle anledninger der en planlagt sekvens av mental eller fysisk aktivitet mislykkes i å oppnå dens tiltenkte utfall, og der disse feilene ikke kan tilskrives andre tilfeldigheter.

I luftfarten kan menneskelige feil ha et iboende potensial for store materielle eller legemlige skader. Om lag 75% av ulykker eller sikkerhetsbrudd i luftfarten er relatert til menneskelige feilhandlinger.³⁹ I løpet av de siste tiårene har det fortløpende blitt undersøkt hvordan en best kan identifisere menneskelige feilhandlinger og hvilke metoder som gir mest korrekt data.^{5,38-40} Det er spesifikt fire ulike metoder for HEI som har blitt benyttet innen luftfarten. Dette er Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA), Human Error Hazard and Operability Study (HAZOP), Human Error Identification in System Tool (HEIST) og Human Error Template (HET).³⁸⁻⁴⁰

SHERPA ble for første gang introdusert som forskningsmetode i 1986, da relatert til atomindustrien.²⁵ Metoden benytter en hierarkisk oppgaveanalyse («task analyse») i kombinasjon med en feilhandlingstaksonomi for å identifisere menneskelige feilhandlinger i en operasjon.^{25,38,40} Metoden baserer seg på at den som analyserer har klassifisert hver enkelt handling korrekt med påfølgende mulige feilhandlinger. Styrkene til SHERPA metoden er at den både gir en strukturert og grundig tilnærming til feilhandlingsprognoser, den gir en nøye og detaljert analyse av mulige feilhandlinger, og SHERPA feilhandlingstaksonomiene kan gi en punktlig beskrivelse av de mulige feilhandlingene, samt korrigerende tiltak. Svakheterne til metoden er at den kan være svært omfattende og tidkrevende, den tar ikke høyde for de kognitive aspektene involvert i feilhandlingsmekanismene, metodens nøyaktighet og konsistens kan også være avhengig av den som gjennomfører analysen.^{25,38,40} En studie, som sammenliknet tre ulike HEI metoder, konkluderte med at SHERPA var den metoden som gav best resultat for å identifisere menneskelige feilhandlinger i luftarten.³⁸

HAZOP er en velutprøvd metode for bruk i designfasen av et prosessanlegg. Metoden ble først introdusert på sekstitallet og ble på åttitallet justert til å omhandle «Human Error HAZOP».^{36,38} Metoden benytter en strukturert tilnærming til oppgaven som skal løses og det blir benyttet stikkord som beskriver de menneskelige feilhandlingene. Den gir også forslag til designforbedringer i de ulike delementene. HAZOP kan være enkel i bruk og i likhet med SHERPA metoden så er den både nøye og tidkrevende. I studien som sammenliknet de tre ulike HEI metodene, ble HAZOP rangert som nummer to for bruk i luftfarten.³⁸

HEIST metoden ble utviklet på nitti tallet for bruk i atomindustrien. Den har flere likheter med SHERPA metoden, men relatert til luftfarten er den ikke like anvendelig.^{38,39} Dette skyldes i hovedsak at feilhandlingsidentifiseringen brukt i metoden ikke er like brukervennlig i en luftfartskontekst. Denne metoden kom dårligst ut i studien som analyserte de tre ulike HEI metodene.³⁸

HET er en nyere metode utviklet for å forutsi designnitierte pilotfeilhandlinger og er en videreutvikling av eksisterende HEI metoder.³⁹ Metoden benytter en hierarkisk oppgaveanalyse kombinert med feilhandlingstaksonomier, mye i likhet med SHERPA. Den kan se ut til å være en godt egnet metode for bruk innen luftfarten, men mer forskning er nødvendig for å kunne konkludere. En studie indikerte at HET var den metoden som gav best resultat for å identifisere menneskelige feilhandlinger, men studien hadde noen begrensninger når det gjaldt studiedeltakerne.³⁹

2.4 Erfaringsbasert læring og simulering

Tidligere er det redegjort for beslutningstaking og ulike beslutningstakingsmodeller. Dette for å gi et teoretisk grunnlag for bedre å kunne forstå hvordan mennesker presterer. For å kunne gi et helhetlig bilde av menneskelig yteevne, så er det nyttig å se videre på både teorier for erfaringsbasert læring og simulering.

Utdanningsteoriene til John Dewey, vedrørende «learning by doing», er mye brukt innen pedagogikken og har blitt videreutviklet til det som kalles «experiential learning». På norsk blir dette kalt erfaringslæring.^{41,51,52} Teorien bak erfaringslæring er at en gjennomgår en læringssyklus på fire steg. Forenklet kan dette beskrives med at det første steget er en konkret erfaring hvor en møter en ny opplevelse eller en fortolkning av en eksisterende opplevelse. Deretter reflekterer en over erfaringen, for så dra lærdom ut av det en har erfart. Til slutt prøver en ut det en har lært i nye situasjoner.⁴³

Simulering er en form for erfaringslæring som har blitt brukt i luftfarten i lengre tid.^{53,54} I helsevesenet har denne læringsformen også fått økt popularitet og flere studier har vist relevansen av denne læringsformen.^{20,44,55} Simulering er en interaktiv læringsmetode hvor ferdigheter kan repeteres og veilederen kan gi umiddelbar tilbakemelding til deltakerne. Noen av fordelene med simulering er at det gir deltakerne bedre praktiske ferdigheter (psikomotoriske ferdigheter), bedre vurderingsevne og beslutningstaking, og opprettholdelse av kompetanse relatert til prosedyrer. Simulering er også fordelaktig ved at det ikke er risiko for å skade personell, og man har mulighet til å stoppe scenarioet for å vise eller vurdere atferd. Hvor ofte en må trene for å vedlikeholde ferdighetene vil avhenge av om det er ferdigheter som sjeldent blir brukt i arbeidshverdagen eller om de blir hyppig praktisert. Noen studier har vist at ferdigheter som sjeldent eller aldri blir benyttet i arbeidshverdagen bør repeteres hver tredje til sjette måned.^{5,56,57}

2.5 Arbeidsbelastning

For bedre å forstå hvordan mennesker handler, er det i tillegg til analyse av menneskelige feilhandlinger, teorier om beslutningstaking og læring relevant å se på arbeidsbelastningen til det utøvende ledd av en arbeidsoppgave. For å måle arbeidsbelastning eksisterer det ulike metoder og en kan skille mellom subjektive og objektive mål.^{30-32,50,58}

En subjektiv arbeidsbelastning vil være utøverens egen vurdering og oppfattelse av hvor belastende en oppgave var. Her har det eksistert ulike metoder og i sin enkleste form kan en be utøverne om å rangere egen utførelse som god eller dårlig, eller en kan skalere det med for eksempel tallverdier. En oppstyking av de ulike delmomentene av en arbeidsoppgave med kategorisering av ulike belastningsområder er en metode som har vist seg å gi valide data.^{27,30,32} En annen subjektiv metode vil være å benytte eksperter innen et fagområde.⁵⁸

For å måle objektiv arbeidsbelastning kan en bruke fysiologiske parameter, matematiske modeller, eller forhåndsdefinerte oppgavemål. Fysiologiske parameter har blitt benyttet i flere studier for å måle arbeidsbelastning og stress.^{28,29,31,58-60} Ved å sammenlikne objektive og subjektive mål for arbeidsbelastning kan det gi et bilde av den totale belastningen av en arbeidsoppgave.⁵⁸

2.6 Automatisering: styrker og svakheter

Teknologiske fremskritt gir stadig nye muligheter for automatisering av komplekse systemer.⁵ Med automatisering menes teknikken for å få et system til å utføre oppgaver autonomt eller med liten grad av menneskelig involvering. Et av premissene for å kunne utføre denne studien er bruk av autopilotteknologi i helikopteret. Bruk av teknologi er et fokusområde i operasjonene til luftambulansen og det er en av de viktigste bidragsyterne til at oppdragsporteføljen regelmessig blir utvidet. Med dette menes at automatisering og teknologi fører til at en kan fly nye prosedyrer, noe som resulterer i at flere pasienter kan få rask medisinsk behandling og transport.^{13,24,33} Den fire-aksede autopiloten, samt Helionix systemet nevnt innledningsvis, er noen av de viktigste teknologiske forbedringene som gjør at luftambulansen i stor grad kan nyttiggjøre seg av automatisering under flyoperasjonene.¹³

Automatisering har mange positive sider. I forhold til tematikken til denne studien, så ser en at automatisering bidrar til at et besetningsmedlem uten et pilotsertifikat kan håndtere helikopteret trygt ved hjelp av autopiloten. Men automatikk innebærer også potensielt noen negative elementer og det kan være en tveegget velsignelse. Ved å fjerne deler av den praktiske utførelsen for operatørene vil en kunne skape grunnlag for å redusere praktisk trening, noe som igjen kan resultere i operatører som er mindre rustet til å håndtere situasjoner dersom noe uventet skulle oppstå.^{5,18} Dette er særlig dokumentert i luftfarten som både har avanserte automatiserte system og installasjoner for å kunne monitorere bruken av automatiseringen. Automatisering kan påvirke en rekke menneskelige faktorer som blant

annet kan øke kravene til brukerens hukommelse, føre til at brukeren blir usikker på hvor han/hun skal fokusere sin oppmerksomhet, svekke situasjonsforståelsen i teamarbeid, øke arbeidsbelastningen i perioder med høyt arbeidspress, begrense brukerens evne til å utvikle effektive strategier for å håndtere utfordrende oppgaver, øke stress og nervøsitet, og øke potensialet for forvirring gjennom økt fleksibilitet.^{5,37} Denne tidligere forskningen er relevant, men i en redningsmannskontekst så vil en se at det er noen forskjeller. Siden redningsmenn ikke innehar et pilotsertifikat, så er reduksjon av de praktiske flyferdighetene ikke like aktuelt som det vil være for en pilot.^{5,18} For redningsmenn i luftambulansen kan en si at automatisering bidrar til mer praktisk trening på det som er aktuelle flyoperative arbeidsoppgaver i deres yrkeskategori og at automatisering kan tilføre både en duplisering og overlapp av kompetanse i cockpit.

Flight Management System (FMS) er en fellesbetegnelse på automatiserte system som blir benyttet i flymaskiner. Disse systemene gir mulighet for automatisert kontroll av flymaskinen ved hjelp av autopiloten og kan gi redusert arbeidsbelastning for pilotene.^{15,18} Paradoksalt er det rapportert flere ulykker på grunn av feil bruk av disse systemene, da spesifikt i vertikal aksen.^{5,46} Ser en på Helionix systemet som brukes i luftambulansen, så er flere av disse svakhetene og sårbarhetene utbedret (Figur 2).¹³

FMS kan i noen tilfeller gi piloten det som betegnes som «mode confusion», en innstillingsforvirring. Dette skjer i hovedsak på grunn av to årsaker. Enten på grunn av at brukeren gjør en feilvurdering av den aktive innstillingen til FMS, eller at brukeren ikke oppdager overganger i FMS innstillinger. Den første årsaken er en oppfattelsesfeil, mens den andre kan betegnes som kontrollfeil. Selv om FMS systemet er konstruert for å hjelpe brukerne best mulig, så er dette eksempler på klassiske Menneske, Teknologi og Organisasjon (MTO) følgefeil.^{5,37}

3.0 Metode

Studien er utformet som en eksperimentell studie med analyse av to komparative grupper redningsmenn og kvantitative data. Kvantitativ metode ble benyttet for å skaffe til veie data som kan tallfestes og som kan bidra til å belyse problemstillingen.

3.1 Simuleringsforsøk

Alle data ble innhentet i forbindelse med simuleringsforsøk gjennomført i Norwegian Competence Centre Helicopter sin Airbus H145 helikopter simulator ved Sola flyplass, Stavanger (Vedlegg 2). Simuleringsforsøket ble utformet i samråd med flyoperative instruktører i Norsk Luftambulans Helikopter og ble inndelt i tre faser: initial-, instrument-, og visuelflygingsfasen (Tabell 3).

Tabell 3: Inndeling av de ulike fasene av simuleringsforsøket

Initialfasen	Fasen da redningsmann oppdager at piloten er inkapasitert til han/hun har kontroll på helikopteret og nødssituasjonen
Instrumentflygingsfasen	Fasen da redningsmann må fly helikopteret ved hjelp av autopiloten under Instrument Meteorological Conditions (IMC)
Visuelflygingsfasen	Fasen da redningsmann lander helikopteret under Visual Meteorological Conditions (VMC)

Forsøket ble gjennomført i forbindelse med ett av de faste halvårlige intervallene for simuleringstrening til piloter og redningsmenn i NLA. Ved hvert intervall for simulering blir det utført fire økter på to timer med simulatoretrening, noe som totalt gir seksten timer årlig trening for hvert besetningsmedlem. ¹⁴ Simuleringsforsøket i studien ble gjennomført i løpet av den siste halvtimen av den tredje simulatorøkten til deltakerne. Deltakerne fikk informasjon om studien og samtykkeerklæring i forkant av forsøket tilsendt på e-post, men de fikk ikke vite i detalj hva som skulle gjennomføres (Vedlegg 3). Studien omfattet to jevnt fordelte komparative grupper redningsmenn som utførte et identisk simuleringsforsøk. Av praktisk flyerfaring rapporterte deltakerne i forkant av studien at de landet helikopteret, under overvåkning av piloten, i gjennomsnitt tre til fire ganger per vaktuke og at de brukte autopiloten to til tre ganger per vaktuke (Vedlegg 4).

For kontrollgruppen som målte dagens status, så var det først rett før simuleringsforsøket at de fikk informasjon om at det ville bli en pilot inkapasitering hvor deltakerne måtte håndtere helikopteret selvstendig. Intervensjonsgruppen hadde fått tilsendt nødprosedyren og den utvidete sjekklisen i forkant av forsøket og hadde dermed mulighet til å forberede seg

(Vedlegg 1). Alle deltakerne i intervensjonsgruppen fikk også veiledning av en flyoperativ instruktør i bruken av nødprosedyren. Årsaken til at det ble gjort på denne måten var et ønsket å se hvordan kontrollgruppen, med dagens status, responderte på nødssituasjonen sett opp intervensjonsgruppen med bruk av ny sjekkliste.

Simuleringsforsøket var utformet slik at nødssituasjonen oppstår etter at helikopteret har tatt av fra Kristiansand flyplass og stiger opp mot 3000 fot i skyene ved hjelp av automatikk under Instrument Meteorological Conditions (IMC). Redningsmann må først håndtere situasjonen initialt, få kontroll på helikopteret og sikre piloten. Deretter må han/hun kontakte flytårnet på Kjevik, erklære en «mayday» (en nødssituasjon) og få vektorering inn mot flyplassens Instrument Landing System (ILS). Redningsmann må fly helikopteret IMC ved hjelp av automatikk og med vektorering fra flytårnet (Vedlegg 5). Deretter må han/hun etablere seg på ILS'en, følge glidebanen inn mot Kjevik flyplass og fly helikopteret under skyene slik at han/hun visuelt ser bakken. Redningsmann må til slutt lande helikopteret på flyplassen under Visual Meteorological Conditions (VMC).

3.1.1 Ny sjekkliste: pilot inkapasitering

For denne studien ble det høsten 2021 laget et forslag til et nytt sikkerhetstiltak, en sjekkliste og nødprosedyre tilpasset redningsmann ved pilot inkapasitering (Vedlegg 1). Sjekklisten ble utformet etter vanlig praksis hvor en del av sjekklisten beskriver tiltak som skal utføres før sjekklisten leses, hukommelsestiltak («memory items»), og en del hvor sjekklisten leses før en handling utføres. Nødprosedyren ble utformet slik at redningsmann benytter seg av autopiloten for å fly helikopteret i alle faser av operasjonen. I tillegg til sjekklisten ble det laget en utvidet sjekkliste som beskriver i detalj de ulike punktene i nødprosedyren. Sjekklisten var utformet og formalisert etter dagens uskrevne praksis for redningsmenn i håndtering av en pilot inkapasiterings nødssituasjon. Dette innebar at alle redningsmennene inkludert i studien hadde et visst ustandardisert erfaringsgrunnlag for å kunne håndtere situasjonen. Vedlegg 6 illustrer hvordan sjekklisten praktiseres i en simulert nødssituasjon.

3.2 Datakilder og analyse

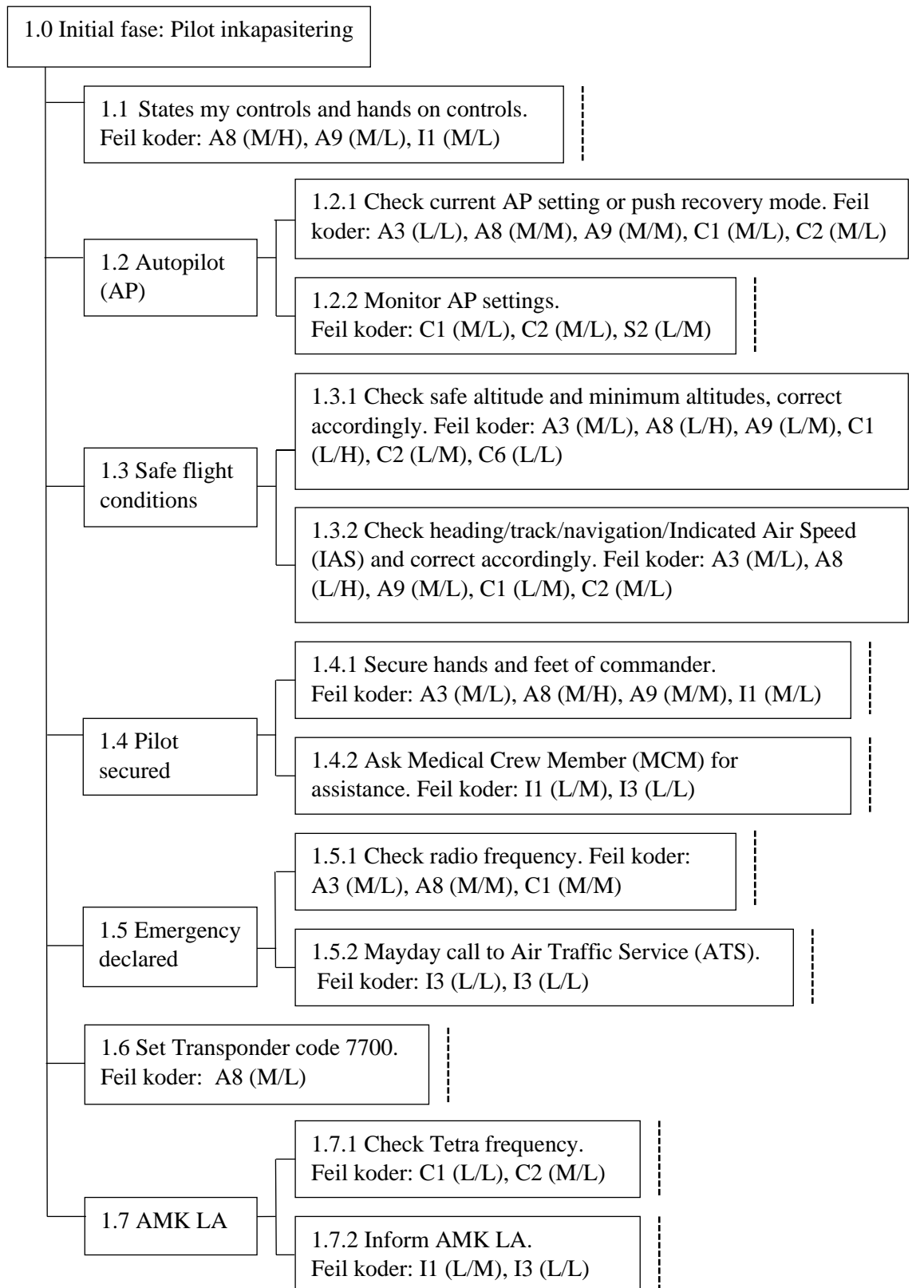
Studien benyttet tre ulike datakilder for å danne et grunnlag som kunne analyseres kvantitativt. Datakildene var HEI metoden SHERPA, Hjerte Rate Variabilitet (HRV) for objektiv arbeidsbelastning og NASA Task Load Index (TLX) for subjektiv arbeidsbelastning. En statistisk hypotesetest ved hjelp av en t-test for uavhengige utvalg ble gjennomført for de

tre datakildene. Nullhypotesen (H0) var at forekomsten av menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning ville være lik med eller uten bruk av ny sjekkliste. Forskningshypotesen (H1) var at forekomsten av menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning vil være mindre ved bruk av ny sjekkliste.^{22,23} Resultatene ble inndelt i de ulike fasene av simuleringen og det ble kontrollert for normalfordeling innad i gruppene. De to deltaker gruppene ble sammenlignet med gjennomsnittsverdier, standardavvik og p-verdier. Dette for å identifisere om det var statistisk signifikans i dataverdiene SHERPA – antall feilhandlinger; HRV – Baevsky stress index; TLX – overall arbeidsbelastning, og hvor signifikansnivået ble satt til $p < 0,05$.²¹⁻²³ Dataene ble deretter analysert, som beskrevet i påfølgende underkapitler, og presentert i mer detaljerte tabeller og figurer.

