

Gunilla Derefeldt

Årsrapport 2001 för FOI:s forskning inom FoT-området

Människa-System-Interaktion (MSI) med Fysiologi

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI FOI, Marknadsenheten 172 90 Stockholm	Rapportnummer, ISRN FOI-R--FOI-0355--SE	Klassificering Användarrapport
	Forskningsområde 8. Människan i totalförsvaret	
	Månad, år September, 2002	Projektnummer IS102
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	Delområde 81 MSI med fysiologi	
Författare/redaktör Gunilla Derefeldt	Projektledare	
	Godkänd av	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarsmakten	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig	
Rapportens titel Årsrapport 2001 för FOI:s forskning inom FoT-området Människa-System-Interaktion (MSI) med Fysiologi		
Sammanfattning (högst 200 ord) Rapporten är en översiktligt sammanfattning av FOI:s verksamhet under 2001 inom forskningsområdet Människa-System-Interaktion (MSI) med fysiologi. Områdets omfattning och inriktning samt nationell och internationell samverkan redovisas. Forskningsresultaten sammanfattas och genomförd verksamhet beskrivs projektvis. Målet med forskningen inom MSI med fysiologi är att skapa anpassningsförmåga idag och i framtiden för människans integrering i de tekniska systemen, framförallt med stärkande av människans/ människors interaktion med systemen, dvs det effektiva utnyttjandet av FM:s mest kritiska resurser – dess människor. Forskningen har omfattat informationspresentation, beslutsfattande, beslutsstöd, datafusion, belastning (mental och fysisk) och prestation, sömnbrist och föda. Nya principer för gränssnittsutförning har studerats och föreslagits för displaytor i cockpit, för den framtida soldaten och i marina farkoster. Ett beslutsstöd för markmålsinsatser och ett plattformsbaserat beslutsstöd med förmåga till datafusion och sensorstyrning har vidareutvecklats. Psykofysiologiska modeller för dynamisk utvärdering av operatörfunktionen har vidareutvecklats och provats vid förband. Fysiologiska mekanismer bakom gravitationskrafternas menliga och skadliga inverkan på flygförare vid flygning i högprestanda flygplan har studerats och skydd mot besvär på andningsfunktionen, arm, nacke och skuldror har framtagits. En jämförelse av den svenska G-dräkten (AGE-39) med G-dräkten Libelle visade att Libelle-dräkten gav mycket begränsat G-skydd och torde ej vara lämplig att använda i 9-G flygplan. Fysiologiska mekanismer samt syrehalten i andningsgasen vid individuell räddning från ubåt från stora djup har studerats. Förbättrat skydd med extra syresatt andningsgas leder till förbättrad räddningsteknik . Inom arbets- och termofysiologisk forskning har en modell för simulering av termisk IR-maskering framtagits, likaså en riskskademodell med möjlighet att utifrån lufttemperatur, lufthastighet, solstrålning och hudkaraktäristika bestämma risk för förfrysning av oskyddad hud. Fysiska krav hos män och kvinnor inom FM personal har studerats och jämförts. Sömnbrist medför att förmågan att planera, prioritera och organisera försämras. Internationell samverkan i form av avtalsreglerad projektsamverkan förekommer med flera länder.		
Nyckelord Människa-System-Interaktion (MSI), fysiologi, prestation, informationspresentation, artificiell horisont, spatial desorientering, perspektivpresentation, hjälmonterade displayer, huvudmonterade displayer, "Framtida soldaten", beslutsfattande, beslutsstöd, datafusionsnod, sensorstyrning, mental arbetsbelastning, situationsmedvetenhet, psykofysiologi, systemvärdering, accelerationsfysiologi, rörelsesjuka, G-dräkt, G-tolerans, G-skydd, barofysiologi, Fri Uppstigning (FU), räddning från ubåt, arbets- och termofysiologi, extrema klimat, sömnbrist, trötthet, minskat födointag.		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 55 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency FOI Program Office 172 90 Stockholm	Report number, ISRN FOI-R--FOI-0355--SE	Report type User report
	Research area code 8. Human Systems	
	Month year September	Project no. IS102
	Customers code 5. Commissioned Research	
	Sub area code 81 Human Factors and Physiology	
Author/s (editor/s) Gunilla Derefeldt	Project manager	
	Approved by	
	Sponsoring agency The Armed Forces	
	Scientifically and technically responsible	
Report title (In translation) Annual Report 2001 on FOI:s Research on Human Factors and Physiology		
Abstract (not more than 200 words) This report summarises the research from the the fiscal year 2001 within the Swedish Defence Research Agency in the domain of Human Factors and Physiology. The report presents a summing-up of the aim and the direction of the research domain and the national and international development. The results of the research are summarised and the activities in each project are described. The aim of the research is to support the Armed Forces to meet the requirements of complex and difficult environmental conditions and battlefield missions in the 21st century. Within the domain, the research comprises information presentation, decision making, decision support, data fusion, work workload (mental and physical), performance, sleep deprivation and food intake. New principles for man-machine interfaces have been studied and suggested for the design of cockpit displays, displays for “the Future Soldier”, and for marine platforms. Decision support for a ground surveillance system, and a platform-based decision support system including a data fusion node and sensor management node has been further developed. Psychophysiological models for dynamic evaluation of pilot performance for systems development and mission evaluation have been developed and tested in real missions. Physiological mechanisms behind the negative effects of increased gravitational (G) forces for pilots flying in a 9 G aircraft have been studied and also protection and counter measures against breathing difficulties, arm pain, muscle fatigue in the cervical spine, and pain in neck muscles. A comparison of the Swedish anti-G suit (AGE-39) and the anti-G suit Libelle was made. The G-protection afforded by the Libelle suit is not adequate for use in a 9-G aircraft. Physiological mechanisms and the effects of oxygen in the breathing gas on submarine escape from pressurised submarine was studied. Within exercise and thermal physiology a model for the simulation of thermal IR-camouflage and a model for predicting the risk for human skin frostbite was updated. Physical demands on men and women within the Armed Forces were studied and compared. The interaction of food, time of day and sleep loss on metabolism, sleepiness and performance have been studied. Sleep loss leads to impaired executive functions. International collaboration with several countries exists. Keywords Man-System-Interaction (MSI), physiology, performance, information presentation, artificial horizon, spatial disorientation, perspective presentation, helmet-mounted displays, head-mounted displays, “Swedish Future Soldier”, decision making, decision support, data-fusion node, sensor-management node, mental workload, situational awareness, psychophysiology, systems evaluation, acceleration physiology, motion sickness, anti-G suit, G-tolerance, G-protection, undersea & hyperbaric medicine, submarine escape, exercise & thermal physiology, climate extremes, sleep loss, food deprivation.		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 55 p.	
	Price acc. to pricelist	

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	<i>Forskningsområdets omfattning och inriktning</i>	7
2	<i>Sammanfattning av forskningsresultaten</i>	10
3	<i>Den nationella och internationella utvecklingen inom området</i>	11
4	<i>Projektvisa beskrivningar av genomförd verksamhet</i>	14
4.1	INFORMATIONSPRESENTATION UNDER BELASTNING	14
4.2	SENSORSOLDAT 2010	17
4.3	DATAFUSION FÖR UNDERLÄTTANDE AV PLATTFORMSOPERATÖRERS STRID	20
4.4	KOGNITIV OPERATÖRSPLATS	22
4.5	OPERATÖREN I MARINA SYSTEM	24
4.6	MENTAL ARBETSBELASTNING OCH PRESTATION	25
4.7	G-PÅVERKAN PÅ ANDNINGSFUNKTIONEN	31
4.8	G-INDUCERAD ARMSMÄRTA	33
4.9	G-SKYDD OCH G-TOLERANS	34
4.10	RÖRELSESJUKA/SPATIAL DESORIENTERING	36
4.11	MUSKULÄRA RYGG- OCH NACKPROBLEM	37
4.12	STUDIER SÖMN/VAKENHET (E5060)	40
4.13	RÄDDNING UR UBÅT	43
4.14	FINMOTORISK FÖRMÅGA VID MÅTTLIG HYPOXI	46
4.15	FYSISKA KRAV PÅ FM:S PERSONAL	46
4.16	TERMISK BELASTNING - NYA HOT OCH MILJÖER	47
5	<i>Rapporter och annan kunskapsöverföring</i>	51

1 Forskningssrådets omfattning och inriktning

I denna rapport sammanfattas den FOI verksamhet inom FoT-området MSI med Fysiologi, som hänför sig till Försvarsmaktens beställning av uppdrag inom F-delen. Den verksamhet, som bedrivs inom T-delen, som administreras av FMV beskrivs inte i denna rapport. Den MSI relaterade forskning rörande människan i Försvaret, som sker i andra FoT-områden, främst inom Ledning med Informations-systemteknik och Samband och Telekom-munikation samt Modellering och Simulering beskrivs heller inte i rapporten.

Nyckeln till systemoptimering, effektivitet och överlevnad är det effektiva utnyttjandet av Försvarsmaktens mest kritiska resurser - dess människor. Målet med forskningen inom FoT-området Människa-System-Interaktion (MSI) med Fysiologi är att förse Försvarsmakten (FM) med kunskap och teknik för maximal effekt av det totala systemet. "Det nya nätbaserade försvaret" innebär en utmaning för FM och omdaningen kräver forskning inom ämnesområdet MSI/Fysiologi. Att skapa anpassning av komplexa högteknologiska och automatiserade system till operatörens (operatörernas) förutsättningar är en kritiskt krävande uppgift. Genom egen forskning inom området möjliggör FM ett effektivt utnyttjande av mänskliga resurser och genom resultat från denna forskning skapas underlag för en teknikutveckling med möjlighet till systemoptimering och betydelsefulla kostnadsbesparingar. Nya avancerade system kräver effektivt användande av många delsystem med ökande krav på människan/människors agerande. Idag bestäms merparten av totalkostnaderna för komplexa system under idé-och konstruktionsstadiet. En materiellplanering, som i tidigt skede av utvecklingsprocessen införlivar och optimalt integrerar kunskap om mänskliga förmågor och färdigheter i komplexa och automatiserade system är

nödvändigt om framtida operativa utmaningar ska kunna uppnås. Med beaktande av enskilda operatörers vilja och förmåga att delta i internationella operationer, nyttan i minskat antal olyckor med skador på operatörer och inte minst minskad förlust av människoliv är FM:s behov av forskning inom området hög.

Uppgifter i internationell miljö kommer i allt större grad att prägla FM framtida uppgifter och detta kommer att ställa högre krav på vår förmåga att förutse och hantera belastningar på våra soldater i svåra psykiska och fysiska miljöer. Under internationella insatser, beroende på insatsmiljö, kommer våra soldater och svenska förband att exponeras för hot där behov av kunskap och anpassade system inom området MSI med Fysiologi är stort. För framgångsrikt genomförande av internationella uppdrag är, förutom bra vapen och skydd, förmåga till effektiv kommunikation och samverkan under hög fysisk, mental och emotionell belastning nödvändiga förutsättningar. Den tekniska utvecklingen går mycket fort, särskilt inom informationsöverföringsområdet. Att skapa underlag för att ständigt utveckla gränssnitten mellan människa och system så att informations-, kunskaps- och beslutsöverläge kan uppnås är en viktig huvuduppgift för forskningen inom området. Detta gäller för nätverksorienterad systemuppbyggnad med sammankoppling av sensorer, motmedelssystem och beslutsstöd, existerande och upgraderade plattformar.

Ett allt viktigare område, också internationellt, är "företagshälsovårdande" aspekter, dvs stöd för att utveckla tröskel- och gränsvärden för att bedöma skaderisker i första hand i samband med utbildning och träning.

Inom försvarsforskningen bedrivs en alltmer omfattande samverkan med andra länder. Detta präglar även forskningsområdet MSI med Fysiologi. Merparten av denna

forskning sker enligt avtalsreglerad projektsamverkan i samverkan med internationella försvarsforskningssinstitut främst i Storbritannien (DSTL), USA (DoD, US AFRL), Holland (TNO), Australien (DSTO) och nordiska institut.

Internationell samverkan sker också i form av deltagande i arbetsgrupper inom NATO Human Factors and Medicine Panel. Informellt internationellt kontaktutbyte och samverkan förekommer dessutom i hög grad inom området.

Nationellt finns inom MSI-området ett väl fungerande nätverk av kompetenser vid UoH (HFA), försvarsindustrin och andra institut och myndigheter.

Den dynamiska flygsimulator vid FMV i Linköping, kommer att utgöra en viktig resurs för att genomföra fysiologisk, medicinsk och beteendevetenskaplig forskning med mål att öka kunskaperna om bl.a. operatörens roll i framtida flygssystem.

MSI med Fysiologi har på grund av sin övergripande karaktär relevans och aktualitet för samtliga FoT-områden. För all teknik- och systemutveckling är den mänskliga förmågan gränssättande och bestämmer huruvida systemens potential kan/kommer att fullt utnyttjas.

FOI verksamhet inom MSI med Fysiologi sker främst inom kompetensområdena:

Informationspresentation
Beslutsfattande och beslutsstöd
Belastning och prestation

Inom informationspresentation bedrivs forskning och metodutveckling inom mänsklig informationsbehandling med inriktning mot hur operatörerna (operatörerna) i komplexa människa-maskin system använder sina sinnen (framförallt synen) vid inhämtning, bearbetning och tolkning av presenterad information. Forskning, studier och utvärdering sker av

avancerade presentationstekniker, tex tredimensionell perspektivpresentation, direkt/indirekt seende, artificiell horisont med visuellt flöde. Inom informationspresentation studeras också frågeställningar utifrån de genomgripande förändringar av enskilda soldaters kapacitet som elektronik- och optronik-utvecklingen kommer att medföra. I likhet med andra försvarsmakter har FM en ambition att utrusta och utbilda soldater för uppträdande i förband i en traditionell roll, som sensorbärare, som vapenoperatörer och som operatörer av andra system. De skall kunna samarbeta med gruppen, sin egen plattform och högre förband.

Inom området beslutsfattande/beslutsstöd bedrivs studier och forskning inom mänskligt beslutsfattande och inom datafusion för utformning av intelligenta, adaptiva och delvis automatiserade datafusionssystem. Målet för forskningen under 2001 har varit att ta fram och utvärdera metoder för beslutsstöd i luft- och markstrid, samt sjöstrid. Arbete pågår för att utveckla och bedöma nya presentationsformer (t ex temporala displayer) och datafusionsalgoritmer för luft- och sjöstrid, men parallellt också förstärka förståelse och konstruktioner av flygplansburna beslutsstödsverktyg för markmålsstrid. Utveckling pågår av en sammanhållen programvara (simulator) för datafusion och sensorstyrning i en sensor-bärande plattform t ex flygplan eller fartyg. Simulatore kan bli användbar också i flerplattformssystem och har då relevans för det nya nätbaserade försvaret. Visualisering av markmålsinformation avsedd för flygförare är en vision i projektet. Under 2001 utvecklades ett verktyg för under rättelseinhämtning för markmål. Analysarbete beträffande behov av beslutsstöd och datafusion inom marinen studeras.

Inom belastning om prestation bedrivs forskning rörande effekter av såväl mental som fysiologisk stress på mental och fysisk prestationsförmåga. Inom delområdet men-

tal belastning och prestation bedrivs beteendevetenskaplig, psykologisk och psykofysiologisk forskning för mätning av dynamiska förändringar i mental arbetsbelastning, situationsmedvetande och prestation i syfte att ta fram metodik för värdering och utveckling av flyg- och vapensystem med avseende på operatörsfunktionen samt för utbildnings- och uppdragsvärdering. Såväl den enskilde operatörens som gruppens funktion prestation studeras.

Inom delområdet fysisk belastning bedrivs fysiologisk forskning för såväl FM gemensamma behov som för de särskilda behoven för mark, sjö och luft.

Med inriktning mot FM:s gemensamma behov men även mot de särskilda behoven inom mark bedrivs inom delområdet arbets- och termofysiologi studier och forskning rörande fysiska krav på belastning och prestation hos män och kvinnor för olika befattningar och för olika miljöer. Metodik utvecklas för att redovisa och värdera människans förmåga att prestera mot olika krav i olika miljöer. Framtida soldaters behov av dräktskydd för olika miljöer modelleras och simuleras så att risker och skador kan förutsägas utifrån olika klimategenskaper (tex luft-temperatur, lufthastighet). Termisk IR-maskering modelleras och simuleras också

Med inriktning mot de särskilda behoven inom sjö är den barofysiologiska forskningen huvudsakligen inriktat på att lösa säkerhets- och effektivitetsproblem vid dykeri. Studier har bedrivits kring metoder för att minimera skadorna och höja säkerheten vid räddning av ubåtsbesättningar vid fri uppstigning. Fysiologiska mekanismer samt syrehalten i andningssgasen vid individuell räddning från ubåt från stora djup har studerats.

Med inriktning mot de särskilda behoven inom luft avser den accelerations-

fysiologiska forskningen att skapa förbättrad tolerans och ökat skydd mot gravitationskrafternas (G-krafternas) negativa påverkan på flygföraren vid flygning i högprestanda flygplan. Personsäkerhet, effektivitet och att finna ökad förståelse för fysiologiska mekanismer för att därigenom utveckla effektiva motmedel mot försämrad andningsfunktion, G-inducerad armvärta, rörelsesjuka och spatial desorientering har varit denna forsknings främsta syften. För att optimera G-träning för flygförare under operativa förhållanden har det varit viktigt att studera hur befintlig G-dräkt och skyddssystem mot G-krafterna samverkar med AGSM (AGSM; anspänning av muskulatur i ben och armar i kombination med krystningsmanöver under hela G-expositionen). I en studie har den svenska G-dräkten (AGE-39) jämförts med G-dräkten Libelle®.

Genom utlagda uppdrag till Karolinska Institutet bedrivs forskning och studier rörande axel- och ryggbesvär hos flygförare. Forskning och studier av sömnbrist, födo- intag och prestation pågår för FM:s gemensamma behov.

En verksamhet MSI- värdering vars mål i första fasen syftar till att utvärdera MSI aspekter avseende plattformar och FMs pågående forsknings- och utvecklingsprojekt inför det nya nätbaserade försvaret har påbörjats. Målsättningen är att kunna avropa MSI-kompetens i allt tidigare faser för att därmed förbättra framtida system-optimering och anpassning av komplexa högteknologiska och automatiserade system till operatörens (operatörernas) förutsättningar.

2 Sammanfattning av forskningsresultaten

Inom informationspresentation har nya principer för displaytor i cockpit studerats. Som ett led i att minska spatial desorientering hos flygförare har principer för en artificiell horisontlinje med visuellt flöde för indirekt seende framtagits för framtida presentation i hjälmmonterade displayer. Även om principerna är framtagna för flygförarens behov kan de tillämpas vid presentation i andra plattformar. Principer för utformning av symboler på taktisk indikator i cockpit har framtagits och presenterats. För utformning av den framtida soldatens presentations-behov har krav på bättre användning av bildförstärkare, bättre anpassning vid användning av laserskydd och människoanpassade krav på optronisk materiel framtagits. En första version av ett huvudburet presentations-system för den framtida soldatens interaktion med vapen och sensorer har testats i fält. Ett system för kartplottning av soldatens position och en av honom vald referensriktning har också testats. Principerna har fungerat men det återstår mycket arbete med kalibrering och optimering.

Inom beslutsfattande och beslutsstöd har förslag till förbättrat beslutsstöd för markmålsinsatser framtagits. En temporal hotdisplay har vidareutvecklats. Datafusionsnoden har vidareutvecklats med hänsyn till funktionalitet, robusthet, demonstrerbarhet och säkerhet. Under 2001 utvecklades ett verktyg för underrättelseinhämtning för markmål.

Inom mental belastning och prestation har forskningen resulterat i att psyko-fysiologiska modeller för dynamisk utvärdering av operatörsfunktionen har vidareutvecklats och provats vid förband. Forskningen har också bidragit till bättre operatörsplatser i Kv Visby och YS/Ny där operatören har god situationsmedvetenhet och

utsätts för en rimlig mental arbetsbelastning.

Inom fysisk belastning och prestation har den accelerationsfysiologiska forskning, som bedrivits rörande kraftigt förhöjda kärtryck vid flygning i högprestanda flygplan bidragit till lindring vid tex G-inducerad armsmärta. Forskningen har även bidragit till grundläggande studier av andning med uppbyggnad av mätuppställning och mätmetoder av stort intresse både nationellt och internationellt. Resultaten visar att man ytterligare behöver utreda funktioner hos anti-G-dräkten. Jämförelsen av G-dräkten, som används i JAS 39 Gripen (AGE-39) med en ny hydrostatisk G-dräkt Libelle® visade att den sistnämnda gav ett mycket begränsat G-skydd (G-tolerans 6.3 G) och torde ej vara lämplig att använda i ett 9-G flygplan.

