



## FOI MEMO

Projekt  
Flernivåutvärdering av prestation för  
förbättrat träningsvärde

Sidnr  
1 (17)

Projektnummer  
A81222

Uppdragsgivare  
Försvarsdepartementet

FoT-område  
Inget FoT-område

Författare/Author  
Alva Lindhagen  
Zackarias Alenljung  
Robert Ramberg

Datum  
2025-12-11

Memo nummer  
FOI Memo 9132

### **Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärde**

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärde

Memo nummer  
FOI Memo 9132

## 1 Inledning

Utvärdering av prestation är centralt för stridspilotträning som genomförs vid Flygvapnets Luftstridssimuleringscentrum (FLSC). För att kunna utvärdera prestation i syfte att förbättra träningsvärdet krävs kunskap om vilka mått som kan verifiera att träningsvärdet har uppnåtts och till vilken grad. Dessutom behövs kunskap om hur och när resultatet av prestationen ska visualiseras för att den ska kunna tas om hand på ett intuitivt och begripligt sätt. Det innebär att identifiera vad som ska mätas, när det ska mätas, hur det ska mätas, varför mätningen är relevant och för vilken målgrupp informationen är intressant. Kontinuerlig utvärdering av prestation möjliggör uppföljning för individen, jämförelser mellan grupper och inom grupper över tid. Det skapar även förutsättningar för att utvärdera taktiker, ny teknik och möjliggör för validering av simulatorträning jämfört med träning i verklig plattform.

Det här memot redogör för tidigare och årets verksamhet inom området prestationsvärdering kopplat till ökat träningsvärde i FLSC och är finansierad inom ramen för anslag för egeninitierad forskning på FOI. Innehållet är relaterat till verksamhet som genomförs vid FLSC och inom ramen för FoT Flygsystem. Syftet med projektet är att ta fram underlag till utveckling av ett ramverk för att kontinuerligt skapa, utvärdera och validera prestationsmått för simulatorbaserad flygträning.

## 2 Tidigare prestationsvärdering i FLSC

Den träning som bedrivs på FLSC är målinriktad, vilket betyder att varje pass kan motiveras utifrån planlagd kompetenshöjande aktivitet (Aronsson et al., 2017). För att kunna nå de uppsatta träningsmålen behöver piloter träna i en lämplig miljö med scenarier som stöttar träningen. I FLSC är träningsformen alltid virtuell och oftast på en taktisk nivå och i grupp. I simulatorträning är det ofta tillåtet att testa gränser och våga misslyckas för att lära inför verklig flygning. Men det är inte bara själva träningen i simulatorkabinen som utgör de lärandeprocesser som krävs för att uppnå träningsmålen. Planering inför ett simulatorpass och utvärdering efter genomfört pass utgör en stor del av den träning som krävs för att utvecklas som stridspilot.

I över 20 år har det genomförts arbete vid FLSC för att stärka träningsvärde utifrån olika angreppssätt. Det här kapitlet redogör för den verksamhet som genomförts på eller i anslutning till FLSC:s verksamhet kopplat till olika former av prestationsvärdering. Stora delar av innehållet återfinns i tidigare memon och rapporter som publicerats på FOI (Bilaga A). Innehållet omfattar metod för att definiera kärnkompetenser, utvärdering efter genomfört pass, prestationsmått och visualisering av simuleringsdata.

### 2.1 Kärnkompetenser

Mellan 2006 och 2011 arbetade FOI och AFRL (eng. *Air Force Research Laboratory, USA*) tillsammans inom ramen för ett samarbetsavtal kallat IMTR (eng. *International Mission Training Research*). Gemensamt nyttjades en metod för att definiera kärnkompetenser för en viss roll i en specifik plattform. De definierade kärnkompetenser för fredstöttande operationer och JAS39 Gripen (Borgvall och Castor, 2006; 2011).