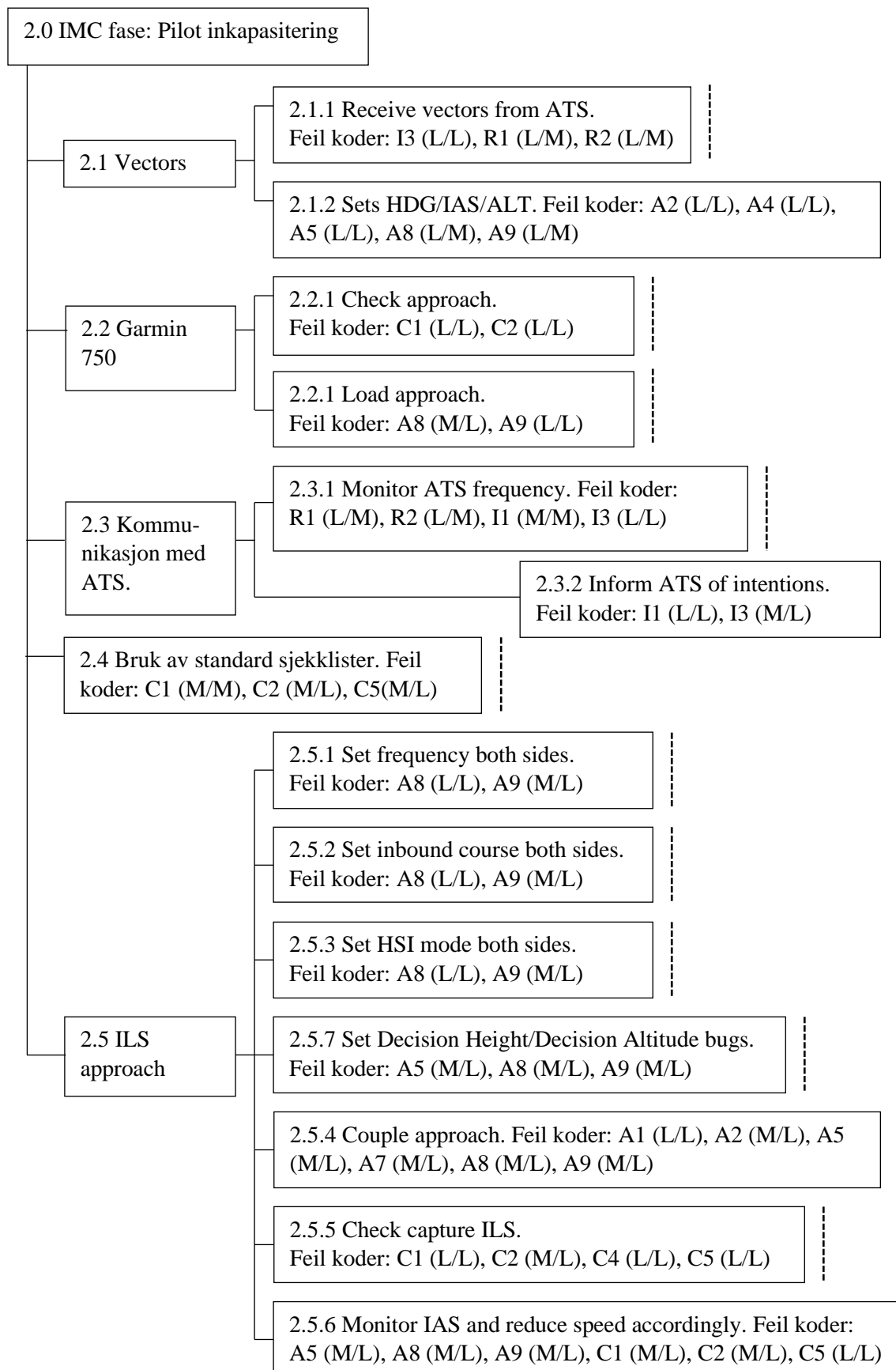
3.2.1 SHERPA

SHERPA ble valgt som HEI metode i studien da det er en av metodene som har vist seg å gi valide resultat i en luftfartskontekst.^{38-40,61} Metoden ble benyttet for systematisk å analysere hvert enkelt simuleringsforsøk og for å kunne identifisere sårbarheter i den simulerte nødssituasjonen, samt avdekke forbedringspotensial.^{25,61} SHERPA-analysen gikk i dybden på de ulike fasene av utførelsene og isolerte hver enkelt handling. For at en SHERPA-analyse skal kunne gi presis informasjon er det viktig med et faglig sterkt grunnlag i utarbeidelsen av analysen. Studien benyttet flyoperative eksperter og instruktører i Norsk Luftambulans Helikopter i utviklingen av analysen, flytskjemaene og tabellene (Figur 6-8 og Tabell 6-7). SHERPA-analysen har tatt utgangspunkt i en mønsterpraksis og den ønskete håndteringen av helikopteret og autopiloten for redningsmenn i luftambulansetjenesten. Bakgrunnskunnskapen for utarbeidelsen av analysen vurderes som sterk. SHERPA flytskjemaet synliggjør de ulike fasene av nødssituasjonen og i hvilke faser menneskelige feil kan oppstå. Hver enkelt feil ble kodet etter om det er en handlings- (A), monitorerings- (C), oppfattelses- (R), informasjons- (I), eller valgfeil (S). Dette ga et bredt datagrunnlag, men ikke alle feilene er like sannsynlige eller har relevans for sikkerheten. For å skille ut de fasene som er kritiske for sikkerheten ble både sannsynlighet og konsekvens for hver feilhandling differensiert og merket som lav (L), medium (M) eller høy (H). Dette er merket i parentes bak hver feil kode i flytskjemaene (Figur 6-8). Skjemaene benytter engelsk terminologi for å samsvare med ordlyden i den utarbeidete nødprosedyren (Vedlegg 1).

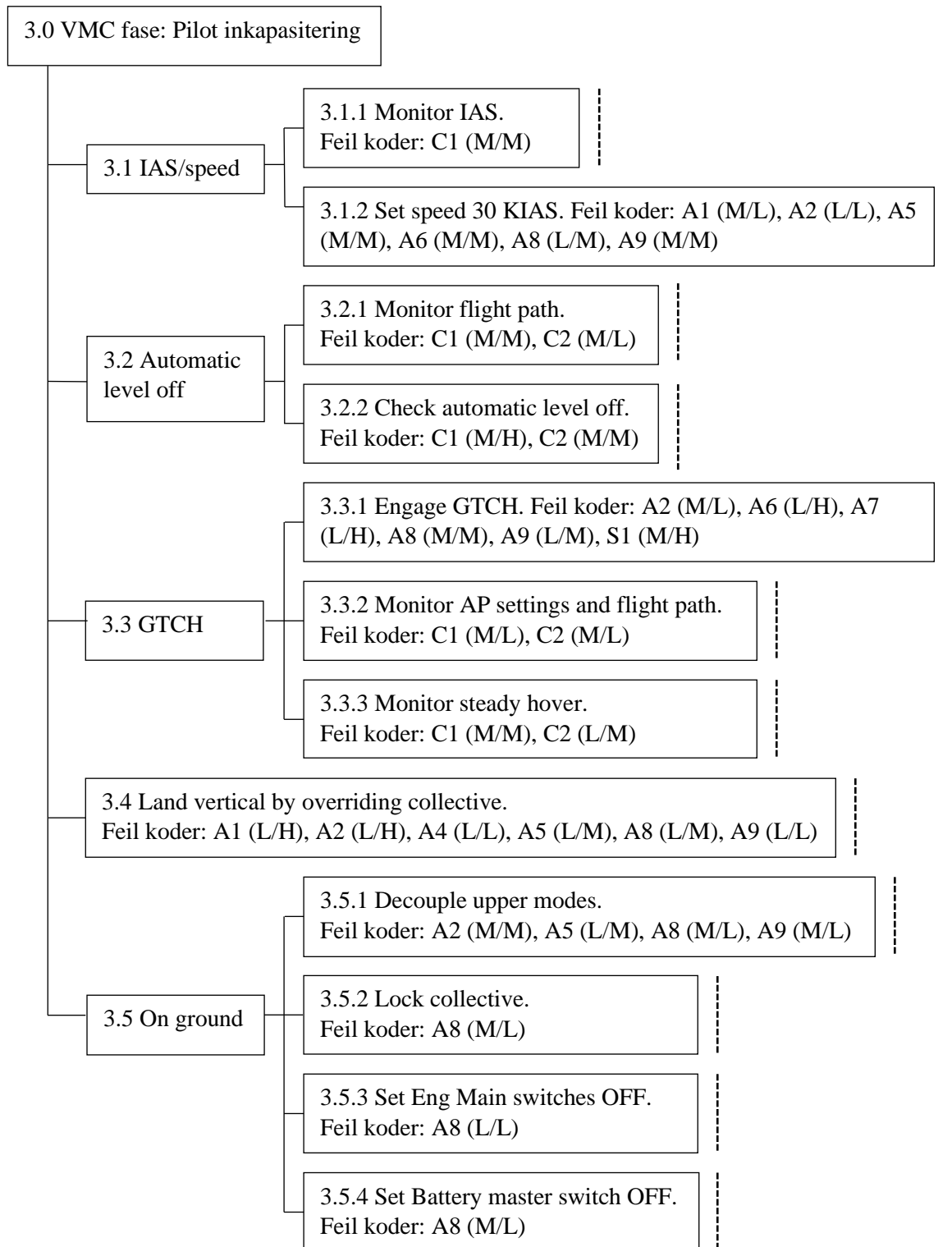
Figur 6: Flytskjema som viser stegene i initialfasen av simuleringen med mulig feilkoder. Sannsynlighet og konsekvens hvor hver feilkode står i parentes. Forklaring på de ulike feilkode står i Tabell 7.



Figur 7: Flytskjema som viser stegene i instrumentflygingsfasen av simuleringen med mulige feilkoder. Sannsynlighet og konsekvens hvor hver feilkode står i parentes. Forklaring på de ulike feilkodene står i Tabell 7.



Figur 8: Flytskjema som viser stegene i visuelflygingsfasen av simuleringen med mulige feilkoder. Sannsynlighet og konsekvens hvor hver feilkode står i parentes. Forklaring på de ulike feilkode står i Tabell 7.



Det sentrale for SHERPA-analysen i studien var å identifisere og kategorisere feilhandlinger, sub-kategorier, samt sannsynlighet (P) og konsekvens (C) av disse handlingene. Tabell 4 viser et utdrag av SHERPA-analysen og hvordan en metodisk bruker verktøyet. Flytskjemaene for de ulike fasene av simuleringene (Figur 6-8) ble vektlagt i studien for å konkretisere datamaterialet i detaljerte tabeller som viser de ulike feilhandlingene som ble begått (Tabell 6 og 7).

Tabell 4: Utdrag og eksempel av SHERPA-analysen

Steg	Feil kode	Beskrivelse	Følger	P	C	Korrigerende tiltak
1.4.1	A8	Inkapasitert pilot blir ikke sikret	Kan utgjøre en risiko for flysikkerheten	Medium	Høy	Bevisstgjøring og trening på nødssituasjonen
3.3.3	C1	Kontrollerer ikke at helikopteret står stabilt i hover	Kan føre til ukontrollerte bevegelser på helikopteret	Medium	Medium	Trening og tydelig beskrivelse i sjekkliste

3.2.2 HRV

Hjerte rate variabilitet ble brukt i studien som et objektivt mål for å måle stress og arbeidsbelastning til deltakerne. Alle deltakerne hadde gyldig legesjekk og ingen gikk på hjertemedisiner. HRV som datakilde måler tidsintervallet mellom hjerteslagene og hvordan det autonome nervesystemet påvirker hjerteaktiviteten, både parasympatisk- og sympatisk aktivitet. HRV har nylig fått økt oppmerksomhet for bedre å kunne forstå grunnleggende menneskelige funksjoner, inkludert reaksjoner på stress.^{29,31,59,60,62} Studien benyttet utstyret Polar Vantage V2 og H10 for å samle inn HRV data. For å analysere dataene ble programmet Kubios HRV premium benyttet.⁶³ Dataene ble presentert i en tabell for å synliggjøre variasjoner, standardavvik og eventuelle signifikante forskjeller mellom kontrollgruppen og intervensjonsgruppen.²¹ Alt utstyret ble funksjonstestet før hver gjennomføring for å sikre at data ble registrert.

For å måle den sympatiske aktiviteten, som øker den kardiologiske aktiviteten, ble det benyttet tre verdier: Baevisky Stress Index (SI), gjennomsnittets Hjerte Rate (HR) og Sympatisk Nerve System index (SNS). For å måle den parasympatiske aktiviteten, som reduserer kardiologisk aktivitet, benyttet studien også tre verdier: gjennomsnittstid mellom toppen av hvert QRS kompleks (RR), Root-Mean Square Succesive Difference (RMSSD) og

Parasympatisk Nerves System index (SNS).^{28,29,31,60} Totalt seks verdier ble registrert for presist å kunne analysere den objektive arbeidsbelastningen, hvorav SI ble vektlagt som den HRV verdien som ga mest relevans for problemstillingen. SI er en sammenfatning av sympatisk aktivitet, kan fremstilles tydelig i tabeller og regnes ut ved hjelp av formelen $A/2 * MoX$.⁶²

3.2.3 NASA TLX

Task load index er et subjektivt mål for arbeidsbelastning og er et registreringsverktøy som har vist seg å gi presise data.^{30,32} Registrering av TLX baserer seg på at deltakerne fyller ut et skjema på egenhånd etter endt gjennomføring, som registrerer «mental-, physical-, temporal-, performance-, effort- og frustration workload». Disse verdiene kan videre gi oss et mål for «overall workload», den generelle arbeidsbelastningen. Studien benyttet i tillegg et skjema hvor deltakerne sammenlikner de ulike arbeidsområdene (Vedlegg 7). Dette for å differensiere og vekte de ulike arbeidsområdene for å kunne gi så presise subjektive data som mulig.^{27,30,32} Dataene ble presentert i en tabell for å synliggjøre variasjoner, standardavvik og eventuelle signifikante forskjeller mellom kontrollgruppen og intervensjonsgruppen.²¹ For å synliggjøre funnene ble det også benyttet stolpediagram.

3.3 Reliabilitet og validitet

Bruk av simulering i forskning kan stille spørsmål ved påliteligheten og stabiliteten av gjennomførte målinger, det vil si reliabiliteten.^{44,53,55} Simulatoren som ble benyttet i denne studien er en «Level D, full flight simulator» med både bevegelse, lyd, en fullverdig cockpit og dataillustrasjoner med realistisk norsk topografi.¹⁴ Kvaliteten på simulatoren i kombinasjon med at redningsmennene var nødt til å håndtere nødssituasjonen selvstendig, uten hjelp fra verken instruktøren eller piloten, kan tilsi at simuleringen har høy reliabilitet.¹⁴ Simuleringen faller inn under det som beskrives som «high fidelity simulering».^{44,55}

I likhet med andre studier som har benyttet SHERPA som HEI metode i en luftfartskontekst, så var det i denne studien omfattende å utarbeide analysen.^{38-40,61} En svakhet i vår studie var at hovedforfatteren og de flyoperative instruktørene ikke var eksperter på HEI metoder og spesifikt SHERPA metoden. Dette kan være en mulig bias og det kan derfor ikke utelukkes at mer erfarne forskere innen bruk av SHERPA ville kommet frem til andre perspektiver relatert til problemstillingen. Selv om hovedforfatteren var uerfaren når det gjaldt bruk av SHERPA,

anses det som en styrke at den flyoperative fagkunnskapen innen selve problemstillingen var sterk.

Innsamling av arbeidsbelastningsdata ved hjelp av HRV og NASA TLX har vist seg i vår studie som en effektiv metode for både datainnsamling og analyse. Dette sammenfaller med tilsvarende studier som har benyttet disse metodene og tilsier en høy reliabilitet.^{28-31,60} Det kan virke som om disse metodene er egnet for større deltakermasser og kan vurderes brukt i fremtidige studier.

Studien hadde et begrenset antall deltakere. For å sikre gyldige slutninger av resultatene, det vil si validitet, ble det gjennomført en statistisk styrkeberegning (0,8) som viste at antall deltakere var tilstrekkelig for SHERPA-analysen. For HRV-, og TLX-analysen var mengde data lavt og faren for type 2 feil var til stede. Dette er en mulig bias, men all data ble inkludert og diskutert ut fra de funnene som ble gjort.²¹⁻²³ All data i de uavhengige t-testene ble kontrollert at var normalfordelt innad i de to gruppene. Dette kan tilsi at resultatene kan generaliseres. For redningsmenn i luftambulansetjenesten, med tilhørende flyoperativ kompetanse, vurderes det representative utvalget av deltakere til å gi et valid SHERPA-resultat i en norsk HEMS kontekst. Med dette menes at SHERPA statistikk og resultatene av sammenlikningen av de to gruppe vurderes til å ha en høy ytre validitet. Trolig vil ikke resultatene være gjeldende for et større populasjonsnivå ved singel pilot operasjoner, det vil si singel pilot operasjoner utenom norsk HEMS.

For å konkretisere statistikken og p-verdiene benyttet studien de mest sentrale data verdiene i hver fase av simuleringen. Dette var «antall feilhandlinger» for SHERPA, «Baevsky Stress Index» for HRV og «overall arbeidsbelastning» for NASA TLX.^{22,25,30,31,38,61} Hypotesetesten og nullhypotesen som ble benyttet i studien om at «forekomsten av menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning ville være lik med eller uten bruk av ny sjekklister» ser ut til å ha vært tydelig definert for å gi valide resultat tilknyttet forskningsspørsmålet. Det andre forskningsspørsmålet er sammensatt av to temaer og omhandler en mulig implementering av ny sjekklister. Et mulig bias er at hovedforfatteren selv arbeider i luftambulansetjenesten og en implementering vil ha direkte påvirkning på egen arbeidshverdag. For å styrke validiteten til slutningene av dette forskningsspørsmålet ble resultatene og drøftingen kvalitetssikret av flyoperative instruktører i NLA, noe som kan ha bidratt til at resultatene er generaliserbare.

3.4 Etikk

Rekruttering til studien var frivillig. Alle deltakerne fikk informasjonsskriv med invitasjon til å delta i studien og samtykkeerklæring i forkant av datainnsamlingen (Vedlegg 2).