Resultaten från den fysiologiska forskningen för behoven för sjö har bidragit till en förbättrad räddningsteknik från sjunken ubåt. I framtiden kan ev. användning av andningsgas med ökad syrehalt ytterligare öka säkerheten. Test och prov av slutanandningsutrustning har kunnat förbättrats och andningsutrustningen har kunnat göras säkrare. Forskningen kring lungskador vid upprepad användning av hyperoxisk andningsgas och mental förmåga vid måttlig syrebrist har ökat kunskapen och därmed säkerheten för personal som i extrem miljö (dykning, ubåtar och flygning) utsätts för variationer i oxygenpartialtrycket.

Många uppgifter i Försvarsmakten innehåller ofta avsevärt mer fysiskt arbete än i det civila samhället och med högre krav än vad alla kan klara. Utbildning och träning kan öka den fysiska kapaciteten men inte obegränsat. Resultaten från den arbets- och termofysiologiska forskningen bidrar till att FM kan nå uppsatta mål vad gäller fysisk standard för både män och kvinnor. Forskningen har bidragit till kunskap om

den fysiska belastningen vid olika taktiska uppträdande, hot och i skiftande klimat. Förflyttningshastighet, val av förflyttningssätt och tidpunkt för aktivitet kan vägas mot risk för utmattning eller skada. Behovet av vätska kan beräknas och, om sådan är begränsad, graden av dehydrering. Effekten av ny teknik och taktik för "Framtida Soldaten" (MARKUS) kan prövas redan på idéstadiet genom utnyttjande av en simuleringsmodell som är under framtagande.

3 Den nationella och internationella utvecklingen inom området

Inriktningen av den nationella försvarsforskningen inom MSI med Fysiologi överensstämmer i hög grad med den forskning, som bedrivs inom amerikansk försvarsforskning även om satsningarna både absolut och procentuellt är avsevärt större i USA. Den ledande internationella utvecklingen inom området beskrivs bäst genom en jämförelse med motsvarande forskning i USA. Försvarsforskningen motsvarande MSI med Fysiologi sker i USA inom flera utan strategiska områden, vilket stämmer väl överens med MSI/Fysiologi områdets övergripande karaktär med kopplingar till samtliga FoT – områden. Spjutspetsen i det amerikanska Försvarets forsknings- och teknologiprogram är Department of Defense (DoD) *Basic Research Plan*. Under mer än 50 år har amerikanska Förvarsdepartementet förlitat sig på denna forskning för att bibehålla USAs militära teknologiska överlägsenhet. Detta mål har varit möjligt att förverkliga främst genom DoDs långsiktiga stöd till forskning inom vetenskapliga och tekniska områden som visats sig ha värde och potentiella möjligheter för försvaret. Inom DoD bevakas forskningsaktiviteter kontinuerligt över hela världen. Detta har blivit än mer betydelsefullt då hastigheten i den tekniska utvecklingen

ökar och USA ser det som ett strategiskt mål att även fragment bibehålla sin världsklass. Den amerikanska försvarsforskningen kännetecknas av långsiktiga breda perspektiv och investeringar i grundforskning. DoD bekostar ca 7 % av all federal satsning på akademisk grundforskning och av denna ca 12 % på grundforskning inom psykologi. Forskning inom MSI med Fysiologi förekommer inom flera områden, framförallt inom tre (av totalt 12) strategiska områden: biologisk vetenskap (*Biological Science*), kognitions- och neurovetenskap (*Cognitive and Neural Science*) och matematik/datavetenskap (*Mathematics and Computer Science*). Forskningen inom *Biological Science* syftar till att skapa grundläggande förståelse för användandet av biologiska processer och tekniker vid produktion av nya material och i processer som har betydelsefulla militära tillämpningar. Viktiga mål är att minska kostnader och reducera underhåll för syntetiska processer, förhindra att soldater vid internationella operationer utsätts från skadliga effekter av kemisk biologisk och fysisk påverkan samt försäkra styrkornas hälsoskydd och garantera att säkerhetsstandarder är baserade på solida vetenskapliga bevis. Inom *Cognitive and Neural Science* syftar forskningen till att utveckla den vetenskapliga grunden för att optimera personella resurser inom försvaret.

Tillämpningsområden omfattar testning, träning, simuleringsteknologier, presentationsstöd för måligenkänning, beslutsfattande, tekniker för att stödja mänsklig prestation, människa-systeminteraktion, team/ organisationsprocesser och utvärderingsmetoder. Till forskningen inom *Mathematics and Computer Science* hänför sig MSI/Fysiologi relaterad forskningen till nya och adaptiva, autonoma och intelligenta gränssnitt. Förutom sina satsningar på långsiktigt grundläggande forskning satsar DoD främst på forskning inom olika teknologiområden (Defense Technology Area Plan) varav området *Humans Systems* närmast är att jämföra med den forskning

som i Sverige sker inom de två FoT – områdena MSI med Fysiologi och Vapen-traumatologi. Den vapen-traumatologiska forskningen beaktas inte i denna rapport. En stor del av MSI forskning rörande gränssnittproblematik, informationspresentation, beslutsfattande och beslutsstöd, intelligenta autonoma system, modellering och simulering, virtuella slagfältet förekommer inom teknikområdet *Information Systems Technology*.

Teknologiområdet *Human Systems* förser i första hand försvaret med teknologier och metoder för att säkerställa att militärens mest kritiska tillgångar - dess människor är adekvat utvalda, tränade, och utrustade för att prestera så effektivt och säkert som möjligt. I USA betraktar man vinsterna av satsningar på forskning inom *Human Systems* som nyckelmål. Kostnadsreduceringar uppnås genom ett mer effektivt utnyttjande av personal och utrustning. *Human Systems* omfattar fyra teknologi-områden, som enligt DoD representerar en logisk konstruktion för att säkerställa försvarsmaktens behov. De fyra teknologi-områdena är i fri översättning (1) Informationsdisplayer och förbättrad prestation (*Information Display and Performance Enhancement*) (2) Design, integrering, stöd och hållbarhet (*Design Integration and Supportability*), (3) Skydd för soldater (såväl avsuttna som andra) (*Warrior Protection and Sustainment*) (4) Prestation och träning (*Personnel Performance and Training*). Inom (1) sker forskning rörande nya presentationsformer och nya gränssnitt, gränssnitt baserade på syn och hörsel, 3-D perspektivpresentation, stereoskopiska displayer, röststyrning, immersiva gränssnitt, situationsmedvetenhet, adaptiva och intelligenta gränssnitt, visualisering, beslutsfattande och beslutsstöd, övervakning och teleoperationer av obemannade farkoster. Inom (2) sker forskning inom designmetodik, människa-systemintegrering, effektiv utrustning för framtida operationer och bestämning av prestationskrav. Inom (3) sker forskning av skydd för soldater i

fredsbevarande insatser. Skydd avser här ett vitt spektrum av skydd, från personligt skydd till skydd av truppen, skydd för överlevnad och räddning. Med soldater avses soldater för alla typer av operationer (mark, sjö, luft). Inom (4) prestation och träning sker forskning kring nya former för träning, simuleringsbaserad träning, nya strategier för träning och mätning av träningseffektivitet. Nyckeln till överlevnad och effektivitet är det effektiva utnyttjandet av mänskliga resurser. Människor är den mest kritiska och mest kostsamma komponenten bland vapensystemen.

Man anser att framsteg inom *Human Systems* är absolut nödvändigt för att möta globala åtaganden när det gäller aktuella och framtida strids - och fredsbevarande uppgifter. Det strategiska målet för satsningar inom området *Human Systems* är att bibehålla hög stridsberedskap, hög förmåga att fullfölja uppdrag där soldater är skyddade och välutrustade för uppdrag globalt och under olika stridsvillkor.

Man har uppskattat att satsningarna på *Human Systems* leder till betydelsefulla förbättringar och stora kostnadsbesparingar för Försvarsmakten. Som exempel härpå kan nämnas ca 30 %-iga minskningar i fysisk, perceptuell och kognitiv arbetsbelastning, vilket i sin tur skulle kunna leda till ca mer än 30%-iga neddragningar i storlekar på besättningar. Förbättringar i informationsstyrning förväntas medföra ca 50 %:s reduktion i displaykostnader. En mer än ca 500% ökning av sannolikheten för upptäckt och precisionshantering av mål uppskattas integrerade visuella och tredimensionella auditiva displayer innebära.

Man har vidare uppskattat att satsningarna kan leda till en fördubbling av förbättringar i noggrannhet och tillförlitlighet i kritiskt beslutsfattande.

För strid i mörker eller andra svåra väderförhållanden uppskattas satsningarna på nya displayer (hjälmmonterade och huvudmonterade) leda till ca 50%-iga förbättringar, de nya panorama mörkerglasögonen till en ca 160% ökning av synfältet, totalt ca 50 %-ig ökning av målförståelse.

Satsningarna på skydd till ca 20%-iga viktminskningar av personlig utrustning,

Nya datorbaserade träningsteknologier, simuleringshjälpmedel m.m. beräknas resultera i förbättrade utbildningsinsatser samt minska tid och kostnader för träning motsvarande minst 30%-iga lägre kostnader.

Alla vapensystem, inklusive obemannade farkoster, är beroende av teknologierna inom *Human Systems*. Dessa teknologier utgör grunden för alla vapensystems hantering och underhåll. Man har skattat att satsningarna på *Human Systems* leder till ca 50%-iga minskningar av de totala livscykelkostnaderna. Sist men inte minst till en 80% minskning av skador och olyckor inklusive sådana med dödlig utgång.

Den forskning som pågår inom NATO är indelad i ett antal forsknings-och teknologiområden (*Research Technology Areas (RTA)*) och den forskning som pågår inom FoT MSI med Fysiologi kan sägas motsvara delmängder av den forskning som pågår inom NATO *Human Factors & Medicine Panel*, som även innehåller forskning inom Vapentraumatologi. Inom ramen för denna forskning förekommer svenskt FOI- deltagande i arbetsgrupper rörande mental arbetsbelastning, fysiologiska påfrestningar på flygförare vid flygning i högprestanda flygplan och vapentraumatologi.

Brittisk försvarsforskning motsvarande den inom FoT MSI med Fysiologi sker inom framförallt tre områden (1) Human-

vetenskap (*Human Sciences*), (2) Simulatorer, träning & människa-datorinteraktion (*Simulators, Trainers & Human-Computer Interfaces*) och (3) Personligt skydd (*Personnel Protection Measures*). Området (1) *Human Sciences* omfattar framförallt fysiologisk och psykologisk forskning, effekter av stress, motverkan mot trötthet, mental arbetsbelastning på operatörer och metoder för minskning av densamma. Området (2) *Simulators, Trainers & Human-Computer Interfaces* omfattar såväl träning av färdigheter som träning av taktiska uppgifter och träning för ledning. Området omfattar även forskning inom gränssnittsutformning och människa-datorinteraktion, syntetiska världar, virtuella och förstärkta verkligheter. Inom (3) *Personnel Protection Measures* sker framförallt forskning motsvarande den fysiologiska forskningen inom vårt FoT-område MSI med Fysiologi men också forskning motsvarande den inom FoT-området Vapentraumatologi. Forskningen rör fysiskt skydd, fysiska och medicinska motmedel samt kirurgisk behandling för skydd och överlevnad i alla slags stridsoperationer (mark, sjö, luft).

Den internationella forskningen innehåller även forskning som inte förekommer i svensk försvarsforskning. Forskning av så att säga 'omvänd ingenjörsvetenskap' (*Reverse Engineering*) pågår inom *Cognitive and Neural Science* där man utgår från människans fysiologiska och psykologiska funktionssätt och därigenom försöker skapa nya effektivare möjligheter inom maskinellt seende, autonoma farkoster, automatisk måligenkänning och telerobotik. Satsningar på bio-fysiologi kan också komma att leda till helt nya systemkomponenter. Man tycks också ha etablerat nya nationella säkerhetsstandarder för laserexponering mot ögonen. Dessa nya standarder kan komma att skydda soldaters syn samt även utgöra en grund för utveckling av avancerade laserskydd. Inom flygvapnet

studerar man generiska principer för mänsklig bildkommunikation.

DoD satsar ungefär 6% av sin totala budget på forskning inom området *Cognitive and Neural Science* och 13% på forskning inom *Biological Sciences*. Dessa siffror visar att USA ger hög prioritet åt forskning motsvarande den inom MSI med Fysiologi. Då delar av den forskning vi hänför till MSI med Fysiologi i Sverige sker inom tekniska områden som elektronik och datavetenskap (människa-maskininteraktion, beslutsstöd, informationspresentation och visualisering, distribuerad (interaktiv) simulering, virtuella världar, naturligt språk m.m.) medför detta att satsningarna i realiteten är än större.

Europeisk försvarsforskningssamverkan medför att nya konstellationer inom den internationella försvarsforskningen skapas. För svensk vidkommande har den inneburit en än högre grad av internationalisering och multilateral samverkan.

4 Projektvisa beskrivningar av genomförd verksamhet

4.1 Informationspresentation under belastning

(E5012)

Projektledare: Gunilla Derefeldt
jan-juli, Lars Eriksson aug-dec, FOI MSI

4.1.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Projektet har som övergripande mål att till delar uppfylla totalförsvarets behov av övergripande och specifik kunskap inom området informationspresentation. Verksamheten syftar till att studera, utvärdera och utveckla metoder, prototyper och tekniker för presentationsutformning samt säkerställa kompetens för avancerad presentation i komplexa människa-maskin system. Projektet är i första hand kun-

skapsuppbyggande med inslag av kunskapsavtappning.

Under 2001 har frågeställningar inom fem aktivitetsområden behandlats. Dessa fem är:

- (1) Inhämtning och bearbetning av information under G-belastning
- (2) Artificiell horisont och perifert visuellt flöde
- (3) Perspektivpresentation
- (4) Visualisering för informations-presentation i simulatorer och ledningsplatser, och
- (5) Utvärdering av informations-presentation.

Forskningsfrågorna inom respektive aktivitetsområde (1 – 5) kan i stort sammanfattas enligt:

- (1) Hur påverkas minnesfunktioner kopplade till visuell information under förhöjd +Gz-belastning? Beror synproblem på störningar vid själva inhämtningen av informationen eller tolkningen/hågkomsten av densamma?
- (2) Hur ska visuellt gränssnitt bestående av artificiell horisont med markyta utformas för att stödja en flygförarens spatiala orientering även vid situationer som medför risk för G-inducerad spatial desorientering?
- (3) Vilka är de perceptuellt kritiska faktorerna för informationstolkning vid perspektivpresentation avsedd för taktisk indikator i cockpit? Hur kan 3-D symboler användas?
- (4) Hur simuleras visuella filtereffekter (visir) på displayer och hur kan detta utnyttjas för anpassning av presentation i syfte att reducera/motverka effekter av filters visuella påverkan?
- (5) Vad omfattar en allmän översikt av vanligt förekommande MSI-utvärderings-

metodik för användbarhet vid systemutveckling? Vilken grundstruktur på granskningsformulär för MSI-utvärdering kan en sådan översikt ge?

4.1.2 Genomförda aktiviteter

Verksamheten har under året fokuserats på demonstratorarbete, skriftlig dokumentering samt förberedelse och planering av studier. Genomförda aktiviteter för respektive aktivitetsområde (1 – 5):

(1) En studie av minnesfunktioner relaterat till visuell information vid +Gz-belastning har förberetts och planerats, vilket lett till en ansökan om två experiment med titeln "Minne, uppmärksamhet och reaktionsförmåga i samband med ihållande G-belastning i humancentrifug" som inskickats till Karolinska Institutets regionala forskningsetikkommitté (KI Dnr: 01-209; godkänd med fortsatt handläggning).

Utifrån tidigare studie av färgseende under +Gz-belastning har ett vetenskapligt manuskript färdigställts, "Color vision during high +Gz", och insänts till tidskriften "Aviation, Space, and Environmental Medicine".

(2) Uppbyggandet av en demonstrator har påbörjats, vilken avser visualisera exempel på gränssnittslösningar av artificiell horisont och visuellt flöde som till delar bygger på tidigare experimentresultat.

Ett manuskript med titeln "Effects of distribution of peripheral visual flow on perceived spatial orientation" har färdigställts för insändning till vetenskaplig tidskrift. Ett abstract har inskickats till NATO RTA Human Factors & Medicine Panel (RTA/HFM) att presenteras på RTA/HFM symposium: "Spatial disorientation in military vehicles: Causes, consequences and cures" (A Coruña, Spanien, 15 – 18 april 2002). Bidraget har titeln: "On the possibility of counteracting or reducing G-induced spatial disorientation with visual displays".

(3) Utvecklingsarbete av demonstrator av perspektivpresentation har bedrivits i syfte att förbättra flexibilitet och realism i scenarier samt förbättra resultatutvärdering.

Kompletterande experiment har utförts om uppfattning av symboler och bedömning av relativa symbollägen på display med perspektivpresentation anpassad till flyginformation. Ett vetenskapligt manuskript, "Perception aspects on perspective aircraft displays", har färdigställts och insänts till tidskriften "Displays". Bidrag till HFA-konferens ("Swedish Centre for Human Factors in Aviation") 2001 i Linköping: "Symbols and symbol relations in perspective aircraft displays".

(4) Baserat på visuell perception (människans) och CIE X, Y, Z, -värden har en modell och demonstrator tagits fram för att illustrera simulering av visirfiltereffekter på displayer av typerna CRT och LCD. Arbetet har muntligt presenterats vid SSAB:s årliga symposium om bildanalys, Norrköping 14 - 15 mars, och skriftligt dokumenterats i SSAB Proceedings: "Filter simulation on CRT and LCD displays".

(5) En rapport om metodik för MSI-utvärdering vid systemutveckling med bifogat utkast till granskningsformulär har färdigställts för att ges ut som FOI-rapport under 2002.

Utöver ovanstående har i samarbete med ett delprojekt inom Nationellt Flygtekniskt Forskningsprogram 2 (NFFP2) ett abstract inskickats till "IS&T/SPIE's 14th Annual Symposium on Electronic Imaging: Science and Technology" (San Jose, Kalifornien, USA, 20 – 25 januari 2002) med titeln: "Individual differences in visual behaviour in simulated flight". Verksamhet har också uppstartats med inriktning på MSI-utvärdering utifrån operatörers styrpaksbeteende, med visst samarbete med projekt om operatören i marina system (E5010).

4.1.3 Framkomna resultat/slutsatser

(1) Resultaten visade att förmågan att identifiera och benämna fem väl utvalda färger kunde göras korrekt i 96.6 % av fallen vid +Gz-exponering och snabb G-tillväxt upp till och med +9Gz. Inga signifikanta effekter av Gz-belastning erhöles på förmåga att identifiera färgerna. Vid +9Gz förekom felaktigheter i färgbenämningar i en omfattning som motsvarade black-out och G-LOC tillsammans. Symbolstorlekarna var större än de på aktuella taktiska symboler presenterade på indikatorer i cockpit. Ytterligare studier av mindre symbolstorlekar, av fler kontrastnivåer, av direkt och indirekt seende behövs innan säkra råd och riktlinjer för design av displayytor i cockpit kan ges.

(2) Resultaten från ytterligare analyser av utförda experiment indikerar att det inte är helt entydigt att en stor del av det centrala synfältet kan utelämnas från presentationen utan förlust av effekt. Detta kan indikera att horisontlinjen bör finnas representerad i centrala synfältet, som förstärkning till det visuella flödet som presenteras i perifera delarna av synfältet. En enklare prototyp för huvudmonterade och visuellt perifera displayer har realiserats inom ramen för ett projekt finansierat av FOI Innovationsfond. Prototypen är en idéprodukt framförallt av samarbete med Uppsala universitet (ursprungsidé: Professor Claes von Hofsten) om artificiell horisont och visuellt flöde inom NFFP och E5012, och har börjat utnyttjas för utprovning av gränssnittslösningar parallellt med utveckling av demonstrator. Kontakt har tagits med Saab Avionics för eventuell vidare utveckling gentemot en mer avancerad prototyp av visuellt hjälpmedel som stöd för flygförarens spatiala orientering.

(3) De utförda experimenten med symbolidentifiering/orientering och lägesbedömning av målsymbol relativt egen-symbol har gjorts med statiska bildpresentationer. Resultaten visar bl.a. på

svårigheter att bedöma symbolers spatiala 3D-positioner avseende azimuth och elevation med statiska scenarier. Utvecklingsarbetet av demonstrator har bl.a. resulterat i att dynamiska scenarier kan utnyttjas för demonstration, resultatutvärdering och experiment. Detta möjliggör framtida utvärderingar nödvändiga för uppställande av rekommendationer och riktlinjer inför eventuell implementering av system med perspektivpresentation.

(4) Visir (och hjälmmonterade displayytor) ändrar den till ögat mottagna spektralfördelningen och därmed även uppfattad färg. Resultaten påvisar en framtagna metod möjlig för simulering av hur filter ger visuellt uppfattad färgpåverkan. Metoden möjliggör kompensation för eventuellt färgbortfall/minskad kontrast när visir (och liknande) används, och därmed kan displayinformation optimalt anpassas till olika visirs egenskaper.

