

FFITOX/E-608/149

~~Ikke offentlig  
jfr Offentlighetslovens §5~~

Offentlig fra 4. juni 2014

Kjeller 20 januar 1994

**INTEGRERT BRO FOR HURTIGBÅT -  
FYSIOLOGISKE OG PSYKOLOGISKE  
FORSØK I LABORATORIEPROTOTYP**

WIIK Pål, BRÅTHEN Karsten

FFI/NOTAT-94/00255

**FORSVARETS FORSKNINGINSTITUTT**  
**Norwegian Defence Research Establishment**  
Postboks 25, N-2007 Kjeller, Norge

NORWEGIAN DEFENCE RESEARCH ESTABLISHMENT (NDRE)  
FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT (FFI)

UNCLASSIFIED

POST OFFICE BOX 26  
N-2007 KJELLER, NORWAY

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE  
(when data entered)

## REPORT DOCUMENTATION PAGE

1) PUBL/REPORT NUMBER 94/00255  1a) PROJECT REFERENCE TOX/E - 608/149	2) SECURITY CLASSIFICATION In confidence  2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE	3) NUMBER OF PAGES  20
4) TITLE INTEGRERT BRO FOR HURTIGBÅT - FYSIOLOGISKE OG PSYKOLOGISKE FORSØK I LABORATORIEPROTOTYP		
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) WIIK Pål, BRÅTHEN Karsten		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Distribution limited (Spredning begrenset jfr Offentlighetslovens §5)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH:  a) <u>Experimental prototyping</u> b) <u>Integrated bridge</u> c) <u>High Speed Craft</u> d) <u>Work load assessment</u> e) _____		IN NORWEGIAN:  a) <u>Eksperimentell prototyping</u> b) <u>Integrert bro</u> c) <u>Hurtigbåt</u> d) <u>Arbeidsbelastning</u> e) _____
THESAURUS REFERENCE:  8) ABSTRACT (continue on reverse side if necessary)  The evaluation of a prototype of integrated bridge for high speed craft are based on user tests. How such tests can be performed in a simulator are discussed, and subjective rating methods as well as objective psychophysiological methods suitable for evaluation of mental workload imposed on the operator are presented. Methods for evaluation of the functionality of the system are also presented, and the purpose of the tests are outlined.		
9) DATE 20 januar 1994	AUTHORIZED BY This page only Frode Fossum	POSITION Head of division

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE  
(when data entered)

## INNHOOLD

	Side	
1	INNLEDNING	4
2	KRAV TIL SIMULATOR	5
3	TEKNIKKER FOR MÅLING AV MENTAL ARBEIDSBELASTNING	6
3.1	Psykofysiologiske målinger	6
3.1.1	Blodtrykk, puls og hudtemperatur	6
3.1.2	Pulsfrekvens variabilitet	7
3.1.3	Øye- og synsfysiologi	7
3.1.4	Elektrisk hjerneaktivitet	8
3.1.5	Stresshormoner	8
3.2	Subjektive metoder for måling av funksjonalitet og arbeidsbelastning	8
3.2.1	Cooper-Harpers modifiserte test	9
3.2.2	NASA-TLX	9
3.2.3	Spielberger State-Trait Anxiety Inventory (STAI, Form Y-1)	10
3.2.4	Andre registreringer	10
3.3	Analyse av arbeidsoppgaven	10
3.3.1	Primær oppgaveanalyse (primary task measurement)	10
3.3.2	Sekundær oppgaveanalyse (secondary task measurement)	11
4	PSYKOLOGISKE TESTER	11
5	GJENNOMFØRING	11
5.1	Forsøkspersoner	12
5.2	Oppgave	12
5.3	Evaluering av prestasjoner	13
5.4	Psykofysiologiske mål for arbeidsbelastning	13
5.5	Subjektiv bedømmelse av arbeidsbelastning	13
5.6	Forsøkspersonens tilstand	13
6	DATAANALYSE	14
7	AVSLUTNING	14
	REFERANSER	15
	APPENDIKS 1: Cooper-Harpers modifiserte test	
	APPENDIKS 2: NASA-TLX	
	APPENDIKS 3: STAI Form Y-1	

# **INTEGRERT BRO FOR HURTIGBÅT - FYSIOLOGISKE OG PSYKOLOGISKE FORSØK I LABORATORIEPROTOTYP**

## **SUMMARY**

The evaluation of a prototype of integrated bridge for high speed craft are based on user tests. How such tests can be performed in a simulator are discussed, and subjective rating methods as well as objective psychophysiological methods suitable for evaluation of mental workload imposed on the operator are presented. Methods for evaluation of the functionality of the system are also presented, and the purpose of the tests are outlined.