Redningsteknisk fagforening og flygerforeningen ble informert om studien og samtykket til forsøket. Alle opplysninger ble anonymisert og det ble ikke oppgitt eller differensiert mellom spesifikke forskjeller og opplysninger. Alle mulige identifiserende opplysninger ble anonymisert. All innhentet data – SHERPA, HRV og TLX ble lagret på egen forskings datamaskin med kodelås. Datamaskinen var innelåst til enhver tid når den ikke var i bruk. Forskningsdataene var kun tilgjengelig for hovedforfatter, Håvard Mattingsdal.

Det var noen mulige etiske utfordringer med studien. Det første var at hovedforfatter og prosjektmedarbeiderne er arbeidskollegaer med deltakerne inkludert i studien. Studien kunne mulig avdekke uønskede hendelser utført av kollegaer. Videre var det en mulighet for at studien kunne synliggjøre bedriftsinterne opplysninger og kapasiteter som kunne skape fremtidige utfordringer for hovedforfatter og prosjektmedarbeiderne. Publikasjon av data forutsatte godkjenning fra Norsk Luftambulans Helikopter. Det ble konkludert med at nytten av ny kunnskap angående en pilot inkapasitering nødssituasjon og effekten det kan ha for risikoreduksjon og standardisering veide opp for den mulige risikoen for forskningsetiske utfordringer. Studien vil kunne bidra til en åpenhetskultur og åpne for forskning innen et fagområde det eksisterer lite vitenskapelig kunnskap.

Forskningsprosjektet anses som en kvalitetssikringsstudie og er godkjent av personvernombudet i NLA Helikopter i henhold til krav fra datatilsynet. Universitet i Stavanger er ansvarlig institusjon og hovedforfatter, Håvard Mattingsdal, er ansvarlig for personvernet i prosjektet. Alle data behandles i tråd med «Lov om behandling av personopplysninger» og Norsk Senter for Forskningsdata (NSD).

4.0 Resultat

Det ble samlet inn data på seks deltakere med tre ulike datakilder. All innsamlet data ble inkludert i analysen. Kontrollgruppen hadde et gjennomsnitts arbeidserfæringsnivå i luftambulansetjenesten på seks år, sammenlignet med fem år for intervensjonsgruppen.

Totalt brukte kontrollgruppen i gjennomsnitt 21 minutt og 20 sekund på simuleringsforsøket, sammenlignet med 21 minutter og 40 sekund for intervensjonsgruppen. I de ulike fasene av flyvningen brukte kontrollgruppen 2 minutt og 40 sekund i initialfasen, 15 minutter og 40 sekund i instrumentflygingsfasen, og 3 minutt i visuelflygingsfasen. For intervensjonsgruppen så var gjennomsnittstiden 2 minutt i initialfasen, 17 minutter og 40 sekund i instrumentflygningsfasen, og 2 minutt i visuelflygningsfasen.

Av de tre ulike fasene i simuleringen var det visuelflygingsfasen som inneholdt flest feilhandlinger med en høy konsekvens (Figur 6-8). Denne fasen ble vurdert som mest kritisk for sikkerheten til mannskapet og helikopteret. Dette på grunn av at det er i denne fasen at helikopteret er nær bakken og at en feilhandling her kan resultere i tap av kontroll på helikopteret med et fatalt utfall som alvorligste konsekvens.

Alle deltakerne landet helikopteret selvstendig på flyplassen i simuleringsforsøket. Fem av seks deltakere hadde kontroll på helikopteret gjennom hele simuleringen, men det ble registrert en kortvarig tap av kontroll, ti sekunder, for en av deltakerne i kontrollgruppen i visuelflygningsfasen. Denne feilen var i den mest kritiske delen av simuleringen og den var relatert til en innstillingsforvirring («mode confusion») og feil bruk av FMS.^{5,18} Feil innstilling av autopiloten medførte en påfølgende forvirring da helikopteret responderte annerledes enn deltakeren forventet.

4.1 SHERPA-analyse

I SHERPA-analysen var det ti forhåndsdefinerte handlingsfeil (A), seks kontrollfeil (C), tre oppfattelsesfeil (R), tre kommunikasjonsfeil (I), og to utvelgelsesfeil (S) (Tabell 5).⁶¹ Fordelt på de to gruppene ble det totalt identifisert 101 menneskelige feil. 80 på kontrollgruppen og 21 på intervensjonsgruppen. Analysen omfattet både en uavhengig t-test og en detaljert tabell med oversikt av de ulike sub-kategoriene av menneskelige feilhandlinger (Tabell 6 og 7).

Tabell 5: Definisjoner av SHERPA feilhandlinger

Handlingsfeil (A)	Deltakeren utfører feil handling i forhold til hva situasjonen krever
Kontrollfeil (C)	Deltakeren utfører feil kontroll i forhold til hva situasjonen krever
Oppfattelsesfeil (R)	Deltakeren oppfatter ikke informasjon eller misforstår
Kommunikasjonsfeil (I)	Deltakeren unnlater å kommunisere eller kommuniserer feil
Utvelgelsesfeil (S)	Deltakeren unnlater å gjøre valg eller velger feil

Tabell 6: Analyse av SHERPA data fra de ulike fasene av simuleringen fremstilt med uavhengig t-test for antall feilhandlinger. Detaljert informasjon om de ulike sub-kategoriene av feilhandlinger er fremstilt i tabell 7.

Initialfase					
	Kontrollgruppe (n=3)		Intervensjonsgruppe (n=3)		<i>P</i>
	Mean	SD	Mean	SD	
Antall feilhandlinger	7,67	2,52	1,67	0,58	<0,05
Handlingsfeil	3,00	1,73	0,67	0,58	----
Kontrollfeil	2,00	1,00	0,33	0,58	----
Oppfattelsesfeil	0,33	0,58	0,00	0,00	----
Kommunikasjonsfeil	2,00	1,00	0,33	0,58	----
Utvelgelsesfeil	0,33	0,58	0,33	0,58	----
IMC-fase					
	Kontrollgruppe (n=3)		Intervensjonsgruppe (n=3)		<i>P</i>
	Mean	SD	Mean	SD	
Antall feilhandlinger	12,33	2,52	5,33	1,15	<0,05
Handlingsfeil	6,67	1,53	2,33	0,58	----
Kontrollfeil	3,67	0,58	1,33	0,58	----
Oppfattelsesfeil	0,67	0,58	0,67	1,15	----
Kommunikasjonsfeil	0,67	0,58	1,00	0,00	----
Utvelgelsesfeil	0,67	0,58	0,00	0,00	----
VMC-fase					
	Kontrollgruppe (n=3)		Intervensjonsgruppe (n=3)		<i>P</i>
	Mean	SD	Mean	SD	
Antall feilhandlinger	6,67	2,52	0,00	0,00	<0,05
Handlingsfeil	5,67	1,53	0,00	0,00	----
Kontrollfeil	0,33	0,58	0,00	0,00	----
Oppfattelsesfeil	0,33	0,58	0,00	0,00	----
Kommunikasjonsfeil	0,00	0,00	0,00	0,00	----
Utvelgelsesfeil	0,33	0,58	0,00	0,00	----

Den uavhengige t-testen viser at det er signifikante forskjeller i samtlige av fasene i simuleringen, hvor intervensjonsgruppen gjennomgående hadde vesentlig lavere antall menneskelige feilhandlinger. Ved å se hele simuleringsforsøket i ett, kan en se at gjennomsnittsverdien på antall feilhandlinger og standardavvik er 26,27 (mean) og 7,56 (SD) for kontrollgruppen og 7 (mean) og 1,73 (SD) for intervensjonsgruppen. Dette viser et signifikant funn og en $p < 0,05$. Følgende faser og undergrupper pekte seg videre ut hvor det var store forskjeller. Dette var: Initialfasen – kommunikasjonsfeil; instrumentflygningsfasen – handlingsfeil, kontrollfeil; visuelflygningsfasen – handlingsfeil (Tabell 6 og 7).

I kontrollgruppen ble det identifisert 46 handlingsfeil, 18 kontrollfeil, 4 oppfattelsesfeil, 8 kommunikasjonsfeil og 4 utvelgelsesfeil. I de tre ulike fasene av flygingen var feilene fordelt på 29% i initialfasen, 46% i instrumentflygningsfasen, og 25% i visuelflygningsfasen. De tre hyppigste feilene totalt basert på de ulike atferdstaksonomiene i kontrollgruppen var «handling er ikke utført» (21), «kontroll ikke utført» (9) og «handling er utført ufullstendig» (8). I den mest sikkerhetskritiske fasen, visuelflygningsfasen, var 17 av 20 feil tilknyttet handlingsfeil, 1 kontrollfeil, 1 oppfattelsesfeil og 1 utvelgelsesfeil. Av disse feilene var 2 i kategorien for høy konsekvens og 5 i kategorien medium konsekvens.

I intervensjonsgruppen ble det identifisert totalt 21 menneskelige feilhandlinger, hvorav 7 handlingsfeil, 6 kontrollfeil, 2 oppfattelsesfeil, 4 kommunikasjonsfeil og 1 utvelgelsesfeil. De tre hyppigste feilene totalt basert på atferdstaksonomiene i denne gruppen var jevnt fordelt mellom at «handling er ikke utført» (3), «kontroll er utført ufullstendig» (3), og «kommunikasjon utført ufullstendig» (3). I forhold til de tre ulike fasene av flygingen var feilene fordelt på 24% i initialfasen og 76% i instrumentflygningsfasen. Det ble ikke registrert noen feil hos intervensjonsgruppen i visuelflygningsfasen.

Treffsikkerheten til de forhåndsdefinerte feilkodene i SHERPA-analysen var på 22 av 24 mulige feilkoder/sub-kategorier ble oppdaget under simuleringsforsøkene. De mulige menneskelige feilene som ikke ble observert var kommunikasjonsfeilen, «feil kommunikasjon», og kontrollfeilen «riktig kontroll er utført på feil objekt» (Tabell 7).

Tabell 7: Sub-kategorier av SHERPA feilhandlinger identifisert i initial-, instrument (IMC)-, og visuelflygingsfasen (VMC). Kontrollgruppen (n=3) som målte dagens standard er presentert først i statistikken med normal skriftstørrelse, og intervensjonsgruppen (n=3) med opplæring i ny sjekklister er presentert med fet skriftstørrelse.

Feilkode	Feil basert på adferdstaksonomi	Initial	IMC	VMC	Total n
A	Handlingsfeil				
A1	Handling er utført for kort (raskt)/for lenge (sakte)		1 / 1		1 / 1
A2	Handling er utført ubeleilig		1	1	2
A3	Handling er utført i feil rekkefølge	4			4
A4	Handling er utført for lite/for mye		1 / 1		1 / 1
A5	Handling er upassende		3 / 1	2	5 / 1
A6	Riktig handling er utført på feil objekt		1	1	1 / 1
A7	Feil handling er utført på riktig objekt		2	1	3
A8	Handling er ikke utført	4 / 1	6 / 2	11	21 / 3
A9	Handling er utført ufullstendig	1	6 / 1	1	8 / 1
A10	Feil handling er utført på feil objekt	1			1
C	Kontrollfeil				
C1	Kontroll ikke utført (fraværende)	3 / 1	5 / 1	1	9 / 2
C2	Kontroll er utført ufullstendig	2	4 / 2		6 / 3
C3	Riktig kontroll er utført på feil objekt				
C4	Feil kontroll er utført på riktig objekt		1 / 1		1 / 1
C5	Kontroll er utført ubeleilig		1		1
C6	Feil kontroll er utført på feil objekt	1			1
R	Oppfattelsesfeil				
R1	Informasjon er ikke mottatt	1	1 / 1		2 / 1
R2	Informasjon er feil		1		1
R3	Informasjon er ufullstendig		1	1	1 / 1
I	Kommunikasjonsfeil				
I1	Kommunikasjon ikke utført	3 / 1	1		4 / 1
I2	Feil kommunikasjon				
I3	Kommunikasjon utført ufullstendig	3	1 / 3		4 / 3
S	Utvelgelsesfeil				
S1	Valg ikke gjort (fraværende)		1	1	2
S2	Feil valg er utført	1 / 1	1		2 / 1
Total		23 / 5	37 / 16	20 / 0	80 / 21

4.2 HRV-analyse

Baevsky stress indeks (SI) var HRV verdien som ble tillagt mest relevans i analysen og hvor det ble gjennomført en t-test. En høy SI verdi kan indikerer et høyt stressnivå hos deltakerne.

⁶² For de tre ulike fasene var det i visuelflygingsfasen det var en høyest registrert verdi, etterfulgt av initialfasen og til slutt instrumentflygingsfasen. Det var ingen statistisk signifikans i noen av fasene for SI (Tabell 8 og Figur 9).

Tabell 8: HRV data fra de ulike fasene av simuleringen fremstilt med uavhengig t-test.

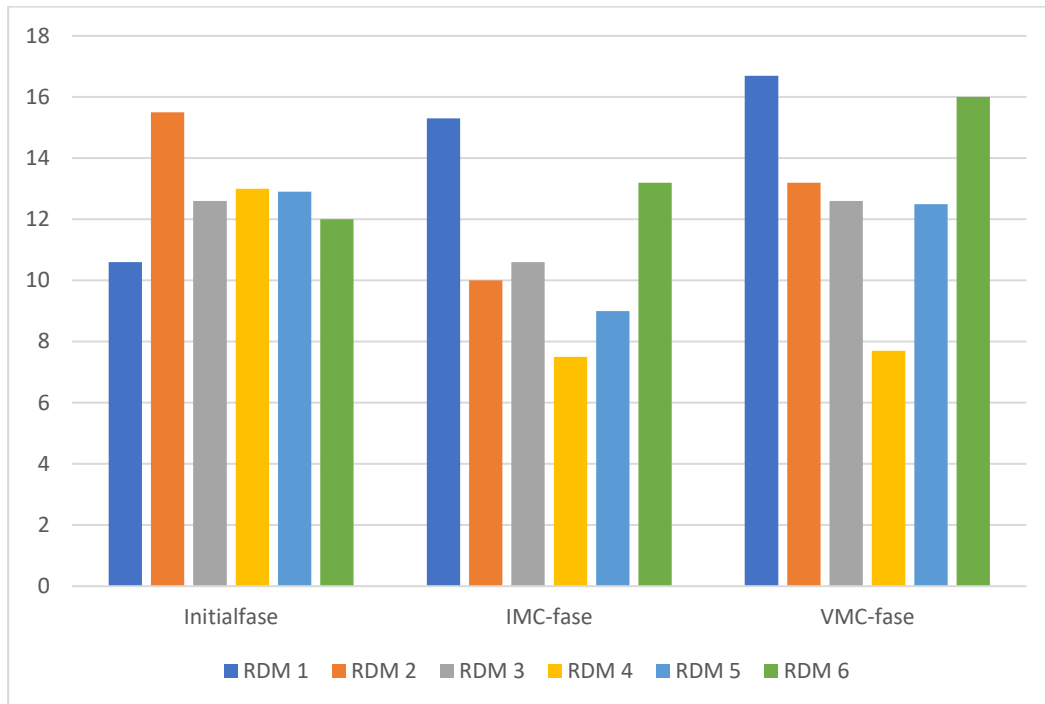
Initialfase					
	Kontrollgruppe (n=3)		Intervensjonsgruppe (n=3)		
	Mean	SD	Mean	SD	<i>P</i>
SI	12,9	2,46	12,6	0,55	0,8468
HR	83	6,2	83	10,1	----
SNS	1,73	0,74	1,77	0,73	----
RR	725	54	728	88	----
rMSSD	24,7	0,91	20,2	1,44	----
PNS	-1,44	0,26	-1,61	0,38	----
IMC-fase					
	Kontrollgruppe (n=3)		Intervensjonsgruppe (n=3)		
	Mean	SD	Mean	SD	<i>P</i>
SI	12	2,9	10	2,95	0,4495
HR	82	4,9	75	4,3	----
SNS	1,47	0,64	0,80	0,49	----
RR	740	47	801	45	----
rMSSD	22,3	5,61	26,3	8,4	----
PNS	-1,43	0,25	-1,09	0,23	----
VMC-fase					
	Kontrollgruppe (n=3)		Intervensjonsgruppe (n=3)		
	Mean	SD	Mean	SD	<i>P</i>
SI	14,2	2,21	12,1	4,16	0,4831
HR	83	4,9	78	8,4	----
SNS	1,89	0,6	1,36	0,88	----
RR	725	45	769	78	----
rMSSD	24,1	6,37	21,1	9,2	----
PNS	-1,42	0,31	-1,38	0,49	----

I initialfasen var SI for de to gruppene henimot lik med en p-verdi 0,8468.

Instrumentflygingsfasen viser at det ble registrert lavest SI for begge gruppene. Det var noen mindre forskjeller hvor kontrollgruppen hadde en høyere SI enn intervensjonsgruppen med en p-verdi 0,4495. I den mest sikkerhets kritiske fasen, visuelflygingsfasen, ble det registrert

høyest SI på begge gruppene. Det ble registrert høyest SI på kontrollgruppen med en gjennomsnittsverdi på 14,2 (Tabell 8).

Figure 9: SI fremstilt med stolpediagram. Kontrollgruppe: Redningmann (RDM) 1-3. Intervensjonsgruppe: Redningsmann 4-6



Videre analyse av HRV dataene viser at det generelt er mindre forskjeller på parasympatiske og sympatiske aktiveringer i de ulike fasene. En parasympatisk verdi som ble identifisert som statistisk signifikant var rMSSD, hvor kontrollgruppen hadde en høyere verdi enn intervensjonsgruppen. Dette er noe som kan tilsi god autonom tilpasning i den fasen av simuleringen. Ser en på rMSSD i de to andre fasene av simuleringen, så er denne forskjellen jevnet ut.

Instrumentflygingsfasen var den fasen hvor det ble registrert størst forskjeller mellom de to gruppene, etterfulgt av visuelflygingsfasen og til slutt initialfasen. Hjerterefrekvensen (HR) for begge gruppene viser at den fysiske anstrengelsen var lav med laveste gjennomsnitt HR målt til 75 og høyeste verdi 83.

4.3 NASA TLX-analyse

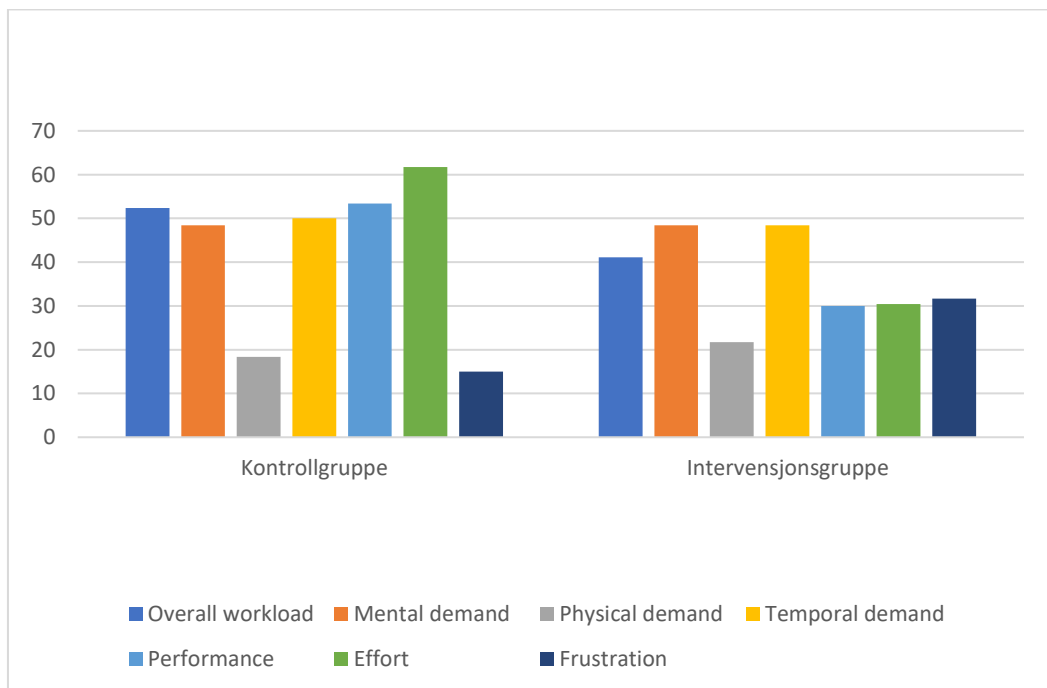
Analysen viste at begge gruppene opplevde høyest arbeidsbelastning i instrumentflygingsfasen, deretter initialfasen og til slutt visuelflygingsfasen. Det var i visuelflygingsfasen at det var registrert størst forskjeller mellom de to gruppene og i denne fasen ble det identifisert to verdier som var statistisk signifikante. Generelt for de to gruppene, så hadde intervensjonsgruppen en lavere rapportert arbeidsbelastning i alle de tre ulike fasene av simuleringen (Tabell 9).