(5) En allmän översikt av vanligt förekommande MSI-utvärderingsmetodik för användbarhet vid systemutveckling sammanfattas i en rapport. Rapporten anger förslag på granskningsformulär för MSI-utvärdering vid systemutveckling, vilket bl.a. kan bidra till dels en övergripande bild av utvärderingsprocessen samt även tjäna som verifiering av och, i bästa fall, kvalitetssäkring för systemutvärdering. För- och nackdelar med utvärderingsmetoder och gransknings-formulär tas upp."

4.1.4 Kunskapsspridning

Resultaten har presenterats såväl skriftligt som muntligt och föredragits för FM, FMV och Förvarsindustri (Hägglunds Vehicle AB). Blickregistreringsutrustning har demonstrerats för förvarsministern och FMV. Informationsutbyte har skett med HMI-grupper från Saab AB, Saab Avionics, och HFA/IKP/LiU. Projektet har i form av föredrag deltagit i undervisning för studenter vid Luleå Tekniska universitet. Resultaten har presenterats vid natio-

nella och internationella konferenser. Resultaten har presenterats i FOI Memo (se bilaga).

4.1.5 Nytt/effekter för uppdragsgivaren

Projektets i första hand kunskapsuppbyggande verksamhet ger underlag för att utvärdera och anpassa informationspresentationen till operatörers ofta situationsberoende förmågor. Påverkan på operatörens visuella perception är här av central betydelse. Råd och riktlinjer för utformning av visuell displayinformation och vid utprovning av nya presentationstekniker är därför några av effekterna som är till nytta för FM.

Fyra (1 – 4) av de fem aktivitetsområden verksamheten behandlat har primärt berört flygföraren i dennes belastningsextrema miljö som gett underlag för nämnda råd och riktlinjer. Delar av forskningsresultaten inom aktivitetsområden (2), (3), (4) kan dessutom finna tillämpbarhet i såväl marina som markbundna FM-miljöer. Verksamheten inom aktivitetsområde (5) har resulterat i en allmän översikt av MSI-utvärdering vid systemutveckling som kan utgöra en första ansats till upprättande av granskningsformulär vid utveckling av system avsedda för FM.

4.1.6 Internationellt avtalsbundet projektsamarbete

Inom ramen för överenskommelse med USA, "Memorandum of Agreement (MoA)", om "Cooperative research and development efforts in the field of aircrew protection and performance" sker informationsutbyte inom ett föreslaget annexavtal (Annex F): "Human Centered Controls and Displays". Samarbete sker med US Air Force Research Laboratory, Wright-Patterson Air Force Base, Dayton, USA.

4.1.7 Fortsättning

Projektet fortsätter under 2002 och med slutår 2003. Fortsättningen under 2002

berör i huvudsak inhämtning och bearbetning av information under G-belastning, perspektivpresentation, artificiell horisont och visuellt flöde, och MSI-utvärdering med blickpunkts- och ögonrörelseregistrering.

4.2 Sensorsoldat 2010

(E5026)

Projektledare: Stig Sandberg, FOI MSI

4.2.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Projektet har påbörjats under året och är i första hand kunskapsuppbyggande. Genom arvet från laserskydd och mörkerstrid är det också avtappande. Motivet till att projektet startats är den genomgripande förändring av enskilda soldaters kapacitet som elektronik- och optronikutvecklingen möjliggör. I likhet med andra försvarsmakter har FM en ambition att utrusta och utbilda soldater som skall kunna uppträda i förband i en traditionell roll, som sensorbärare, som vapenoperatörer och som operatörer av andra system. De skall kunna samarbeta med gruppen, sin egen plattform och högre förband.

De fysiska och mentala kraven på individen kommer att öka. Soldaten skall kunna sköta utrustning med allt flera och i många fall komplexa funktioner. Han skall kunna uppträda i krävande stadsmiljö och uppfylla krav på ökad stridseffektivitet. Frågan är vilken utrustning och utbildning som gör soldaten effektivare än motståndaren. Vilken utrustning kan han handha även under miljömässigt ogynnsamma och stressade förhållanden, som ger en rimlig arbetsbelastning och känsla av kontroll.

Projektet är inriktat på strid under ogynnsamma förhållanden och under första året har fyra delområden bearbetats:

(1) Adaptationsförhållanden och visuell prestationsförmåga i skymning och mörker

(2) Användning av bildförstärkare och laserskydd,

(3) Krav på optronik och stödssystem bland annat för interaktion med gruppen/plattformen samt

(4) Uppbyggnad av ett huvudburet presentationssystem

Kartläggningen av adaptionsvillkor syftar bland annat till att skapa en kunskapsbas för optimering av displayer och ögonskydd. Försöken med bildförstärkare och laserskydd syftar till att förbättra prestationsförmågan i mörker, den kanske svåraste miljön att genomföra strid i. Analysen av interaktion med gruppen och plattformen, såsom SEP och UGV, syftar till att optimera den enskilda soldatens effektivitet genom att tillvarata nya möjligheter. Slutligen byggs ett inledningsvis huvudburet presentations-system upp för att möjliggöra fältförsök med videobaserade sensorbilder och datorgenererad grafik. Målet är att ta fram en utrustning för demonstration och utvärdering av den framtida soldatens kapacitet, med särskild inriktning mot användning av elektrooptik och integration med skydd, för strid under verkligt krävande förhållanden.

4.2.2 Genomförda aktiviteter

Ljusstyrkan i gryning/skymning och under natten försämrar förutsättningarna att lösa militära uppgifter. Det gäller både visuellt och med stöd av elektrooptiska sensorer. I framtiden ökar kraven på mörkerkapacitet och kapacitet under i övrigt ogynnsamma förutsättningar, som i dåligt väder, i svåröverskådlig stadsmiljö och under störda förhållanden.

Att utforma bildförstärkare med tillräcklig dynamik som automatiskt eller manuellt går att justera till optimala förutsättningar har visat sig vara en svårare uppgift än förväntat. Med dagens utformning kan mål maskeras, det egna uppdraget röjas och

överlevnaden riskeras, bland annat på grund av för ljusa displayer och därmed för långa readaptationstider. I motljus är de flesta system mycket svåra att använda, vilket till exempel kan leda till fastkörning eller till överraskande motverkan från fiendliga positioner.

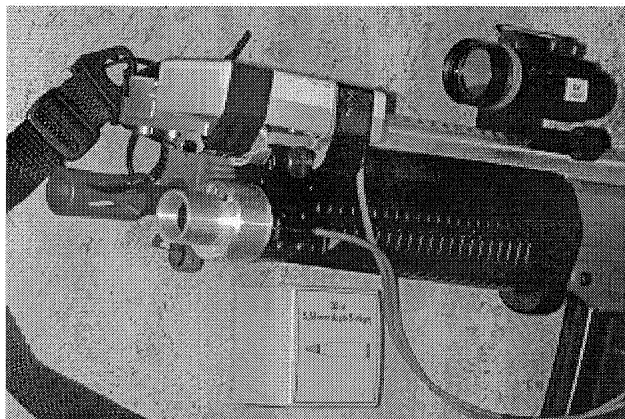
För att kunna optimera förutsättningarna såväl visuellt som med bildförstärkare, till exempel i kritiska situationer som i motljus, har uppmätning av kontrastförhållanden och luminansnivåer skett. Samtidigt har observationsprov genomförts mot verkliga mål, kontrasttavlor, färgprov och kartor.

Påbörjade experiment avseende skydd av bildförstärkare mot störning från anti-sensorlasrar har slutförts. Erfarenheter av bildförstärkaranvändning och mörkerriktningsmedel har tappats av och krav på nya system har specificerats.

För att kunna ta fram principer för presentation av sensorinformation, geografisk information, lednings-systeminformation, siktesinformation och annan för individen vital information pågår utveckling av ett huvudburet presentationssystem. Detta kommer att jämföras med alternativa sätt att presentera information, till exempel med hjälp av displayer på armen eller vapnet. Olika former av manöverorgan kommer att testas för hantering av informationen. Syftet är att genom experimentellt upplagda förbandsförsök hitta den med hänsyn till strideffektiviteten och belastningen effektivaste lösningen. Verksamheten samordnas med övrig verksamhet inom FM genom deltagande i MARKUS och i projekt inom området strid i bebyggelse. MARKUS står för markstridsutrustad soldat.

Som huvudburen display utnyttjas en AMLCD-display, till vilken en individuell justerbar upphängning utvecklats. Med hjälp av denna har kartbilder och bilder

från en vapenmonterad kamera presenterats för soldaten. Kamerahus och fästen har också utvecklats. Grafik kan överlagras på videobilden, till exempel i form av GPS-position. Med hjälp av en liten videolänk har också bilder överförts i närområdet. Vapnet har utrustats med en nyutvecklad skena som motsvarar visirlinjens totala längd, vilket ger stor frihet att montera sensorer, bäringsgivare och annan utrustning. Skenan håller föreslagen internationell standard. Bilden nedan visar den främre delen av vapnet, med skena, kompass, TV-kamera och ett klassiskt optiskt sikte.



4.2.3 Framkomna resultat/slutsatser

Observationsförsök och mätningar av ljus- och kontrastförhållanden har visat att de visuella förutsättningarna i skymning och mörker kan vara mycket komplexa, även då soldaten inte uppträder i bebyggelse. Luminansen hos displayer bör därför kunna regleras mera än idag. För att förbättra situationsmedvetenheten vid uppträdande i en mycket mörk miljö kan det även vara önskvärt med en manuell möjlighet till reglering av bildförstärkarfosforens luminans.

De kontrastmätningar som genomförts i motljus nattetid ger en grund för tillverkarna av bildförstärkartuber att optimera förstärkningsregleringen. Därigenom

kan användaren ges förutsättningar att genomföra normala arbetsuppgifter även i motljussituationer, vilket är mycket svårt eller omöjligt idag. Optronisk utrustning och specifikationer av sådan utrustning har granskats och de förslag på förändringar som lämnats har arbetats in i underlagen. De prov med transparenta displayer som genomförts har visat på otillräcklig transmission hos displayerna, vilket påverkar valet av försöksmateriel för MARKUS-studien. I hemliga rapporter har också effekter av laserskyddsfiltrering på kontrastseendet med bildförstärkare rapporterats.

En första version av ett huvudburet presentationssystem för den framtida soldatens interaktion med vapen och sensorer har testats i fält. Ett system för kartplottning av soldatens position och en av honom vald referensriktning har också testats. Principerna har fungerat men det återstår mycket arbete med kalibrering och optimering.

4.2.4 Kunskapsspridning

Forskningen berör marktrupp inom hela försvarsmakten. Såväl armé-, flygbas- som marinbas-förband hålls därför informerade genom föredragningar, delårsrapporter och andra rapporter. Avsikten är att under kommande år komplettera med demonstrationer i fält. Resultaten har presenterats i FOI Memo (se bilaga).

4.2.5 Nytt/effekter för uppdragsgivaren

Underlag för förändring av det taktiska uppträdandet och för specificering av krav på materiel har tagits fram. Det gäller till exempel riktlinjer för användning av bildförstärkare, anpassning vid användning av laserskydd och krav på optronisk materiel. En första version av ett video- och datorbaserat huvudburet presentationssystem, som kan användas av sensor-operatörer och för insats med det egna eldhandvapnet, har också tagits fram. Svårig-

heter vid användning av sensorbilder som presenteras på semitransparenta huvudmonterade displayer har studerats och får på sikt sannolikt konsekvenser för utformningen den framtida soldatens presentation.

4.2.6 Internationellt avtalsbundet projektsamarbete

DSTO i Australien genom FOI Sensortechnik och flera amerikanska forsknings- och utvecklingsorganisationer genom FMV Information Exchange Agreement: Night Vision and Electronic Warfare Issues.

4.2.7 Fortsättning

Projektet byter 2002 namn till Den framtida soldatens behov, med tyngdpunkten lagd på den avsuttna soldaten.

4.3 Datafusion för underlättande av plattformsoperatörers strid

(E7022)

Projektledare: Dan Strömberg,
FOI Ledningsystemteknik

4.3.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Flygförare och fartygsoperatörer arbetar i mycket komplexa miljöer. Informationen om omvärldssituationen byggs upp dels av data från egna sensorer men också av data från grannplattformar och andra informationskällor såsom stridsledningscentraler. De taktiska bedömningarna utgår från presentationer av (bearbetade) sensordata samt tolkningar av dessa i form av lägesbilder och fusionerad sensorinformation. Tolkningen bygger på presenterade, inlärd eller erfarenhetsbaserade slutsatser om de orsakssamband som ligger bakom sensordata. Viktiga exempel på stridssituationer gäller mark- respektive luftstrid. Behovet av beslutsstöd för att agera i dessa situationer är stort. Projektet avser att (1) bygga upp förståelsen av informationsbehovet samt att (2) delta i uppbyggnad, simulering och utvärdering av metoder och

verktyg för operatörsanpassade beslutsstöd i dessa två typer av stridssituationer.

Målet för forskningen under 2001 var att ta fram och utvärdera metoder för beslutsstöd i luft- och markstrid, samt sjöstrid. Informationstillgängligheten antas vara avgörande för stridens utgång. Projektet skall fortsätta utveckla och bedöma nya presentationsformer, tex temporala displayer och datafusions-algoritmer för luft- och sjöstrid, men parallellt också förstärka förståelse och konstruktioner av flygplansburna beslutsstödsverktyg för markmålsstrid.

Sedan tidigare arbetar projektet med utvecklingen av en sammanhållen programvara (simulator) för datafusion och sensorstyrning i en sensorbärande plattform tex flygplan eller fartyg. Simulatoren kan bli användbar också i flerplattformssystem och har då relevans för det nya nätbaserade försvaret. Stora insatser har under året gjorts för att driva detta arbete vidare, och arbetet har varit framgångsrikt.

Insatser har gjorts för att förbättra informationsinsamlingen som föregår luftunderstödd markstrid. Visualisering av markmålsinformation avsedd för flygförare är en vision i projektet. Under 2001 utvecklades ett verktyg för underrättelseinhämtning för markmål.

Projektet har också inlett analysarbetet beträffande behov av beslutsstöd och datafusion inom marinen.

Projektet är både kunskapsuppbyggande (cirka 60%) och avtappande (cirka 40%).

Projektet har verkat inom flygförarområdet i cirka 5 år och i den marina miljön i ett år.

4.3.2 Genomförda aktiviteter

Temporaldisplay. Den av oss utvecklade displayen har efter utvärdering rapporterats och presenterats på konferenser. Den har också vidareutvecklats och implementerats i vårt nya datafusionsnod.

Ett verktyg för utveckling och utvärdering av algoritmer och arkitekturer av datafusion och sensorstyrning har utvecklats till ny version. Detta har lett till utvecklingen av en plattformsgenerell datafusionsnod. Programvaran är komplex och kommer att fortsättningsvis utgöra en grundstomme för forskningsarbete i detta och andra projekt (bl a LedsystT). Arbetet har resulterat i en rapport.

Beslutsstöd för markmålsinsatser. Arbeta har utförts för att utveckla metodik för sammanlagring av SAR-bilder och kartor. Arbetet har utförts i samverkan med avd för sensorteknik och har resulterat i en rapport.

4.3.3 Framkomna resultat/slutsatser

Substantiella resultat har uppnåtts i de tre aktioner som projektet planerade: Temporal displayer (en internationell konferensrapport), Datafusionsnod displayer (en internationell konferensrapport och en kundrapport) samt Beslutsstöd för markmålsinsatser (en kundrapport). Datafusionsnoden har vidareutvecklats vad beträffar funktionalitet, robusthet, demonstrerbarhet och säkerhet. Ny implementation av temporaldisplayen har utvecklats.

4.3.4 Kunskapsspridning

Temporaldisplayen presenterades på seminarium som sedan följdes upp i särskilt möte med HKV:KRI/LUFT för diskussion om projektinsatser i arbetet kring "Systemlyft JAS".

Datafusionsnoden har verktygskaraktär men har presenterats på av FOA anordnade möten med FMV och försvarsindustrin i anledning av LedsystT-projektet.

Ett antal möten (4+) med olika marina kunder (BÖS, Muskö, PTK Visby, MTK) har anordnats för att presentera projektets forskningsprofil samt för att mer direkt kunna tillgodose marinens behov av beslutsstöd och datafusion.

Kunskapsspridning för markmålsinsatserna har kanaliserats genom andra kanaler (via

avd för Sensorteknik).

Resultaten har presenterats i FOI Memo, i FOI rapporter samt vid två internationella konferenser (se bilaga 1).

4.3.5 Nytt/effekter för uppdragsgivaren

Den temporal displayen har utvecklats, utvärderats och demonstrerats i samverkan med SAAB, som i sin tur överför FOI-innovationen till FM. Utvärdering har gjorts och analyserats genom FOI försorg genom anlitande av FM piloter.

Dagen stridsplattformar saknar till stor del förmåga till datafusion och sensorstyrning vilket försämrar möjligheter till informationsöverläge och situationsmedvetenhet. Dessutom saknas i dag kunskap om hur ett nätbaserat försvar skall kunna organiseras. Projektets kunnande är i detta sammanhang ytterst relevant. Den plattformsbaserad datafusionsnoden har efterfrågats i olika sammanhang inom FMV (LedsystT) och FM:HKV (Per Nilsson). Under 2002 skall projektet visa hur flera stridsplattformar (av olika typ) kan samverka för informationsinsamling, insats mm.

Beslutsstöd för markmålsinsatser har en stor efterfrågan inom FM. Projektet har där utvecklat en ny metod för sammanläggning av karta och SAR-bilder som bör kunna bli en modell för sammanläggning av olika sensorers data beträffande markmål.

4.3.6 Internationellt avtalsbundet projektsamarbete

Förekommer inte.

4.3.7 Fortsättning

Projektets slutår är 2002. Enligt planen skall projektet då kunna demonstrera ett antal applikationer som visar på betydelsen av datafusion och sensorstyrning på plattformsnivå. Resultaten från detta projekt planeras bli omhändertagna i ett nytt projekt som planeras starta 2003, nämligen "Beslutsstöd för plattformsoperatörer".

4.4 Kognitiv operatörsplats (E5030)

Projektledare: Ulf Berggrund, jan-aug,
Jörgen Trued, sept-dec, FOI MSI

4.4.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Avsikten med projektet är att demonstrera och utveckla olika lösningar för att förbättra miljön för operatören/piloten i ett framtida stridsflygplan. Under året har vi samarbetat med DERA/CHS i Farnborough, UK. Arbetet med att bygga upp experimentmiljön vid institutionen, hård- och mjukvarumässigt har fortsatt.

4.4.2 Genomförda aktiviteter

FOI inbjöds speciellt till DERA/CHS för en föreläsning av resultatet av sin Cognitive Cockpit. Det handlar om den demonstrator som de under ett antal år byggt samman och som nu förelägsades för första gången. DERA placerade en pilot i en experimentmiljö där ett flyguppdrag genomfördes med det stöd som systemet ger enligt de grundprinciper som utarbetats bland annat i samverkan med FOI. Piloten hade bestämt en egen profil för hur information skulle presenteras för honom utifrån hans individuella preferenser. I bakgrunden fanns den stora databank som tillkommit genom DERA's samarbete med Epistemics Ltd. för att samla in information och kunskap från olika flyguppdrag för att kunna använda dessa data i en systemdatabas. Själva simuleringen var gjord i, VAPS, VEGA - MultiGen Creator och STAGE. Piloten var uppkopplad med ett antal sensorer på kroppen och huvudet för att ge den biofeedback som systemet kräver. Flyguppdraget var ett Air-to-Ground. FOI anser att denna forskningsbedrift är av yttersta världsklass inom sitt område.

COGNET : DERA har under året använt sig av den COGNET kod för ett förenklat attackuppdrag, som tagits fram i en HFA rapport av Stellan Borg 1996.

Det integrerade arbetet med att bygga upp en allmän experimentmiljö för operatörsplatser vid avdelningen har fortsatt, med projektet kognitiv operatörsplats som en första tillämpning. Hårdvara i form av Saitek HOTAS kontroller har införskaffats till projektet. Dessa har kopplats samman till Flygsimulatoren F/A 18 Hornet. Vi har utvärderat möjligheten att använda oss av denna programvara. Under året har avdelningen införskaffat ytterligare en simulator med möjlighet att bygga en egen cockpit. Programmet heter X-plane.

Experimentmiljön för projektet har utvecklats genom att ett PC-spel har provats för att ge en mer realistisk flygdynamik. Försök görs att integrera spelet X-plane med en befintlig omvärld som körs i Vega. Ett annat område vi studerat är hur man skall simulera en huvudmonterad display i Vega med hjälp av en headtracker. Det har även provats ett enkelt system för röststyrning med Microsofts game voice, vilket har fungerat bra. Vi har samtidigt letat efter verktyg för scenariogenerering för att skapa andra flygplan som rör sig i omvärlden. Då dessa verktyg är för dyra kommer vi att utveckla egen programvara för att generera enkla rörliga objekt i omvärlden.

4.4.3 Framkomna resultat/slutsatser

Arbetet med att utveckla en experimentmiljö för Kognitiv Cockpit integrerat med arbetet att ta fram en avdelningsgemensam resurs för experiment i olika operatörmiljöer har fortgått under året. Projektet har varit involverat i avdelningens framtida inköp av plasmaskärmar och generisk operatörsstol.