Kärnkompetenser, eller inom luftdomänen även kallade Mission Essential Competencies (MEC), refererar till en metod som syftar till att ta fram beskrivningar av nödvändiga kompetenser inom specifika uppdrag (Alliger et al., 2012). Metoden har använts för att beskriva piloters arbetsuppgifter i detalj för att kunna utröna en organisations behov av resurser och träning av de resurserna. Kompetenser kan vara uppdragspecifika och uppdragsgenerella och de kan även vara specifika för tillgängliga system och verktyg. Varje kärnkompetens utgörs av ett påstående över förväntad kompetens, dess syfte, samt en början och ett slut på när kompetensen bör nyttjas. Det placerar

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärde

Memo nummer  
FOI Memo 9132

kompetensen i en temporal kontext, där en kompetens följer på en annan. Varje kompetens behöver dock inte efterfölja varandra sekventiellt, utan det finns exempel på förväntad simultan förmåga. Utöver de rigorösa beskrivningarna av kärnkompetenser, finns även beskrivningar av förväntad förkunskap och stöttande förmågor. Förkunskap kan till exempel vara den kunskap som förväntas av en utbildad stridspilot och stöttande förmågor kan exempelvis vara situationsuppfattning.

Utveckling av kärnkompetenser är resurskrävande då ämnesexperter behöver samlas under flertalet tillfällen för att strukturerat ta fram, definiera, kategorisera och validera kompetenser och uppdragsbeskrivningar (Alliger et al., 2012). Resultatet från det rigorösa arbetet kan användas för att designa träningsscenarier som är utformade för att träna utvalda kärnkompetenser och utröna vad som bör mätas för att utvärdera lärande.

## 2.2 Lärandemål

Kärnkompetenser i luftstridssimulering bemästras genom kontinuerlig träning. I inledningen av kapitlet nämndes hur träningen i FLSC är målinriktad där varje träningspass har ett antal lärandemål som ska uppnås vid slutet av en tränings- eller övningsvecka. Hur lärandemålen formuleras kan skilja sig åt beroende på vem som formulerar dem, men de bör enligt Försvarmaktens lärobok Pedagogiska grunder (Försvarmakten, 2022) formuleras som krav på kunskap och färdigheter. Målen ska beskriva vad den tränade ska kunna, hur hen ska kunna det, i vilken situation och varför. Det speglar Lawsons (2009) beskrivningar av innehåll i formulerade lärandemål. Enligt Lawson består lärandemål av tre komponenter: prestation, villkor och kriterier. Prestation ska helst beskriva ett beteende som går att observera och som genomförare kan uppvisa vid slutet av ett träningsmoment. Villkor ska beskriva under vilka förhållanden som en deltagare kommer att genomföra ett tränings- eller utbildningsmoment. Kriterier beskriver lärandemålets nivå eller graden av kompetens som krävs för att lyckas med ett moment. Informationen i kriterierna kan användas för att utvärdera prestation.

Inom det svenska flygvapnet anses relationen mellan piloters prestation och definierade lärandemål som känslig information. Det innebär att tidigare forskning på FOI endast har fått tillgång till generiska lärandemål som inte med tydlighet beskriver vilken kunskap, vilka färdigheter och till vilken nivå av kunskap och färdigheter som piloterna ska nå. Exempel på lärandemål som nyttjats inom forskningen på FOI är uppdragsplanering, hantering av vapensystem samt rote- och fyrgruppstaktik (Aronsson et al., 2021, 2023). De generiska formuleringarna innebär att det inte går att definiera kvantitativa mått på när ett lärandemål uppnåtts. Därför har stridspiloter istället fått skatta sitt upplevda träningsvärde för varje lärandemål både vid simulatorträning och vid stora luftstridsövningar (Aronsson et al., 2021, 2023). Denna form av skattning av subjektiva upplevelser av träningsvärde relativt definierade lärandemål kan utgöra grund för utvärdering av individ och grupp, samt för genomfört träningsscenario.