## **1 INNLEDNING**

Integrerte brosystemer for hurtigbåter må sees på som komplekse menneske-maskin systemer (MMS), (1). Utvikling av slike MMS er krevende, spesielt for de systemer som skal understøtte operatørens kognitive prosesser, som overvåkning, planlegging, evaluering og beslutningstagning (2). For å møte disse kravene, er det hensiktsmessig å benytte en kombinasjon av en analytisk og en eksperimentell tilnærming i utviklingsarbeidet (3). Den analytiske tilnærmingen omfatter bl a scenario-, funksjons- og oppgaveanalyser (4,5), mens den eksperimentelle delen forutsetter brukermedvirkning og -testing i laboratorieprototyp av integrert bro for hurtigbåt som er utviklet ved FFI for dette formålet (6).

Under tester med laboratorieprototypen vil man registrere både subjektive og objektive data om de relevante faser av arbeidsoppgaven, bedømme resultatet og arbeidsbelastningen. Hittil har det vært mest vanlig å benytte seg av subjektive data da operatørens fysiske interaksjon med utstyret ikke gir et bilde av de underliggende mentale prosesser. Fysiologiske målinger kan imidlertid gi oss mere objektive og kvantitative mål som sammen med de subjektive data kan gi en betydelig sikrere grunnlag for å velge mellom alternativer i utviklingsarbeidet samt gi en bedre vurdering av systemets funksjonalitet og operatørens arbeidsbelastning.

Dette notatet beskriver hvordan tester i laboratorieprototypen av integrert bro for hurtigbåter kan tenkes gjennomført, hvilke fysiologiske og psykologiske tester som skal

gjøres, og hvordan dataene skal analyseres. Formålet med testene og laboratorieprototypen beskrives også kort.

## 2 KRAV TIL SIMULATOR

Ved gjennomføring av brukertester ønsker man generelt mest mulig realistiske rammebetingelser, dvs at prototypen av hurtigbåtbroen inkluderer flest mulig av broens instrumenter og sensorer. Operatøren må ha visuelt utsyn til omgivelsessimuleringen på minimum 60°, helst 150° til 180°. Alle responser i systemet må skje med riktige tidsresponser, d v s i sann tid. Det er videre ønskelig at vibrasjoner og vinkelbevegelser kan simuleres da dette representerer en betydelig tilleggsbelastning på operatøren. Når man skal velge mellom alternativer i utviklingsarbeidet, er det viktig at man velger det som fungerer best ved "sjøgang", og at dette momentet også inkluderes ved vurdering av totalsystemet og arbeidsbelastningen med dette. For å vurdere hvilket bevegelsesmønster man skal simulere, vil man legge målinger fra fartøy til grunn. Hvis man ikke kan bygge en slik bevegelsesimulator, kan man supplere laboratoriemålingene med tester utført på fartøy til sjøs.

For å vurdere MMS og operatørens arbeidsbelastning ønsker man å kunne legge inn forskjellige momenter i scenariet for deretter å registrere operatørens handlingsmønster og registrere reaksjonstider i menneske-maskin systemet (kompleks reaksjonstid). Slike momenter kan være simulering av andre fartøyer eller objekter, samt bortfall, feil eller inkonsistens mellom kartsystem, radar og sensorer. Man ønsker videre kontinuerlig registrering av eget fartøys fart og posisjon, samt registrering av operatørens bruk av rulleball og instrumenter. Alle forsøk skal kunne videofilmes med lydopptak.

Man ønsker også å kunne stanse simuleringen på et tilfeldig tidspunkt for deretter å teste forsøkspersonenes situasjonsoppfatning ("situation awareness"), (7). Vi har også fysiske krav til testrommet om at dette skal kunne omgjøres til et mørkerom for å undersøke hvordan konstruksjon av broen påvirker nattsynet.

### 3      **TEKNIKKER FOR MÅLING AV MENTAL ARBEIDSBELASTNING**

Arbeidsbelastningen på operatør i et menneske-maskin systemer som en hurtigbåttbro stiller større krav til informasjonsoppfatning og -behandling, og mindre til fysisk arbeidskapasitet, og betegnes ofte som "mental arbeidsbelastning" for å skille denne fra "fysisk arbeidsbelastning". Mental arbeidsbelastning kan måles ved at operatøren subjektivt gir uttrykk for sin oppfatning av arbeidsbelastningen med systemet når han tar hensyn til alle faser og komponenter i arbeidsoppgaven. Svaret kan avgis som en indikasjon mellom to angitte ytterpunkter, som et tall el l. Imidlertid kan man forsøke å analysere nærmere de forskjellige elementene som inngår i den aktuelle arbeidsbelastningen, så som subjektiv opplevet vanskelighetsgrad, opplevelse av tidspress, subjektiv opplevelse av eget prestasjonsnivå, konsentrasjon, anstrengelse ved bruk av sanseapparatet, fysisk anstrengelse, subjektiv opplevelse av frustrasjonsnivå, stressnivå og evt type oppgave (som regel-, ferdighet- eller kunnskapsbasert). Forskjellige operatører vil avhengig av evner, anlegg og tidligere trening og opplæring oppleve at disse forskjellige elementene bidrar forskjellig til arbeidsbelastningen, og definisjonen på arbeidsbelastning må derfor være menneskesentrert og ikke oppgavesentrert. Ved en mental arbeidsbelastning kan man også finne objektive fysiologiske korrelater som svetting, økt puls osv som kan måles. I det følgende vil de mest aktuelle teknikker for å registrere arbeidsbelastningen i et slik menneske-maskinsystem bli gjennomgått.