DERA's demonstratorpresentation har varit en "milstolpe" i sig. DERA har visat att det är möjligt att bygga en fungerande demonstrator. Detta faktum har givetvis fört oss framåt i våra funderingar kring vårt eget projekt.

Vid kurv-och energistrid är för air-to-air förloppen grundläggande att piloten har kontroll över inte bara sina vapensystem och räckvidder etc. utan även sitt läge i lufthavet visavi motståndaren. Att vara placerad så att man kan använda sig av sin energipotential i ett givet läge är ett taktiskt övertag. Att snabbt kunna accelerera till en viss hastighet eller höjd med hjälp av gravitationslagar eller motoreffekt är ofta avgörande för att placera sig i ett gynnsamt läge. Kurvstrid är däremot kopplat till farkostens möjligheter att manövrera sig, för att på så sätt få ett övertag i duellen. Projektet har skissat på möjliga sätt att visualisera skillnaderna mellan kombattanterna så att piloten får se sig själv i jämförelse med motståndaren. På detta sätt kan systemet vägleda och ge information om var piloten skall placera sig för ett optimalt och förhoppningsvis effektivt uppträdande i lösandet av uppgiften. Detta tankesätt har utvecklats gemensamt med FTK efter de diskussioner vi hade hösten 2000.

Grundtankarna emanerar från det tidigare presenterade målbollarna (Goal-Balls), ett sätt att sätta samman information från olika system till ett enkelt hanterbart som inte är så krävande att arbeta med.

4.4.4 Kunskapsspridning

Resultaten rapporteras till HKV:STRA

4.4.5 Nytt/effekter för Forsvarsmakten

Avsikten med projektet är att demonstrera och utveckla olika lösningar för att förbättra miljön för operatören/piloten i ett framtida stridsflygplan. Detta sker genom att funktioner och beslutssystem optimeras för den enskilde flygföraren utifrån de senaste kunskaperna inom, Människa – System – Interaktions (MSI) området. Därtill skall vi arbeta för att säkerställa flygförarfunktionen som en central del av framtidens flygvapen, ett flygvapen med mänskliga beslutsfattare i luften som kan hantera komplexa situationer. Den integre-

ring som nu genomförs med uppbyggnaden av avdelningens gemensamma testmiljö för operatörsplatser, kommer projektet att mera direkt kunna medverka till att framtagna resultat kommer även andra operatörsplatser inom försvaret och på den civila marknaden till godo.

4.4.6 Internationellt avtalsbundet projektsamarbete

Projektet är ett samarbetsprojekt mellan DERA, Centre for Human Sciences, Farnborough, reglerat i ett MoU mellan UK och Sverige. Detta MoU kommer under 2002 att ersättas med ett nytt avtal för forskning inom området Cognitive Cockpit.

Arbetet med att bygga upp en för avdelningen gemensam experimentmiljö kommer att fortsätta under år 2002 och kommer att inriktas i en första fas på projektet Generisk Kognitiv- Perceptuell operatörsplats. Experimentverksamheten beräknas kunna komma igång under sommaren. Kontakt är etablerad med FOI's avdelning för Systemteknik där det idag finns en cockpit simulator som benämns "Fenix". Systemteknik kan stötta projektet främst vad det gäller programmering, simulering och modellering.

Samarbetet med England kommer att fortsätta med framförallt erfarenhetsutbyte. Ett möte med Robert Taylor DSTL och Joanne Marsden MoD ägde rum under våren 2002.

Samarbetet med FTK kommer att fördjupas, dels för att sprida information om projektet och framförallt för att få kunskap om för användaren relevanta frågeställningar.

Projektet är i sin gamla organisationsform avslutat men DSTL, MoD samt QinetiQ är intresserad av en fortsättning av ett liknande program.

Projektet har möjlighet att få material till en undersökning via Saab Military Aircraft. Det rör sig om ett antal inspelade attackuppdrag.

4.5 Operatören i marina system (E5010)

Projektledare: Björn Norlin,
FOI MSI

4.5.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Projektets syfte är att bevaka att MSI-synpunkter beaktas i tillräcklig utsträckning vid projektering av nya marina vapensystem och vid remo av gamla. Arbetet sker i samarbete med FM, MTK, FMV, PTK Visby och marina förband. En viktig målsättning är att utformningen av operatörsplatser görs så att operatörens situationsmedvetande blir så bra som möjligt, samtidigt som den mentala arbetsbelastningen hålls på en acceptabel nivå.

4.5.2 Genomförda aktiviteter

Arbetet med stridsledningssystemet CETRIS har fortsatt. Studierna har gällt såväl färgsättning av själva kartbilden som färgval och utformning av symboler. Arbetet har gjorts i lab på FOI och i samarbete med PTK Visby, FMV och SAAB Technologies.

En utredning gällande utformning av akustiska larm i CETRIS har genomförts.

Gränssnittet för spaningsradar har granskats och förbättringar har utarbetats.

På begäran av PTK deltar vi i referensgruppen MSI Bryggutformning.

I avsikt att utöka forskningsgruppens kontaktnät har vi framträtt med föredrag vid symposiet "Människa-teknik i sjöfarten". Mötet arrangerades av SSPA, Chalmers och KTH och hölls i Göteborg 7 juni 2001.

Vidare har vi deltagit i det NATO-stödda mötet "Decision Making in the 21:st Century: Multi-national Issues in Team Training and Performance", som hölls i Paris, Frankrike 13-15 juni 2001.

Två projektmedlemmar har deltagit i "The 2nd International Symposium on Human Factors On Board" i Bremen, Tyskland.

Viktiga kontakter har knutits med:
Hochschule Bremen, Fachbereich Nautik
Deutsche Gesellschaft Für Ortung und Navigation EV
Sjöfartsverket
Chalmers

Ett kontaktnät för personer med intresse för MSI i marina sammanhang är under uppbyggnad. Sammanhållande är FOI MSI och Linköpings universitet.

Ett studiebesök har gjorts i Sjöfartsverkets nya bryggssimulator på Arkö. En mycket bra omvärldssimulering med 210° synfält med användande av vanliga kontorsdatorer och projektorer (COTS). Framtida samarbete diskuterades. Mjukvaran är utvecklad av ryska TRANSAS och vi undersöker möjligheterna att få använda den i forskningssyfte.

En medarbetare har deltagit som gästföreläsare på inbjudan av Sjöbefälsskolan i Kalmar.

En projektmedlem har deltagit i konferensen Safety Aspects, Experiences from Accident Investigation Boards, anordnat av Nordic Institute of Navigation (NNF) i Oslo i oktober.

Formerna för medverkan i Pg Viking har diskuterats med projektgruppen. En medlem i forskningsgruppen har dessutom deltagit i ett Pg-möte i Odense, Danmark.

Två projektmedlemmar har undervisat på kurs i navigeringssimulatorteknik och MSI,

inom fackprogrammet för högre nautisk utbildning vid FHS.

4.5.3 Framkomna resultat/slutsatser

Den snabba tekniska utvecklingen har mycket stor betydelse för MSI-forskningen. Utvecklingen när det gäller operatörs-vänlighet har dock inte alls hållit jämna steg med den tekniska. Användningen av kraftfulla datorer ger naturligtvis potentiellt goda möjligheter till en god människa-maskinanpassning men dessa möjligheter har inte utnyttjats till fullo. I samarbete med FMV och PTK Visby eftersträvas systemlösningar som tar hänsyn till människans förmåga och begränsningar.

4.5.4 Kunskapsspridning

Resultaten rapporteras kvartalsvis till HKV:STRA/Utv.

4.5.5 Nytt/effekter för Försvarsmakten

Arbetet vid utveckling och projektering av operatörsplatser i Kv Visby och YS/Ny syftar till att åstadkomma effektiva systemlösningar, där operatören har god situationsmedvetenhet och utsätts för en rimlig mental arbetsbelastning. I sådana systemlösningar blir risken liten för misstag och olyckshändelser.

4.5.6 Internationellt avtalsbundet projektsamarbete

Förekommer inte.

4.5.7 Fortsättning

I stället för att som i dag arbeta med aktuella materielprojekt på en relativt hög detaljnivå, borde gruppen verka för att utarbeta mer generella riktlinjer och rekommendationer för MSI-optimering av system.

Ett sådant arbete är både svårt och tidsödande och måste ses som en långsiktig satsning. Mycket talar dock för att den med

tiden blir mycket lönsam både i tillverkar- och användarledet.

Forskargruppen kommer i fortsättningen att inrikta sig på 3D-presentation och utformning av larmsystem.

Så snart tillfälle ges kommer utvärderingar av ledningssystemet CETRIS och manöverbryggan att göras. Detta skall ske ombord på kv Visby och i samarbete med PTK.

4.6 Mental arbetsbelastning och prestation

(E5022)

Projektledare: Erland Svensson,
FOI MSI

4.6.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Projektet bidrar med beteendevetenskaplig och systempsykologisk kunskap och erfarenhet av betydelse för värdering och utveckling av flyg- och vapensystem med avseende på operatörsfunktionen samt för utbildnings- och uppdragsvärdering. Profilen specifik systemkunskap i kombination med kunskap om flygföraren som ett psykologiskt system är härvidlag slagkraftig. Inte bara den enskilde operatörens funktion utan även gruppens funktion och prestation är i fokus. Verksamheten inom projektet innefattar ett antal inbördes relaterade delaktiviteter.

'Informationskrigets' krav påverkar flygförarens mentala arbetsbelastning (Pilot Mental WorkLoad, PMWL), situationsmedvetande (Situational Awareness, SA) och operativ prestation (OP). Mängden syntetisk information och kraven på besluts kvalitet ökar. JAS-systemet bygger på informationsutbyte och samverkan mellan olika parter (ff, fls, rote, grupp). För system- och utbildningsvärdering krävs utveckling av praktiskt användbara metoder för mätning av PMWL, SA och OP inte bara för den enskilde ff utan även för gruppen. Därför tillkommer värdering av

olika aspekter på samverkan. Projektets syfte är att utveckla såväl:

- (1) Statiska mått (som sammanfattar t ex förloppet under ett uppdrag) som dynamiska mått (som beskriver snabba förändringar under t ex en anfallsfas).

Måtten kan indelas i tre kategorier: psykologiska, psykofysiologiska och prestationsbaserade. Uppdragsanalyser, beskrivande analyser och psykologiska modeller av hur flygföraren integrerar information från olika källor, fattar beslut och handlar under realistiska förhållanden, utgör basen för metodutvecklingen.

För att kunna utveckla t ex praktiskt användbara beslutshjälpmedel måste vi kunna mera om hur den enskilde flygföraren eller operatören och gruppen fungerar under hög informationsbelastning och psykologisk stress. Följande frågor är centrala i vår forskning:

- (2) Vad påverkar beslutsprocessen och hur går den till?
- (3) Vilka psykologiska och fysiologiska faktorer påverkar minnes- och uppmärksamhetsprocesserna?
- (4) Vad är det som ger en ökad mental arbetsbelastning, och vilka effekter har den på prestationen?
- (5) Vilka psykologiska funktioner är kritiska vad beträffar mental arbetsbelastning, situationsmedvetande och operativ prestation?
- (6) Vad kännetecknar god samverkan?

Centrala och specifika frågor rör 'combat management'.

- (7) Hur och av vem skall gruppen ledas?

- (8) Skall ledningsstrukturen var fast eller flexibel?

- (9) Skall beslutsprocessen vara direktiv eller interaktiv?

- (10) Hur skall man uppnå en nära koppling mellan dynamiken i förloppet och beslutsprocessen?

- (11) Skall 'the combat manager' vara fysiskt närvarande i gruppen eller skall han/hon styra/leda på distans?

- (12) Vilken information skall 'the combat manager' ha tillgång till, och hur skall den presenteras?

- (13) Hur skall man uppnå hög flexibilitet med bibehållen stryktålighet?

Det är en grundförutsättning att gruppens prestationsförmåga, i det längsta, kan bibehållas, även då förutsättningarna försämras. Störfaktorerna är såväl externa som interna, såväl fysiska som psykiska. Filosofin bakom 'combat management' varierar mellan olika länder.

- (14) Hur skall (eller kan) synsätten integreras under internationella operationer?

Förutom FV-förbanden ger Flygvapnets LuftstridsSimuleringsCenter, FLSC, nya och unika förutsättningar för studium av förarfunktionen. Det gäller såväl den enskilde ff som samverkan mellan förbandsmedlemmar och med luftstridsledare (fls). Möjligheterna till studium av samverkan är mycket stora. Detsamma gäller värdering av olika presentationsalternativ och uppdrags- och systemegenskaper. Möjligheterna att göra jämförelser mellan reell och simulerad operativ flygning (studium av 'översättningsfaktorn') blir också bättre än tillförläp.

Den kunskap vi tar fram kring den enskilde operatörens och gruppens funktion och prestation är generell och tillämpbar i andra arbetsmiljöer än flygförarnas. Detta gäller i synnerhet i utvecklingen av ledningssystem och beslutsstöd inom den nya krigföringen. Under året har vi inom DS-gruppen (Decision Superiority) och inom M³I-gruppen aktivt medverkat i framtagning av underlag kring operatörfunktionen i framtida ledningssystem.

4.6.2 Genomförda aktiviteter och framkomna resultat under 2001

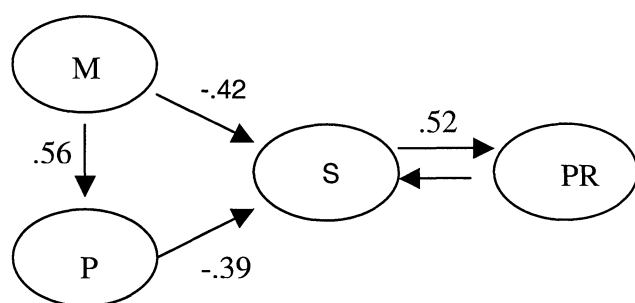
Verksamheten har centrerats mot analys av databaser från F17-studierna, rapportering av resultat, fortsatta laborativa studier kring mätning och av psykofysiologiska variabler (EKG, EOG och EEG), utveckling av algoritmer för analys av blickriktning, fortsatt utveckling av instrument för värdering av samverkan, fortsatt samverkan med USAF/RL inom MoA mellan USA och Sverige, planering och start av arbete med vår 'workpackage' inom VINTHECII (Visual INTERaction and Human Effectiveness in the Cockpit) (vi ansvarar för 'scenarios' och uppläggning av huvudstudierna i VINTHECII), fortsatt internationell samverkan i 'Action Group Pilot Mental Workload' inom GARTEUR, samt fortsatt medverkan i arbetet kring mätning av operatörfunktionen inom NATO Ag 008 'Operator Status Assessment'. Under året har vi planerat och genomfört en kurs i Kognitiv uppgiftsanalys (doktorandkurs 5 poäng).

Mycket av arbetet har gällt sammanställning av stora datamängder kring ff psykofysiologiska aktivitetsmönster [puls, pulsvariation (EKG), ögonrörelser (EOG) och hjärnaktivitet (EEG)]. Ett centralt problem är att finna sätt att jämföra eller korrelera psykofysiologiska och psykologiska data (skattningar). För dett krävs bl a att måtten omfattar samma tidsrymder. En prototyp av en databas har byggts upp. I den finala databasen skall vi kunna förskjuta

datasträngar på tidsaxeln (cross-correlations) och förändra de 'psykofysiologiska mått-enheterna'. Databasen är en förut-sättning för att vi skall kunna bygga modeller som inne-fattar både psykologiska och psykofysiologiska skeenden.

I en forskningsrapport 'Dynamisk värdering av operatörfunktion för framtida systemutveckling' under bearbetning presenteras resultaten från studierna vid F17. Studierna omfattar såväl data från simulerad som verklig flygning. Förarna har genomfört en specifika attackuppgifter upprepat under simulerade och verkliga förhållanden. Av resultaten framgår att de olika psykofysiologiska måtten (puls, pulsvariation, ögonrörelser) visar stor samvarians (60-70 % gemensam varians). Dessutom visar de psykologiska måtten (repetetivt genomförda skattningar av arbetsbelastning, situationsmedvetande och prestation) signifikanta samband med de psykofysiologiska måtten. Detta innebär, i faktoranalytiska termer, att vi kan kombinera genuint dynamiska psykofysiologiska mått och att dessa sedan kan kombineras med olika operatörsbedömningar. Förhållandet att vi kan kombinera olika typer av mått innebär att det samlade eller sammanvägda måttet får hög reliabilitet och validitet.

Sambanden mellan måtten har varit utgångspunkt för modellanalyser enligt LISREL. Av den slutliga modellen av förarfunktionen (figur 1) framgår att upplevd mental arbetsbelastning påverkar den psykofysiologiska reaktionen i det att pulsen ökar vid ökad belastning. Vidare framgår att såväl öknings i den upplevda som den psykofysiologiska reaktionen resulterar i en försämrade situationsuppfattning som, i sin tur, påverkar och interagerar med förarens prestation. Modellen stämmer väl överens med de vi tidigare utvecklat ur andra databaser.



Figur 1. Modell av hur mental arbetsbelastning (M) och puls (P) påverkar situationsmedvetande (S) och prestation (PR). Koefficienterna anger styrkan i effekterna.

Resultaten visar att vi nu kan börja utnyttja metodiken praktiskt vid FMV:PROV. Samarbete med FC kring utveckling av deras provmetodik har pågått. Vi har under hösten medverkat i utprovning av nödländningsmetodik för hkp. Dessa prov fortsätter under våren 2002.

De psykofysiologiska måtten på hjärnans aktiveringsgrad (EEG) är komplexa och störningskänsliga. Vi har därför studerat andra metoder för analys av CNS-aktivitet. Nya USAF/RL-studier visar att neuropsykologisk mätmetodik är en framkomlig väg för analys av operatörsfunktionen. Modern och praktiskt användbar metodik av denna typ är av största betydelse vid den värdering och utveckling av adaptiva system (dvs system som dynamiskt anpassar sig till operatörens status) som vi nu bedriver tillsammans med den amerikanska forskargruppen. En rapport kring ny mätmetodik har tagits fram (neuropsykologi och kognitiv neurovetenskap: ny kunskap för militärt och civilt försvar). Förutom de tekniker vi redan använder, presenteras ny metodik med såväl teoretiskt som praktiskt bättre egenskaper jämfört med den äldre. I synnerhet processer som uppmärksamhet, kognitiv snabbhet och arbetsminnets funktion kan mätas bättre och enklare med

hjälp av de nya neuropsykologiska metoderna. De metoder som vi främst bedömer kunna ersätta vår nuvarande för värdering av hjärnans aktiveringsgrad (EEG) är funktionell magnetresonansvisualisering (fMRI) och optisk visualisering med hjälp av elektromagnetisk strålning i det nära-infraröda våglängdsområdet. De moderna metoder vi inventerat bedömer vi även vara av största betydelse för värdering av operatörsstatus inom 'den nya krigföringen'.

När det gäller samverkan med USAF/RL har verksamheten kring 'adaptive aiding' fortsatt och nya studier planeras i vårt laboratorium och i F17 SUL. Vi prövar och demonstrerar nyttan av 'adaptive aiding'. En animering av en situation i vilken nyttan av 'adaptive aiding' illustreras under ett flyguppdrag har tagits fram. (Animationen finns tillgänglig på CD-rom.) Ett problem är att finna och definiera de aspekter som ff behöver hjälp med under pressade förhållanden. Valet av dessa baserar vi, i ett första steg, på systematiska analyser av erfarna ff. Ett sammanträde var planerat äga rum i Washington under hösten 2001 men terroristattackerna lade hinder i vägen.

Inom GARTEUR FM AG13 'Mental Workload Measurement' har vi tillsammans med Aerosystems International, Dassault, EADS, Linköpings Universitet, NLR, ONERA och Qinetiq (fd DERA), gjort en sammanställning av olika mätmetoder och klassificerat dessa utifrån kriterier som validitet, reliabilitet, känslighet, diagnosticerings-förmåga, 'intrusiveness' och tillämpbarhet. Olika militära flygscenarios (rotor and fixed wing) har också utvecklats i GARTEUR-gruppen. Målet är att utveckla en 'tool box' för mätning av mental arbetsbelastning samt en uppsättning scenarios att utnyttjas av europeisk militär och civil flygindustri. Två möten (FOI, Sverige och ONERA, Frankrike) har hållits under perioden.

Inom VINTHECII har vi tagit fram scenarior för studium av: delat situationsmedvetande (två operatörer i ett hög-automatiserat system), samverkan mellan operatörer (och mellan operatörer och system), arbetsbelastning och prestation. Vi har anvisat mätmetodik (ögon-rörelser, puls samt operatörs-och instruktörsbedömningar). Vi ansvarar för 'scenarior' och uppläggning av huvudstudierna. Studierna genomförs på BAe (Bristol) och NLR (Amsterdam). Studierna ger erfarenhet och metodik som vi kommer att kunna applicera i FLSC miljö. I ett 'workpackage' beskriver vi design, mät- och genomförandemetodik av huvudstudierna på NLR i Amsterdam.