## 2.3 Utvärdering direkt efter genomfört pass

En stor del av lärandet sker vid utvärdering direkt efter genomfört träningspass och är en viktig del av träningen (Aronsson et al., 2017). I FLSC genomförs utvärdering genom att gruppen under träning samlas framför en storbildsskärm som visar en inspelad översiktsvy (eng. *God's eye view*) över passet, som instruktörer och piloter kan interagera med för att belysa särskilda händelser. De kan spola fram och tillbaka, förstora och förminska bilden samt byta perspektiv i en tredimensionell vy (figur 1). Vid storbildskärmen visas även deltagande kabiners skärmar (eng. *heads-down displays*, HDD) för instrumentering som är synkroniserat med översiktsvyn. Utvärderingen som genomförs vid storbildskärmen handlar om att ta upp intressanta händelser i genomförd övning utifrån hur de övande har tänkt och agerat. Det ger deltagarna en möjlighet att resonera kring sitt eget och sin grupps agerande, taktik och reflektera över andra möjliga utfall. Utvärderingen är därmed kvalitativ och subjektiv utifrån övande och instruktörers upplevelser av genomfört pass och

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärde

Memo nummer  
FOI Memo 9132

stöttas av översiktsvyn, som presenterar en exakt återspeglings av vad som hände under genomförandet av pass. Utöver översikten visas även kvantitativt innehåll, så som hastighet, höjd, bränsle, antal skott och träffar.



Figur 1. Gemensam utvärdering av träning. Instruktor och piloter går igenom genomfört simulatorpass framför storbildskärm. Foto: Björn Tesch, FOI.

FOI har tidigare genomfört studier för att designa utvärderingssituationer. En av studierna (Aronsson et al., 2014) redogjorde för ett antal förslag på koncept för utvärdering i FLSC. Ett av förslagen handlade om att skapa en anpassad modell för genomförande av simuleringsbaserad träning som på ett konkret sätt tar avstamp i pedagogiska modeller. Det innefattade att skapa en process för att konsekvent ta om hand både individuell och gemensam utvärdering efter genomfört pass. En annan studie utforskade användning av enkätverktyg för individuell utvärdering av träning i FLSC. En process för individuell utvärdering togs fram av en kandidatstudent med designförslag på utformning av enkät och uppgiftsflöden (Gärdegård, 2017). Designförslagen utvärderades med personal på FLSC, vilket genererade ett antal alternativ för användningen av verktygen, bland annat att skapa gränssnitten utifrån förslagen och anpassa insamling av data i en databas utifrån individuella och gruppvisa data.

Under 2020 integrerades ett enkätverktyg in i FLSC som användes vid en forskningsstudie om framtidens luftstridsträning (Aronsson et al., 2021). Deltagarna i studien besvarade enkäten direkt efter genomfört pass via HDD:n i simulatorkabinen, svaren lagrades i en databas och omhändertogs efteråt för analys. Vid användningen av enkätverktyget belystes det att deltagarnas skattningar bör kunna presenteras på översiktsvyn direkt efter genomfört pass för att kunna användas i den gemensamma utvärderingen. Arbete med att direkt kunna visa en samlad bild över piloternas skattningar under den gemensamma utvärderingen, samt förbättringar i användbarhet krävs för att enkätverktyget ska vara relevant att implementera i träningsverksamheten på FLSC.

Ytterligare exempel på enkätverktyg som ha utforskats i relation till FLSC är STAT (eng. *Squadron Training Assessment Tool*) som är utvecklat av GoE (eng. *The Group for Organizational Effectiveness*) Enkätverktyget är baserat på kärnkompetenser (Borgvall och Castor, 2014) och har använts för att definiera och utvärdera kompetenser vid övning och simulering för flygdivisioner eller andra försvarsgrenar i USA. Verktöget möjliggör för att följa träningsresultat longitudinellt och har testats på två divisioner i Sverige inom ramen för FOI-projektet PROFET (Artman et al., 2013).