#### 3.1      **Psykofysiologiske målinger**

I forbindelse med kognitive arbeidsoppgaver kan man registrere en rekke fysiologiske endringer som f eks svetting, økt puls og blodtrykk. Dette gir et uttrykk for operatørens subjektive oppfatning av den aktuelle arbeidsbelastningen, om personen er i stand til å beherske oppgaven, samt særlig om situasjonen og konsekvensene av om oppgaven mestres eller ikke. Dvs at såvel arbeidsoppgave, operatørens motivasjon, forkunnskaper, samt situasjon alle påvirker resultatet av de psykofysiologiske målingene som dermed gir et komplekst bilde av operatørens arbeidsbelastning. De mest aktuelle psykofysiologiske registreringer på operatør under brukertester i laboratorieprototyp vil bli omtalt.

##### 3.1.1      **Blodtrykk, puls og hudtemperatur.**

Mental arbeidsbelastning og "stress" fører som nevnt til økt blodtrykk og puls. Ved kontinuerlig registrering av disse parametre i forbindelse med brukertester, vil man

derfor kunne få et mål for kognitiv arbeidsbelastning. Disse registreringene ble tatt i bruk omkring 1970, men er i stor grad blitt avløst av mere sofistikerte metoder som "pulsfrekvens variabilitet", se nedenfor. Med temperaturfølsomme prober som festes direkte på huden samt fuktighetsmålere kan man følge hudtemperatur og svetting under forsøket.

### 3.1.2 Pulsfrekvens variabilitet

Et isolert hjertepreparat slår med en helt konstant frekvens og variasjon i frekvensen i en intakt organisme skyldes påvirkning på hjertet gjennom nerver og hormoner. Monitorering av pulsfrekvens variabilitet er det beste fysiologiske korrelat man har pr idag som mål for mental arbeidsbelastning og autonom nerveaktivitet (8). Dette krever relativt avansert utstyr som er i stand til kontinuerlig å registrere elektrisk hjerteaktivitet (EKG) med høy tidsopløsning. Deretter må disse dataene kunne analyseres og hvert enkelt hjertekompleks klassifiseres, ekstrasystoler må kunne filteres bort, og variabilitet i forskjellige deler av EKG-komplekset beregnes. Hvis man samtidig har registrering av respirasjonsbevegelser, kan man beregne balanse mellom det sympatiske og parasympatiske nervesystem. Det pulsregistreringsutstyret man har ved FFI er ikke beregnet for denne typen oppgaver slik at nyanskaffelse av avansert EKG registrerings- og analyseutstyr er nødvendig.

### 3.1.3 Øye- og synsfysiologi

For en hurtigbåtfører vil synsfunksjonen være helt sentral for å oppfatte informasjon fra instrumenter samt overvåke utsynet. Hvor forsøkspersonen fokuserer er også et uttrykk for hva som er i sentrum av oppmerksomheten. Ved å registrere øyebevegelser og uavhengig fokus for hvert øye, vil man få informasjon om hvor forsøkspersonen fokuserer til enhver tid, hvor ofte og hvor mye tid operatøren trenger for å orientere seg om de forskjellige instrumenter, og hvor mye han konsentrerer seg om utsynet forover. Man får også viktig informasjon om tegn til tretthet ved at samsynet da blir dårligere, dvs at øynene ikke fokuserer på samme punkt. Ved vurdering av feil eller unnlaterer kan man ved gjennomgang av dataene få informasjon om tretthet eller distraksjon var årsaken. I tillegg kan man måle pupillestørrelse som er et mål for autonom nerveaktivitet.

Utstyr for registrering av øyebevegelser og -fokusering er kommersielt tilgjengelig. Det er ønskelig at forsøkspersonen skal være relativt mobil, og slikt utstyr forventes ferdig for salg i løpet av 1993.

Observasjon av objekter i fartøyets kurs er en viktig oppgave for hurtigbåtføreren, og dette er spesielt krevende om natten. Det er derfor viktig at instrumentbelysningen og antall displayer velges slik at nattsynet påvirkes minst mulig. For å kunne undersøke dette må betjening av prototypen foretas i mørke med de forskjellige oppsett av displayer og fargevalg man ønsker å undersøke. Dette antas å påvirke nattsynet, dvs den lavest mulig lysintensitet som operatøren kan oppdage. Denne terskelen kan bestemmes ved at man øker intensiteten på en lyskilde til operatøren rapporterer å observere denne. Deretter økes lysintensiteten noe, for deretter å reduseres til operatøren rapporterer at den forsvinner. På denne måten bestemmer man terskelen med økende og minskende lysintensitet.