Tabell 9: NASA TLX data fra de ulike fasene av simuleringen fremstilt med uavhengig t-test.

Initialfase					
	Kontrollgruppe (n=3)		Intervensjonsgruppe (n=3)		<i>P</i>
	Mean	SD	Mean	SD	
Overall	52,4	6,66	41,1	23,18	0,4626
Mental	48,4	12,58	48,4	20,81	----
Physical	18,4	18,92	21,7	24,66	----
Temporal	50	17,32	48,4	29,29	----
Performance	53,4	35,11	30	18,02	----
Effort	61,7	31,75	30,4	27,53	----
Frustration	15	5	31,7	28,86	----
IMC-fase					
	Kontrollgruppe (n=3)		Intervensjonsgruppe (n=3)		<i>P</i>
	Mean	SD	Mean	SD	
Overall	62,8	13,99	44	19,69	0,2489
Mental	73,4	7,63	41,7	25,16	----
Physical	23,4	23,62	16,7	20,2	----
Temporal	43,4	15,27	25	18,02	----
Performance	50	36,05	41,7	27,53	----
Effort	76,7	7,64	38,4	23,62	----
Frustration	48,4	35,12	53,4	20,2	----
VMC-fase					
	Kontrollgruppe (n=3)		Intervensjonsgruppe (n=3)		<i>P</i>
	Mean	SD	Mean	SD	
Overall	57,5	6,52	22,5	15,47	<0,05
Mental	55	27,83	20	13,22	----
Physical	30	35	16,7	16,07	----
Temporal	60	18,03	21,7	16,07	----
Performance	28,4	7,63	28,4	17,56	----
Effort	81,7	10,41	20	17,32	----
Frustration	50	31,22	18,4	18,92	----

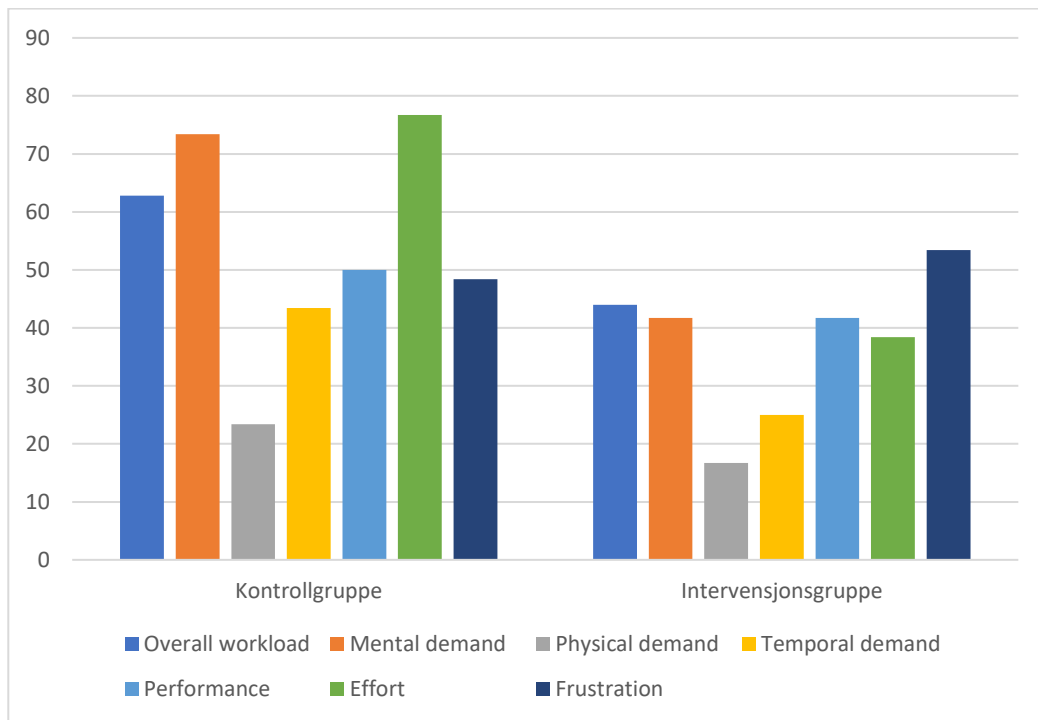
I initialfasen viser dataene at det er størst forskjeller på arbeidsbelastningsområdene «performance», «effort» og «frustration». Det er to verdier som skiller seg ut i denne fasen. For det første rapporterte kontrollgruppen en arbeidsbelastning på 53,4 for å prestere («performance») på aktuelt nivå, sammenliknet med 30 for intervensjonsgruppen. I motsetning til de andre verdiene så vil en lav «performance» verdi indikerer at deltakerne er fornøyde med egen prestasjon (Figur 10). Den andre verdien var registrert frustrasjon, hvor kontrollgruppen rapporterer 15 sammenliknet med 31,7 for intervensjonsgruppen (Figure 10).

Figur 10: Registrert arbeidsbelastning i initialfasen av simuleringen.



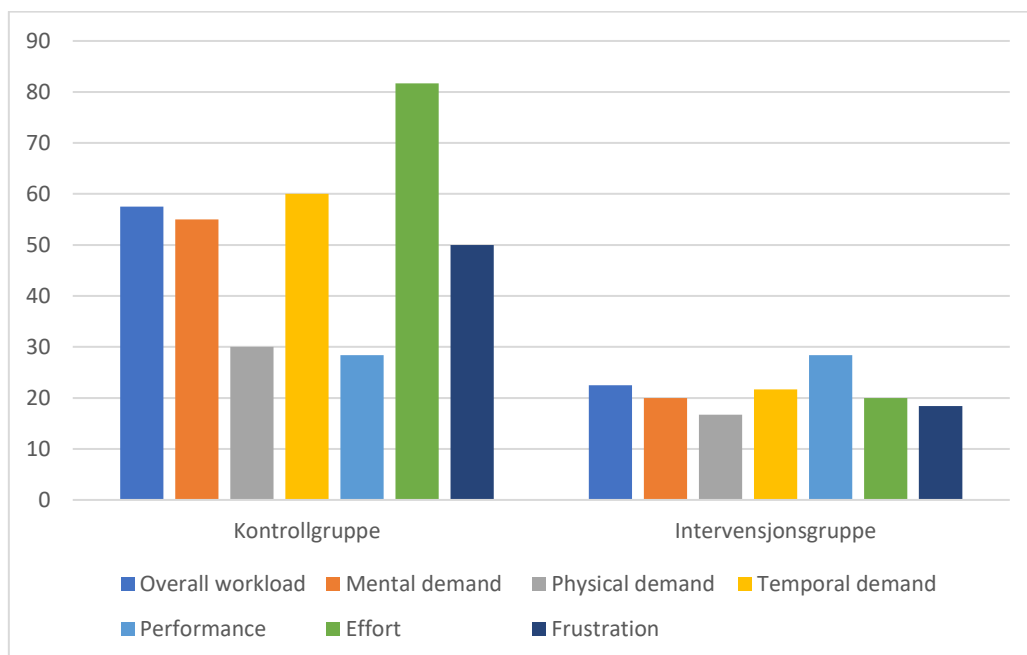
Ser en på instrumentflygingsfasen, så hadde kontrollgruppen registrert en generelt høyere arbeidsbelastning sett opp mot intervensjonsgruppen. I denne fasen var det to arbeidsbelastningsverdier som skilte seg ut. Det var mental arbeidsbelastning, henholdsvis 73,4 for kontrollgruppen og 41,7 for intervensjonsgruppen, og anstrengelse («effort») på 76,7 for kontrollgruppen og 38,4 for intervensjonsgruppen (Figur 11).

Figur 11: Registrert arbeidsbelastning i instrumentflygingsfasen av simuleringen.



Registreringen fra visuelflygingsfasen viste at det var statistisk signifikans på to verdier: «overall workload» og «effort». Den generelle arbeidsbelastning ble registrert til 57,5 for kontrollgruppen og 22,5 for intervensjonsgruppen ($p < 0,05$). Anstrengelse ble registrert til 81,7 for kontrollgruppen og 20 for intervensjonsgruppen, noe som var det arbeidsbelastningsnivået som skilte seg mest ut i analysen (Figur 12).

Figur 12: Registrert arbeidsbelastning i visuelflygingsfasen av simuleringen.



5.0 Diskusjon

I denne eksperimentelle studien av en simulert pilot inkapasitering i luftambulansetjenesten, fant vi at alle deltakerne håndterte nødssituasjonen og landet helikopteret uten tap av potensielle materielle eller menneskelige verdier. Det var signifikante forskjeller i registrerte menneskelige feilhandlinger, hvorav totalt 21 for intervensjonsgruppen med opplæring i ny sjekklister, og 80 for kontrollgruppen som målte dagens standard. Det var statistisk signifikante forskjeller i rapportert subjektiv arbeidsbelastning i den mest kritiske delen av simuleringen, visuelflygningsfasen, hvor intervensjonsgruppen rapporterte vesentlig lavere generell arbeidsbelastning sammenlignet med kontrollgruppen.

Resultatene i studien sammenfaller med teori angående organisatorisk risikostyring og regelbasert beslutningstaking.^{5,20} Problemstillingen til studien peker på et hull i regelverket og en sårbarhet hvor pilot inkapasitering kan utløse et sammenbrudd av eksisterende barrierer, som igjen kan føre til en katastrofal hendelse. Løsningen for en forutsigbar håndtering av en slik nødssituasjon kan være å innføre en ny sjekklister for redningsmenn som baserer seg på bruk av helikopterets autopilotteknologi. En slik barriere vil kunne styrke sikkerheten og redundansen i singel pilot operasjonen til luftambulansetjenesten.

5.1 Hvordan vil forekomsten av menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning påvirkes ved bruk av ny sjekklister?

Denne studien undersøkte redundans i organisasjonen, da spesifikt duplisering av kritisk kompetanse i cockpit. Redundans har likheter med det å ha en fleksibel tilnærming til ansvarsfordeling, det vil si at en kan justere organisasjonen alt etter behovet og/eller trusselen. Organisasjonen er med andre ord dynamisk.⁵ Hvordan kan en så øke redundans og sikkerhet i den skarpe enden av en singel pilot HEMS operasjon innenfor de rammene og ressursene en har tilgjengelig? Ser en på de HEMS operatørene som benytter et to-pilots system, så har de et regelverk som ivaretar sikkerheten ved pilot inkapasitering.^{8,9,53} Ved en tre persons HEMS besetning hvor en redningsmann utfører co-pilot arbeidsoppgavene i cockpit, er det noen etablerte barrierer for å unngå pilot inkapasitering i luften, men de håndterer ikke nødssituasjonen fullt ut. Barrierene er i hovedsak bruk av to-veis- og «closed loop» kommunikasjon i cockpit for en tidlig gjenkjennelse av symptomer forbundet med inkapasitering.^{3,13} I et regelverksperspektiv er det ikke noen treningskrav for overføring av kommandoen ved pilot inkapasitering.^{3,14} Dilemmaet blir dermed hvordan en kan tilføre

barrierer som gir en duplisering av kritisk kompetanse ved denne risikoen. Svaret kan være en formalisert nødprosedyre og sjekkliste.

Et av forskningsspørsmålene i studien var: «Hvordan vil forekomsten av menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning påvirkes ved bruk av ny sjekkliste?», hvor nullhypotesen (H0) var: «Forekomsten av menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning vil være lik med eller uten bruk av ny sjekkliste», og forskningshypotesen (H1) var: «Forekomsten av menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning vil være mindre ved bruk av ny sjekkliste». De statistisk signifikante funnene i studien styrker forskningshypotesen og trolig kan nullhypotesen forkastes.^{21,22} Ser en videre på dette forskningsspørsmålet med et forsvar i dybden-perspektiv, så er det noen aspekter som bør diskuteres.⁵ Ved hjelp SHERPA-analysen ble det gjort noen interessante funn. Det som ser ut til å være hovedfunnet i analysen var at en formalisert sjekkliste kan forbedre prestasjonen til redningsmennene, og at en kan redusere store deler av de identifiserte latente forholdene. Selv om antall deltakere i studien var lavt, så ble de forhåndsdefinerte menneskelige feilhandlingene redusert fra 80 til 21, noe som tilsvarer en reduksjon på 74% ($p < 0,05$). For å kunne nyttiggjøre seg av denne nye kunnskapen på system nivå, må det etableres tilsvarende nødprosedyre for hele helikopterflåten til luftambulansen. Sjekklisten som ble utarbeidet for denne studien er for helikoptertypene H135T3H og H145T2/D3. Tilsvarende sjekkliste bør formaliseres for helikoptertypen AW139 før denne nye barrieren kan ha en effekt i hele organisasjonen. Det at luftambulansen opererer med tre forskjellige helikoptertyper er antakelig en risikofaktor i seg selv, men dette aspektet vil ikke bli videre diskutert i denne studien.^{5,33,45} Som redegjort for i teorikapittelet så kan redundante «back ups» i et avansert system øke de latente forholdene for feil, men dette ser ikke ut til å være tilfelle i resultatene i vår studie. Dette kan mulig forklares med at sjekklisten, det vil si sikkerhetsbarrieren, var en kombinasjon av en myk- og hard barriere. Den fungerer med bakgrunn i tilgjengelig automatikk, menneskelig kapasitet og krysstrening.^{5,50}

Selv om SHERPA-analysen ikke er designet som en klassisk risikoanalyse, så kan en si at generelt sett er alvorlighetsgraden til de menneskelige feilene i studien isolert sett lav.³⁶ Det vil si at en feil alene ikke vil resultere i en alvorlig konsekvens, men akkumulerte feil kan som alvorligste konsekvens resultere i tap av menneskeliv. Ser en dette i et «ostehull-perspektiv», så vil det ved SHERPA-analysen være vanskelig å sette pekefingeren på eksakt hvilke menneskelige feil og latente forhold som i verste fall kan stille seg opp og resultere i en ulykke.^{5,37} Verdien til en SHERPA er å identifisere i hvilke faser av en operasjon og hvilke

feil som kan oppstå.^{25,38,61} I så måte kan det se ut til analysen har fungert etter intensjonen, men mer forskning på problemstillingen i singel pilot operasjoner er nødvendig. En prospektiv studie over tid hvor en analyserer problemstillingen i ulike operative kontekster vil trolig være nyttig for å styrke funnene i denne studien.

I likhet med en britisk studie, som brukte SHERPA for å analysere menneskelige feil i cockpit, så er flere av feilene i vår analyse det som kan kalles hverdagslige og som kan forventes at vil skje i løpet av en flyvning.⁶¹ Vår studie har styrket forskningshypotesen ved å vise at en formalisert sjekklister kan bidra til en reduksjon i menneskelige feilhandlinger. Ser en i detalj på resultatene av SHERPA-analysen, så er det flest feilhandlinger i instrumentflyvningsfasen (Tabell 6 og 7). Instrumentflyvningsfasen var den fasen da deltakerne brukte lengst tid, gjennomsnitt 16 minutter og 40 sekund av totalt 21 minutter og 30 sekund, og den fasen hvor det ble registrert flest feil, henholdsvis 46% av feilene for kontrollgruppen og 76% for intervensjonsgruppen. I den mest sikkerhetskritiske fasen, visuelflyvningsfasen, så ble det brukt en gjennomsnittstid på 2 minutt og 30 sekund totalt for begge gruppene. Et interessant resultat i denne fasen var at 25% av feilene til kontrollgruppen ble registrert i denne korte tidsperioden, hvorav over halvparten av disse feilene var «handling ikke utført». Det kan tyde på at det var mye som skjedde i denne fasen og at det var mye som deltakerne skulle huske å utføre. Det at intervensjonsgruppen ikke hadde noen registrerte feil i denne fasen av flygningen kan tyde på at sjekklister har vært en viktig bidragsyter for å luke ut latente forhold og potensielle menneskelige feilhandlinger, men svakheter i design av SHERPA-analysen kan ikke utelukkes.⁶¹

I vår studie var det et begrenset antall deltakere med en håndterbar mengde data. Dersom deltakermassen hadde vært større så kan det diskuteres om SHERPA hadde vært egnet som metode med hensyn til mengde data. Fremtidig forskning bør undersøke effekten av sikkerhetstiltaket i et lengre tidsperspektiv, med flere deltakere og i flere ulike simulerte nødssituasjoner. I en slik sammenheng bør det kanskje benyttes en forenklet metode for HEI eller en kombinasjon av ulike metoder.³⁹ Erfaringene som ble gjort i denne studien både i utarbeidelsen av metode, datainnsamling og etterarbeid kan være verdifulle i fremtidig forskning.

Ser en videre på resultatene fra analyserte data angående deltakernes arbeidsbelastning, så viser disse at det var mindre forskjeller i den registrerte objektive belastningen, hjerte rate variabilitet, sett opp mot den registrerte subjektive belastningen, NASA task load index

(Tabell 8 og 9). Disse resultatene, sett opp mot SHERPA resultatene, viser noen interessante funn. Kontrollgruppen som hadde et vesentlig høyere antall menneskelige feil, hadde også en høyere egenrapportert arbeidsbelastning, men forskjellene i den objektive arbeidsbelastningen var mindre. En årsak kan være at den objektive registreringen av arbeidsbelastning ikke er like sensitiv for små forandringer som det en subjektiv og observert registrering vil gi.²⁸ Dette samsvarer med at den høyeste subjektive arbeidsbelastningen ble registrert som en mental belastning (Tabell 9), noe som kan ha ført til en lavere objektiv registrert arbeidsbelastning (Tabell 8). Dette peker på at det å fly et helikopter er i de fleste tilfeller en ferdighet som krever høy konsentrasjon, en mental arbeidsbelastning, i motsetning til at det er fysisk krevende. Den registrerte hjerterefrekvensen til deltakerne støtter opp under dette da den viste en generelt lav fysisk aktivering med høyeste registrerte hjerterefrekvens på 83 og 75 som laveste frekvens (Tabell 8).

Selv om forskjellene er små, så er det et tankevekkende funn at intervensjonsgruppen rapporterte et høyere nivå av frustrasjon enn kontrollgruppen i både initial- og instrumentflygingsfasen. En mulig forklaring på dette kan være at ved å tilføre mer kunnskap og prosedyrer så vil det naturlig føre til at personellet får mer å tenke på og med et mulig høyere frustrasjonsnivå som resultat.^{5,20} Kontrollgruppen som handlet på bakgrunn av gjenkjennelsesbaserte ferdigheter, kan ha opplevd en lavere frustrasjon da de handlet spontant uten å forholde seg til en formalisert prosedyre.²⁰ Resultatene fra visuelflygingsfasen viser det motsatte, hvor intervensjonsgruppen hadde et lavere frustrasjonsnivå enn kontrollgruppen (Figur 12). Her kan sjekklisten ha bidratt til en reduksjon av opplevd frustrasjon.