## 2.4 Prestationsmått

Den gemensamma subjektiva utvärderingen är mycket viktig för lärande men utgör inte den enda möjliga bedömningen av prestation i genomfört pass. Den subjektiva bedömningen kan kompletteras av ytterligare objektiva kvantitativa data som kontinuerligt samlas in från simulatorpassen. FLSC:s simulatoranläggning har förmåga att samla in data från genomförda simuleringar vilka kan nyttjas

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärde

Memo nummer  
FOI Memo 9132

för att stödja och validera de resonemang som förs under utvärderingen. Kvantitativa data kan även kombineras för att utöka förståelsen för de situationer som händer i scenarier som i sin tur kan visualiseras för piloterna under deras gemensamma utvärdering.

Ett exempel på verktyg som kan användas för att identifiera och ta fram prestationsmått är C-PETS (eng. *Coalition - Performance Evaluation Tracking System*). Det är ett verktyg som innehåller manualer för mätning och beskrivningar över mått på prestation. Kvantitativa data samlas in, analyseras och presenteras som ett mått på prestation. Verktöget har använts som instruktörsstöd under träning och vid utvärdering efter genomfört träningspass. Verktöget har tagits fram av AFRL och har använts i deras verksamhet sedan mitten på 00-talet. FOI har i samarbete med AFRL utvärderat verktöget i FLSC och varit i kontakt med forskare på kanadensiska DRDC (eng. *Defence Research and Development Canada*) för utveckling av egna prestationsmått i C-PETS (Aronsson et al., 2017), men verktöget har inte blivit implementerat i verksamheten på FLSC.

Ett annat exempel på verktyg för att identifiera och ta fram prestationsmått är ENA (eng. *Epistemic Network Analysis*) nyttjas (Aronsson et al., 2014). Enligt ENA:s hemsida<sup>1</sup> kan analysmetoden stödja användare som vill undersöka kopplingar mellan datapunkter för att skapa nätverk som belyser samband mellan datapunkterna. Verktöget möjliggör också för statistiska och visuella jämförelser mellan nätverk med spårbarhet mellan nätverken och den data som de är uppbyggda av. Det ger förutsättningar för att identifiera utvecklingsområden för mindre erfarna stridspiloter som kan jämföras med mer erfarna stridspiloter.

FOI-projektet PROFET (Aronsson et al., 2014) genomförde en workshopserie där forskare och FLSC-personal tillsammans tog fram ett antal prestationsmått som de bedömde som intressanta och som senare resulterade i ett antal förslag på hur resultat av mätningar kan visualiseras för piloten (Persson, 2016; ter Vehn, 2016). Visualiseringarna utvärderades av stridspiloter vid FLSC och bedömdes kunna främja utvärdering och stötta piloter med olika grad av erfarenhet (Aronsson et al., 2017).

## 2.5 Analys och visualisering av simuleringsdata

Analys och visualisering av simuleringsdata kan stödja piloters förståelse för vad som skett i genomfört pass, illustrera hur beteenden påverkar det som sker i scenariot och hur förändringar i handlingar kan påverka uppdragets genomförande. FLSC har genom åren utvecklat sina metoder för analys och visualisering av simuleringsdata.

Det har genomförts studier på FLSC som tagit fram förslag på nya visualiseringar som stöd för lärande (Persson, 2016; ter Vehn, 2016). Ter Vehn genomförde ett mastersarbete som handlade om hur översiktsvyn (figur 1) under gemensam utvärdering kan utvecklas och hur information spatalt bör ordnas för att stötta instruktörer och piloters informationsinhämtning. Inom ramen för arbetet skapades också ett designförslag som syftade till att stödja piloter i att identifiera varför ett robotskott träffade eller inte. Persson (2016) tog fram ett visualiseringsförslag för gemensam utvärdering som skulle underlätta piloters bedömning av individens och gruppens situationsmedvetenhet vid skjutläge. Båda designförslagen finns beskrivna i Persson (2016) och i ter Vehn (2016), och är utvärderade för eventuell implementation i FLSC (Aronsson et al., 2017).