#### **3.1.4 Elektrisk hjerneaktivitet**

Endring av elektrisk hjerneaktivitet (EEG) som følge av et sansestimulus (f eks lys eller lyd) kan måles, og betegnes Event Related Potentials (ERP). Endringen av EEG f eks målt over den delen av hjernebarken hvor synsbanene ender (synsbarken, lokalisert til occipitalregionen) som reaksjon på et lysstimulus, er liten i forhold til den øvrige EEG-aktivitet. For å kunne registrere et slikt ERP må man registrere EEG f eks 10-20 ganger med og uten identiske lys-stimuli og beregne gjennomsnittsforskjellen. Metoden er uegnet for mere komplekse og sammensatte oppgaver, og utstyr og konsept er for lite utviklet til at metoden kan tas i bruk i vår sammenheng (8).

#### **3.1.5 Stresshormoner**

Stresshormoner som corticosteroider, catecholaminer, prolactin og veksthormon utskiller i økte mengder ved psykisk belastning (stress), og kan benyttes for å evaluere stressnivået. Dette er aktuelt særlig ved langvarige belastninger.

### **3.2 Subjektive metoder for måling av funksjonalitet og mental arbeidsbelastning**

Teknikker som baserer seg på operatørens subjektiv bedømmelse av den mentale arbeidsbelastning er et sensitivt mål for effekten av arbeidsoppgaven på operatøren og integrerer de mange komponenter som inngår i operatørens oppfatning av arbeidsoppgaven. Det er imidlertid en rekke problemer forbundet med å måle en slik subjektiv oppfatning på en objektiv måte og man må benytte standardiserte målemetoder



for å kunne registrere dette. De mest aktuelle registreringsmetoder for evaluering av brukertester på hurtigbåtbro blir omtalt.

### 3.2.1 Cooper-Harpers modifiserte test

Cooper-Harpers test ble utviklet for å evaluere arbeidsbelastning for flyvere samt cockpitdesign, og er i modifisert utgave (Appendiks 1) nyttig for evaluering av arbeidsbelastning og funksjonalitet for menneske-maskin systemer generelt (9). Metoden har vært i utstrakt bruk i flyindustrien, og vi vil benytte denne til å vurdere arbeidsbelastning for hurtigbåtfører og funksjonalitet ved utforming av hurtigbåtbroen, såvel for totalsystemet som for enkelte spesifiserte deler. Testen er oppbygd av et hierarkisk system av ja/nei spørsmål, og tar ca 1 minutt å gjennomføre. Resultatet av testen angis som et tall mellom 1 og 10 som svarer til en bedømmelse av arbeidsbelastningen hvor f eks 10 svarer til "umulig å utføre oppgaven" og 1 svarer til "svært lett". Det er også tilsvarende anbefalinger for hvilke konsekvenser resultatet av testen bør få for systemutviklingsarbeidet; f eks ved resultat 7-10 anbefales nykonstruksjon av systemet, ved resultat 4-6 anbefales endringer slik at arbeidsbelastningen reduseres for operatøren.

### 3.2.2 NASA-TLX (Task load index)

NASA-TLX er en anerkjent metode for å måle en persons subjektive oppfatning av arbeidsbelastningen i et menneske-maskin system (10) (Appendiks 2). Man stiller seks standardiserte spørsmål som registrerer forsøkspersonens oppfatning av arbeidsoppgavens krav til henholdsvis logisk ressonerende evne, krav til fysisk utførelse, følelse av tidspress, hvor godt operatøren synes han klarte oppgaven, hvor stor grad av anstrengelse som var nødvendig for å oppnå den aktuelle prestasjon samt hvor høyt frustrasjonsnivået var. For hver av disse parametrene blir operatøren bedt om å avmerke resultatet som en angivelse på en skala som er utformet som en linje hvor ytterpunkter er betegnet som lav/høy eller god/dårlig. Forøvrig er skalaen uten tall- eller annen skalaangivelse imellom ytterpunktene, dette måles etterpå og angis som et tall mellom 0 og 100. Denne testen kan gjennomføres flere ganger under forsøket. Man spør også hver enkelt forsøksperson om hvilken av disse seks parametrene som er viktigst for arbeidsbelastningen ved at parametrene sammenlignes parvis (15 sammenligninger totalt), og dette benyttes til å beregne en veiet score for testen. Det tar ca 1 minutt å gjennomføre selve testen og ca 2 minutter å gjennomføre den parvise sammenligningen. Testen vil kunne benyttes til å registrere variasjon i arbeidsbelastning f eks ved bruk av forskjellig utstyr.

### 3.2.3 Spielberger State-Trait Anxiety Inventory (STAI, Form Y-1)

STAI er en mye benyttet test til å måle angst og spenning ("anxiety") og den finnes i to former, en for å måle spenningsnivået generelt og en for her og nå situasjonen. STAI Form Y-1 måler angst og spenning i øyeblikket, f.eks. prestasjons-angst (11). Denne er mye benyttet i forskningssammenheng, og det foreligger også rikelig dokumentasjon på fordeling i forskjellige populasjoner (Appendiks 3).