Under året har vi tagit fram ett kapitel till en 'NATO-handbook for Operator Functional State Assessment'. Kapitlet behandlar statistisk metodik och dess användning i studier av operatörsfunktionen. Olika varianter av faktoranalys, 'multidimensional scaling'-metoder och linjär strukturanalys (LISREL) behandlas speciellt. Två möten i gruppen har hållits under året (Toronto, Kanada och Klaipeda, Litauen).

Vi har har införskaffat utrustning för samtidig registrering av ögonrörelser (saccader) och puls. Förutom att utrustningen skall användas i samarbetet inom VINTHECII har vi planerat studier (i vår laboratoriemiljö och på F17) av relationen mellan saccadaktivitet och mental aktivitet (informationssökande resp. informationsbearbetning). Vår hypotes är att hjärnan växlar fasvis mellan informationsinhämtning och bearbetning. Om så är fallet har det betydelse för utformningen av nya man-maskin-system.

En plan för fortsatt verksamhet vid FLSC har tagits fram och överlämnats till C FLSC. Planen inrymmer fortsatt forskning kring samverkan under flygoperationer

men i synnerhet forskningsförslag med inriktning mot 'Systemlyft JAS'. Som ett komplement till FLSC har vi under perioden utvecklat enkla syntetiska operatörer (agenter, modeller) vars sökbeetende (blickriktning) och psykofysiologiska reaktionsmönster (pulsförändringar) simulerar en verklig operatör. Till skillnad från de flesta andra syntetiska operatörer grundar sig agenternas beteende på empiriska data från studier vid F21 och F17.

Inom ramen för verksamheten vid FLSC har kommunikationen mellan flygförare (eller andra militära expertteam) och stridsledning studerats. En kommunikationsanalys baserad på insamlade data (i PC-miljö) och teori visade att övergripande orsaker som planering, deltagarroller, prestation, och arbetsbelastning påverkar kommunikationsmönstret. Utifrån analysen har en metodik för värdering av kommunikationen utvecklats (PILOT-metoden). Metodiken kommer att prövas och utvecklas vidare i FLSC miljö. Teori och metodik beskrivs i rapporten kommunikation i expertteam: PILOT - en analysmetod.

Tillsammans med TNO Human Factors har vi under året formulerat ett samarbetsprojekt. Projektet behandlar metodik för mätning av mental arbetsbelastning och situationsmedvetande och relationen mellan olika mått. Förutom informationsutbyte kommer verksamheten att inriktas mot psykofysiologisk mätning av puls, pulsvariation, hjärnaktivitet och ögonrörelser. TNO har samma mätutrustning (VITAPORTII) som vi och USAF/RL. TNO Human Factors bygger upp en samverkan med nederländska flygvapnet med FOI samverkan med svenska FV (E5022) som förebild. Kontaktperson vid TNO är Dr. Hans Veltman. Vid ett besök på TNO under våren specificerade vi samarbetet.

Projektledaren har varit engagerad i FoRMA-verksamheten inom Försvarsana-

lys ram. PL är ordförande i kompetensgruppen M³I-beslutsfatande-gruppen. Gruppens uppgift är att samla och förmedla kunskap om människans (och grupper) funktion i det framtida kriget och att ge en vision av människans roll i systemen i tjugoförsperspektivet. I vårt arbete har vi strävat efter att ge riktlinjer för hur systemen bör utformas för att människans förutsättningar skall komma till sin fulla rätt. Gruppens slutsatser utgör underlag för DS 'Decision Superiority' vision inom FoRMA.

4.6.3 Kunskapspridning

Resultaten har presenterats såväl skriftligt som muntligt. Vid ett flertal tillfällen har föredragningar givits för representanter inom FM, KRI Luft, C OPIL, FTK, FV-förband, MSS Skövde, och FHS.

Projektet har deltagit i undervisning och handledning inom Linköpings universitet, Institutionen för Beteendevetenskap (IBV), där PL är adj.Prof inom kognitiv psykologi med inriktning mot människa-maskininteraktion i dynamiska miljöer.

Resultaten har presenterats vid nationella och internationella konferenser (se bilaga).

4.6.4 Nyttä för försvarsmakten

Operatörsfunktionen är ofta avgörande för systems operativa slagkraft. Resultaten från våra studier ger ny kunskap om hur operatören och gruppen möter uppdrags- och systemkrav, och de ger förbättrade möjligheter till systematiskt värdering av operatörsfunktionen. Värderingen är betydelsefull vid systemutveckling och vid analys av uppdrag och av utbildningseffekter. Gruppens samlade kunskaper om människans funktion i komplexa system har utnyttjats i planeringen av framtida verksamhet inom den nya krigföringen (RMA).

4.6.5 Internationell samverkan

Projektet har bred internationell samverkan med försvarsorganisationer, institut, UoH och industri, t ex med

USAF Research Laboratory, Dayton, USA
(MoA USA-Sverige)

NLR, Amsterdam, Holland

TNO, Soesterberg, Holland

DERA, Farnborough, England

BAe, Bristol, England

Avtalsbundet samarbete har framför allt bedrivits inom EU-projektet VINTHECII (Visual INTERaction and Human Effectiveness in the Cockpit) och inom MoA (USA-Sverige) under Annex E 'Pilot Performance and Mental Workload'.

4.6.6 Fortsättning

I samverkan med FLSC, FV-förband (F17) och FMV:PROV:FC kommer våra värderings-metoder att prövas vidare i situationer med hög realism. Möjligheterna att registrera dynamiska förändringar hos operatören och att sedan utnyttja dessa för att adaptera systemen till operatörens aktuella status kommer att prövas vidare. Inriktningen mot gruppprocesser kommer att betonas mer än tillförne. Vi kommer att medverka (a) i den fort-satta systemutvecklingen av JAS ('systemlyft JAS') och i utvecklingen av ledningssystem inom den nya krigföringen. Samverkan med USAF/RL (inom MoA USA-Sverige) fortsätter ytterligare tre år. Samverkan inom GARTEUR och vårt samarbete med TNO pågår två år framåt.

Vår samverkan med FLSC, F17 och FMV visar behovet av värderingmetodik vad avser operatörsfunktionen. För att avancerade simuleringsfaciliteter som t ex FLSC skall komma till sin rätt krävs avancerad värdering som är i paritet med simuleringsmöjligheterna. Den tekniska utvecklingen möjliggör alltmer avancerade registreringar av operatörens psykofysiologiska funktion. Likaså ges allt bättre möjligheter till loggning av operatörens handlande både vid simulerade och reella situationer. Flera av utvecklingslinjerna i projektet ligger väl till i den internationella utvecklingen. Från att ha varit individcentrerat utvecklas området alltmer mot grup-

försämrad G-tolerans och komfort. Fem försökspersoner har under hösten genomfört försöket. Data är under bearbetning.

4.7.3 Framkomna resultat/slutsatser

Förhållandet mellan ventilation och blodgenomströmning i lungorna (ventilations/perfusionsförhållandet, V_A/Q), mätt via utandad koldioxid (CO_2), registrerades vid försök i human-centrifugen på KI med måttligt ökad G-belastning (1, 2, 3Gz) och trycksättning av anti-G-dräkten (0, 6, 12 kPa). Lutningen av den alveolära fasen i utandningskurvan (fas III) för CO_2 samt den end-tidala CO_2 koncentrationen minskade signifikant med ökad G-belastning. Trycksättning av anti-G-dräkten vid 3Gz resulterade i en ökning av både fas-III lutningen och den end-tidala CO_2 -koncentration. Fas-II delen av CO_2 -kurvan, ett mått på mängden "ineffektiv ventilation", minskade markant med ökad G-belastning, oberoende av tryck i anti-G-dräkten. Tidigare resultat av ventilations-fördelningen i lungorna visade att den totala ojämnheten hos ventilations-fördelningen i lungorna ökade markant med ökande G-belastning (+36% vid 3Gz) där huvuddelen av denna försämring skedde i de perifera luftvägarna där gasutbytet sker (intra-regionalt). Trycksättning av anti-G-dräkten med 12 kPa resulterade i en signifikant försämring av ventilationsfördelningen både vid 1 och 3Gz. Dessutom sågs en markant ökning av mängden avstängda luftvägar.

Resultaten från CO_2 -kurvorna visar således att ökad G-belastning ger en (förväntad) försämring av fördelning av perfusionen mellan lungans topp och bas (inter-regionalt) med en försämrad perfusion i de bäst ventilerade lungpartierna. Trycksättning av anti-G-dräkten motverkar dock denna gravitationsberoende försämring med en ökad perfusion i de ventilerade lungpartierna medan den ökade ineffektiva ventilationen kvarstår.

Slutsatsen är att ökad G-belastning i kombination med trycksättning av anti-G-

dräkten ger en avstängning av de mest basala delarna av lungorna med en omfördelning av inandad gas till lungregioner högre upp. Den ökade mängden blod i bröstkorgen till följd av trycksättning av anti-G-dräkten medför att perfusionen blir adekvat i de ventilerade lungregionerna.

4.7.4 Kunskapsspridning

Resultaten har redovisats vid möten med projektets avnämare. Resultaten har presenterats i internationell vetenskaplig tidskrifter samt vid två internationella konferenser. Resultaten på ventilations/perfusionsförhållandet i lungorna vid måttligt ökad G-belastning och trycksättning av en anti-G-dräkt presenterades på ATS (American Thoracic Society, San Francisco) och NAMA (Nordic Aerospace Medical Association, Stockholm) (se bilaga).

4.7.5 Nytt/effekter för uppdragsgivaren

God kunskap om hur stridsflygaren påverkas fysiskt och psykiskt av de stora fysiska belastningarna som kan förekomma under flygning är av stor vikt. Genom denna kunskap kan hjälpmedel och skydd mot dessa belastningar optimeras för att möjliggöra för flygaren att utföra sina uppdrag på bästa sätt. Flygfysiologisk forskning med avseende på respiration har endast skett i mindre omfattning i övriga delar av världen varvid våra grundläggande studier med uppbyggnad av mätuppställning och mätmetoder är av stort intresse både nationellt och internationellt. Vi har kunnat visa att effekterna av anti-G-dräkten inte är odelat positiva redan vid måttligt ökad G-belastning. Detta innebär att man behöver utreda vilken funktion hos anti-G-dräkten som mest skapar de ogynnsamma effekterna – buk-kompressionen eller benkompressionen.

4.7.6 Internationellt avtalsbundet projektsamarbete

Förekommer inte.

4.7.7 Fortsättning

En försöksserie är under uppstartning där effekten på lungvolym och ventilationsfördelning i lungorna av blodfyllnad i bröstkorgen och kompression av buken skall studeras. Denna studie är en uppföljning av en tidigare studie där signifikanta effekter på lungvolym och ventilationsfördelning i lungorna observerades vid trycksättning av en anti-G-dräkt, både vid normal gravitation och ökad gravitation (1, 2 och 3Gz).

4.8 G-inducerad armsmäta (E50211)

Projektledare: Ola Eiken,
FOI MSI

4.8.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Projektets övergripande målsättningen är att undersöka G-inducerad armsmäta avseende:

- (1) Underliggande mekanismer
- (2) Långtidseffekter
- (3) Motmedel

Vid flygning med högprestanda plan (som exempelvis Jas 39 Gripen) utsätts piloten för mycket höga +Gz-krafter vilket ofta ger upphov till smärta i armarna (G-inducerad armsmäta). Inom ramen för projektet studeras således dels vilka åtgärder som kan genomföras för att påverka det akuta tillståndet dels vilka de fysiologiska orsakssambanden är och huruvida tillståndet ändrar sig som funktion av upprepade expositioner.

Den förhärskande hypotesen är att G-inducerad armsmäta beror på lokal täjning av blodkärl till följd av hydrostatiskt betingad tryckökning i kärlen. Således framkallas smärtan av G-betingad ökning av kärltryck och förvärras av såväl

muskelanspänningsmanövrer som exposition för övertrycksandning vilka bägge ytterligare höjer trycket i blodkärlen.

Vi har i tidigare undersökningar inom detta projekt funnit att vid markerat förhöjda kärltryck ökas diametern prompt i såväl artärer som arterioler. Samtidigt uppkommer en markant smärta. Vi har även funnit att man kan minska kärltrycksbetingad smärta samt täjbarhet i artärer/arterioler genom att vänja armarnas kärl vid gradvis stigande tryck (tryckträning). För att belysa fysiologin kring markerat förhöjda kärltryck samt effekter av upprepade expositioner för höga kärltryck har under året genomförts två delstudier:

Delstudie 1: Undersökning av venflöde i samband med uttalad förhöjning av tryck i armarnas blodkärl.

I samband med att vi i tidigare undersökningar framkallat markerat förhöjda tryck i armarnas blodkärl har vi tyckt oss observera ett framåtriktat pulsativt flöde i armarnas vener. Detta är ett överraskande fynd då pulsativa flöden normalt endast förekommer på cirkulationssystemets artärsida.

Syftet var att närmre undersöka denna observation.

Delstudie 2: Inverkan av 5 veckors sängbundenhet på kärltrycksinducerad smärta och kärldistensibilitet. Vi har tidigare funnit att "tryckträning" av armarnas kärl reducerar kärltrycksbetingad armsmäta och distensibilitet (täjbarhet) hos artärer och arterioler.

Syftet var att nu undersöka om de hydrostatiska tryckkomponenter som adderar sig till artär- och venttryck i armar och, framför allt, i ben, vid upprätt kroppsläge vid normal tyngdkraft är tillräckligt stora för att "tryckträna" kärlen. M.a.o., leder en tids sängbundenhet till ökad täjbarhet hos kärlen och därmed till ökad kärltrycksbetingad smärta?

4.8.2 Genomförda aktiviteter

Delstudie 1: Hos 7 fp undersöktes flödesprofil i armven respektive benven under förhöjning av tryck i armens/benets artärer och vener.

Projektläge: Studien är genomförd och resultaten färdigbearbetade. Rapport är under utformning.

Delstudie 2: 10 friska fp genomgick en 5-veckors "bed-rest provokation" (innebärande att de befann sig i horisontalläge 24 h/ dygn under 5 veckor). Tjänbarhet i artärer, arterioler och vener samt kärltrycksinducerad smärta undersöktes i såväl arm som ben före och efter bed-rest provokationen.

Projektläge: Studien är genomförd och resultaten är under bearbetning.

I båda delstudierna användes tidigare beskriven tryckkammarmodell för att framkalla förhöjda tryck i armarnas/benens kärl samt ultraljud/Doppler-teknik för att studera kärldimensioner och flödesprofiler.

4.8.3 Framkomna resultat/slutsatser

Delstudie 1: Vid höga kärltryck observerades ett framåtriktat pulsativt och markerat förhöjt venflöde. Denna artärlika venflödesprofilen som uppkom vid höga distensionstryck tolkas som en tryckinducerad markerad "shuntning" av blod via s.k. arteriovenösa shuntar.

Delstudie 2: Resultaten är under bearbetning.

4.8.4 Kunskapsspridning

Resultat och delresultat har redovisats kvartalsvis vid möten med projektets avnämare. Resultaten har dokumenterats i internationell vetenskaplig tidskrift (se bilaga).

4.8.5 Nytt/effekter för Försvarsmakten

Det synes vara av praktiskt intresse att känna till i vad mån en tids sängbundenhet (exempelvis i samband med sjukdom) medför ökar risk för utveckling av kärl-

trycksbetingad smärta. Flygning i högpres-tanda flygplan är den enda praktiska situation vid vilken kärlen utsätts för tryck av aktuell storleksordning, varför fysiolo-gin kring markerat förhöjda kärltryck är mycket bristfälligt utredd. För att på ett systematiskt vis kunna arbeta med prak-tiska problemställningar rörande G-indu-cerad armsmärta är det därför angeläget att man även belyser basala fysiologiska frågeställningar inom området.

4.8.6 Internationellt samarbete

Delar av projektet har genomförts i sam-arbete med forskare från England och Slovenien.

4.8.7 Fortsättning

FOI avser fortsätta undersökningar rörande G-inducerad armsmärta, dessa kommer dock genomföras inom ramen för annat projekt.

4.9 G-skydd och G-tolerans (E50214)

Projektledare: Ola Eiken,
FOI MSI

4.9.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Den övergripande målsättningen är att förbättra piloternas G-skydd och G-tolerans. Tre delstudier har genomförts.

Delstudie 1: Effekt av reducerad anti-G anspänningsmanöver.

Det är välkänt att vid upprepad exposition för höga +Gz-krafter, exempelvis vid simulerad jaktstrid, är utförandet av fullständiga anti-G anspänningsmanövrer (AGSM; anspänning av muskulatur i ben och armar i kombination med krystnings-manöver under hela G-expositionen) mycket tröttande för piloten. Likaledes är det väl dokumenterat att det utökade G-skydd, i form av heltäckande anti-G dräkt och övertrycksandning (PBG), som införts i JAS-39 Gripen ger ett mycket effektivt skydd mot G-inducerad medvetlöshet. Det

finns anledning att betvivla att anti-G effekterna av AGSM och PBG är additiva varför det är oklart i vilken utsträckning det är nödvändigt att utföra AGSM då PBG används. Vid snabb G-tillväxt är det mest kritiska skedet vad gäller risk för medvetlöshet strax efter att den förhöjda G-nivån uppnåtts. Detta sammanhänger delvis med fördröjningar i trycksättning av G-dräkt och tillslag av PBG. Dessutom måste AGSM som säkerhetsåtgärd alltid utföras initialt vid G-upptagning trycksättning av G-dräkt och/eller andningsvägar fallerar. Emellertid är det tänkbart att maximal muskelanspanningsmanöver ej är nödvändig annat än under och omedelbart efter G-upptagning även vid höga G-belastningar. Syftet var att undersöka i vilken utsträckning en dylik tidsmässigt reducerad anspänningsmanöver minskar G-skyddet vid användande av heltäckande G-dräkt och övertrycksandning. Avses även belysa om de artärtrycksförhöjande (viz. G-skyddande) effekterna av AGSM och PBG är additiva.

Delstudie 2: Mekanismer bakom styrke-träningsbetingad höjning av G-tolerans. Det är väl dokumenterat i ett flertal experimentella undersökningar att styrke-träning förbättrar individens förmåga att tolerera upprepade expositioner för förhöjd G-belastning (G-uthållighet). För närvarande rekommenderas således jaktpiloter i många länder regelbunden styrketräning för att minska risken för G-inducerad medvetlöshet i samband med flygning. Mekanismerna bakom den träningsbetingade förbättringen i G-uthållighet är emellertid oklara. Det är lite som talar för att förbättringen är direkt relaterad till träningsbetingad tillväxt av styrka eller muskelmassa. G-uthållighet är en komplex modalitet vars storlek utgörs av ett flertal delkomponenter, bl.a. ingår passiv G-tolerans och uppreglering av artärtryck i samband med muskelanspanning (AGSM).

Delstudie 3: G-skyddande effekt av ny hydrostatisk G-dräkt Libelle®

En nyutvecklad hydrostatisk G-dräkt (Libelle; L) lanseras för närvarande. Tillverkaren hävdar att dräkten ger ett betydligt bättre G-skydd än samtliga konventionella G-skyddssystem. L-dräktens påstådda överlägsenhet vad gäller G-skydd har dock ej verifierats i kontrollerad undersökning. Syftet var att jämföra det G-skydd som L-dräkten ger med det som erhålles vid användning av det system som används i JAS 39 Gripen (Anti-G Ensemble 39; AGE-39).

4.9.2 Genomförda aktiviteter

Delstudie 1: Experiment genomfördes i centrifug på 10 piloter/centrifugtränade försökspersoner (fp). G-tolerans, artärtryck, hjärtfrekvens, perifert och centralt synfält undersöktes vid G-belastningar upp till 9 G (G-tillväxt 5 G/s). Undersökningarna genomfördes en gång med fullständig AGSM och en gång med AGSM endast under och omedelbart efter G-upptagning. Grad av muskelanspanning kontrollerades med hjälp av EMG (elektromyografiska) registreringar.

Projektläge: Projektet är slutfört.

Delstudie 2: Experiment har genomförts på 60 individer fördelade på tre grupper enligt: (1) uthållighetstränade, (2) styrketränade och (3) otränade. Fp gruppindelades med ledning av uppgifter som de själva lämnade rörande träningsvanor samt med ledning av resultat från mätning av syreupptag och muskelstyrka. Samtliga fp undersöktes i centrifug varvid mättes passiv G-tolerans, artärtryck, hjärtfrekvens och muskelaktivitet (EMG). Dessutom mättes artärtrycks- och hjärtfrekvenssvar vid kontrollerade isometriska muskelkontraktioner.

Projektläge: Experimenten är genomförda. Resultatbearbetning och resultattolkning förväntas vara färdigställda innan årets utgång.

Delstudie 3: Experiment har genomförts på 3 piloter varvid G-tolerans och cirkulationssvar vid G-belastning bestämts me-

delst konventionella metoder vid användning av L-dräkt och vid användning av AGE-39.