Bruk av HRV har i flere studier blitt brukt som verktøy for å registrere arbeidsbelastning.^{28,29,31,59,60} Det kan diskuteres om deltakerne i vår studie, som er selektert personell, kan ha en høyere toleranse for stress og dermed kan ha mindre utslag sammenlignet med en ikke-selektert populasjon.^{4,63} Selv om HRV data i vår studie viste mindre forskjeller i de to gruppene, så var det en trend at intervensjonsgruppen hadde lavere HRV verdier sammenlignet med kontrollgruppen. Det kan også drøftes om det at det var en simulering bidrog til at den simulerte nødssituasjonen opplevdes mindre stressende enn hva det ville gjort i virkeligheten. Dette kan ha påvirket arbeidsbelastningen.⁴⁴ Selv om simulatoren brukt i studien er et godt og utprøvd verktøy for en valid datainnsamling, så kan det argumenteres for at en gjennomføring i et ekte helikopter, under ulike flyforhold, kanskje ville gitt andre resultater. Ser en på annen tilsvarende forskning på personell i den «spisse enden», så er det vanskelig å gjennomføre slike studier da det kan være store variasjoner i utførelsen som

påvirker reliabiliteten og validiteten. Studier som analyserer konkrete «case tilfeller» er kanskje bedre metoder for å styrke funnene i gjort i simulatorstudier.²⁰ For å styrke funnene og forskningshypotesen til studien kan en videre se om det er korrelasjon mellom resultatene. Ved å sammenlikne de uavhengige t-testene fra tabell 6, 8 og 9, kan en diskutere og se om det er korrelasjon mellom resultatene. Triangulering av data kan i noen tilfeller hjelpe oss til å se sammenhenger, men det er ingen eksakt vitenskap når en benytter ulike datakilder. Triangulering av data ble derfor ikke benyttet i denne studien, men en sammenlikning av resultatene kan tyde på at det er korrelasjon mellom de tre datakildene.

Som tidligere diskutert så har redningsmenn i luftambulansetjenesten et variert arbeidsområde.^{4,14,47,48} For å få et mer helhetlig bilde av den totale arbeidsbelastningen til denne yrkesgruppen kunne det vært verdifullt å studere de ulike arbeidssituasjonene opp mot risiko og stress. En ny norsk studie synliggjorde hvordan organisatoriske forhold og menneskelige evner ble benyttet av luftambulanspersonell for å håndtere risiko ved snøskredshendelser.⁴⁸ Resultatene fra denne studien kan tyde på at luftambulanspersonell er en gruppe som håndterer risiko hensiktsmessig i en snøskredskontekst, men mer forskning er nødvendig for å generalisere i forhold det totale bildet for tjenesten. Selv om antall deltakere i vår studie var lavt, så kan resultatene peke på at også i en simulert flyoperativ nødssituasjon så innehar luftambulanspersonell de nødvendige ferdighetene for å håndtere situasjonen med et forholdsvis lavt stressnivå.

5.2 Hvordan kan regelbasert beslutningstaking og autopilotteknologi bidra til en implementering av ny sjekkliste i luftambulansetjenesten?

Sett i lys av teorier om beslutningstaking, så er det noen interessante funn i denne studien.²⁰ Det å bruke gjenkjennelsesbasert beslutningstaking er en effektiv strategi når en har bred erfaring og kompetanse på et aktuelt fagområde. For deltakerne i studien som ikke er utdannede piloter, men som har en noe praktisk flyerfaring, så viser resultatene til kontrollgruppen at denne beslutningsstrategien har variasjoner for utfallet. Kontrollgruppen hadde ikke et regelbasert beslutningsverktøy å støtte seg til og de benyttet i hovedsak erfaring og en gjenkjennelsesbasert beslutningsstrategi.²⁰ Ser en samlet på de tre datakildene SHERPA, HRV og TLX, så kan det se ut til at resultatene sammenfaller og understøtter dette. Både den objektive og subjektive arbeidsbelastningen er høyere for kontrollgruppen og det var i denne gruppen det ble identifisert flest menneskelige feilhandlinger.

Selv om kontrollgruppen presterte lavere enn intervensjonsgruppen, så tilsier resultatene til kontrollgruppen at redningsmennene hadde et erfaringslæringsgrunnlag som satte dem i stand til å håndtere nødssituasjonen.^{41,52} Ser en på hvor ofte redningsmennene selv rapporterte at de selvstendig lander helikopteret og bruker autopiloten, så tilsier det at de får en viss grad av praktisk erfaring minimum hver vaktuke, det vil si omtrent hver måned (Vedlegg 4). Selv om de ikke konkret trener på en pilot inkapasitering nødssituasjon, så kan det se ut til at denne praktiske treningen er tilstrekkelig for å håndtere helikopteret selvstendig ved hjelp av autopiloten. Forskning og teori om simulering anbefaler at en trener på ferdigheter en benytter sjeldent hver tredje til sjette måned.^{5,56,57} Simuleringstrening hver sjette måned sammenfaller med intervallene til luftambulansetjenesten for simulatoretrening og trening på nødprosedyrer.¹⁴ For redningsmennene vil en mulig implementering av denne nye sjekklisen, sett i lys av simulatoretrening hver sjette måned, sannsynlig være tilstrekkelig for å vedlikeholde kompetansen.

Ved å gi deltakerne en sjekklisse og et flytskjema for håndtering av pilot inkapasitering (Vedlegg 1), så endrer en beslutningstaking i hovedsak fra gjenkjennelsesbasert til regelbasert beslutningstaking.²⁰ Resultatene i studien tilsier at redningsmennene i intervensjonsgruppen tilpasset handlingene hensiktsmessig i forhold til sjekklisen og at flere av de forhåndsdefinerte feilhandlingene, de latente forholdene, ble redusert ved hjelp av sjekklisen. Dette synliggjør at det er et uutnyttet potensial for økt duplisering og overlapping av kritisk kompetanse, samt at en implementering er gjennomførbar.⁵ Likhets- og sikkerhetsprinsippet nevnt innledningsvis om at tjenesten skal være like sikker som om det var to piloter i cockpit vil bli styrket ved innføring av denne nye sjekklisen.

Det kan videre diskuteres hvor mye trening som kreves for å håndtere en slik nødssituasjon som ble simulert i studien. Resultatene til intervensjonsgruppen kan tyde på at mye av kunnskapen og ferdighetene allerede er til stede hos redningsmennene. Det at disse deltakerne i forkant hadde lest seg opp på sjekklisen og at de hadde fått veiledning av en flyoperativ instruktør, kan ha ført til at de fikk både fortolket og reflektert over eget handlingsmønster.⁴² Den korte opplæringen i forkant sett opp mot gevinsten, kan tilsi at det å bevege seg fra en hovedsakelig gjenkjennelsesbasert til en regelbasert beslutningstaking kan øke sikkerheten i den skarpe enden.²⁰ Med hovedsakelig menes at en ikke kan utelukke at i noen tilfeller vil det være nødvendig med en kombinasjon av gjenkjennelses- og regelbasert beslutningstaking.²⁰

Det kan argumenteres for at regelbasert beslutningstaking har en positiv effekt ved at det gir mindre erfarent personell en ferdig oppskrift på hvordan de skal handle i en gitt situasjon.²⁰ Ser en på yrkesgruppen redningsmenn i luftambulansen, så er det et yrke med et stort spenn av ulike ferdigheter de skal beherske. Selv om en stor del av arbeidshverdagen til redningsmennene er av flyoperativ karakter (Vedlegg 4), så er hovedfokuset på behandling og evakuering av akutt syke og skadde pasienter.^{4,14,33,35,47} Sammenlignet med eksempelvis avanserte medisinske prosedyrer, så ser en at flere medisinske prosedyrer er regelbaserte, men et godt skjøn kombinert med selvstendige vurderinger kan være nødvendig.^{20,35,37} En kan se noe av det samme ved redningstekniske prosedyrer som inneholder et høyt risikonivå. Utgangspunktet er at disse prosedyrene er regelbaserte, men operatøren kan avvike fra prosedyren dersom det er nødvendig av sikkerhetsmessige årsaker.^{4,47} Dette synliggjør poenget med at en kombinasjon av gjenkjennelses- og regelbasert beslutningstaking kan være nødvendig i noen tilfeller.

Ved å se historisk på tidligere flyoperative operasjonsmanualer, så vil en se at det var beskrevet at redningsmann skulle lande og fly helikopteret tre ganger hver nittiende dag under monitorering av piloten. Dette viser at problemstillingen, samt ønsket om en duplisering og overlapping av kritisk kompetanse ikke er nytt. Denne beskrivelsen ble fjernet i 2014 da det etter sentralt regelverk ikke er lov til å beskrive praktisk håndflyging for redningsmenn.^{1-3,14} Redningsmenn i luftambulansen kan beskrives som å være i en «grå sone» mellom flygende personell, og kabinpersonell og den totale arbeidsbelastningen bør vektas deretter. Det er tankevekkende at selv om luftambulansetjenesten hovedsakelig transporterer og behandler akutt syke og skadde pasienter utenfor sykehus, så beskriver redningsmennene selv en vektning av sin arbeidshverdag som anslagsvis sekstiseks prosent flyoperativ (Vedlegg 4). En kan ikke konkludere noe ut fra dette, men trolig har det en sammenheng med at alle redningsmenn er helsepersonell og selektert i henhold til nasjonal standard for redningsmenn før de begynner sin karriere i luftambulansetjenesten.⁴ Dette innebærer at de har en bred medisinsk- og redningsteknisk kompetanse før de begynner i luftambulansen, mens det flyoperative er for de aller fleste et helt nytt fagfelt. Dette kan være en forklaring på at en så stor andel av arbeidshverdagen beskrives som flyoperativ.⁴

Perspektivet til James Reason angående de seks variantene av regel-relaterte handlinger kan ytterligere hjelpe oss til å vurdere regler og sammenfallende utførelse (Tabell 2).⁵ I dette perspektivet, så kan en si at kontrollgruppen isolert sett opererte etter ingen formelle regler i simuleringsforsøket. Dette understøttes av det høye antallet menneskelige feilhandlinger i

denne gruppen. Selv om antall feilhandlinger var høyt, så var det mye god bruk av gjenkjennelsesbasert beslutningstaking for å håndtere nødssituasjonen. Ved å bruke dette perspektivet kan en argumentere for at deltakerne i kontrollgruppen i hovedsak hadde korrekt utførelse og gjenkjennelsesbasert beslutningstaking, til tross for at de ikke hadde noen formelle regler å støtte seg på.^{5,20}

Ser en på den nye sjekklisten (Vedlegg 1) og resultatene til intervensjonsgruppen, så gir dette oss et grunnlag for å si om sjekklisten bidrar med det som Reason beskriver som en «god» eller «dårlig» regel (Tabell 2).⁵ Resultatene kan tyde på at generelt var det korrekt etterlevelse av de foreslåtte reglene, noe som impliserer at sjekklisten bidrar med gode regler, men det var tilfeller av misforstått etterlevelse, noe som kan tilsi at det kan være svakheter i sjekklisten. Tilfellene av misforstått etterlevelse kan se ut til å være mer relatert til lite trening og praktisk erfaring enn at selve sjekklisten er for dårlig. Dette kan understøttes av teorier om erfaringsbasert læring som beskriver at etter førstehåndserfaring av en ny ferdighet, så reflekterer en og drar lærdom ut av erfaringen. Til slutt vil en prøve ut det en har lært i nye situasjoner.^{42,43} Deltakerne i intervensjonsgruppen ble målt etter en kort opplæring og de vil trolig ved mer trening og praktisk læring prestere på et enda høyere nivå.^{41-43,52} Mer data er nødvendig for å bekrefte denne hypotesen.

Problemstillingen til denne studien var: «Singel pilot inkapasitering i luftambulansetjenesten: Hvordan bruk av ny sjekkliste bidrar til duplisering av kritisk kompetanse og økt sikkerhet». Det å kunne tette sikkerhetshull i en singel pilot luftambulanseoperasjon, og da spesifikt ved en inkapasitering, er noe også andre operatører har sett nærmere på. I en fagartikkel i magasinet «AirMed and Rescue», presenterer en amerikansk luftambulanseoperatør en regelbasert sjekkliste for hva det ikke-flyvende besetningsmedlemmet skal gjøre ved en pilot inkapasitering.¹⁷ Denne sjekklisten har flere likhetstrekk med sjekklisten utarbeidet i vår studie, men den amerikanske sjekklisten stopper når besetningsmedlemmet har kontroll på situasjonen, har koblet helikopteret på autopiloten og klatret til 7000 fot. Den beskriver ikke noe handling videre, som hvordan besetningsmedlemmet skal lande helikopteret. Det at en operatør publiserer en sjekkliste synliggjør at problemstillingen kan være gjeldende for HEMS operatører generelt. Luftambulansen i Norge vil ved å implementere «Emergency checklist: pilot incapacitation» (Vedlegg 1) trolig kunne være foran andre operatører i formell kompetanse, redundans og sikkerhet ved en single pilot inkapasitering.

Det at redningsmenn i luftambulansen har mange varierte arbeidsoppgaver er ikke et særnorsk fenomen. Senest i juni 2022 ble dette dilemmaet diskutert under AirMed 2022, som er verdenskongressen for luftambulansevirksomhet. Et av diskusjonstemaene under kongressen var: «Redningsmannen assisterer piloten og legen i tillegg til å ha spesifikke redningstekniske oppgaver. Supermennesker, eller blir det for mye?». Selv om det var, og er, en konsensus om at redningsmenn i HEMS bør inneha grunnleggende redningsteknisk kompetanse, så synliggjør denne tematikken at yrkesgruppen er under et press i forhold til arbeidsbelastning.^{47,64} Sett i konteksten til denne studien, så peker resultatene i retning at redningsmennene allerede innehar det flyoperative kompetansenivået som er nødvendig for å benytte seg av den nye sjekklisten. Det kan dermed argumenteres for at en implementering av denne sjekklisten ikke vil påvirke noen av de andre fagområdene, men mer kunnskap er nødvendig for å understøtte denne påstanden.

5.2.1 Bruk av autopilotteknologi

Autopilotteknologi var en sentral forutsetning for utarbeidelsen av nødprosedyren som ble benyttet i studien. Den baserer seg på at redningsmannen bruker autopiloten for å håndtere helikopteret og skal kunne brukes i alle faser av en flyvning under alle flyforhold. Det at en etter regelverket kan beskrive en nødprosedyre som baserer seg på at en «ikke-pilot» flyr helikopteret avhenger av at en både har automatikk som gjør dette mulig, og at en har et system for opplæring/trening.¹⁴ Det å bruke automatikk i singel pilot operasjoner for å håndtere en pilot inkapasitering har blitt undersøkt i noen tidligere studier og kan se ut til å ha et økende fokus.^{10,12} En europeisk studie undersøkte hvordan en kan styre og lande et fly fra bakken i tilfelle singel pilot inkapasitering. I denne studien var en avhengig av at flyet skulle lande på en flyplass med en etablert instrumentinnflygingsprosedyre.¹⁰ Sammenligner en dette med en luftambulanse helikopteroperasjon, så er det noen likheter, men også noen forskjeller. Likheten er at en benytter automatikken for å håndtere flymaskinen. En av forskjellene er at ved å fly et helikopter, så har en helt andre forutsetninger enn om en flyr et fly. En av fordelene til et helikopter er at en kan stoppe opp og lande der en måtte ønske hvis en flyr visuelt. Dette gir en økt fleksibilitet sett opp mot en eventuell pilot inkapasitering i et fly, men mer forskning relatert til håndtering av en slik nødssituasjon er nødvendig for å kunne konkludere med hva som er beste handlingsmåte.

Automatikk kan både ha fordeler og ulemper og det krever god kompetanse for å benytte den riktig.^{18,20} Sammenlignet med en amerikansk studie fra 90-tallet, som analyserte fatale ulykker

forårsaket av feil bruk av autopiloten og hvor 45% av ulykkene var forårsaket av handlingsfeil, samt 20% på grunn av oppfattelsesfeil, så er det noen likheter med våre resultater.^{5,46} Selv om feilene i vår studie ikke resulterte i en teoretisk fatal ulykke, så ble det identifisert at samlet sett så var 45% av feilene handlingsfeil, 58% i kontrollgruppen og 33% i intervensjonsgruppen, mens oppfattelsesfeil utgjorde 5% i begge gruppene. Den mest kritiske feilen i vår studie oppstod hos en av deltakerne i kontrollgruppen i visuellflygningsfasen, rett før landing. I likhet med de analyserte fatale ulykkene fra den amerikanske studien, så var denne kritiske feilen relatert til feil innstillinger i vertikal aksel av autopiloten med påfølgende innstillingsforvirring, en «mode confusion».⁴⁶ Denne ene individuelle feilen kan mulig skyldes en kombinasjon av en autopilot med ulike valgmuligheter samt en manglende forståelse av de ulike innstillingene. Det kan i så måte være en typisk illustrasjon av den menneskelige faktoren i et komplekst system.^{37,46}

Resultatene fra vår studie kan se ut til å understøtte etablerte teorier om at bruk av automatikk har et iboende potensial for menneskelige feil, både aktive feil og latente forhold, men flere av disse feilene kan se ut til å reduseres med en formalisert sjekkliste.⁵ Selv om resultatene i studien styrker vår forskningshypotese og viser hvordan automatisering kan bidra til en implementering av sjekklisten, så bør videre forskning ytterligere styrke denne hypotesen med mer data og i varierte simuleringsforsøk.

5.2.2 Er økt sikkerhet nødvendig sett opp mot økt arbeidsbelastning?

Det å utføre helikopteroperasjoner døgnet rundt, året rundt, er ikke risikofritt og anses som en av de mest risikoutsatte operasjonene innen luftfarten. Historisk har luftambulansen opplevd flere alvorlige ulykker og mange av sikkerhetstiltakene som praktiseres i dag kommer fra dyrekjøpte erfaringer.³³ Et regelmessig arbeid med flysikkerhet og håndtering av risiko vil stille spørsmål ved hvordan en kan øke sikkerheten ytterligere i en single pilot luftambulanseoperasjon.⁵

I innledningen til studien ble det redegjort for at sannsynligheten for pilot inkapasitering i luften anslagsvis er 0,46 ganger per 106 flytimer.⁶ Sammenliknet med en motorfeil, så er sannsynligheten for svikt i en turbinmotor mindre enn 0,01 per 1000 flytimer.¹⁹ I et sikkerhets- og beredskapsperspektiv så er denne betraktningen interessant. For å generalisere, så kan en si at sannsynligheten for en pilot inkapasitering er større enn et motorbortfall, men det trenes per dags dato ikke systematisk på en inkapasitering i en single pilot operasjon i motsetning til et

motorbortfall, som det blir trent på opptil flere ganger årlig.¹⁴ Ser en videre på redundans og ulike barrierer for disse to farene, så er det ved et motorbortfall flere sikkerhetsbarrierer. Helikopteret har to motorer, det kan fly på en motor og i verste fall dersom begge motorene skulle svikte så kan piloten autorotere ned til bakken. For en inkapasiterings nødssituasjon er det per dags dato kun barrierer for å oppdage faren i en tidlig fase før en inkapsitering oppstår.

14

Forsvar i dybden-modellen til James Reason (Figur 5), kan benyttes for å visualisere at det per dags dato er et sikkerhetshull i operasjonen til luftambulansetjenesten.⁵ Ved hjelp av modellen kan en forenkler denne problemstillingen og synliggjøre at dersom piloten ikke er i stand til selv å fly helikopteret, så vil det være store hull i barrierene for videre å håndtere risikoen på en forutsigbar måte. Den nye sjekklisten benyttet i studien, vil kunne plasseres som en barriere og gi en mer forutsigbar risikohåndtering ved hjelp av autopilotteknologi og kunnskap hos redningsmennene. Denne sikkerhetsbarrieren vil være en kombinasjon av en myk- og en hard sikkerhetsbarriere. Myk i form av kunnskap, og hard i form av autopilotteknologi.⁵ Barrieren vil kunne bidra til å redusere risikoen for en total kollaps av forsvar i dybden dersom en pilot inkapasitering skulle oppstå, med en katastrofal hendelse som verste utfall.