### 3.2.4 Andre registreringer

Det vil i mange tilfeller bli utarbeidet egne spørreskjema tilpasset den aktuelle testen. Disse vil generelt be operatøren bedømme og rangere en veldefinert egenskapen ved en entitet i prototypen, f.eks. vanskeligheten med å utføre en bestemt arbeidsoppgave. Man vil også kunne be om at operatøren sammenligner og rangering flere løsninger og bedømme totalsystemet. For kompliserte og omfattende bedømmelser kan strukturert intervju være aktuelt. Man kan også ha behov for å registrerer forsøkspersonens mentale og fysiske tilstand før, under og etter eksperimentet, f.eks. tegn til tretthet, svetting ol.

## 3.3 Oppgaveanalyse

Nærmere registrering av forsøkspersonens gjennomføring av arbeidsoppgaven og bedømmelse av resultatet vil være nyttig. De mest aktuelle metoder for vårt formål vil bli gjennomgått i det følgende.

### 3.3.1 Primær oppgaveanalyse (primary task measurement)

En systematisk registrering og analyse av hvordan forsøkspersonene gjennomfører arbeidsoppgaven og resultatanalyse er et uttrykk for prestasjon og er dermed også et mål for arbeidsbelastningen. Det finnes forskjellige tilnærminger; ved en analytisk tilnærming vil man analysere hver deloppgave for seg, måle f.eks. tidsforbruk, feil og unøyaktigheter. Ved en annen tilnærming starter man med en mere overordnet funksjonsanalyse av systemet, og analyserer funksjonene separat.

Slik analyse er velegnet i de tilfeller hvor resonnementene ender i konkrete handlinger fra operatørens side. Imidlertid kan den subjektive oppfatningen av arbeidsbelastning endre seg betydelig uten at man kan observere forandringer i oppnådde prestasjoner. Målinger og analyse av arbeidsprosessen og resultatet er nødvendige parametre i forbindelse med

systemutviklingsarbeide, men kan utnyttes best i kombinasjon med psykofysiologiske målinger og subjektive registreringer av arbeidsbelastningen.

For å forsøke å analysere operatørens kognitive funksjoner i forbindelse med utførelse av arbeidsoppgaven, kan det være aktuelt med høyttenkning og registrering og analyse av verbal protokoll. Videofilming av forsøkene med opptak av lyd vil bli benyttet i slike tilfeller.

### **3.3.2 Sekundær oppgaveanalyse (secondary task measurement)**

For å få et inntrykk av den mentale arbeidsbelastningen kan man også gi operatøren en oppgave som han skal utføre i tillegg til sin opprinnelige oppgave. Dette kan være enkle regneoppgaver ol, og hvor mye operatøren klarer av dette gir et uttrykk for den mentale reservekapasiteten som operatøren har ved utførelse av primæroppgaven og er dermed et uttrykk for arbeidsbelastningen med denne. Denne metoden kan være nyttig i enkelte tilfeller, men et problem er at forsøkspersonen endrer strategi med hensyn til utførelse av primæroppgaven og dette forstyrrer resultatet.

## **4 PSYKOLOGISKE TESTER**

Psykologiske tester vil kunne gi bakgrunnsopplysninger om intelligens, logiske og analytiske evner, personlighetstype, hukommelse, psykologiske forsvarsmekanismer, romoppfatning etc. Resultatet av disse testene vil være til hjelp for å forklare forskjeller i prestasjoner og dermed være til hjelp ved senere eventuell seleksjon av egnet personale. Kunnskap som er bygd opp gjennom f eks seleksjon av jagerflyvere vil her kunne være til hjelp. Dette er viktige aspekter hvis FFI skal ha fremtidige oppgaver i forbindelse med seleksjon av personell, men vil forøvrig ikke omtales nærmere i dette notat.

## **5 GJENNOMFØRING**

I det følgende vil rammebetingelsene og omfanget ved noen aktuelle forsøksopplegg skisseres.

## 5.1 Forsøkspersoner

Det mest aktuelle forsøksoppsettet for definitive brukertester vil omfatte 6-10 (erfarne) hurtigbåtskipperer eller MTB-sjefer. Ved forberedende undersøkelser planlegger vi imidlertid å benytte 1-4 personer som ikke selv har deltatt i utviklingen av de løsninger man skal teste. Forsøkspersoner uten særlig maritim erfaring kan også være aktuelt å benytte hvis man ikke ønsker at tidligere oppfatninger, erfaringer og eventuelle "fordommer" skal påvirke resultatet. Hvor mye forsøkspersonen har fått gjøre seg kjent med utstyret på forhånd må standardiseres og planlegges i forhold til hva man ønsker å måle. Ofte vil forsøkspersonene få anledning til å trene slik at de har nådd et visst læringsnivå slik at prestasjonene ikke endrer seg under testen pga læring, i andre tilfeller ønsker man å få et uttrykk for hvor lang tid man trenger for å oppnå en spesifisert prestasjon.