Projektläge: Projektet är slutfört.

4.9.3 Framkomna resultat/slutsatser

AGE-39 gav ett mycket gott G-skydd med G-tolerans 8.8 G då AGSM endast utfördes under G-upptagning och ≥ 9.0 G då AGSM utfördes under hela G-belastningen. De G-skyddande effekterna av AGSM och PBG synes ej vara additiva utan PBG's G-skyddande effekt kan sannolikt helt tillskrivas en förbättring av pilotens passiva G-tolerans. Libelle-dräkten gav ett mycket begränsat G-skydd (G-tolerans 6.3 G) och torde ej vara lämplig att använda i ett 9-G flygplan.

4.9.4 Kunskapsspridning

Resultat och delresultat har redovisats vid ett flertal möten med projektets avnämare. Resultaten har dokumenterats i två vetenskapliga FOI rapporter och presenterats vid två internationella vetenskapliga konferenser (se bilaga).

4.9.5 Nyttan/effekter för Försvarmakten

Delstudie 1: För att kunna optimera G-träning och rekommendationer vad gäller AGSM hos piloter under operationella förhållanden är det viktigt att känna till vilket G-skydd befintligt G-skyddssystem ger, samt hur detta system samverkar med AGSM.

Delstudie 2: För att kunna optimera träningsregimer avsedda för flygvapenpiloter är det av central betydelse att mekanismerna bakom styrketräningsbetingad ökning av G-uthållighet klarläggs.

Delstudie 3: Det är viktigt att under kontrollerade förhållanden utvärdera nyutvecklad G-skyddsutrustning.

4.9.6 Internationellt samarbete

Delar av projektet har genomförts i samarbete med gästforskare från England.

4.9.7 Fortsättning

FOI avser fortsätta undersökningar rörande G-skydd och G-tolerans under 2002.

4.10 Rörelsesjuka/spatial desorientering (E5025)

Projektledare: Ola Eiken,
FOI MSI

4.10.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Den övergripande målsättningen är att kartlägga i vad mån rörelsesjuka framkallar fysiologiska effekter vilka kan vara av betydelse i flygsammanhang.

Rörelsesjuka är vanligt förekommande i flygsammanhang. I högprestanda flygplan kan spatial desorientering och rörelsesjuka uppkomma då piloten vrider huvudet vid förhöjd G-belastning. Det är känt att rörelsesjuka interfererar med ett flertal av kroppens autonoma funktioner, inklusive cirkulationsreglering. En individs förmåga att tolerera förhöjd G-belastning beror på hans förmåga att höja artärtrycket under G-belastningen.

Syftet var att undersöka om rörelsesjuka sänker individens artärtryck och därmed hans tolerans för hög G-belastning.

4.10.2 Genomförda aktiviteter

Experimenten genomfördes i centrifug på 9 försökspersoner (fp). G-tolerans, hjärtfrekvens- och artärtryckssvar samt perifer genomblödning mättes före och efter rörelsesjukprovokation, vilken bestod i upprepade huvudvridningar vid lätt förhöjd G-belastning (2.5 G) och upprepade snabba växlingar av G-belastningen mellan 1.4 och 2.5 G.

Projektläge: Projektet är slutfört.

4.10.3 Framkomna resultat/slutsatser

Resultaten visar att rörelsesjuka avsevärt minskar en individs förmåga att tolerera förhöjd G-belastning. Sänkningen var 10% vid långsam G-tillväxt (0.1 G/s) och 20% vid snabb G-tillväxt (3.5 G/s). Den minskade G-toleransen beror på sänkt artärtryck till följd av reducerad perifer resistans.

Projektläge: Projektet är slutfört.

4.10.4 Kunskapsspridning

Resultat har redovisats vid ett flertal möten med projektets avnämare. Resultaten har dokumenterats i vetenskaplig FOI rapport och i internationell vetenskaplig tidskrift. Resultaten har presenterats vid internationell vetenskaplig konferens (se bilaga).

4.10.5 Nyttan/effekter för Försvarsmakten

Rörelsesjuka är relativt vanligt vid flygning med högprestanda flygplan. Det torde därför vara av intresse att kartlägga i vad mån rörelsesjuka nedsätter pilotens förmåga att tolerera förhöjd G-belastning.

4.10.6 Internationellt samarbete

Projektet har genomförts i samarbete med gästforskare från England

4.10.7 Fortsättning

FOI avser fortsätta undersökningar rörande spatial desorientering/rörelsesjuka under 2002

4.11 Muskulära rygg-och nackproblem (E5061)

Verksamheten genomförs vid Karolinska Institutet, Inst. f. Sjukgymnastik. Ansvarig: Prof. Karin Harms-Ringdahl, (Samrådspartner för samtliga delar har varit flygöverläkare Jan Linder, FMC, Stockholm.) Projektleddare vid FOI: Ulf Bergh, FOI MSI

4.11.1 Behandlade frågor/forskningsmål

Syftet med studierna är att på olika sätt analysera samverkan mellan muskulär styr-

ka/uthållighet hos flygföraren, hans personliga utrustning och flygningens kravprofil, särskilt med avseende på nack-skuldermuskulaturens belastning vid flygning, samt inverkan av muskulär aktivering på nivå och uthållighet vid G_z -belastning.

Förutom Delstudie I, som varit kartläggande till sin karaktär, samt Delstudie IV, där ett paket för egenvård tagit fram och sammanställts, har följande frågeställningar presenterats vid olika konferenser och i rapporter:

1) Skiljer sig piloter med resp. utan frekventa nackbesvär åt beträffande nackmuskulaturens styrka, elektromyografisk (EMG) amplitud (% RVC) samt trötthetsutveckling vid statistiskt muskelarbete uttryckt som medelfrekvensfall (SMPF)? (Delstudie II)

2) Hur mycket aktiveras nackmuskulaturen (EMG –amplitud) i en experimentell situation då olika typer av huvudburen utrustning används ((i) hjälm, (ii) hjälm + NVG, och (iii) hjälm+ NVG + motvikt, i olika nack- och bål-positioner? (Delstudie III)

3). Hur mycket aktiveras buk och benmuskulaturen under höga G_z -krafter (human-centrifug) med resp. utan PBG (Delstudie V a) och med olika dräkttryck med PBG (Delstudie V b)

4) Är det någon skillnad i artärtrycksnivå mellan quadriceps och hamstringar vid samma relativa statiska muskelkontraktionsnivå (% Maximum Voluntary Contraction; MVC) och i vilken utsträckning påverkar olika nivåer av statisk muskelkontraktion artärtryckssvaret. (Delstudie VI)

4.11.2 Genomförda aktiviteter

Delstudie I. Besvärsfrekvens, muskulär styrka och uthållighet bland flygande personal. Manuskript under slutbearbetning. Delstudie II. Kvantitativ utvärdering av muskulär styrka, aktivitet och uttrötthet i halsryggen hos piloter med och utan nackbesvär. Delstudie III. Inverkan av olika huvudburna utrustningar (NVG) på halsryggsmuskulaturens aktivering vid olika nackvinklar. Manuskript färdigt för insän-

dande för publicering i vetenskaplig tidskrift. Delstudie IV. Framtagande av informationsmaterial kring belastning och upplevd hälsa. Delstudie V. Muskulär aktivering i ben och buk-muskulatur vid körning i humancentrifug (förnyad analys av tidigare insamlade data). Ett manuskript inskickat för publicering i vetenskaplig tidskrift (Delstudie V a), ett annat under bearbetning Delstudie V b).

Delstudie VI. Blodtrycksnivåer vid bibehållen statisk muskelkontraktion i quadriceps respektive hamstrings-muskulaturen. Projektet har deltagit i undervisning och handledning av examensarbeten inom KI, Institutionen för Sjukgymnastik.

4.11.3 Framkomna resultat/slutsatser

Delstudie II. Resultat. Stridspiloter (HPP) med frekventa nackbesvär hade signifikant lägre styrka i såväl nackflexorer som extensorer jämfört med dem utan frekventa besvär ($p < 0.01$). Däremot förelåg ingen signifikant skillnad i styrka bland helikopterpiloter (HCP) med resp. utan frekventa besvär. Det var relativ stor variation mellan individer i registrerade EMG-parametrar, varför gruppen försökspersoner behöver utökas för dessa variabler för att kunna detektera skillnader mellan grupper. Slutsats. Nedsatt nackmuskelstyrka bland stridspiloter med frekventa besvär kan antingen vara en konsekvens av besvären eller en bidragande orsak då det kan vara svårare att motverka höga Gz-krafter i olika nackpositioner.

Delstudie III. Metod. Fjorton manliga helikopterpiloter, samtliga utan nackbesvär under de föregående tre månaderna anmälde sig för att delta i studien. EMG –muskelaktivitet registrerades från nackmuskeln splenius (Spl), övre trapezius (UT) och nacksträckarna (ES) i nivå med sjunde halskotan (C₇-T₁) i olika sittande positioner bål och nacke i neutral, vertikal position, bålen framåtlutad 20° och nacken framåtböjd 20°, med 30° vänster resp. höger-

roterad i varje position och samtliga med tro olika typer av huvudburen utrustning; i randomiserad ordning Resultat. Det var ingen signifikant skillnad i muskelaktivitet mellan de tre typerna av huvudburen utrustning. Det var dock en signifikant ökning i samma sidas Spl. och ES vid rotation under samtidig nackflexion och framåtlutning av bålen jämfört med de flesta andra kroppspositionerna. Slutsats. Muskelaktiveringsnivåerna föreföll vara mer kroppspositionsberoende än belastningsberoende indikerande en uppgiftsspecifitet, snarare än en belastningsanpassning inom givet belastningsintervall

Delstudie Va. Metod: Sju stridspiloter utsattes för G-krafter upp till +9 G_z i humancentrifug. Piloterna åkte gradual onset run (GOR) och rapid onset run (ROR) med och utan PBG. Muskelaktivitet registrerades med ytelektrods EMG under de fyra olika förutsättningarna.

Resultat: Ingen skillnad i medelaktivitet i musklerna kunde ses mellan PBG och ej PBG. G-toleranstiden var signifikant längre då PBG användes under ROR. Vastus lateralis och gastrocnemius utvecklade muskelaktivitet över 50% av referenskontraktion (RVC) signifikant relativt längre del av tiden under acceleration då PBG ej användes jämfört med då PBG användes. I polärdiagram jämfördes muskelaktivitetens andel av den totala ackumulerade muskelaktiviteten.

Konklusion: När PBG användes ökade toleranstiden och det är troligt att PBG underlättar för piloten så att muskelaktivitet över 50% RVC behövs i mindre utsträckning. Endast piloter aktiverade benmuskeln under större del av tiden för acceleration i humancentrifug jämfört med bukmuskler och andra aktiverade bukmuskler mer än benmuskler.

Delstudie Vb. Metod. Tolv svenska stridspiloter utrustade med den svenska (TFCS) resp. den amerikanska stridsdräkten (COMBAT EDGE, ATAGS) expone-

rades för gradual onset (GOR), rapid onset (ROR), och simulated air combat maneuver, 5G_z/9G_z. Normaliserat EMG registrerades på höger kroppshalva över 3dje intercostalutrymmet (IC), obliques externa (OE), vastus lateralis (VL), biceps femoris (BF) och laterala gastrocnemius (LG). Amplituderna delades in i percentiler baserat på procent av maximal, isometrisk referenskontraktion (RVC) för resp. muskel. Resultat. Det var ingen signifikant skillnad i muskelaktivering mellan de båda dräkterna. Vid beräkning av korrelation mellan totaltiden och hur stor andel av tiden aktivitetsnivån var högre än 50 % av RVC förelåg signifikant negativa korrelationer för LG under ROR (-.669) och SACM (-.690), OE under ROR (-.651) samt VL under SACM (-.623).

Slutsats. Förarna förefaller ha ett individuellt sätt att aktivera muskulaturen vid anti-G manövrer, som är oberoende av dräkttyp. Studien indikerar att de som använder mer än 50 % av RVC under stor del av körningen tenderar att orka kortare tid. Detta skulle kunna förklaras av trötthet i muskulaturen och i sig vara en tidsbegränsande faktor.

Delstudie VI. Metod. Studien omfattade tolv försökspersoner som utförde bibehållna (60 s) statiska muskelkontraktioner om 50% respektive 30% av MVC på vänster quadriceps respektive hamstrings. Artärtrycket registrerades löpande. Resultaten visade ingen skillnad i artärtrycksnivå mellan quadriceps och hamstrings vid samma statiska muskelkontraktionsnivå. Artärtryckssvaret för både quadriceps och hamstrings var högre vid 50% MVC än vid 30% MVC. Våra slutsatser är att det inte är någon signifikant skillnad i artärtrycksnivå mellan muskelgrupperna vid samma statiska muskelkontraktionsnivå, trots att quadriceps kan utvinna nästan 80% mer kraft än hamstrings. Vi fann också att en bibehållen statisk muskelkontraktion orsakade en höjning av MAP med i medel 30 mmHg vid 50% MVC och 19 mmHg vid

30% MVC. Detta skulle innebära en förbättrade G-tolerans om något mer respektive något mindre än 1 G.

4.11.4 Kunskapsspridning

Resultaten redovisas regelbundet för projektets avnämare. Resultaten har dokumenterats i publikationer från KI och i internationell vetenskaplig tidskrift. Resultaten har presenterats vid internationell vetenskaplig konferens (se bilaga).

4.11.5 Nytt/effekter för uppdragsgivaren

En ökad förståelse av nackbesvärens karaktär, allt ifrån förekomst, samband med förbundna parametrar som styrka och rörlighet, rörelsemönster, liksom utrustningens inverkan, samt möjligheter till förebyggande egenvård är väsentliga för att ett arbetsgivaransvar skall kunna upprätthållas och flygförare skall kunna vara i arbete med fullgod kapacitet.

Resultaten kan ligga till grund för att preventiva åtgärder kan utformas med a) direkt riktade, individuellt utformade träningsprogram, b) med egenvårdsprogram för att öka förståelsen hos den enskilda föraren, c) med modifikationer i utformning av utrustning i belastningsreducerande syfte.

Resultaten visar även på att belastningen på nackmuskulaturen med Night Vision Goggles är så höga i vissa kroppspositioner, att man förutom att modifiera utrustningen med avseende på vikt och tyngdpunktsplacering även kan behöva se över arbetsorganisationen med avseende på enskilda flygpass längd samt monoton i kroppspositioner.

En ökad förståelse för hur förare med god G-tolerans på ett strategiskt sätt använder sina muskler vid höga G-laster kan leda till mer effektiv undervisning i hur Anti-G manövrer bör utföras på ett för föraren optimalt sätt.

4.11.6 Internationellt avtalsbundet projekt-samarbete

Planering av en internationell studie angående belastningsutlösta besvär hos förare som flyger stridsflygplan.

4.11.7 Fortsättning

Projektet syftar till att ta fram och testa genomförandet av olika typer av interventionsprogram för att reducera belastning på och besvär från halsrygg/skuldror alt. öka belastningstoleransen i strukturerna. Detta delprojekt omfattar såväl kartläggning av rörelse/aktiveringsstrategier under flygning, som strategier för egenvård/träning. Även belastning på halsryggsstrukturer under flygning med olika typer av huvudburen utrustning kommer att analyseras. Studierna är en utveckling av tidigare genomförda flygmedicinska projekt avseende nack-ryggbesvär hos flygförare. Syftet med studierna är att på olika sätt analysera samverkan mellan muskulär styrka/uthållighet hos flygföraren, hans personliga utrustning och flygningens kravprofil, särskilt med avseende på nack-skuldermuskulaturens belastning vid flygning samt inverkan av muskulär aktivering på nivå och uthållighet vid G_z -belastning samt vid helikopterflygning.

Delar av detta projekt kommer att ingå i ett internationellt forskningssamarbete, där PL vid KI ombetts vara ordförande i en RTO Task Force (Long Term Effects of Sustained High G on the Cervical Spine. Activity REF. Number HFM-ET-018). Arbetet kommer att initieras under ett konstituerande möte i Dresden den 8 oktober 2001, där olika deltagarländers representanter lägger upp den mera detaljerade forskningsplanen för ett långsiktigt projekt.

Jämförelse av nackmuskulaturens aktiveringsmönster inom olika delprojekt kommer även att kunna jämföras med muskulär aktivering vid DFS-flygning.

Analyser av olika typer av fysiska tester, som används vid mönstring och för att ta ut jägarsoldater genomförs. En del av dessa tester, skulle möjligen vara lämpliga även som uppföljning av fysisk kapacitet för flygande personal, där höga krav ställs på muskulär kapacitet.

4.12 Studier sömn/vakenhet (E5060)

Verksamheten genomföres vid Karolinska Institutet, Inst. f. Folkhälsovetenskap.

Ansvarig Prof. Torbjörn Åkerstedt, Projektledare vid FOI: Ulf Bergh, FOI MSI

4.12.1 Behandlade forskningsfrågor och forskningsmål

- (1) Kan extremt korta tupplurar användas som motmedel mot prestationsförsämring p g a trötthet/sömnighet.
- (2) Påverkar födointag (förda/ej föda, födans sammanfattning) mental prestationsförmåga?
- (3) Påverkas tänkande och processövervakning av sömnighet/trötthet?
- (4) Kan simulering av sömnvakenhets regleringen användas för att värdera olika tjänsgöringsscheman?

4.12.2 Genomförda aktiviteter

Bearbetning och analyser av data om effekterna av korta tupplurars på mental prestationsförmåga, samt relationerna mellan elektrofysiologisk (EEG) aktivitet och prestationsförmåga, har pågått.

Data från ett försök jämförande intag av kolhydratrik respektive fettrik kost avseende effekter på sömnighet/trötthet har slutbearbetats och publikation författats.

Ett försök kring metabola effekter och effekter på sömnighet/trötthet av föda kontra fasta under 24 timmar utan sömn har genomförts.

Ett försök kring effekter av adekvat mängd föda kontra fasta på sömnhet/trötthet och mental prestationsförmåga under en dag har genomförts. Data bearbetning pågår.

Ett försök kring effekterna av adekvat mängd föda kontra den dubbla (dvs den dubbla mängden individuellt beräknade energimängden) på sömnhet/trötthet och mental prestationsförmåga har påbörjats.

Avrapportering av ett försök kring effekterna av sömnhet/trötthet på processövervakning har skett.

Bearbetning av data kring effekter av sömnhet/trötthet på neuropsykologiska funktioner har gjorts.

Vår matematiska modell för simulering av sömn/vakenhets har modifierats så att olika tjänstgöringscheman kan jämföras kvantitativt. En prototyp föreligger och har använts (se deltagande i marinens övning Lovisa)

Miljöstudier har genomförts på olika fartygs- och förbandstyper inom Marinen. Erfarenheterna kring de olika sjövaktsystemen har använts i arbetet med simuleringsmodellen.

Deltagande i Marinens övning Lovisa. Syftet med deltagandet var att studera sjövaktsystem i praktiken och vilka avsteg och modifikationer som görs. En pilotstudie genomfördes också för att studera subjektiv sömnkvalitet och trötthet. Resultaten kommer att användas för att kalibrera simuleringsmodellen.

Analys av konsekvenserna av arbetstidsregler för säkerhetsbesättning har genomförts. Analyserna har använts för att ge underlag till HKV/SjöI pågående arbete med revision av RMS-P.

Givit underlag till "lathund" i folderformat som skall användas i FM trafiksäkerhetsarbete (HKV/MarkI).

En enkel fältstudie kring användandet av koffein som motmedel mot trötthet har genomförts i samband med Flygvapnets flyktövning vid F17.

Projektet har deltagit i undervisning och handledning av examensarbeten inom KI, Institutionen för Folkhälsovetenskap.

4.12.3 Framkomna resultat/slutsatser

1. En kort tupplur (8 minuters tid gavs för tupplur) kunde inte motverka sömnhetsutvecklingen under en simulerad övervakningsuppgift bättre än en 8 minuters paus. Både tupplurs- och pausbetingelsen bromsade dock prestationsförsämringen jämfört om uppgiften genomfördes utan paus. Att ha social kontakt med en "medarbetare" när man utförde uppgiften hade ingen positiv effekt, inte heller den betingelse där försöksledaren var 3:e minut tog kontakt med försökspersonen. Slutsats: en kort tupplur har ingen positiv effekt på prestationsförmåga - ett avbrott i en monoton uppgift bromsar upp prestationsförsämringen.

Fett- eller kolhydratrik kost påverkar kroppens metabolism under 24 timmar utan sömn. Den kolhydratrika kosten medförde en något högre subjektiv sömnhetsnivå samt en försämrad prestationsförmåga.

Resultatbearbetning pågår fortfarande – klart 2.a kvartalet 02.

Vid en jämförelse mellan en betingelse med individuellt anpassad adekvat mängd föda med en betingelse med fasta under en dag, visar preliminära resultat att prestationsförmågan (reaktionstid) försämrats något mot slutet av fastan.

Försök med adekvat mängd föda jämfört med dubbel mängd: försöket pågår, därför föreligger inga resultat.