Under de senaste åren har FLSC utvecklat två analysverktyg med syfte att stötta utvärdering och lärande. Ett av analysverktygen samlade in auditiva data från piloters kommunikation, analyserade innehållet och presenterade en översikt för hur kommunikationen såg ut i passet (Lilja et al., 2016). Det visade till exempel på hur frekvent kommunikationen var, när kommunikationen skedde och vad piloterna pratade om. Verktöget kunde till exempel användas under utvärdering för att göra jämförelser med händelser i scenarier, identifiera skäl till uppdragets måluppfyllnad och stötta de

---

<sup>1</sup>Hämtad 10 dec, 2025 från: [www.epistemicnetwork.org](http://www.epistemicnetwork.org)

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärde

Memo nummer  
FOI Memo 9132

slutsatser som instruktörer och piloter drar. Det kunde också illustrera indikationer på låg situationsuppfattning och hög arbetsbelastning, vilket skapade förutsättningar för att värdera svårighetsgraden i scenariot. Verkytet är fortsatt under utveckling.

Det andra verkytet handlar om att jämföra och illustrera utmärkande delar av händelser och aktiviteter i simuleringarna. Analysverkytet möjliggör för användarna att studera sina genomförda pass mer i detalj, men kräver ingående kunskap om verkytets uppbyggnad och funktionalitet. Verkytet kan användas på översiktsvyn (figur 1) och vid en separat dator. Framgent arbetar FLSC med att öka användbarheten i verkytet.

### 3 Verksamhet under 2025

Nedan följer en redogörelse för årets verksamhet inom projektet. För att undersöka forskningsläget inom prestationsvärdering har insamling av interna rapporter och dokument, samt en litteratursökning av extern forskning inom området prestationsvärdering. Parallellt med litteraturgenomgången har projektet genomfört möten med personal på FLSC, tagit fram en lista av mätpunkter för potentiella prestationsmått och ett koncept för fortsatta studier för prestationsvärdering i FLSC.

#### 3.1 Litteraturgenomgång

Litteraturgenomgången resulterade i att 92 dokument samlades in, som beskriver prestationsvärdering utifrån olika perspektiv (Bilaga A och B). 75 av dokumenten består av externa källor och 17 är FOI-relaterat publicerat material. De externa dokumentens innehåll är kopplat till analysverktyg som samlar in kvantitativa data från simuleringar, metoder för att identifiera träningsbehov, kvalitativa bedömningar av prestation och kvantifiering av subjektiva utvärderingar. Det publicerade FOI-materialet nyttjades för att skapa en beskrivning över tidigare verksamhet på FOI (Kapitel 2). Utöver texterna och FOI-publicerade källor samlades även FOI-internt arbetsmaterial in som handlade om tidigare beskrivningar av möjliga mätningar, arbete med kärnkompetensbeskrivningar, utvärdering av prestationsvärderingsverktyg och en metod för strukturerad individuell och gemensam utvärdering i FLSC.

#### 3.2 Sammanställning av mätpunkter

Genom insamlade dokument och diskussioner tillsammans med medarbetare på FLSC har projektet skapat en lista över potentiella mätpunkter som kan användas för utvärdering och studier. Listan innehöll 105 potentiella mätningar för utvärdering i FLSC. Listan är beskriven i ett Excel-ark som ses som ett levande dokument med tillhörande kategorisering och värdering (tabell 1). Vad som kan mätas är beskrivet på både låg och hög nivå, beroende på hur avancerad datainsamling och analys av data är. Exempelvis är antal skjutna skott en mätning på låg nivå och pilotens stressnivå på en hög nivå. Det innebär även att flera av de potentiella mätpunkterna kan ingå i varandra eller kombineras för att besvara frågor som kan vara av relevans för utvärdering. Det betyder också att vissa mätningar, så som stress, kräver flera olika mått och mätmetoder för att kunna valideras.

Listan ej är helt färdigställd och komplett. Tillsammans med personal på FLSC har mätpunkterna jämförts med den data som samlas in idag och som inkluderas i dagens analysverktyg. Flera av mätpunkterna behöver tydligare motiveras för FLSC och innan listan färdigställs krävs en värdering av ämnesexperter för mätpunkternas relevans och genomförbarhet.