Forsøksopplegget vil ofte være av typen "within subject design" slik at hver forsøkspersoner tester forskjellige løsninger og dermed blir sin egen kontroll. På denne måten reduseres den biologiske variasjonen, noe som reduserer behovet for antall forsøkspersoner. Med et slikt testopplegg vil vanligvis 6-10 forsøkspersoner være tilstrekkelig til at man oppnår en tilfredstillende teststyrke.

## 5.2 Oppgave

Brukertester vil bli gjennomført på forskjellig måte etter hva man ønsker å teste, og alle aspekter må planlegges nøye og gjennomføres på en standardisert måte. Man vil ofte tilstrebe en varighet og vanskelighetsgrad på brukertestene som kan avdekke problemer. Simuleringene kan derfor vare flere timer, og man kan f eks seile under krevende forhold, som med høy marsjfart, f eks 50-60 knop.

Ett krav til simulatoren er at andre fartøyer skal kunne legges inn i scenariet slik at de dukker opp på radar, andre sensorer og på den visuelle simuleringen. Man får dermed en større arbeidsbelastning og økt realisme og man kan f eks teste ut forskjellige kartpresentasjonsformer og samspill mellom kartsystem og radar. Dessuten kan man måle kompleks reaksjonstid i systemet; f eks tiden fra et annet fartøy legges inn til operatøren har registrert det og foretatt de riktige aksjoner.

For å teste operatørens situasjonsforståelse ut fra instrumenter og utsyn ønsker man å kunne stanse simuleringen på et tilfeldig tidspunkt for at operatøren deretter skal beskrive den aktuelle situasjonen, kurs, posisjon og fart til eget og andre fartøyer.

### **5.3 Evaluering av prestasjoner**

Det er nødvendig at en kvalifisert dommer (sjøkaptein) er tilstede for å vurdere prestasjoner og registrere feil. For å kunne detektere problemer, registreres hastighetsvektorer (kontinuerlig) samt helst alle operatørens manipuleringer/justeringer av kartbilde og radarbilde.

Operatøren fører alminnelig loggbok underveis. I visse situasjoner kan man ha nytte av at forsøkspersonen tenker høyt og at dette registreres, samt at simuleringene videofilmes og alle data registreres i sann tid.

### **5.4 Psykofysiologiske mål for arbeidsbelastning**

Hjertefrekvens og hjertefrekvens variabilitet måles kontinuerlig under simuleringen. Synsfokusering og samsyn bør registreres. Hensikten er å registrere hvordan operatøren benytter displays/instrumenter og hvor godt han følger planlagt rute.

### **5.5 Subjektiv bedømmelse av arbeidsbelastning og forsøkspersonens tilstand**

Cooper-Harper modifiserte test benyttes for å vurdere arbeidsbelastning og bedømme funksjonalitet ved aktuelle enkeltkomponenter eller med totalsystemet, og NASA-TLX benyttes til å vurdere arbeidsbelastningen mere spesifikt. Disse besvares av operatør umiddelbart etter gjennomført eksperiment, eventuelt underveis hvis man ønsker å studere spesifikke deloppgaver. I tillegg kan spørreskjema om spesifikke aspekter ved systemet benyttes.

### **5.6 Forsøkspersonens tilstand**

For å kontrollere forsøkspersonen/operatørens tilstand benyttes Spielbergers state-trait anxiety inventory, STAI Form Y-1 fylles ut før og etter eksperimentet, eventuelt underveis og dessuten kan eventuelle tegn til tretthet, svetting, hodepine ol registreres.

## 6 DATANALYSE

Alle fysiologiske data og registreringer av operatøren registreres i sann tid og ved dataanalysen kan man derfor sammenholde de forskjellige registreringer og danne seg en integrert bilde av hva som skjedde på et gitt tidspunkt. Man ønsker å benytte seg av disse data f eks ved at man på et tidspunkt hvor sensor bedømmer at operatøren har gjort en feil, har man mulighet for i ettertid å se på videoregistreringen for å finne ut hva som faktisk skjedde, høre på høyttenkning, og jevnføre med de forskjellige fysiologiske registreringene av mental arbeidsbelastning og synsfokusering. Spørsmål man derved kan besvare er om forsøkspersonen var distraheret eller overbelastet, samt danne seg en oppfatning om hva som er den begrensende faktor i menneske-maskin systemet.

Alle nominelle, ordinale og kategoriserte verdier analyseres med standard statistiske metoder for å kunne konstatere signifikante forskjeller.