Processövervakning och sömnhet/trötthet: resultaten visar att nattarbete, trots något högre grad av både subjektiv och objektiv (EEG) sömnhet, inte medför någon prestationsförsämring. Förklaringar till denna brist på effekt är att arbetsbelastningen (i ett värmekraftverk) är lägre på natten, att uppgiften ej var monoton samt att processen var "trög" och därmed förlåtande för mindre misstag.

Effekter av sömnhet/trötthet på neuropsykologiska funktioner: Försöket visade negativa effekter av sömnbrist (mätt på eftermiddagen efter en natt utan sömn) på ett test avsett att mäta hjärnans exekutiva funktioner, dvs förmågan att planera, prioritera och organisera.

Arbete med simuleringsmodell och analys av tjänstgöringsscheman: En fungerande prototyp för snabbare simulering av effekter för sömnhet/trötthet av olika tjänstgöringsscheman har tagits fram. Tidigare versioner har främst använts för grafisk demonstration. Prototypen ger kvantitativa data (medelsömnhet, tid över kritisk sömnhetsnivå) per arbetspass. Simuleringar har gjorts av vilo- och arbetstider för säkerhetsbesättning och underlag givits till HKV/Sjöl. Bland annat med hjälp av simuleringar, har också underlag givits till "lathund" kring vilotider som skall användas i FM trafiksäkerhetsarbete.

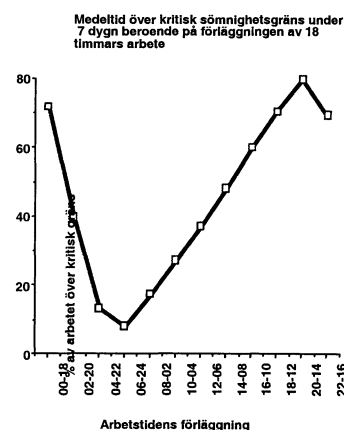
Exempel på resultat från arbete med simuleringsmodellen:

I modellen inmatas arbetstidens längd och förläggning på dygnet. Modellen genererar sedan sömner vars längd och förläggning är beroende av tid sedan senaste sömn samt läget i dygnsrytmen. Modellen räknar sedan ut hur trötthets/sömnhets nivå varierar över tid. För varje arbetsperiod anger simuleringsmodellen under hur lång tid (i % av arbetsperioden) som trötthetsnivån överskrider en kritisk gräns. Den kritiska gränsen är baserad på vetenskapliga studier. När man når denna gräns finns risk för att man nickar till eller får uppmärksamhetsluckor i en monoton situation, överskrider gränsen ökar risken även i andra situationer.

Det som simulerats är konsekvenser av föreslagna vilotidsregler gällande säkerhetsbesättningar på marinens fartyg. I korthet innebär reglerna att det är princip är möjligt att arbeta 18 timmar per dygn med 6 timmars. Eftersom inget sägs om när på

dygnet vilan förläggs har konsekvenserna av att variera vilans förläggning beräknats över dygnet.

I 6-timmars fallet har tolv simuleringar har gjorts för att systematiskt beskriva vad som händer med vakenheten när arbetstid och efterföljande viloperiod förskjuts över dygnet med 2 timmars intervall, dvs vad händer om arbetet påbörjas kl 00, kl 02, kl 04 osv ända till kl 22). För att på ett överskådligt sätt beskriva utfallet av de 12 simuleringarna, har medelvärde av procent tid över kritisk gräns under 7 dygn beräknats. Vi får då ett genomsnittsvärde för var och en av de 12 olika simulerade förläggningarna av arbets- och vilotid. Det är dessa värden som presenteras i figuren.



6-timmarsfallet: Det innebär att arbetstiden per dygn kan uppgå till 18 timmar, inklusive 30 minuters rast efter 10 timmar. Vi utgår från detta extremfall och att det gäller 7 dygn.

Beroende på när 6-timmars vilan infaller (på natten, förmiddagen, eftermiddagen eller kvällen) blir utfallet för vakenheten olika. Om vilan infaller på natten (ex 00-06) så är vakenheten avsevärt högre än om vilan infaller på eftermiddagen. Mot slutet av en 7-dygnsperiod kommer dock vakenhetsnivån att sjunka mot slutet av arbetspasset. I det fall då vilan infaller kl 18-24 kommer vakenhetsnivån att genomgående vara låg eftersom arbetet sker under natten

då vakenheten av dygnsrytmskäl är som lägst och att vilan infaller vid en tid på dygnet då det är relativt svårt att somna.

Alltså:

I det fall vilan innefaller nattetid är 6 timmars vila acceptabelt – om än inte helt tillräcklig. Om vilan innefaller på dagen är 6 timmar inte tillräckligt för att motverka fallet i vakenhet under natten. Effekten på prestationsförmågan vid arbete på natten efter 20-24 timmars vaka motsvarar effekten av 0,8 promilles blodalkoholhalt (Lamond och Dawson, 1999). I samtliga simulerade fall utom kl 04-22, kl 06-24 och 08-02 nås sannolikt nivån som motsvarar 0,8 promilles blodalkoholhalt under delar av natten.

5. Även om insatsen var mer inriktad som en miljöstudie och att antalet "försökspersoner" var få (8 personer) fanns indikationer på att koffein intaget var 4:e timme hade positiva effekter. Försökspersonernas exposition för sömnbrist varierade dock på grund av yttre omständigheter varför man inte kan dra några vetenskapliga slutsatser.

4.12.4 Kunskapsspridning

Kunskapsspridning har främst skett genom ett 10-tal föreläsningar om sömn, vakenhet, prestationsförmåga och säkerhet riktade till Försvarsmakten. Underlag till RMS-P samt till "lathund" för användning i FM trafik-säkerhetsarbete. Underlag har också givits för en artikel i Marinnytt.

Resultaten har dokumenterats i publikationer från KI. Resultaten har presenterats vid internationella vetenskapliga konferenser (se bilaga).

4.12.5 Nytt/effekter för uppdragsgivaren

Vetenskapligt underlag till översyn av vilorespektive tjänstgöringstider har erhållits. Därigenom har regler och rekommendationer, speciellt när det gäller säkerhet, kunnat utarbetas så att de tar hänsyn till aktuell forskning kring sömn i och vaken-

het. Genom direkt kunskapsspridning, via föreläsningar till personal inom Försvarsmakten, har vi uppmärksammat på och höjt medvetenheten om riskerna med sömnbrist.

4.12.6 Internationellt avtalsbundet projektsamarbete

Inget sådant har bedrivits

4.12.7 Fortsättning

Framgår av projektbeskrivning "Projektet Studier sömn/vakenhet som via FOI tillställs FM.

4.13 Räddning ur ubåt (E50202)

Projektledare: Mikael Gennser, FOI MSI

Projektet har behandlat frågor rörande individuell räddning från ubåt, så kallad fri uppstigning samt behandling av dekompressionssjuka. Även frågor rörande andhållningsfysiologi har ingått i projektet som under året varit uppdelat på följande delstudier:

Delstudie 1: Fri uppstigning från stora djup.

Delstudie 2: Behandling av dekompressionssjuka: Betydelse av rekompresion respektive ökat oxygenpartialtryck.

Delstudie 3: Andhållningsfysiologi som ett steg mot nya FU-metoder samt kartläggning av dykrespons hos människa.

Delstudie 4: Undersökningsmetoder i samband med FU träning a) Jämförande studie mellan lungröntgen och spiral datortomografi (spiral-CT). b) Mätning av "hjärnskade" markören S-100 i samband med träning i fri uppstigning.

4.13.1 Behandlade frågor/forskningsmål

Delstudie 1: Undersökning om ökning av syrehalten i andningsgasen vid fri uppstigning (FU) minskar risken för dekompressionssjuka vid utrymning av trycksatt ubåt.

Delstudie 2: Undersöka effekterna av rekompresion respektive förhöjda syrepartialtryck på gasbubblor i den venösa cirkulationen efter snabb dekompression från luftdykning. Detta är en modell för dekompressionssjuka ("dykarsjuka") och målet är att undersöka om de gängse behandlingsmetoderna med en relativt djup rekompresion kan ändras.

Delstudie 3: Experimentella studier avseende dykrespons under simning och andhållningsdykning samt andhållning efter olika hyperventilationsmönster har studerats. Avsikten med dessa studier är dels att tjäna som en förstudie gällande ny metod för FU under andhållning med vätskefyllda lungor. Även om det i framtiden skulle visa att vätskeandning inte kan accepteras av medvetna, friska människor så har andhållningsfysiologi i sig ett värde för Marinen. Denna forskning kan öka säkerheten vid FU-träning, ha betydelse för träningsmetoder för undervattenssimning, samt om andhållningsstudierna kombineras med studier av termiska stimuli, öka våra kunskaper rörande kardiovaskulära reflexer i samband med immersion.

Delstudie 4: Jämförelsen mellan lung-rtg och spiral-CT genomförs dels för att undersöka om man missar väsentliga patologiska lungförändringar i samband med uttagning för dyktjänst genom att använda sig av endast lung-rtg, dels för att undersöka om spirometriundersökningarna och/eller FU-träningen ger upphov till subklinala mediastinala emfysem.

Koncentrationen av S-100 proteinet i blodserum mäts före och efter en dags FU-träning för att undersöka om upprepade

fria uppstigningar ger upphov till ökad utsöndring av S-100 som ett tecken på eventuell cerebral påverkan.

4.13.2 Genomförda aktiviteter

Delstudie 1: En datasimulering av nitrogenutsköljning och bubblförekomst i vävnader efter fri uppstigning från trycksatt ubåt genomfördes av dr Flook, Unimed Scientific, Aberdeen. Datasimuleringen indikerade att syreberikad andningsgas borde minska mängden gasbubblor efter fri uppstigning. Resultaten användes för att välja optimala syrekoncentrationer och dykdjup i de experimentella serierna.

Två experimentserier med getter genomfördes vid DERAs (numera QinetiQs) tryckkamaranläggning i Alverstoke, England. Snabba dekompressioner (FU) genomfördes från 25 atm (motsv 240 m djup) med antingen luft eller 60%/40% syre/nitrogen som andningsgas. En serie genomfördes efter det att djuren vistats 24 h vid 1,8 atm.

Ett manuskript har accepterats för publicering i J European Undersea Baromedical Society. Ett manuskript (Blogg SL, Gennser M, Loveman GAM, Seddon FM, Thacker JC, White MG.: Effect of hyperoxic breathing gas on the incidence of venous gas emboli and decompression illness following shallow air saturation and simulated submarine escape profiles in goats.) har inskickats till Undersea & Hyperbaric Medicine för vetenskaplig publicering.

Delstudie 2: En experimentserie har genomförts på djurmodell (sövda grisar) i samarbete med professor A Brubakk, Norsk Medicinsk Teknisk Institut, Trondheim, Norge. En vetenskaplig artikel gällande fjolårets resultat har sammanställts för J Appl Physiology.

Delstudie 3: En studie med andhållnings-simning där dykresponsen hos individer jämförts har genomförts. En studie med

andhållning under vila respektive lätt cykelarbete efter två olika hyperventilationsmanövrer har genomförts. Två stycken FOI rapporter angående andhållningssimning respektive andhållning efter hyperventilation är på väg att färdigställas.

Delstudie 4: Sammanlagt 20 frivilliga försökspersoner har undersökts med lung-rtg och spiral-CT.

Blodprover från 100 konsekutiva FU-elever har undersökts avseende S-100. Projektet genomförs i samarbete med marinläkare från MTK och KÖS, samt rtg-läkare vid Karlskrona lasarett och City-kliniken, Stockholm. S-100 studien genomförs i samarbete med Neurokliniken, Lunds Universitetssjukhus.

4.13.3 Framkomna resultat/slutsatser

Delstudie 1: Inget av försöksdjuren drabbades av oxygentoxiska kramper. Detta innebär att hyperoxiska gasblandningar som ger upphov till väldigt höga oxygenpartialtryck kan användas i denna djurmodell under de korta perioder som en ubåtsräddnings-FU innebär.

Antalet cirkulerande bubblor försvann snabbare när hyperoxisk gas användes, däremot var den initiala maximala bubblemängden oförändrad.

Delstudie 2: Bearbetning av tidigare resultat har visat att tryckökningen minskar bubbelvolymen men inte ökar utsköljningshastigheten av gas löst i vävnaderna. Ökning av oxygenhalten står för den största ökningen av gasutsköljningshastigheten. Experiment genomförda under december tycks bekräfta dessa fynd.

Delstudie 3: Simstudierna har påvisat samma individuella skillnader som tidigare visats i samband med andhållning under cykelarbete. Hyperventilationsstudien visade kraftigt ökade andhållningstider efter hyperventilationsmanövrer men inga signifikanta skillnader i andhållningstider mel-

lan de olika typerna av ventilationsmanövrer.

Delstudie 4: Röntgen-studien: Eftersom antalet försökspersoner ännu inte kommit upp till det önskade antalet (30 st) har koden för studien ännu inte brutits och några resultat är ännu inte tillgängliga.

Samtliga S-100 värden var under normalvärdesgränsen (dvs "normala"). En viss ökning sågs efter en dags FU-träning. Denna ökning var av samma storleksordning som har rapporterats efter löpning och andra idrottsaktiviteter.

4.13.4 Kunskapsspridning

Resultat och delresultat har redovisats vid flera möten med projektets avnämare.

Resultaten rörande undersökning om andningssgas vid fri uppstigning (FU) har presenterats vid två internationella konferenser. Resultaten angående genetisk predisposition för drunkning har dokumenterats i ett FOI Memo (se bilaga). Resultaten från röntgenstudien har muntlig redovisats för marinöverläkaren (MÖL) och generalläkaren. På MÖL inrådan avstår vi med skriftlig redovisning av S-100 studie tills samtliga kontrollstudier är genomförda.

4.13.5 Nytt/effekt för uppdragsgivaren

Delstudie 1: Resultaten kan leda till förbättrad räddningsteknik från sjunken ubåt med hyperoxisk andningssgas.

Delstudie 2: Om det visar sig att adekvata behandlingsresultat kan uppnås vid lägre tryck än de som används för närvarande så innebär det dels förenklade behandlingsrutiner i samband med dekompressions-sjuka (relativt ovanligt i marinens verksamhet) dels en möjlighet att förenkla procedurerna vid masskadesscenario i samband med ubåtsolycka.

Delstudie 3: Samstämmigheten avseende andhållningsrepons under simning och

cykling visar på möjligheten för enkelt uttagningstest för personer mer eller mindre lämpade för undervattens-andhållning. Som påpekats för FM under året kan ekg-förändringar med risk för drunkningsdöd ha betydelse för uttagningsprocedurer i samband med mönstring.

Delstudie 4: Röntgenstudien är ännu inte avslutad. Med kunskap om normal S-100 halt efter händelsefri FU kan S-100 användas som ett differentialdiagnostiskt hjälpmedel för att skilja mellan ortostatisk svimning och arteriell gasembolisering till följd av lungbristning.

4.13.6 Internationellt avtalsbundet projektsamarbete

Samarbetet med DERA (numera DSTL/QinetiQ) har underlättats av befintligt informationsutbytesavtal (annex till MoA mellan Sverige och Storbritannien). Detta avtal var ursprungligen på fem år med slutdatum okt -01. Detta avtal har nu förlängts på ömsesidig begäran av parterna.

4.13.7 Fortsättning

Delstudie 1: Djurförsök i samarbete med DSTL/QinetiQ kommer att fortsätta även nästa år. Studierna syftar till att minska den initiala bubbelmängden efter FU från luftmättnad genom att låta förskökdjuren andas 100% oxygen innan FU.

Delstudie 2: Studien planeras fortsätta under år 2002.

Delstudie 3: Studie av andhållnings-fysiologi kommer att fortsätta under kommande år som ett uppdrag utlagt på Karolinska Institutet.

Delstudie 4: Röntgenstudien kommer att fortsättas och förhoppningsvis avslutas under 2002. Intresse för samarbete kring denna studie och liknande frågeställningar har visats från norska och nederländska marinerna. Kontrollexperiment rörande S-100 studien kommer också att genomföras under 2002.

4.14 Finmotorisk förmåga vid måttlig hypoxi

Ingen verksamhet bedrevs inom projektet under år 2001. Leveranserna utgår enligt HKVC H 21 105:80980

4.15 Fysiska krav på FM:s personal (E5023)

Projektledare: Ulf Bergh, FOI MSI

4.15.1 Behandlade frågor och forskningsmål

Många uppgifter i Försvarsmakten innehåller fysiskt arbete, ofta avsevärt mer än i det civila samhället och med högre krav än vad alla kan klara. Utbildning och träning kan öka den fysiska kapaciteten men inte obegränsat. Därför är det viktigt att veta vad olika utbildningar kräver av individen och att kunna mäta den fysiska kapaciteten för att undvika att personer uttас till utbildning som de saknar rimliga möjligheter att klara.

Aktuella frågeställningar är:

- 1) Energiomsättningens storlek vid olika fysiska aktiviteter.
- 2) Principer för att beskriva fysiska krav hos FM personal
- 3) Principer för att beskriva fysiska krav hos pliktiga

Häri ingår att:

- 1) Mäta energiomsättningen vid fysisk aktivitet
- 2) Bistå FM med underlag för att utforma anvisningar och regler för fysisk träning och fysiska krav hos officerare.
- 3) Bistå FM i befattningsanalysarbetet

Ovanstående inriktning är delvis resultatet av ändrad inriktning. I planeringen ingick dels mer experimentell verksamhet angående inriktning samt tillämpning av tidi-

gare resultat för att rangordna befattningar avseende krav på fysisk prestationsförmåga. Den experimentella verksamheten har omfattat inledande försök med gång på band där lutningen ändras för att simulera kuperad terräng.

Med anledning av att FöD uppdrog åt FM att se över de fysiska kraven ökade insatserna att stödja FM i detta arbete på bekostnad av den experimentella verksamheten. I detta arbete har ingått deltagande i tre arbetsgrupper. Den ena behandlade frågan "en ny försvarsmakt och dess idrott." De två övriga hade inriktningen översyn av de sk baskraven för officerare avseende fysisk prestation, respektive att se över de fysiska kraven för olika utbildningar inom FM. I båda fallen ingår att undersöka om det finns fysiska krav som obefogat försvårar en ökning av antalet kvinnor i försvaret. Internationella jämförelser har kunnat göras genom deltagande i konferensen "International Uniformed services symposium, Farnborough, England.

4.15.2 Framkomna resultat/slutsatser

Många av de kvinnor som inte klarar kraven för att kunna skrivas in till lång grundutbildning "stupar" på muskelstyrkeprovet, vilket har tolkats som att det nya provet diskriminerar kvinnor. En analys visar att det kvinnor har lika högt värde i förhållande till för att överhuvudtaget kunna bli antagen män på detta som på det gamla, men att skalan ändrats så det nu är svårare att uppnå ett den två som krävs för att kunna bli inskriven

4.15.3 Kunskapsspridning

Resultat och delresultat har redovisats i möten med projektets avnämare. Kunskapsspridning har skett främst via deltagande i nämnda arbetsgrupper.

4.15.4 Nyttan/effekter för Försvarsmakten

Nyttan för försvaret är att få tillgång till den kunskap som finns inom det aktuella området och därigenom öka möjligheterna

att skapa system som gör att FM kan nå uppsatta mål vad gäller fysisk standard och ökad rekrytering av kvinnor.

4.15.5 Internationellt avtalsbundet projektsamarbete

Inget för närvarande.

4.15.6 Fortsättning

Laboratorie och fältförsök för att bestämma terrängprofilens inverkan på effekt- och konditionskrav. Detta kan komma att inkludera aktiviteter aktuella vid strid i bebyggelse. Fortsatt deltagande i nämnda arbetsgrupper, bl a med att beräkna hur olika kravnivåer påverkar andelen män respektive kvinnor som klarar detta.

4.16 Termisk belastning - nya hot och miljöer

(E5024)

Projektleddare: Ulf Danielsson, FOI MSI

4.16.1 Behandlade frågor och forskningsmål

I många miljöer behöver soldaten förstärkt personligt skydd. I en C(B)-kontaminerad miljö skyddas individen av skyddsmask och skyddande dräkt. Men samtidigt som skyddsutrustningen förhindrar inträngning av stridsmedlet bromsar den även transporten av kroppsvärme och svett från kroppen. Motsvarande problem uppstår då individen måste skydda sig mot IR-spaning genom att bära speciell IR-kamouflage eller då tungt kroppsskydd måste bäras vid minröjning. Tendensen att den framtida, avsuttna soldaten bär allt mer utrustning är gemensam för många länder. Följden blir ökad värmebelastning och vätskebehov. Det påverkar prestationsförmågan negativt och risken för värmeutmattning ökar under många kombinationer av klimat och taktiskt uppträdande. Detta försvårar eller förhindrar genomförandet av uppgifter samtidigt som personalbehovet ökar.