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärde

Memo nummer  
FOI Memo 9132

Tabell 1. Översikt av kategorisering och värdering av inkluderade potentiella mätningar.

Kategori	Beskrivning av kategori
Vad?	Beskrivning av vad som ska mätas.
Varför?	Syftet med mätningen. En motivering till varför mätningen är intressant.
Hur?	Beskrivning av vad som krävs för mätning och ifrån vilket medium eller verktyg som krävs för att samla in relevant data.
Individuell/Grupp	En kategorisering för om data är relevant för individuell, gruppvis utvärdering eller både och?
Kvant/Kval?	Är data som samlas in kvantitativ, kvalitativ eller både och?
Registreras idag?	Binär bedömning om data registreras idag i FLSC.
Analysverktyget	Binär bedömning om data samlas in och nyttjas i analysverktyget idag i FLSC.
Ev. Källa	Beskrivning av vilket dokument eller vilken person som är källa till föreslagen mätning.
Ev. Kategori	Kategorisering av innehållet. Ofta sammankopplat med syftet för mätningen.
Aggregerad?	En binär bedömning om flera mätpunkter behöver sammanfogas eller att olika mätmetoder krävs för att nå önskat resultat.
Nivå	En subjektiv bedömning på en tregradig skala för hur avancerad mätningen är. Skalan innehåller kategorierna låg, medel och hög.

### 3.3 Koncept för målgruppsinriktad utveckling

Projektet har under året samordnat verksamheten tillsammans med personal från FLSC. Diskussioner och kunskapsinhämtning från möten har genererat ett koncept för målgruppsinriktad utveckling och mätning. Konceptet utgår ifrån syftet med mätning och utvärdering av prestation utifrån situation och målgrupp. Projektet föreslår fem olika kategorier som kan användas för att inrikta fortsatt utveckling av prestationsvärdering i FLSC, och presenteras här i korthet.

#### Kategori 1 – Långsiktig utvärdering

Långsiktig utvärdering handlar om att samla in data vid upprepade tillfällen över tid för att kunna göra jämförelser, se trender och identifiera behov av kompetenshöjande insatser. Den långsiktiga utvärderingen kan vara av intresse för divisionschefer, utbildning- och träningsansvariga samt för individen själv. Den här kategorin riktar sig enbart till Försvarmakten och deras behov. Fokus för den här kategorin skulle kunna vara att identifiera vilken information som instruktörer, piloter och chefer är intresserade av att följa över tid och ta fram lösningar för hur informationen bör presenteras.

#### Kategori 2 – Utvärdering av övning

Utvärdering av prestation i en övning är tätt kopplad med de händelser och aktiviteter som sker i övningen. Vilken prestation som är intressant beror på övningens syfte, mål, scenario och deltagare. Den här kategorin handlar om att ta fram information om händelser i övningar samt utforska hur information bör presenteras och när. Det innebär även att identifiera vilken information som alltid är intressant efter samtliga övningar och vilken information som endast är intressant vid vissa typer av

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärde

Memo nummer  
FOI Memo 9132

övningar. Verksamhet i kategorin bör utgå ifrån de lärandemål som Flygvapnet har och stödja deras uppfyllnad av de lärandemålen.

### **Kategori 3 – Specifika kompetenser och förmågor**

Den här kategorin handlar om att identifiera specifika kompetenser som genomgående är intressant för olika målgrupper. Arbete i den här kategorin handlar om att gruppera mätdata utefter kompetensbehov och identifiera mått som särskilt speglar prestation inom en viss kompetens eller förmåga. Det skulle exempelvis kunna innefatta kommunikation (Lilja et al., 2016) eller expertbeteende i en viss roll så som Air-to-Air (luftstrid mot annan flygande farkost) och SEAD (eng. *Suppression of Enemy Air Defense*). De specifika kompetenserna kan nyttjas vid fler träningsstillfällen än de som genomförs vid FLSC. Flygvapnets behov bör vara vägledande.