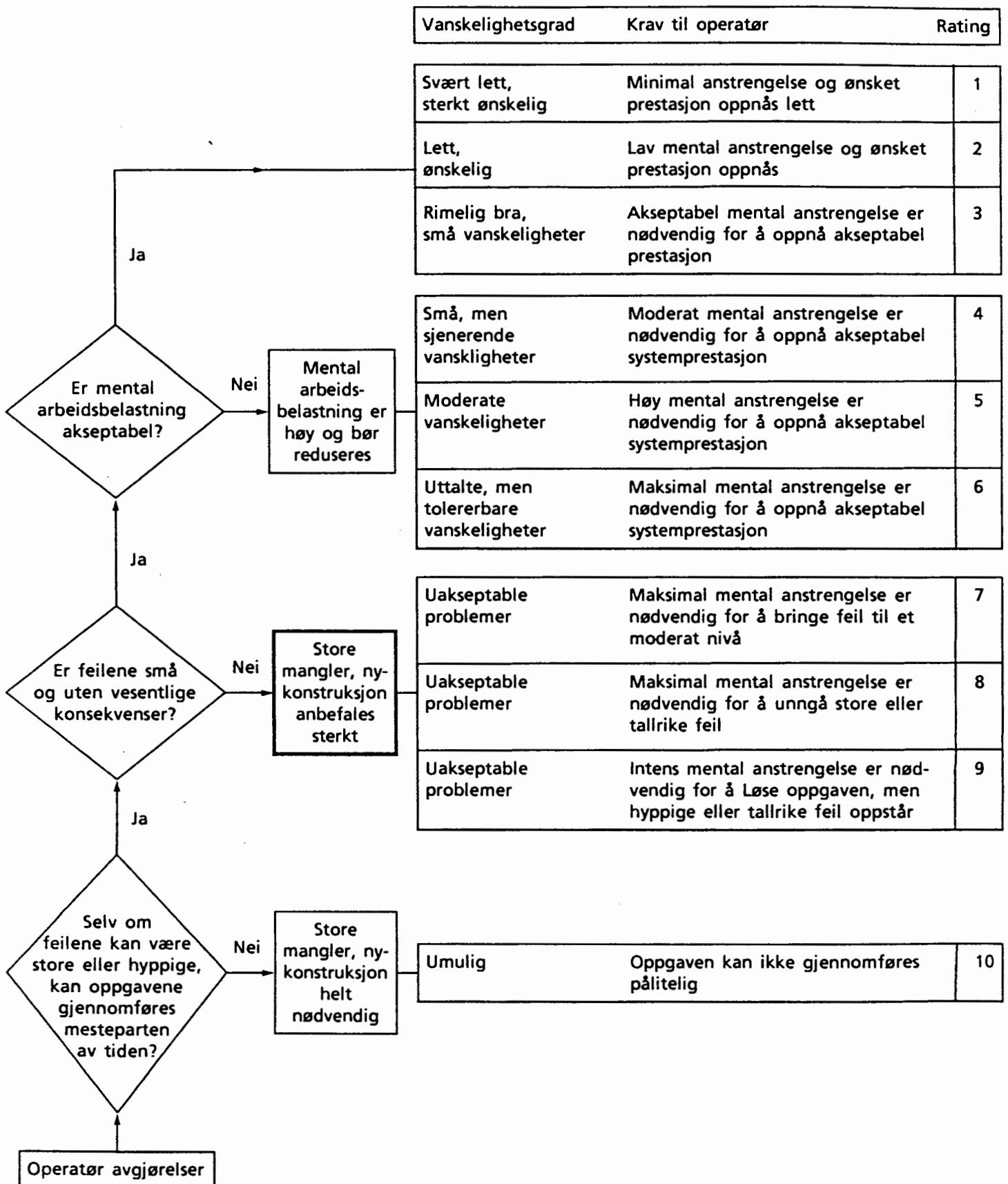
## 7 AVSLUTNING

Ved å gjennomføre brukertester i laboratorieprototyp av integrert bro for hurtigbåter ønsker man å få et bredest mulig grunnlag for å velge mellom forskjellige alternativer i utviklingsprosessen slik at man kan optimalisere totalsystemet med hensyn til menneske-maskin kommunikasjon. Registrering av subjektive og objektive data om arbeidsbelastning og funksjonalitet er viktige i denne sammenheng. Fysiologiske målinger vil sammen med de subjektive målemetoder kunne gi et helhetsbilde som gir større muligheter for å nå frem til sikre konklusjoner. Man vil dessuten kunne få et godt uttrykk for den mentale arbeidsbelastningen det medfører å betjene systemet, og dette gir videre mulighet for å allokere en "passende" arbeidsbelastning til operatøren; ikke for lav eller for høy.

Vår vurdering er at objektive fysiologisk testing som supplement til mere subjektive målemetoder i forbindelse med eksperimentell prototyping, er viktig for at systemutviklingsarbeidet skal bli mest mulig vellykket. Erfaringene man gjør i forbindelse med dette prosjektet vil også komme andre utviklingsprosjekter ved FFI til gode.