En klassisk problemstilling innen risikostyring er dilemmaet mellom produksjon og sikkerhet.⁵ Sikkerhetstiltaket denne studien introduserer vil være et tilskudd til hva som forventes av redningsmenn i luftambulansen. Det å innføre nye sikkerhetstiltak er ikke risikofritt, og det må vurderes nøye før en implementering. Nye tiltak kan redusere en identifisert risiko, men det kan også åpne opp for nye latente, ikke oppdagete farer.⁵ Som tidligere drøftet så er den totale arbeidsmengden til redningsmann en kjent fare som må hensyntas ved en implementering av sjekklisten. Redningsmenn kan se ut til å være i en klem mellom treenigheten av de fagområdene de skal beherske. Denne treenigheten innebærer et dilemma angående hvor mye kompetanse et besetningsmedlem kan inneha før arbeidsbelastningen blir for høy. Med et økende fokus i tjenesten på flyoperative prosedyrer, så kan det se ut til at tiden er moden for å vurdere om redningsmenn i luftambulansen bør ha en formell akkreditering eller sertifisering godkjent av luftfartstilsynet. Denne problemstillingen er ikke ny og ble blant annet også tatt opp under den europeiske luftambulansetreningsleiren, Camp Europa, i Sveits 2019. Her var det et stort ønske fra de større europeiske HEMS-operatørene (REGA, ADAC, OAMTC) om mer formell flyoperativ trening og sertifisering til redningsmenn. I de nyeste regelverksoppdateringene til det europeiske tilsynsorganet, EASA,

er det beskrevet ytterligere krav til trening og opplæring av HEMS redningsmenn, noe som igjen synliggjør at den flyoperative funksjonen til redningsmenn har fått økt oppmerksomhet.

² Ser en utenfor Europas grenser, så er det i nyere offisielle innspill til de australske luftfartsmyndighetene ytret ønske om en myndighetsgodkjent sertifisering av redningsmannsfunksjonen i luftambulansen. Fra australske myndigheter ble det svart at ønsket om et sertifikat skal utredes i fremtiden. ⁶⁵

I et kost-nytte perspektiv vil innføring av sjekklisten sannsynligvis være gunstig, noe som støttes av resultatene i studien. En slik sikkerhetsbarriere har ut over det å håndtere den konkrete risikoen flere positive synergier. Dette vil i hovedsak være at redningsmennene får forutsigbar trening og vedlikehold på praktisk på bruk av autopiloten, noe som vil styrke hans/hennes flyoperative kompetanse og dermed gi en økt overlapping av kompetanse. Denne formaliserte krysstreningen vil styrke ferdighetene i det som er de primære arbeidsoppgavene til redningsmann i cockpit, det vil si å assistere piloten i alle faser av operasjonen.

Sammenlignet med de to andre fagområdene medisinsk og redningsteknisk, så er det samme mentalitet og krysstrening som benyttes der for å styrke hele besetningen i de ulike fagene.

4,14,42

5.3 Videre forskning

Ved flere anledninger i diskusjonskapitlene kommer det frem at det kan være behov for mer forskning. Innledningsvis i studien ble det vist til at det er lite publisert forskning relatert til problemstillingen og det er da ikke uventet at en analyse/diskusjon rundt tematikken kan belyse at mer forskning er nødvendig. ^{6-9,11,15-17} I et stort perspektiv kan en argumentere for at luftambulanseoperasjoner er en liten del av luftfarten og at muligens er det andre fokusområder som behøver mer kunnskap. Sett i en luftfartskontekst kan en videre argumentere for at yrkesgruppen redningsmenn i luftambulansetjenesten er en liten nisje sammenliknet med yrkesgruppen piloter, som utgjør flere tusen ansatte nasjonalt. Selv om luftambulanseoperasjoner er en liten del av luftfarten, så er tjenesten en viktig del av helsevesenet, den nasjonale beredskapen, samt at den er risikoutsatt og høyt spesialisert.

3,4,24,33,35

Sammenlikner en forskning innen det medisinske bidraget til luftambulansen opp mot den flyoperative delen, så ser en at det er publisert mye medisinsk forskning relatert til luftambulanseoperasjoner både nasjonalt og internasjonalt, men det er lite publisert

vitenskapelig arbeid forbundet til den flyoperative delen.^{7,29,33,35} Dette har trolig en sammenheng med at anestesilegene i tjenesten har lengre tradisjoner for å prioritere og jobbe med forskning, i motsetning til pilotfaget som ikke er like teoretisk/forskningsbasert. Som poengtert tidligere så er luftambulansetjenesten en liten del av luftfarten, og en kan ved å bruke tilsvarende synspunkt argumentere for at det samme gjelder i en medisinsk kontekst. Luftambulansetjenesten utgjør en svært liten del av helsevesenet, men på grunn av at tjenesten transporterer og behandler noen av de mest kritisk syke pasientene blir mer kunnskap innen fagområdet vektlagt.^{24,33,35} Ser en på to-pilots flyoperasjoner så eksisterer det en del forskning, men det kan se ut til at det er mangel på vitenskapelig kunnskap relatert til singel pilot luftambulansoperasjoner.^{6-11,16,53}

Denne studien peker på et sikkerhetshull i operasjonen til luftambulansetjenesten og resultatene i studien viser at en standardisert sjekkliste bidrar til økt redundans og sikkerhet. Singel pilot luftambulansoperasjoner har et stadig økende fokus i sentralt regelverk og da spesifikt formelle flyoperative krav til besetningsmedlemmet HEMS redningsmann.² Problemstillingen i studien vil være relevant for andre HEMS operatører utenfor Norge, men studien er bare et lite bidrag i en stor sammenheng.^{2,17} For at funnene i studien skal kunne ha effekt på systemnivå er det nødvendig med mer data som styrker eller svekker hypotesene. Videre sikkerhetsanalyser i cockpit med fokus på menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning kan være gode metoder for å skaffe til veie mer kunnskap, men det kan også være andre aspekter som bør belyses. Metaanalyser kan være nyttige for å kartlegge og analysere hvordan ulike luftambulansetjenester driftes både med tanke på det flyoperative-, medisinske- og redningstekniske fagfeltet.^{9,35} Metaanalyser i kombinasjon med forskning angående den totale arbeidsbelastningen til de ulike besetningsmedlemmene kan gi ytterligere innsikt. Slike metoder for arbeidsbelastningsanalyser har blitt benyttet i andre HEMS kontekster, og knyttet til arbeidsbelastning pågår det også i 2022 en større norsk studie som ser på utmattelse («fatigue») blant luftambulanspersonell.²⁹ En annen metode for ytterligere innsikt kan være inngående analyser av styrende regelverk, noe som igjen kan gi utdypende kunnskap.¹⁻³

Det fremkommer av diskusjonen at det er et behov for videre forskning innen singel pilot luftambulansoperasjoner. Det er ulike vinklinger, fagområder og aspekter ved tjenesten som kan studeres ytterligere, men i et sikkerhets- og beredskapsperspektiv er nok den flyoperative delen av tjenesten der hvor det er størst behov for ytterligere forskning. Slik forskning vil kunne bidra med å styrke sikkerheten i tjenesten, både nasjonalt og internasjonalt.

6.0 Konklusjon

Studien viser at en standardisert sjekkliste bidrar til økt sikkerhet ved pilot inkapasitering under en simulert nødssituasjon. Forskningshypotesen om at «Forekomsten av menneskelige feilhandlinger og arbeidsbelastning vil være mindre ved bruk av ny sjekkliste» er styrket. Sjekklisten baserer seg på bruk av autopilotteknologi og en regelbasert beslutningstaking.²⁰ Disse to forutsetningene kan se ut til å være avgjørende for resultatene i denne studien. Bruk av den nye sjekklisten reduserte menneskelige feilhandlinger med 74% ($p < 0,05$) og det var signifikante forskjeller i rapportert subjektiv arbeidsbelastning.

En formalisert bruk av autopiloten, tilpasset redningsmenn i luftambulansetjenesten, kan tilføre tjenesten en ny barriere for en risiko som sjelden forekommer.⁹ Singel pilot inkapasitering vil kunne ha katastrofale konsekvenser og det eksisterer per dags dato ingen etablerte barrierer for å kunne håndtere denne risikoen fullt ut.^{13,14} Sjekklisten vil bidra til å tette et sikkerhetshull i singel pilot konseptet til luftambulansetjenesten og duplisere kritisk kompetanse i cockpit ved å fungere som en kombinert myk- og hard sikkerhetsbarriere.

Både den registrerte subjektive og objektive arbeidsbelastningen støtter opp under at deltakerne i både kontrollgruppen og intervensjonsgruppene hadde et erfarings-, og ferdighetsgrunnlag tilstrekkelig for å håndtere en slik nødssituasjon, men det var store forskjeller i rapportert subjektiv arbeidsbelastning, hvor det var signifikante forskjeller i den mest kritiske delen av simuleringen, visuelflygningsfasen. Kontrollgruppen, som opererte etter dagens standard, hadde jevnt over både høyere subjektiv og objektiv arbeidsbelastning. Resultatene i studien støtter at implementering av denne nye sjekklisten er realistisk grunnet eksisterende kompetanse hos redningsmennene og tilgjengelig teknologi i cockpit. Det er et dilemma at besetningsmedlemmet redningsmann har et høyt press på sine tre ulike fagområder, noe som også gjelder tilsvarende tjenester i utlandet, og en økt arbeidsmengde i form av mer flyoperativ trening kan påvirke andre forhold i tjenesten.

Sett i et kost-nytte perspektiv vil den nye sjekklisten ha en lav kostnad å innføre. Den korte opplæringen som ble gitt til intervensjonsgruppen, effekten det hadde på reduksjon av både menneskelig feilhandlinger og arbeidsbelastning understøtter dette, samt viser at det er gjennomførbart. Ser en på nytten og synergieffektene av en slik sjekkliste, så har det en sikkerhetsrelevans og det vil kunne styrke trebesetningskonseptet til luftambulansetjenesten med bruk av pilot, redningsmann og anestesilege.

7.0 Referanser

1. European Union Aviation Safety Agency. *Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Annex V – Part-SPA*. Tilgjengelig fra: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/1937/en>. (nedlastet 20.april, 2022)
2. European Union Aviation Safety Agency. *Notice of Proposed Amendment 2018-04*. Tilgjengelig fra: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/NPA%202018-04.pdf>. (nedlastet 22.april, 2022)
3. Norsk Luftambulans Helikopter. *Operations Manual Part A General/Basic (AMC3 ORO.MLR.100), revisjon 16*. Tilgjengelig fra: <https://einnsyn.no/saksmappe?id=http%3A%2F%2Fdata.einnsyn.no%2Fnoark4%2FSAksmappe--981105516--255--2021&jid=http%3A%2F%2Fdata.einnsyn.no%2Fnoark4%2FJournalpost--981105516--2021--255--48--2021>. (nedlastet 10.mai, 2022)
4. Justisdepartementet. *Nasjonal standard for redningsmenn i luftambulansetjenesten, redningshelikoptertjenesten og SAR – offshore, 18.juli 2002, revisjon 2 10.februar 2019*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/5289520970904efcbf54ccb6f807f628/revide-rt-nsr-2019-final-006.pdf>. (nedlastet 14.mai, 2022)
5. Reason J. *Managing the risks of organizational accidents*. Ashgate Publishing Limited; 1997.
6. Simons R, Van Drongelen A, Roelen A, et al. *Age limitations commercial air transport pilots*. European Union Aviation Safety Agency, Safety Intelligence & Performance Departement; 2018.
7. Bauer H, Nowak D, Herbig B. *Aging and Cardiometabolic Risk in European HEMS Pilots: An Assessment of Occupational Old-Age Limits as a Regulatory Risk Management Strategy*. Risk Analysis. 2018;38(7):1332-1347.
8. DeJohn CA, Wolbrink AM, Larcher JG. *In-Flight Medical Incapacitation and Impairment of U.S. Airline Pilots: 1993 to 1998*. Federal Aviation Administration, Civil Aerospace Medical Institute; 2004.
9. Huster KM, Muller A, Prohn MJ, et al. *Medical risks in older pilots: a systematic review on incapacitation and age*. International Archives of Occupational and Environmental Health. 2014;87(6):567-578.

10. Martins AP, Lieb TJ, Friedrich M, et al. *Toward single pilot operations: A conceptual framework to manage in-flight incapacitation*. Paper presented at: 11th SESAR Innovation Days: Inspiring Long-Term Research in the Field of Air Traffic Management, SIDs 2021.
11. Suhir E, Mogford R. *Two men in a cockpit: Probabilistic assessment of the likelihood of a casualty if one of the two navigators becomes incapacitated*. Paper presented at: 10th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference 2011.
12. Bilimoria KD, Johnson WW, Schutte PC. *Conceptual framework for single pilot operations*. Paper presented at: Proceedings of the international conference on human-computer interaction in aerospace 2014.
13. Norsk Luftambulans Helikopter. *OM-B H145 revisjon 6*. Tilgjengelig fra: <https://einnsyn.no/saksmappe?id=http%3A%2F%2Fdata.einnsyn.no%2Fnoark4%2Faksmappe--981105516--255--2021&jid=http%3A%2F%2Fdata.einnsyn.no%2Fnoark4%2FJournalpost--981105516--2021--255--66--2021>. (nedlastet 26.mai, 2022)
14. Norsk Luftambulans Helikopter. *OM-D revisjon 12*. Tilgjengelig fra: <https://einnsyn.no/saksmappe?id=http%3A%2F%2Fdata.einnsyn.no%2Fnoark4%2Faksmappe--981105516--255--2021&jid=http%3A%2F%2Fdata.einnsyn.no%2Fnoark4%2FJournalpost--981105516--2021--255--116--2021>. (nedlastet 26.mai, 2022)
15. Benitez DM, Valiente AC, Lanzi P. *A novel global operational concept in cockpits under peak workload situations*. Safety Science. 2018;102:38-50.
16. Faber A. *Single pilot commercial operations: A study of the technical hurdles*. Master of Science Thesis, Delft University of Technology, Netherlands; 2013.
17. Pierobon M, Marzoni V, Bingley S, et al. *What can you do when the pilot is incapacitated?* AirMed&Rescue. 2021;122:34-37.
18. Dehais F, Peysakhovich V, Scannella S, et al. *"Automation Surprise" in Aviation: Real-Time Solutions*. Paper presented at: Proceedings of the 33rd annual ACM conference on Human Factors in Computing Systems 2015.
19. De Florio F. *Airworthiness: An introduction to aircraft certification and operations*. Butterworth-Heinemann; 2016.
20. Flin R, O'connor P, Crichton M. *Safety at the sharp end: a guide to non-technical skills*. CRC Press; 2017.

21. Moore LM. *The basic practice of statistics*. Taylor & Francis; 1996.
22. Gerald B. *A brief review of independent, dependent and one sample t-test*. International Journal of Applied Mathematics and Theoretical Physics. 2018;4(2):50-54.
23. Cohen J. *Statistical power analysis*. Current directions in psychological science. 1992;1(3):98-101.
24. Luftambulansetjenesten HF. *Aktivitet luftambulansetjenesten 2020*. Tilgjengelig fra: <https://luftambulans.no/seksjon/rapporter/Documents/Aktivitetsrapporter/2020%20Aktivitetsrapport.pdf>. (nedlastet 10.april, 2022)
25. Embrey DE. *SHERPA: A systematic human error reduction and prediction approach*. Paper presented at: Proceedings of the international topical meeting on advances in human factors in nuclear power systems, American Nuclear Society, Knoxville 1986.
26. Harris D, Stanton NA, Marshall A, et al. *Using SHERPA to Predict Design-Induced Error on the Flight Deck*. Aerospace Science and Technology. 2005;9(6):525-532.
27. Hart SG. *NASA task load index: Paper and Pencil Package*. NASA Center, Ames Research Center: Mountain View, CA, USA; 1986.
28. Molina R, Stasi LLD, Anera RG, Vera J, et al. *The short-term effects of artificially-impaired binocular vision on driving performance*. Ergonomics. 2020;64(2):212-224.
29. Petrowski K, Herhaus B, Schoniger C, et al. *Stress load of emergency service: effects on the CAR and HRV of HEMS emergency physicians on different working days (N = 20)*. International Archives of Occupational and Environmental Health. 2019;92(2):155-164.
30. Said S, Gozdzik M, Roche TR, et al. *Validation of the raw National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX) questionnaire to assess perceived workload in patient monitoring tasks: pooled analysis study using mixed models*. Journal of medical Internet research. 2020;22(9):e19472.
31. Schoniger C, Pyrc J, Siepmann M, et al. *Continuous HRV analysis of HEMS emergency physicians to specify the work load over the different working days*. International Archives of Occupational and Environmental Health. 2020;93(4):525-533.
32. Hart SG. *NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later*. Paper presented at: Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting 2006.

33. Fagernæs SO, Spørck R, Aas KN, et al. *Organisering av luftambulansetjenesten*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/f01597ca73e648f3aab3a512f8c165e2/no/pdfs/organisering-av-luftambulansetjenesten.pdf>. (nedlastet 10.april, 2022)
34. Rasmussen K, Røislien J, Sollid SJ. *Does medical staffing influence perceived safety? An international survey on medical crew models in helicopter emergency medical services*. *Air medical journal*. 2018;37(1):29-36.
35. Ringburg AN, Thomas SH, Steyerberg EW, et al. *Lives saved by helicopter emergency medical services: an overview of literature*. *Air medical journal*. 2009;28(6):298-302.
36. Aven T. *Risikostyring: grunnleggende prinsipper og ideer*. 2 ed. Universitetsforlaget; 2015.
37. Ericson M, Mårtensson L. *The Human Factor?*. In: *Risks in Technological Systems*. Springer, London; 2010:245-254.
38. Salmon PM, Stanton NA, Young MS, et al. *Using existing HEI techniques to predict pilot error: A comparison of SHERPA, HAZOP and HEIST*. Paper presented at: Proceedings of the 2002 International Conference on Human-Computer Interaction in Aeronautics 2002.
39. Stanton NA, Salmon P, Harris D, et al. *Predicting pilot error: testing a new methodology and a multi-methods and analysts approach*. *Applied ergonomics*. 2009;40(3):464-471.
40. Stanton NA, Salmon P, Harris D, et al. *Predicting pilot error: assessing the performance of SHERPA*. In: *Human-Centered Computing*. CRC Press; 2019:587-591.
41. Dewey J. *Experiential learning*. New Jersey, Pentice Hall; 1938.
42. Dugger JR, William E. *"learning by doing" research INTRODUCTION*. *Technology and Engineering Teacher*. 2014;74(1):24.
43. Kolb A, Kolb D. *Eight important things to know about the experiential learning cycle*. *Australian educational leader*. 2018;40(3):8-14.
44. Lamé G, Dixon-Woods M. *Using clinical simulation to study how to improve quality and safety in healthcare*. *BMJ simulation & technology enhanced learning*. 2020;6(2):87.
45. Westrum R, Adamski A. *Organizational factors associated with safety and mission success in aviation environment*. In: *Handbook of Aviation Human Factors*. CRC Press; 2009;2:5.1-5.37.