### **Kategori 4 - Individuell prestation**

I FLSC idag sker främst taktisk träning vilket betyder att individen sällan får en sammanställning av sin egen prestation. Forskning i den här kategorin skulle utforska möjligheterna att ge piloterna en översikt över sin egen prestation och stötta självreflektion (Aronsson et al., 2014; Gärdegård, 2017).

### **Kategori 5 - Forskning och utveckling**

I FLSC registreras kontinuerligt en stor mängd data som idag ägs av Försvarsmakten. Registrerade data skulle kunna nyttjas till forskning och utveckling av verksamheten. Exempelvis kan forskningsverksamheten exempelvis syfta till att utöka kunskap om lärande i simulatorträning och nya typer av träningskoncept. FLSC:s verksamhetsutveckling kan dra nytta av att göra jämförelsestudier när äldre teknik byts ut mot ny teknik i träningsverksamheten, så som nedmontering av simulatordomer och införande av immersiva teknologier (Lindqvist, 2024). Både forskning och utveckling i FLSC kan bidra till att öka träningsvärdet för piloter som tränar i FLSC samt bidra till kunskap om svensk pilotträning. I Aronsson et al. (2014) rekommenderas forskningsveckor på FLSC för verksamhetsutveckling och utvärdering av nya träningskoncept.

## **4 Framtida arbete för prestationsvärdering**

Det har tidigare genomförts flera studier på FOI som har utgjort en grund för årets verksamhet (Bilaga A). Årets kunskaphöjande aktiviteter bedöms vara ett återtag av tidigare kompetensförlust och en möjlighet att belysa området prestationsvärdering inom verksamheten igen. Samverkan med FLSC har lett till en ökad samsyn om prestationsvärdering och utvecklingsområden i den träning och utvärdering som genomförs på FLSC. Projektet kommer att övergå till verksamhet som bedrivs i projektet Utveckling studieförmåga FLSC inom FoT Flygsystem. Samtliga resultat från årets verksamhet bör ingå i det nya projektet.

Det finns ytterligare områden inom prestationsvärdering som inte behandlats under årets verksamhet och heller inte i det här memot. Nedan följer ett antal möjliga vägar att gå för att utveckla prestationsvärdering i pilotträning.

### **Immersiva teknologier**

Utveckling av ny teknik i pilotträning skapar förutsättningar för nya sätt att träna och utvärdera träning. Immersiva teknologier så som XR (eng. *eXtended Reality*) ändrar hur träningen genomförs fysiskt, ger nya visualiseringsmetoder och kan öka närvarokänsla (Lindqvist et al., 2024). Viss typ av information kan vara mer relevant att utvärdera i ett XR-headset än vid storbildskärm tillsammans med andra. Exempelvis ger användning av XR-headset vid träning och utvärdering möjlighet att få se och uppleva andra piloters vy under genomfört pass.

### **Psykofysiologiska mätmetoder**

Framtidens prestationsvärdering kan komma att kompletteras ytterligare med psykofysiologiska mätmetoder. Exempelvis så inkluderas ofta ögonrörelsemätning i XR-headset vilket ger information om var piloter tittar vid givna tillfällen. Andra mätmetoder, så som mätning av hjärtfrekvens (Dahlström och Nählinder, 2009), hudkonduktans (Lutnyk et al., 2023) och hjärnaktivitet (Levin et

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärde

Memo nummer  
FOI Memo 9132

al., 2022) har föreslagits för att öka förståelsen för vad som händer med piloterna i en träningsituation i relation till det som sker i scenarier. Dessa mätmetoder skulle exempelvis kunna ge mått på kognitiv påfrestning och stress.

### **Utvinning av data**

I framtiden har FLSC möjlighet att utforska metoder för att kombinera psykofysiologiska data med simuleringssdata för att kunna identifiera samband mellan dessa data (Castor et al., 2009). Metoderna kan innefatta avancerade statistiska och matematiska analyser, maskininlärning, artificiell intelligens och datautvinning (eng. *data mining*). En sådan verksamhet kan även bidra till fler områden än prestationsvärdering, exempelvis utveckling av beteendemodeller, där data från riktiga piloter kan användas för att träna datorgenererade farkosters beteende i simuleringar.