## REFERANSER

- 1) Havig et al. (1991): Rapport om sikkerheten på hurtigbåter, Sjøfartsdirektoratet, 10 desember 1991.
- 2) Rouse W B and Cody W J (1988): On the design of man-machine systems: Principles, practices and prospects, *Automatica*, 24, 2, 227-38.
- 3) Bråthen K (1992): Utvikling av integrerte brosystemer. Metoder, verktøy og eksempler. NIF/NFA-seminar: "Informasjonsteknologi i maritim virksomhet, Stavanger, 7-9 oktober 1992.
- 4) Bråthen K, Nordø E og Veum K (1992): An integrated framework for task analysis and system engineering: Approach, axamples and experience, Proceedings of the 5th IFAC/IFIP/IFORS/IEA symposium on analysis, design and evaluation of man-machine systems, paper 2.2.2.
- 5) Nicolaysen W et al. (1994): Integrert bro for hurtigbåt - scenarioanalyse, FFI/RAPPORT under utarbeidelse.
- 6) Koppervik I og Urdahl M (1993): Integrert bro for hurtigbåt - laboratorieprototyp, FFI/RAPPORT under utarbeidelse.
- 7) Endsley M R (1987). SAGAT: A methodology for the measurement of situation awareness (NORDOC 87-83). Hawtorne, C A: Northrop Corporation.
- 8) Meshkati N, Hancock P A, and Rahimi M (1990): Techniques in mental workload assessment. *In* Evaluation of human work, *edited* by Wilson, J R and Corlett.
- 9) Cooper G E and Harper Jr R P (1969): The Use of Pilot Rating in the Evaluation of Aircraft Handling Qualities. AGARD Report 567.
- 10) Hart S G and Staveland L E (1988): Development of the NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *In* Human mental workload, *edited* by Hancock P A and Meskati N.
- 11) Spielberger C D (1983): State-Trait Anxiety Inventory, STAI (Form Y). Consulting Psychologists Press, Inc 577 College Ave., Palo Alto, CA 94306.





## **NASA-TLX FAKTOR DEFINISJONER**

### **MENTALE KRAV (MK)**

Hvor mye mental- eller sanseaktivitet var nødvendig (f eks hvor mye måtte du tenke, ressonere, ta bestemmelser, bruke hukommelsen, se eller høre etter e t c.)

Var oppgaven lett eller krevende, enkel eller kompleks?

### **FYSISKE KRAV (FK)**

Hvor mye fysisk aktivitet var nødvendig (f eks dytte, trekke, skru, trykke, aktivere e t c). Var oppgaven lett eller vanskelig, langsom eller hurtig, avslappende eller strevsom og arbeidskrevende ?

### **TIDSDPRESS (TP)**

Hvor stort tidspress følte du i forbindelse med den frekvens eller det tidsforløp som oppgavene dukket opp med? Var tidsforløpet mellom oppgavene langsom og avslappende, eller hurtig og hektisk?

### **PRESTASJONNIVÅ (PR)**

Etter din egen bedømmelse, hvor godt var du i stand til å løse oppgavene? Hvor fornøyd var du med din egen prestasjon i forbindelse med løsning av disse oppgavene?

### **ANSTRENGELSE (AN)**

Hvor hardt måtte du arbeide (mental eller fysisk) for å oppnå ditt eget prestasjonsnivå?

### **FRUSTRASJONSNIVÅ (FR)**

Hvor usikker, mismodig, irritert, stresset og plaget versus sikker, fornøyd og avslappet følte du deg ved gjennomføring av oppgaven?



Nedenfor finner du en rekke påstander som ofte brukes for å beskrive hvordan en føler seg i øyeblikket. Les hver påstand og sett en ring rundt det tall til høyre som best passer med hvordan du føler deg akkurat nå. Ring rundt 1 betyr Aldelses ikke, 2 = Nokså lite, 3 = Nokså meget, 4 = Meget. Det finnes ingen riktige eller gale svar. Ikke tenk for lenge på hvert svar, men svar slik som du umiddelbart synes passer best.

	Aldeles ikke	Nokså lite	Nokså meget	Meget
Jeg føler meg rolig	1	2	3	4
Jeg føler meg trygg	1	2	3	4
Jeg er anspent	1	2	3	4
Jeg føler meg skyldbevisst	1	2	3	4
Jeg føler meg vel	1	2	3	4
Jeg føler meg oppskaket	1	2	3	4
Akkurat nå tar jeg sorgene på forskudd	1	2	3	4
Jeg føler meg uthvilt	1	2	3	4
Jeg føler meg engstelig	1	2	3	4
Jeg har det behagelig	1	2	3	4
Jeg er sikker på meg selv	1	2	3	4
Jeg føler meg nervøs	1	2	3	4
Jeg er skvetten	1	2	3	4
Jeg er på bristepunktet av spenning	1	2	3	4
Jeg er avslappet	1	2	3	4
Jeg er fornøyd	1	2	3	4
Jeg er bekymret	1	2	3	4
Jeg føler meg opphisset og ute av balanse	1	2	3	4
Jeg føler meg glad	1	2	3	4
Jeg har det bra	1	2	3	4