Övervakning från termiska IR-sensorer medför också att soldatens ytemperatur och externa värmekällor är avslöjande. Detta medför att soldaten inte kan modifiera sin klädsel efter behov eller värma sig och sin mat. Det minskar hans uthållighet samtidigt som risken för nedkylning och köldskador kan öka.

Aktuella frågeställningar är

- 1) Hur stor blir den fysiska (arbets- och termiska) belastningen vid uppträdande i olika miljöer.
- 2) Vilka förändringar i utrustning och uppträdande krävs för att minska risken för termisk obalans.
- 3) Hur påverkar förändringarna i uppträdande och utrustning den termiska signaturen.

Målet är att kunna ange vilka uppgifter inom det militära försvaret, aktuella vid nationella och internationella operationer, som är möjliga att genomföra i olika klimat och vid användande av olika typer av skyddande utrustning.

Häri ingår att:

- 1) Bestämma människans värmeproduktionen vid aktiviteter relevant för totalförsvaret
- 2) Beskriva värmeflödet mellan människa och omgivning i olika klimat och för skiftande skyddsbeklädnader
- 3) Beräkna hur människans fysiska funktionsförmåga påverkas vid givna nivåer av värmeutbyte
- 4) Sammanställa data från (1)-(3) i en simuleringsmodell

- 5) Validera dessa modeller mot data (nationella och internationella) uppmätta vid studier på människa.
- 6) Göra modellen tillgänglig för beslutstöd vid nationella och internationella operationer.

4.16.2 Genomförda aktiviteter

Arbetet med projektet har fortskridit som planerat inkluderande grunddatainsamling samt validering av simuleringsmodellen. En studie av olika kamouflagedräkter och dess effekt på termisk IR-signatur har gjorts i FOIs kombinerade vindtunnel/klimatkammare. Studien har rapporterats i en FOI rapport (FOI-R—0042—SE). Rapporten har även presenterats vid Nordiska Militära Beklädnadssymposiet, Helsingfors, och vid studiebesök i Canada (DCIEM) och USA (USRIEM). Möjligheten att förutsäga risken för att förfrysas oskyddad hud (vindkyla) har förfinats och gjorts mer generell. Resultatet "Factors Affecting the Risk of Tissue Freezing" har presenterats vid Thermal Physiology Symposium, Australien, och som "Predicting the risk of freezing the skin" vid NATO HMF-panel, Tyskland. Utvecklingen av "Framtida soldaten" har följts och studerats internationellt genom besök i Norge, Canada, USA och Storbritannien. Deltagande i förstudien "MARKUS" under det gångna året har syftat till bereda för en studie med målsättningen att utveckla en demonstrator av "Swedish Future Soldier". En uppdatering av "Soldier Modernisation" (FOA-R—99-01293-720—SE) har påbörjats i samband med deltagande i "International Soldier System Conference", Storbritannien. Utvecklingen inom BC-området har följts bl.a. genom deltagande i "International CBW Conference", Stockholm. Det ökade intresset kring strid i bebyggelse har följts genom att delta i FOI's breda projekt "SiB" och där utforma förslag till MSI-forskningsprojekt, men också genom att delta i SiB-fältförsök (MSS/Livgardet-Stadsskytte) som genomförts under året.

Det stora internationella intresset kring "Fysiologisk Monitorering" har medfört att en motsvarande förberedande studie, syftande till demonstrator, har påbörjats.

4.16.3 Framkomna resultat/slutsatser

Simuleringsprogrammets förmåga att beräkna yttemperaturen och därmed termisk IR-kamouflageförmåga har visat sig god vid jämförande studier i klimatkammare. Detta och möjligheten att bedöma värdet av låg-emissiva material (litet värde) samt behovet av ansiktsmaskeringsfärg med (termiska) tIR-egenskaper (stort behov, alternativt bör visir införas/prövas) har väckt stort intresse vid internationella presentationer. Detta speglar det tydliga intresse som visas för ökad användning av lätta tIR-sensorer. Intresset/behovet av att uppträda avsuttet samt framtida deltagande i internationella operationer i områden med strängt vinterklimat ökar risken för köldskador. En tidigare framtagen riskmodell har förfinats och gjorts mer generell. Modellen kan nu beräkna risken för förfrysning hos en grupp icke-acklimatiserade individer utifrån kännedom om lufttemperatur, lufthastighet, solinstrålning och om huden är våt eller torr. Solinstrålningen har en gynnsam effekt och den praktiska betydelsen ökar vid hög höjd och sydliga breddgrader. Vätning av hud ökar påtagligt risken för förfrysning. Ökad vaksamhet bör visas vid snöglopp och/eller hantering av snöiga vapen och dylikt med bara händer. Fuktig hud fås också vid nyttjande av hudsalvor vilket alltså ökar risken för frysskador vilket är emot vanlig tro. Riskmodellen kan också kvantifiera värdet av ansiktsskydd, t.ex. balaclava, avseende förfrysningsrisken. Det förfinade modellen har mottagits med internationellt intresse delvis p.g.a. att presentationen sammanfallit i tid med en önskan, både i Nordamerika och Europa, om bättre hjälpmedel för att förutsäga risken för kylskador.

4.16.4 Kunskapsspridning

Resultat och delresultat har redovisats i möten med projektets avnämare.

Kunskapsspridning har skett via deltagande i MARKUS, Grupp2010 och AgPSS. Delar av framkomna resultat har även presenterats för och diskuterats med HKV, FMV, ATK och MSS.

Resultaten har presenterats i FOI användarrapporter och vid deltagande i internationella konferenser (se bilaga).

4.16.5 Nytt/effekter för Försvarsmakten

Simuleringsmodellen kan ge upplysning om hur stor den fysiska belastningen blir vid olika taktiska uppträdande, hot och i skiftande klimat. Därmed kan förflyttningshastighet, val av förflyttningssätt och tidpunkt för aktivitet vägas mot risk för utmattning eller skada. Behovet av vätska kan beräknas och, om sådan är begränsad, graden av dehydrering. Modellen möjliggör också spel med olika skyddsnivåer, t.ex. mot kyla, värme, splitter, BC-stridsmedel, termisk signatur. Den generella klimatmodellen medger simulering av internationella operationer där annan utrustning används än den som ingår i fältuniformssystemet, t.ex. kylvästar. Modellen kan också ge viss information om värmerelaterad mental belastning vilket är av vikt vid samtidig termisk/fysisk/ mental belastning under kritiska moment. Detta har relevans inte minst vid strid i bebyggelse. Modellen minskar behovet av storskalig prövning samt möjliggör prov av nya idéer till tropikuniform, C-dräkt, tIR-skydd, behov av dräktventilation o.s.v. Effekten av ny teknik och taktik för "Framtida Soldaten" (MARKUS) kan prövas redan på idéstadiet genom nyttjande av simuleringsmodellen.

4.16.6 Internationellt avtalsbundet projektsamarbete

Inget för närvarande. Dock har viktiga fysiologiska ingångsdata samt beklädnadsdata för validering erhållits genom inter-

nationellt, icke avtalsbundet, utbyte kolle-
gor emellan.

4.16.7 Fortsättning

En satsning på "Fysiologisk monitorering" påbörjas. Den innebär utveckling av teknik och metodik för att mäta och presentera soldatens, i första hand fysiska, men på sikt även mentala belastning i fält. Satsningen ingår i "Framtida Soldaten" och ska inkludera även lägesbeskrivning och navigering. Genom att kombinera denna teknik med mätning av soldatens effektutveckling kan t.ex. terrängtyp, markbeläggning, burens börda, förflyttningshastighet översättas till fysiska krav på soldaten. Samtidigt sker vidareutveckling av den "prognostiska" simuleringsmodellen. Tillhörande rådgivningsdel kommer att utvecklas vidare genom att tillföra integrerande "stress-index". Simuleringsmodellen kommer också att nyttjas för belysning av olika typförbands belastning. Det sker i samarbete med MSS och ATK genom bl.a. deltagande i studierna Grupp2010 och MARKUS (framtida soldaten). Samarbete kommer även att ske kring strid i

bebyggelse (SIB) samt vid diskussioner om nya kroppsskydd (deltar i AgPSS). Utredning av och deltagande vid eventuella prov med "MARKUS-utrustning" kommer att ske i samband med att FMV/MSS får låna "FutureSoldier"-system från USA alternativt Storbritannien och/eller Tyskland. Under kommande åren, med start 2002, ska en ny tropikutrustning tas fram för FM. Samarbete planeras ske med FMV och SWEDINT. I mån av tillgång till klimatkammarresurser kan studier bli aktuella avseende tropikutrustningens utformning och effekt på människa i varmt/fuktigt klimat. Eventuellt kommer studien att inkludera mental prestation under termisk belastning. Simuleringsmodellens förmåga att beräkna termisk IR-signatur kan komma att vidareutvecklas, eventuellt i samarbete med andra länder. Möjligheten att bedöma risken för förfrysning av oskyddad hud kommer sannolikt också att utvecklas vidare, i så fall i samarbete med utländska intressenter. Behovet att anpassa simuleringsmodellen till HLA-arkitektur, som tillåter samkörning med andra, internationella modeller, följs.

5 Rapporter och annan kunskapsöverföring

Vetenskapliga rapporter och metodrapporter

Författare	Titel	Rapp-nr	Uppdr nr
Eiken O., Kölegård R., Lindborg B., Aldman M., Karlmar K.-E., Linder J.	Protection against increased gravitational (G) forces afforded by the hydrostatic anti-G suit Libelle(R) is not adequate for use in a 9 G aircraft.	FOI-R--0085--SE	E5658/E50214
Eiken O., Kölegård R., Lindborg B., Mekjavic I., Linder J.	The effect of muscular straining on G-protection during assisted pressure breathing.	FOI-R--0230--SE	E50214
Eiken O., Tipton M.J., Kölegård, R., Lindborg, B., Mekjavic, I.B.	Motion illness decreases the capacity to tolerate gravitaional forces in humans.	FOI-R--0341--SE	E5025

Övriga rapporter

Författare	Titel	Rapp-nr	Uppdr nr
Danielsson, U.	Personligt kamouflage. Ytemperaturens beroende av klimat, fysisk aktivitet och materialval. Datorsimulering- och klimatkammarstudier av fältuniform 90 samt två kamouflagedräkter.	FOI-R--0042--SE	E 5024
Grahn P.	Beslutstöd för markmålsinsatser- Sampresentation av sensordata och digital karta.	FOI-R--0282--SE	E7022
Sandström L.	Årsrapport 2000 för FOAs forskning inom FoT-område Människa-System-Interaktion med Fysiologi.	FOI--R-0010--SE	G0210
Strömberg D.	Integration och styrning av sensorer i nätverk.	FOI-R--0237--SE	E7022
Tribukait A., Eiken O.	Vestibulära mekanismer för spatial desorientering.	FOI-R-0270--SE	E5669
Åkerstedt T.	Arbetstider, hälsa och säkerhet. Sammanställning av aktuell forskning. City. Stressforskningsrapport 299, Institutet för psykosocial medicin (IPM), Stockholm.	Dokumentet framtaget av KI inom ramen för FM-uppdrag	E5060

Artiklar

Författare	Titel	S-nr	Uppdr nr
Alricsson M., Harms-Ringdahl K., Schuldt K., Linder J.	Mobility, muscular strength and endurance in the cervical spine in Swedish Air Force Pilots. Aero.Space.Enviro.n.Med., vol 72, pp 336-342, 2001	Dokumentet framtaget av KI inom ramen för FM-uppdrag	E 5061
Eiken O., Kölegård R.	Relationship between arm pain and distension of arteries and veins caused by elevation of transmural pressure in local vascular segments. Aviation, Space, and Environmental Medicine, vol 72 (No.5) pp 427-431, 2001	FOI-S--0029--SE	E50211
Gustafsson P.M. Eiken O., Grönkvist M.	Effects of hypergravity and anti-G suit pressure on intraregional ventilation distribution during VC breaths. J. Appl. Physiol., vol 91, pp. 637-644, 2001	FOI-S--0266--SE	E50212
Mekjavic IB., Tipton M. J., Gennser M., Eiken O.	Motion sickness potentiates core cooling during immersion in humans. J. Physiol., vol 535, pp 619-623, 2001	FOI-S--0551--SE	E5025

Konferensbidrag

Författare	Titel	S-nr	Uppdr nr
Allberg, H	Filter simulation on CRT and LCD displays. Swedish Society for Automated Image Analysis (SSAB). Annual Symposium on Image Analysis, Norrköping, 14-15 March, 2001. pp. 17-19	FOI-S--0278--SE	E5012
Danielsson U.	Personligt IR-kamouflage. Nordiskt Beklädnadsseminarium 2001, Helsingfors, Finland, 20-22 augusti, 2001	FOI-S--0142--SE	E5024
Danielsson U.	Factors affecting tissue freezing. Proc.of the Australian Physiological and Pharmacological Society, Supplement 1, vol 32, nr 2, 2001, Abstract 19p. (International Thermal Physiology Symposium, Wollongong, Australien, 2-6 September, 2001)	FOI-S--0141--SE	E5024
Danielsson U.	Predicting the risk of freezing the skin. NATO-symposium, Human Factors and Medicine Panel: Blowing Hot and Cold: Protection against climate extremes, Dresden, Germany, 8-10 October 2001	FOI-S--0143--SE	E5024
Eiken O., Kölegård R.	Vascular responses to elevated intravascular pressure: adaptive changes in man due to repeated exposures. J. Physiol (Lond) 531P, pp 51P, 2001	FOI-S--0552--SE	E50214

Eiken O., Kölegård R.	Pressure habituation alleviates G-induced arm pain. Avia.Space Environ Med, vol 72, p. 281, 2001	FOI-S--0553--SE	E50214
Eiken O., Tipton M. J., Kölegård R., Lindborg B., Mekjavic I.B.	Motion illness decreases G-tolerance in man. The Nordic Aerospace Medical Association 6th meeting, Stockholm, Sweden, 26-29 September 2001, Abstract p. 17	FOI-S--0554--SE	E5025
Fernandes L., Linder J., Krock L., Balldin U., Harms-Ringdahl K.	Muscle activity and positive-pressure breathing for G protection during high sustained Gz-exposure in human centrifuge. The Nordic Aerospace Medical Association 6th meeting, Stockholm, Sweden, 26-29 September 2001, Abstract p.12	Dokumentet framtager av KI inom ramen för FM-uppdrag	E5061
Flook V., Gennser M.	The effects of oxygen in the breathing gas on submarine escape from a pressurised submarine. Undersea & Hyperbaric Medicine, Volume 28, 2001 Supplement, p. 21, Abstract No. 15, p. 21. (34 Annual Undersea and Hyperbaric Medical Society Scientific Meeting, San Antonio, TX, USA, 14-16 June 2001)	FOI-S--0037--SE	E50202
Gennser M., Blogg S.L., Loveman G. A. M., Seddon F.M., Thacker J.C., White M. G.	Submarine escape from 25 ATA using hyperoxic escape gas. EUBS XXVIIth Annual Scientific Meeting, Hamburg, Germany, 12-16 September, 2001, p. 30	FOI-S--0555--SE	E50202
Grönkvist M., Bergsten E., Gustafsson P.	Effects of increased gravity and anti-G-suit pressure on V'A/Q'-mismatch as assessed from the capnogram during tidal breathing. The Nordic Aerospace Medical Association 6th meeting, Stockholm, Sweden, 26-29 September 2001, Abstract p.16	FOI-S--0550--SE	E50212
Gustafsson P.M., Bergsten E., Grönkvist M.	Effects of increased gravity and anti-G-suit pressure on V'A/Q'-mismatch as assessed from the capnogram during tidal breathing. Am J Respir Crit Care Med, 2001; 163, Supp. A239	FOI-S--0267--SE	E50212
Linde L., Strömberg D., Pettersson G., Andersson R., Alfredson J.	Evaluation of a temporal display for presentation of threats in air combat. In R. Onken (Ed.) Proceedings of CSAPC'01 8th Conference on Cognitive Science Approaches to Process Control "The Cognitive Work Process: Automation and Interaction", Universität der Bundeswehr, Neubiberg, Germany, 24-26 September 2001, pp. 137-146	FOI-S--0527--SE	E7022
Lowden A., Åkerstedt T., Holmbäck U., Forslund A., Forslund, J., Lennernaes M.	Carbohydrate vs high fat meal - effects on performance and sleepiness during a 24th wake period. Poster vid 15th International Symposium on Night and Shift Work, Hayama, Japan, 10-13 September 2001, p.124	Dokumentet framtager av KI inom ramen för FM-uppdrag	E5060

Lowden A., Åkerstedt T., Holmbäck U., Forslund A., Forslund, J., Lennernaes M.	Carbohydrate vs high fat meal - effects on wakefulness, energy, expenditure and metabolism during a 24h wake period. 13th Annual Meeting of the Society for Light Treatment and Biological Rhythms, Stockholm, 25-27 June 2001, Abstract p. 20	Dokumentet framtaget av KI inom ramen för FM-uppdrag	E5060
Magnusson S., Berggren P.	Similarities and differences in psychophysiological reaction between simulated and real flight. The Nordic Aerospace Medical Association 6th Meeting, Stockholm, Sweden, 26-29 September 2001, Abstract p.14	FOI-S--0564--SE	E5022
Strömberg D.	A multidimensional data fusion & sensor management node. In Proceedings of International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems MFI2001, 20-22 August 2001, Kongresshaus, Baden-Baden, Germanay. ISBN 3-00-008260-3, pp. 195-200	FOI-S--0528--SE	E7022
Svensson E.	Systemvärdering för systemutveckling. Flygteknik 2001, Svensk Flyg-och Rymdteknik inför Nya Utmaningar, Stockholm City Conference Center, 22-23 oktober, Stockholm, sid 5	FOI-S--0560--SE	E5022
Svensson E., Wilson G. F.	Psychophysiological models of pilot performance for systems development and mission evaluation. The Nordic Aerospace Medical Association 6th Meeting, Stockholm, Sweden, 26-29 September, 2001, Abstract p.13	FOI-S--0561--SE	E5022
Thuresson M., Ång B, Linder J., Harms-Ringdahl K.	Neck muscle activity among helicopter pilots in varied non-flight neck positions and types of head-worn equipment. The Nordic Aerospace Medical Association 6th Meeting, Stockholm, Sweden, 26-29 September, 2001, Abstract p.12	Dokumentet framtaget av KI inom ramen för FM-uppdrag	E 5061
Ång B., Linder J., Harms-Ringdahl K.	Quantitative evaluation of strength performance, EMG-activity and muscle fatigue in the cervical spine among military high-performance pilots and helicopter pilots. The Nordic Aerospace Medical Association 6th Meeting, Stockholm, Sweden, 26-29 September, 2001, Abstract p.11	Dokumentet framtaget av KI inom ramen för FM-uppdrag	E5061
Åkerstedt T.	New tools for predicting hypovigilance. 5th Symposium on Sleep Epidemiology, Bordeaux, France, 11-13 April, 2001, Abstract p. 25	Dokumentet framtaget av KI inom ramen för FM-uppdrag	E5060

Åkerstedt T., Kecklund G., Gillberg M., Lowden A.	Adjustment of sleep. 15th International Symposium on Night and Shift Work, Hayama, Japan, 10-13 September, 2001, Abstract 13, Keynote	Dokumentet framtaget av KI inom ramen för FM-uppdrag	E5060
Åkerstedt T., Lowden A., Holmbäck U., Forslund J., Forslund J., Lennernaes M., Hambraeus L.	The interaction of food, time of day and sleep loss on metabolism, sleepiness, performance during 24th of continuous activity. 15th Meeting of the Associated Professional Sleep Societies, Chicago, USA, 5-8 June, 2001, Abstract p. 188	Dokumentet framtaget av KI inom ramen för FM-uppdrag	E5060
Örnham H.	In flight oxygen to passengers, A need for rebreathers? The Nordic Aerospace Medical Association 6 th Meeting, Stockholm, Sweden, 26-29 September, 2001, Abstract p. 20	FOI-S--0556--SE	E5636/E50202

FOI Memo

Titel	Dnr	Uppdr nr
Gz-Demonstrator	2002/107	E 5012/E5611
PJND	2002/108	E 5012/E5611
Erfarenheter av VNC-702	2001/3811	E5026
	2001/H439	E5026
	2001/H442	E5026
	2001/H499	E5026
Sensorsoldat 2010 - halvårsrapport 2001	2001/2522	E5026
Synpunkter på optiskt riktmedel till Ak4B	2001/2674	E5026
Sensorsoldat 2010 - lägesrapport tredje kvartalet	2001/3291	E5026
Huvudburet presentationssystem för den framtida soldatens interaktion med vapen och sensorer	2001/4076	E5026
Genetisk predisposition för drunkning	2001/1358	E50202
Förslag till MSI-forskning inom LedsysT	2001/3539	E06115
Reserapport över simulerings- och grafikurs	2001/2210	E5022
Rapportering av kurs i uppgiftsanalys	2001/2388	E5022
Systemstudier, styrning och samverkan	2001/459	E7022/ E38341
Integrering av sensorer i nätverk	2001/3133	E7022/ E38341
Värdering av systemarkitektur	2001/3253	E7022/ E38341