46. Perrow C. Normal accidents: *Living with high risk technologies*. Princeton university press; 1999.
47. Mattingsdal H, Abrahamsen HB, Fevang E, et al. *Static rope rescue operations in western Norway: a retrospective analysis of 141 missions*. *Wilderness & Environmental Medicine*. 2022;33(2):162-168.
48. Lunde A, Braut GS. *Overcommitment: management in helicopter emergency medical services in Norway*. *Air Medical Journal*. 2019;38(3):168-173.
49. McRaven WH. *Spec ops: case studies in special operations warfare: theory and practice*. Presidio Press; 1996.
50. Reason J. *Human error*. Cambridge university press; 1990.
51. Dewey J. *Experience and education*. Paper presented at: The educational forum 1986.
52. Roberts JW. *Beyond learning by doing: Theoretical currents in experiential education*. Routledge; 2012.
53. Harper C, Kidera G, Cullen J. *A Study of Simulated Airline Pilot Incapacitation*. In: *Recent Advances in Aerospace Medicine*. Springer; 1970:116-122.
54. Orlandy HW. *Pilot Incapacitation Revisited*. *SAE Transactions*. 1984:705-715.
55. Barry Issenberg S, McGaghie WC, Petrusa ER, et al. *Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review*. *Medical teacher*. 2005;27(1):10-28.
56. Govender K, Rangiah C, Ross A, et al. *Retention of knowledge of and skills in cardiopulmonary resuscitation among healthcare providers after training*. *South African Family Practice*. 2010;52(5).
57. de Ruijter PA, Biersteker HA, Biert J, et al. *Retention of first aid and basic life support skills in undergraduate medical students*. *Medical Education Online*. 2014;19(1):24841.
58. Rusnock C, Borghetti B, McQuaid I. *Objective-analytical measures of workload—the third pillar of workload triangulation?* Paper presented at: International Conference on Augmented Cognition 2015.
59. Cardone D, Perpetuini D, Filippini C, et al. *Driver Stress State Evaluation by Means of Thermal Imaging: A Supervised Machine Learning Approach Based on ECG Signal*. *Applied Sciences*. 2020;10(16).
60. Gancitano G, Baldassarre A, Lecca LI, et al. *HRV in Active-Duty Special Forces and Public Order Military Personell*. *Sustainability*. 2021;13(7).

61. Harris D, Stanton NA, Marshall A, et al. *Using SHERPA to predict design-induced error on the flight deck*. *Aerospace science and technology*. 2005;9(6):525-532.
62. Baevsky R, Chernikova AG. *Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods*. *Cardiometry*. 2017;10:66-76.
63. Tarvainen MP, Lipponen J, Niskanen JP, et al. *Kubios HRV users guide for scientific research*. Tilgjengelig fra:
http://www.kubios.com/downloads/Kubios_HRV_Users_Guide_3_1_0.pdf. (nedlastet 10.november 2021)
64. Tomazin I, Ellerton J, Reisten O, et al. *Medical standards for mountain rescue operations using helicopters: official consensus recommendations of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MEDCOM)*. *High Altitude Medicine & Biology*. 2011;12(4):335-341.
65. South D, Boyd P, Threlfo D, et.al. *Summary of responses to NPRM 1304OS: Regulation of aeroplane and helicopter ambulance function flights as Air Transport operations*. Tilgjengelig fra: <https://1library.net/document/zx05oknz-summary-responses-regulation-aeroplane-helicopter-ambulance-transport-operations.html>. (nedlastet 10.desember, 2021)

8.0 Vedlegg

8.1 Vedlegg 1: Emergency checklist – pilot incapacitation



Operations Manual Part B H135 T3H/H145

Appendix **X**

Pilot incapacitation

Contents

- 0 Log of revision 68
- 1 General 69
- 2 Pilot incapacitation checklist and procedure 71
 - 2.1 Emergency checklist - Pilot incapacitation 71
 - 2.2 Expanded emergency checklist - Pilot incapacitation 73

0 Log of revision

Revision no:	Date:	Type of Revision/Highlight of revision:
0	XX.XX 2022	First issue.

1 General

This appendix describes crew member, in particularly HEMS Crew Member (HCM), actions in case of In-flight Flight Crew incapacitation (pilot incapacitation) with the H135 T3H and H145 helicopters in Norsk Luftambulans AS (NLA) operation and is a compliment to related procedures that are described in Operations Manual (OM) Part A, OM Part B H135 T3H and OM Part B H145.

Pilot incapacitation is a safety hazard and has caused several accidents industry wide. The incapacitation can take many forms ranging from obvious sudden death or illness to a subtle incapacitation with only partial or complete loss of functions.

Incapacitation and disorientating may include:

- Loss of consciousness;
- Sickness to the extent of incapacitation; and/or
- Subtle incapacitation (vertigo, non-awareness, irrational actions).

From a regulatory standpoint, “succession of command” in the event of pilot incapacitation is not applicable for Single-Pilot operations, and therefore there is no training requirement.

However, pilot incapacitation in flight may be very serious during Single-Pilot operations. In NLA operations, the Commander (CDR), HEMS Crew Member and Medical Crew Member (MCM) (as well as other operations personnel) must be very careful and observe their own health condition. Any sign of temporary or gradual degradation such as illness, cold, flu, stomach problems (food poisoning, food allergy), headache, etc. must be considered before flight duty is accepted. To safeguard against pilot incapacitation, NLA has many safety barriers in place:

- OM Part A chapter 6 CREW HEALT PRECAUTIONS;
- OM Part A chapter 7 FLIGHT TIME LIMITATIONS; and
- Established crew concept with Standard Operating Procedures (SOP) and callouts.

While proactive measures are in place, situations may arise in the air. This could be for example hypoxia, malicious targeting of aircraft with high powered lasers by persons on the ground, bird strike, heart attack stroke or seizure, or a transient mental abnormality.

If the Commander feels that his ability to continue the flight as planned can be affected, he must determine any required action swiftly. Such precautionary measures can be, but is not limited to, re-routing to land earlier than planned, change of altitude, or route, to avoid factors such as turbulence, radiation from a low sun, etc. Other measures can be change of cockpit temperature, have something to drink etc.

If the Commander suffers any medical symptoms in flight, which might impair his ability to handle the helicopter in such a way that he, if the operation was conducted with two pilots, would hand over control, the helicopter must be landed as soon as possible. A prompt Mayday-call to Air Traffic Control (ATC) is essential.

The first consideration must be for the safety of the helicopter and its passengers. Therefore, the availability of medical assistance must carry less weight when choosing the nearest suitable diversion.

The precautionary landing must be carried out even if the Commander apparently has recovered, as temporary symptoms are often a warning of more severe illness to follow, and self-diagnosis is notoriously unreliable.

In the case the Commander is not aware of the incapacitation, it is important for the HEMS Crew Member (and Medical Crew Member) to recognize the condition of incapacitation or disorientation as soon as possible. Incapacitation is normally expected to be difficult to detect, especially in critical or final stages of a flown procedure when the time factor is critical.

The “Two Communication Rule” should be used to assist in detecting incapacitation. This mandates that a Crew Member should suspect the onset of incapacitation any time the other Crew Member does not respond to two, distinct, direct challenges, at least until the cause for the inability to communicate has been determined (disconnected communication cable, intercom problems, etc.).

Furthermore, deviations from Standard Operating Procedures are also good indicators for detecting pilot incapacitation. Deviations from Standard Operating Procedures are occasionally warranted; however, those shall be briefed before they are initiated (i.e., a “non-standard” briefing shall be given). Any deviation from Standard Operating Procedures that has not been briefed in advance should trigger suspicion of incapacitation.

The priorities during pilot incapacitation are:

- Establish safe flight conditions;
- If available, summon the assistance of the Medical Crew Member and/or passengers;
- Declare an emergency and inform ATC about the situation;
- Proceed to the nearest suitable aerodrome, or other suitable landing site; and
- The most suitable landing site shall be selected according to:
 - Safety; and
 - Flying time and/or medical care.

2 Pilot incapacitation checklist and procedure

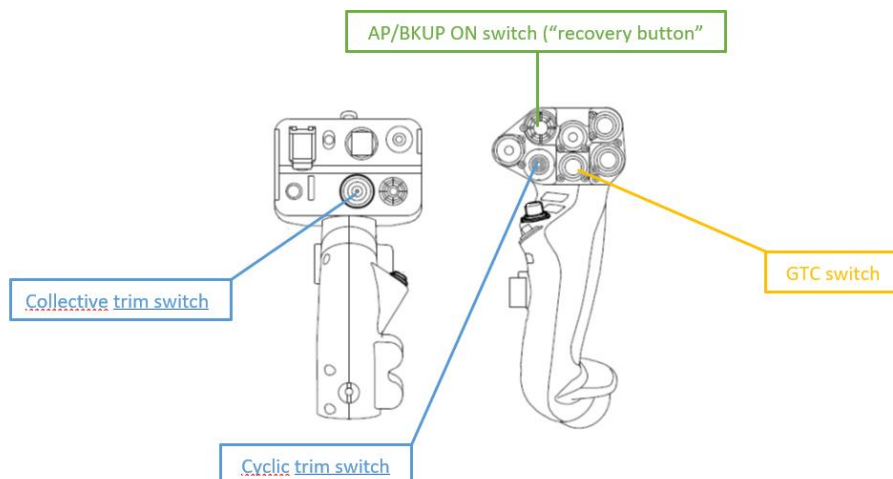
This section describes suggested actions, or procedure, for pilot incapacitation with the H135 T3H and H145 helicopters.

The suggested actions are described in the “Emergency checklist - Pilot incapacitation” which has some memory items but is mainly in a flow chart format. It is emphasized that the checklist is based on a training programme in flight simulator and a comprehensive knowledge of the “Expanded emergency checklist – Pilot incapacitation” as well as relevant procedures described in OM Part B H135 T3H and OM Part B H145 chapter ‘2 NORMAL PROCEDURES’.

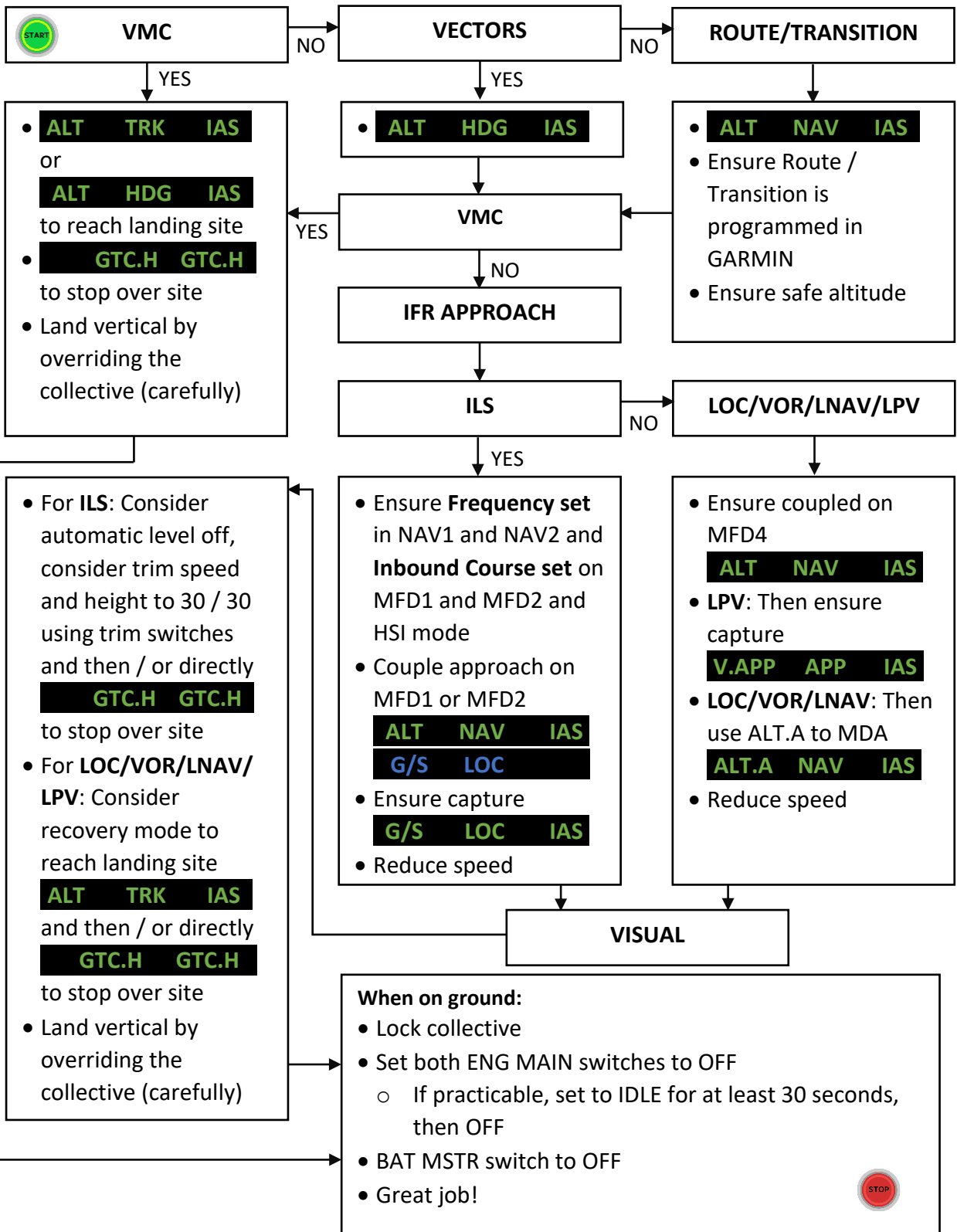
Bold.....TEXT = Memory items

2.1 Emergency checklist - Pilot incapacitation

1. **“My Controls”**
2. **Autopilot.....ENGAGED**
3. **Safe flight conditions.....ESTABLISHED**
4. **Pilot.....SECURED**
5. **Emergency.....DECLARED**
6. Transponder.....7700 SET
7. AMK LA.....INFORMED
8. Refer to Emergency checklist - Pilot incapacitation checklist flow chart on next page



Emergency checklist - Pilot incapacitation checklist continued



2.2 Expanded emergency checklist - Pilot incapacitation

This section describes the actions listed in “Emergency checklist - Pilot incapacitation”. It is emphasized that the “Emergency checklist – Pilot incapacitation” is based on a training programme in flight simulator and a comprehensive knowledge of the “Expanded emergency checklist – Pilot incapacitation” as well as relevant procedures described in OM Part B H135 T3H and OM Part B H145 chapter ‘2 NORMAL PROCEDURES’.

Bold.....TEXT = Memory items

1. **“My Controls”**

Given the level of pilot incapacitation, the Commander may or may not be able to hear or understand what is going on. Nevertheless, it is important for the HEMS Crew Member to state “My Controls” as this could provide some relief to the Commander if he hears and understands that the helicopter is under control.

2. **Autopilot.....ENGAGED**

Ensure that the autopilot (AFCS) is engaged. If already engaged, continue the flight with the autopilot engaged using beep trim switches on the collective and cyclic or buttons on the Autopilot Coupler Panel (APCP). If the autopilot is not engaged, the fastest way to engage the autopilot is to use the AFCS recovery function (double forward press on AP/BKUP ON switch on cyclic). Then select the appropriate upper mode (ALT/ALT.A, TRK/HDG/NAV, IAS).

3. **Safe flight conditions.....ESTABLISHED**

Ensure safe flight conditions means safe altitude, heading/track/navigation and indicated airspeed. If already coupled in NAV on a route or transition, monitor the minimum altitudes. Continuously monitor the flight path. Keep the speed as appropriate, but minimum VY.

4. **Pilot.....SECURED**

Secure the Commander so that he does not pose a hazard, i.e., ensure that hands and feet are off the controls. The Medical Crew Member, or other passenger, should assist with this as much as practicable. Remember to tuck the Commanders arms between the shoulder harness and chest and manually lock his seatbelt mechanism. If practicable, slide the Commanders seat as far back as possible. The Medical Crew Member should also assist in ensuring free airways for the Commander (it may be necessary to hold the head up somewhat on an incapacitated pilot so that he does not suffocate).

5. Emergency.....DECLARED

Declare an emergency and inform Air Traffic Service (ATS) about the situation. **Check which ATS frequency the Commander was using last and try that one after also switching your own transmitter selector switch to the appropriate radio** (TX1 or TX2). If that frequency does not work, try 121.500. Never mind about exact radio phraseology and English, but use either the word **“EMERGENCY”** or phrase **“MAYDAY, MAYDAY, MAYDAY”**. Describe the problem in plain language. For example (in IMC conditions, needing to reach an approach):

“Sola Tower, dette er HELIDOC 40. Vi erklærer EMERGENCY. Pilot er bevistløs. Jeg har kontroll, men er ikke pilot. Jeg trenger hjelp til nærmeste approach”.

Or

“Mayday, Mayday, Mayday! Sola Tower, dette er HELIDOC 40. Pilot er bevistløs. Jeg har kontroll, men er ikke pilot. Jeg trenger hjelp til nærmeste approach”.

ATS will answer you in Norwegian. They do have pilot incapacitation procedures and they will ask you for the information they need and they will, for sure provide you with all the assistance they can. This includes radar vectors, information about inbound courses and frequencies for approaches and radio handover (if necessary) and coordinating with other units as necessary.

If you cannot reach anyone on the latest frequency that was used by the Commander, use 121.500 (Guard) and make the call asking for anyone to answer. You can also use, for example, the GARMIN to find the frequencies to the nearest airport(s).

6. Transponder.....7700 SET

This step is perhaps not necessary if you are already in contact with ATS. However, if you are not, it is very good to set the transponder code to 7700 which means EMERGENCY. This will alert ATS that there is an aircraft in distress.

7. AMK LA.....INFORMED

Ensure that AMK LA is informed about the situation. It is beneficial for your workload to use the Medical Crew Member to handle the communication with AMK LA since you will be busy with flying the helicopter and communicating with ATS. Do not let communication with AMK LA be a distraction.

8. Refer to Emergency checklist - Pilot incapacitation checklist flow chart on next page

Refer to the flow chart. Start from the top left-hand corner.

When using the flowchart, remember to use the normal Standard Operating Procedures and Normal Checklist as much as possible to ensure that nothing is missed, however, do not let the Normal Checklist distract you.

VMC

If you are VMC, remain VMC and choose a suitable landing site. It may be a large enough, flat field, or an airport. If you can land right away or choose to fly to an airport will be up to the situation and your capabilities. It may be beneficial to land as soon as possible, but it may also be beneficial to fly to an airport where there is crash-rescue units and ambulance(s) that can transport the Commander and patient (if onboard). There is no right or wrong really. Just do what you feel comfortable with, keeping in mind that landing in one piece is the priority, second priority is flying time and/or medical care.

- **ALT TRK IAS**
or
ALT HDG IAS
to reach landing site
- **GTC.H GTC.H**
to stop over site
- Land vertical by overriding the collective (carefully)

If you are VMC, use AFCS upper modes to maneuver yourself to the landing site. Use automation as much as practicable. If you use ALT, TRK/HDG, IAS, you can fly using the trim switch buttons on the cyclic and collective. When close and low enough to the landing site, engage GTC.H via the GTC switch on the cyclic. When the helicopter has stopped, you can adjust the position of the helicopter by using the trim switches on the cyclic or simply override by using force on the cyclic. Remember that if you have ALT, the helicopter will keep the altitude. If you do not have ALT, you are controlling the altitude/height with the collective. When you are happy with the position, you can descend by overriding (if in ALT) the collective

(slowly and carefully) until touching down on the ground.

VECTORS

If you are not VMC, or above the clouds, perhaps you can fly to an area where you can become VMC. This can be done either by own navigation or by vectors from ATS.

- **ALT HDG IAS**

If you get vectors through ATS, it is good if you switch over from TRK to HDG. Fly vectors in ALT, HDG and IAS. When you are visual, decide on a suitable landing site and proceed as described previously.

ROUTE/TRANSITION

- **ALT NAV IAS**
- Ensure Route / Transition is programmed in GARMIN
- Ensure safe altitude

If vectors are not available to reach VMC, you may be able to become VMC by proceeding on a route or transition.

Flying along a route or transition is perhaps what you are most used to. Fly in ALT, NAV, and IAS. Just ensure to be at or above the minimum altitudes. When you are visual, decide on a suitable landing site and proceed as described previously.

IFR APPROACH

ATS).

If you cannot reach VMC by vectors or a transition, you will have to fly an IFR approach (you may still get vectors for the approach by

ILS

You can reach the ILS through vectors, route, or a transition.

- Ensure **Frequency set** in NAV1 and NAV2 and **Inbound Course set** on MFD1 and MFD2 and HSI mode
- Couple approach on MFD1 or MFD2

ALT NAV IAS
G/Si LOCi

- Ensure capture

G/Si LOCi IAS

If you are on vectors, don't bother too much with programming the GTN 750. But you must ensure that the frequencies are set in NAV1 and NAV2 and that the inbound courses are set on MFD1 and MFD2 (while not necessary to set both sides, it is better as the risk for making a mistake is less). Furthermore, you must ensure that MFD1 and MFD2 are in HSI mode. If you are flying along a route or transition, you will be flying with NAV coupled through MFD4. Regardless, when you are cleared for the approach, you arm the approach by selecting CPL on MFD1 or MFD2. **Note that you cannot arm the approach by selecting CPL on MFD1 if you are already coupled on NAV on MFD4 or MFD2.** Ensure that the approach has been armed and that the Localizer and Glideslope captures as you proceed. **During the approach, reduce the speed as appropriate. If**

the visibility and/or the vertical visibility is low, reduce to 40 KIAS.

VISUAL

When you become visual on the ILS, you will most probably have a runway straight ahead of you. Keep in mind that there are some airports with ILS approaches where the Localizer is not aligned with the runway.

- For **ILS**: Consider automatic level off, consider trim speed and height to 30 / 30 using trim switches and then / or directly **GTC.H GTC.H** to stop over site
- Land vertical by overriding the collective (carefully)

If you are aligned with a runway, consider letting the AFCS to do the job for you. Let the AFCS level off (when approaching the ground, the G/S mode is automatically changed to ALT mode, to achieve a level off at 65 FT). You will now be over the runway. Reduce the speed and height to 30 KIAS and 30 FT by using the beep trim switches on the cyclic and collective. Then engage GTC.H. You can also hit GTC.H directly without trimming to 30 KIAS and 30 FT. When the helicopter has stopped over the runway, it will maintain the position and ALT. You can land vertical (0 ground speed) by overriding the collective (slowly and carefully) until touching down on the ground. If you are not happy with the position, you can adjust the position of the helicopter by using the trim switches on the cyclic or simply override by using pressure on the cyclic.

If you have performed an ILS approach that is not aligned with the runway, use the recovery mode which will give you ALT, TRK, and IAS and maneuver to a suitable position for landing.

LOC/VOR/LNAV/LPV

You can reach the LOC/VOR/LNAV/LPV through vectors, route, or a transition. LOC and VOR would be only to an airport. LNAV and LPV can be to an airport or one of the NLA PinS. While technically you should set inbound track for the LOC or Radial for the LNAV, it is for pilot incapacitation purposes recommended to fly them by using a procedure programmed in the GTN. Furthermore, if you are not vectored, ensure that the butterfly switch is in TRK and FPA.

- Ensure coupled on MFD4
ALT NAV IAS
- LPV: Then ensure capture
V.APP APP IAS
- LOC/VOR/LNAV: Then use ALT.A to MDA
ALT.A NAV IAS

When the procedure is loaded, fly the approach in NAV coupled on MFD4. For LOC, VOR and LNAV, Use ALT.A with correct FPA, and IAS for the approach. For LPV approach, you don't have to do much except ensure that you get armed and captured on APP and V.APP. **During the approach, reduce the speed as appropriate. If the visibility and/or the vertical visibility is low, reduce to 40 KIAS.**

VISUAL

- For **LOC/VOR/LNAV/LPV**: Consider recovery mode to reach landing site
ALT TRK IAS
and then / or directly
GTC.H GTC.H
to stop over site
- Land vertical by overriding the collective (carefully)

When you become visual, the techniques vary a bit if you have performed an approach to an airport or just a PinS.

Using the recover AFCS recovery function (double forward press on AP/BKUP ON switch on cyclic) works in all cases as it in this case would give you ALT, TRK, and IAS. Use the automation as much as practicable. If you use ALT, TRK, and IAS, you can fly using the trim switch buttons on the cyclic and collective. When close and low enough to the landing site, engaged GTC.H. When the helicopter has stopped, you can adjust the position of the helicopter by using the trim switches on the cyclic or simply override by using force on the cyclic. Remember that if you have ALT, the helicopter will keep the altitude. If you do not have ALT, you are controlling the altitude/height with the collective. When you are happy with the position, you can descend by overriding (if in ALT) the collective (slowly and carefully) until touching down on the ground.

If you performed an LPV approach to a runway, chances are huge that you are aligned with the runway just as for an ILS. In this case, proceed with the same technique for slowing down and landing as described for ILS.

When on ground:

- Lock collective
- Set both ENG MAIN switches to OFF
 - If practicable, set to IDLE for at least 30 seconds, then OFF
- BAT MSTR switch to OFF
- Great job!

When you have landed, lock the collective. Set both ENG MAIN switches to OFF. Of course, if you have time, set them to IDLE for 30-60 seconds as this is good for the engines. On the other hand, do not delay the evacuation of the Commander (and patient) if that is not in

order. When the engines are off, set the BAT MSTR switch to OFF. This is not the correct procedure according to the Aircraft Flight Manual of course, but it is good enough given the circumstances.

Other hints and tips

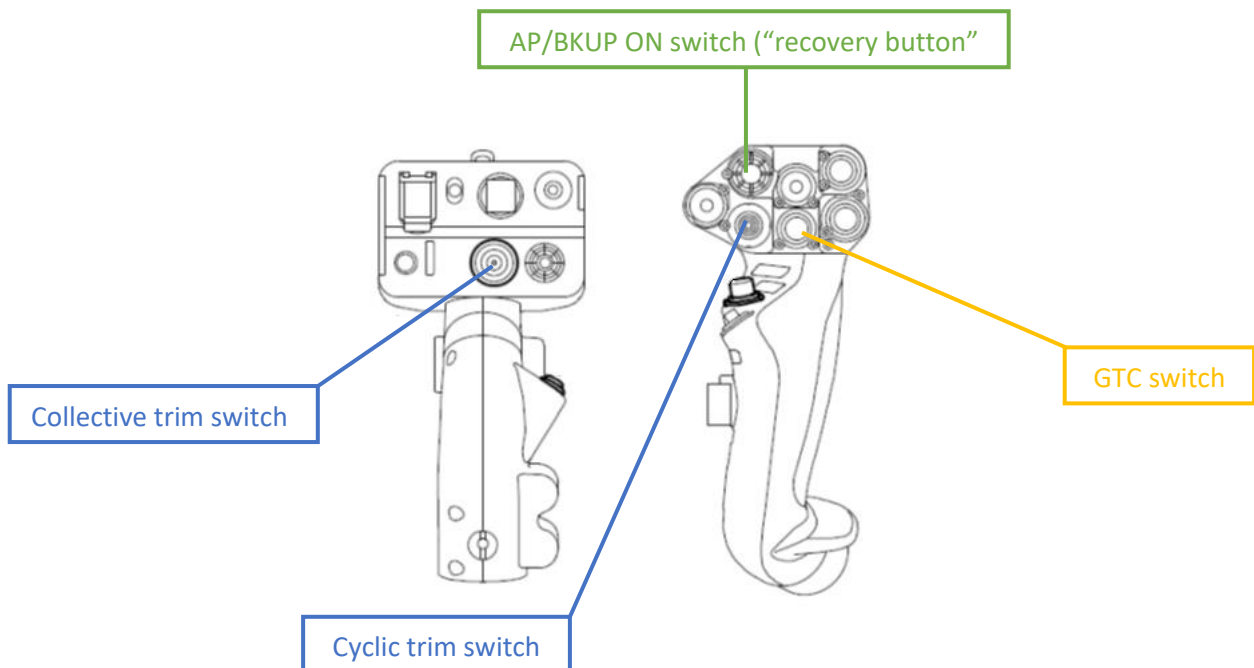
You should not fly an approach too rushed as this could destabilise the approach easily. Stick to flying at the various speed and configuration gates you're most comfortable with.

Perhaps AMK LA can patch you with a pilot that can provide you with help?

Further information on the various approaches and correct setup(s) is available in:

- OM Part B H135 T3H section '2.9 IFR approach'; and
- OM Part B H145 section '2.9 IFR approach'.

Switches/Buttons:



8.2 Vedlegg 2: Utvendig og innvendig illustrasjoner H145 helikoptersimulator

Vedlegg 2: Venstre viser simulatoren på Sola sett fra utsiden, høyre viser innsiden idet redningsmann skal lande helikopteret under visuelflygingsfasen. (Kilde: Håvard Mattingsdal)





Vil du delta i forskningsprosjektet:

MITIGERING AV RISIKO VED HJELP AV SIMULERING I LUFTAMBULANSETJENESTEN.

formålet med prosjektet og hvorfor du blir spurt

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt for å bidra til økt kunnskap om HCM-redningsmanns flyoperative funksjoner, samt risikoreduksjon i luftambulansetjenesten. Formålet med prosjektet er å kartlegge hvordan simulering av flyoperative arbeidsoppgaver for HCM-redningsmenn i luftambulansetjenesten kan bidra til pålitelig håndtering av nødsituasjoner. Det overordnede målet er å redusere risiko for besetningen, pasientene, 3.part og materiell. Prosjektet er en del av en masterstudie i «Risikostyring og sikkerhetsledelse» ved Universitet i Stavanger (UiS).

Hva innebærer PROSJEKTET for deg?

I prosjektet vil vi innhente og registrere følgende opplysninger:

- Subjektive mål:
 - NASA Task Load index (TLX). Selvrapportert arbeidsbelastning.
 - Strukturert innhenting av data ved hjelp av "Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach" (SHERPA).
- Objektive mål:
 - Hjerteratevariabilitet (HRV). Registreres ved hjelp av Polar Vantage V2 og H10. Analyseres ved Kubios HRV premium. HRV er en datakilde for å måle stress og arbeidsbelastning.

Alle opplysninger blir anonymisert og det blir ikke oppgitt eller differensiert mellom spesifikke forskjeller og opplysninger. Alle potensielle identifiserende opplysninger vil anonymiseres. Forskningen innebærer ingen biologiske materialer som skal analyseres. Prosjektet vil vare i ca 1 år.

Mulige fordeler og ulemper

Mulige fordeler er økt kunnskap om håndtering av nødsituasjoner i luftambulansetjenesten og kunnskapsdeling innad i egen organisasjon. Styrking av praktisk og formell flyoperativ kompetanse for HCM-redningsmann.

Mulige ulemper kan være synliggjøring av eksisterende praksis i luftambulansetjenesten og organisering av tjenesten, samt eksponering av arbeidsbelastning til HCM-redningsmenn i luftambulansetjenesten.

Frivillig deltakelse og mulighet for å trekke ditt samtykke

Det er frivillig å delta i prosjektet. Dersom du ønsker å delta, undertegner du samtykkeerklæringen på siste side. Du kan når som helst og uten å oppgi noen grunn trekke ditt samtykke. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg eller ditt arbeid hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg. Dersom du trekker tilbake samtykket, vil det ikke forskes videre på dine helseopplysninger og ditt materiale. Du kan kreve innsyn i opplysningene som er lagret om deg, og opplysningene vil da utleveres innen 30 dager. Du kan også kreve at dine helseopplysninger i prosjektet slettes og at materialet destrueres.

Adgangen til å kreve destruksjon, sletting eller utlevering gjelder ikke dersom materialet eller opplysningene er anonymisert eller publisert. Denne adgangen kan også begrenses dersom opplysningene er inngått i utførte analyser, eller dersom materialet er bearbeidet og inngår i et annet biologisk produkt.

Dersom du senere ønsker å trekke deg eller har spørsmål til prosjektet, kan du kontakte prosjektleder (se kontaktinformasjon på siste side).

Hva skjer med OPPLYSNINGENE om deg?

Opplysningene som registreres om deg skal kun brukes slik som beskrevet under formålet med prosjektet, og planlegges brukt innen 2023. Eventuelle utvidelser i bruk og oppbevaringstid kan kun skje etter godkjenning fra Norsk Luftambulans AS (NLA) og UiS. Du har rett til innsyn i hvilke opplysninger som er registrert om deg og rett til å få korrigert eventuelle feil i de opplysningene som er registrert. Du har også rett til å få innsyn i sikkerhetstiltakene ved behandling av opplysningene. Du kan klage på behandlingen av dine opplysninger til Datatilsynet og NLA sitt personvernombud.

Alle opplysningene vil bli behandlet uten navn og fødselsnummer eller andre direkte gjenkjennende opplysninger (=kodete opplysninger). En kode knytter deg til dine opplysninger gjennom en navneliste. Det er kun prosjektleder Håvard Mattingsdal som har tilgang til denne listen.

Publisering av resultater er en nødvendig del av forskningsprosessen. All publisering skal gjøres slik at enkelt deltakere ikke skal kunne gjenkjennes.

Opplysningene om deg vil bli oppbevart i fem år etter prosjektslutt av kontrollhensyn.

Godkjenninger

Forskningsprosjektet anses som en kvalitetssikringsstudie er godkjent av personvernombudet i NLA Helikopter i henhold til krav fra datatilsynet.

Universitet i Stavanger er ansvarlig institusjon og prosjektleder Håvard Mattingsdal er ansvarlig for personvernet i prosjektet.

Vi behandler dine opplysninger i tråd med «Lov om behandling av personopplysninger».

Kontakt opplysninger

Dersom du ønsker ytterligere opplysninger om prosjektet, har spørsmål om personvernet eller ønsker å trekke deg fra deltakelse, kan du kontakte Håvard Mattingsdal, telefonnummer 924 48 132, haavard.mattingsdal@norskluftambulans.no

Sted og dato

Deltakers signatur

Deltakers navn med trykte bokstaver

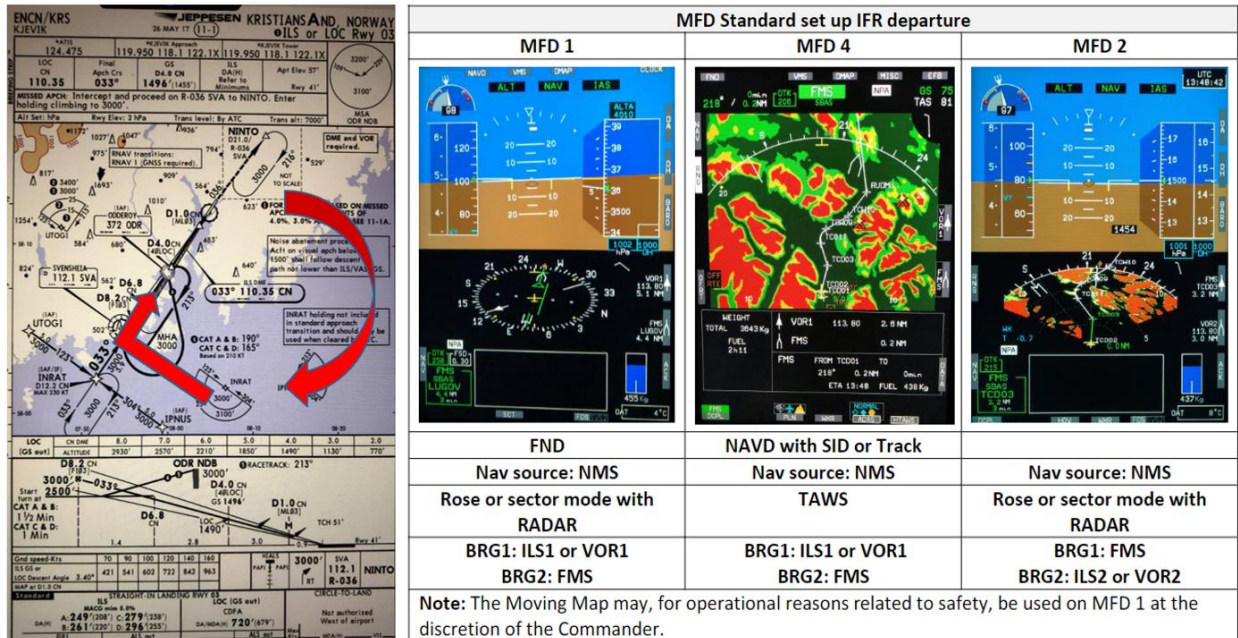
8.4 Vedlegg 4: Erfaringsnivå studiedeltakere

I forkant av studien ble deltakerne bedt om å svare på følgende spørsmål:

1. Hvor lenge har du jobbet som redningsmann i luftambulansen?
Svar: Gjennomsnitt 5,5 år.
2. Hvor stor del av din arbeidshverdag vil du beskrive som flyoperativ?
Svar: Gjennomsnitt 2/3
3. Hvor ofte lander du helikopteret, under monitorering av piloten, på en gjennomsnittlig vaktuke?
Svar: Gjennomsnitt 3,2
4. Hvor ofte bruker du autopiloten til helikopteret på en gjennomsnittlig vaktuke?
Svar: Gjennomsnitt 2,5

8.5 Vedlegg 5: Illustrasjoner av simuleringsforsøk

Vedlegg 5: Venstre side viser ILS prosedyren mot Kjevik flyplass illustrert med piler som viser innflygingsretning. Høyre viser standard instrument oppsett ved en instrumentavgang. (Kilde: Norsk Luftambulans Helikopter)



8.6 Vedlegg 6: Bildesekvens og video av sjekklisten i praksis

Vedlegg 6: Bildesekvens som illustrer hvordan første delen av sjekklisten med «memory items» fungerer i praksis. Bildesekvensen begynner oppe til venstre og er nummerert fortløpende. (Kilde: Norsk Luftambulans Helikopter)



Link til video som viser hele sekvensen av en simulert pilot inkapasitering og bruk av sjekklisten: <https://vimeo.com/748687888> (Passord: HCMchecklist)

8.7 Vedlegg 7: NASA TLX-vekting

Vedlegg 7: Venstre viser forklaring på de syv ulike arbeidsområdene, høyre viser skjemaet som deltakerne brukte for å vekte arbeidsområdene. ^{27,30}

RATING SCALE DEFINITIONS		
Title	Endpoints	Descriptions
MENTAL DEMAND	<i>Low/High</i>	How much mental and perceptual activity was required (e.g., thinking, deciding, calculating, remembering, looking, searching, etc.)? Was the task easy or demanding, simple or complex, exacting or forgiving?
PHYSICAL DEMAND	<i>Low/High</i>	How much physical activity was required (e.g., pushing, pulling, turning, controlling, activating, etc.)? Was the task easy or demanding, slow or brisk, slack or strenuous, restful or laborious?
TEMPORAL DEMAND	<i>Low/High</i>	How much time pressure did you feel due to the rate or pace at which the tasks or task elements occurred? Was the pace slow and leisurely or rapid and frantic?
PERFORMANCE	<i>good/poor</i>	How successful do you think you were in accomplishing the goals of the task set by the experimenter (or yourself)? How satisfied were you with your performance in accomplishing these goals?
EFFORT	<i>Low/High</i>	How hard did you have to work (mentally and physically) to accomplish your level of performance?
FRUSTRATION LEVEL	<i>Low/High</i>	How insecure, discouraged, irritated, stressed and annoyed versus secure, gratified, content, relaxed and complacent did you feel during the task?

NASA Task Load Index

Hart and Staveland's NASA Task Load Index (TLX) method assesses work load on five 7-point scales. Increments of high, medium and low estimates for each point result in 21 gradations on the scales.

Name	Task	Date
------	------	------

Mental Demand How mentally demanding was the task?

Very Low Very High

Physical Demand How physically demanding was the task?

Very Low Very High

Temporal Demand How hurried or rushed was the pace of the task?

Very Low Very High

Performance How successful were you in accomplishing what you were asked to do?

Perfect Failure

Effort How hard did you have to work to accomplish your level of performance?

Very Low Very High

Frustration How insecure, discouraged, irritated, stressed, and annoyed were you?

Very Low Very High