### **Enkätverktyg på division**

Enkätverktyget som integrerats vid FLSC har potential att reguljärt användas vid den träning som genomförs. Eftersom varje träningsvecka bygger på utveckling av vissa färdigheter och kompetenser, så kan de frågor som formuleras i enkäten exempelvis definieras för respektive träningsvecka, dag eller pass. Enkätverktyget och frågorna kan även användas på divisionerna för att göra jämförelser mellan träningspass och följa utveckling mellan träning på division och på FLSC.

### **Generella mått för olika träningsformer**

Mått på prestation är centralt för träning och utvärdering oavsett vilken plattform som används. Definition av relevanta mått som kan användas både vid simulatorträning vid divisionerna, på FLSC och vid träning i luften möjliggör uppföljning och vidmakthållande av färdigheter och kompetenser. I framtiden förväntas även piloter i simulatorer och flygfarkoster i luften träna tillsammans, vilket aktualiserar behovet av gemensamma mått ytterligare (Aronsson et al., 2021, 2023).

### **Framtidens träningsbehov**

Framtida operativa miljöer kommer att präglas av nya militära förmågor. Dessa förmågor inbegriper nya generationer av stridsflyg, nya simuleringss- och träningsförmågor, utökad telekrigsförmåga, uppdaterade luftvärnssystem, obemannade farkoster samt integrerade beslutsstödsystem i befintliga plattformar. Även sättet som striden förs på kan träningen komma att riktas mot domänöverskridande operationer, där alla militära domäner är representerade. Att kunna träna effektivt och mäta prestation kopplat till framtida förmågor kommer att spela en avgörande roll för en träningsanläggning att behålla relevans i sin förmåga att tillhandahålla träning efter behov. Pilotens framtida operativa miljö kommer sannolikt ställa andra eller högre kognitiva krav. Det motiverar att definiera relevanta mått på kompetenser, färdigheter och prestation som motsvarar kraven.

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärde

Memo nummer  
FOI Memo 9132

## 5 Referenser

- Alliger, G. M., Beard, R., Bennett, W. Jr., & Colegrove, C. (2012). Understanding Mission Essential Competencies as a Job Analysis Method. I: M. A. Wilson, W. Bennett Jr, S. Gwaltney Gibson, & G. M. Alliger (ed.). *The Handbook of Work Analysis: Methods, Systems, Applications and Science of Work Measurement in Organizations*. New York, NY: Routledge – Taylor & Francis.
- Aronsson, S., Artman, H., Brynielsson, J., Castor, M., & Ramberg, R. (2014). Slutrapport projekt PROFET: Prestationsvärdering och behovsanalys för operativt fokuserad erfarenhetsbaserad träning. FOI-R--3958--SE.
- Aronsson, S., Artman, H., Lindquist, S., & Ramberg, R. (2017). Effektiv simulatorträning. FOI-R--4520--SE.
- Aronsson, S., Artman, H., Mitchell, M., Ramberg, R., & Woltjer, R. (2020). LVC Allocator och White Wizard: Fundament för träningsvärde i framtida Live-Virtual-Constructive luftstridsträning. FOI-R--5047--SE.
- Aronsson, S., Artman, H., Mitchell, M., Ramberg, R., & Woltjer, R. (2021). Träningsvärde av Live-Virtual-Constructive luftstridsträning i simuleringar och internationell luftförsvarsövning. FOI-R--5210--SE.
- Aronsson, S., Artman, H., Mitchell, M., Ramberg, R., & Woltjer, R. (2023). A live mindset in Live Virtual Constructive simulations: A spin-up for future LVC air combat training. *The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*, 20(4), 447–465. <https://doi.org/10.1177/15485129221106204>
- Artman, H., Borgvall, J., Castor, M., Jander, H., Lindquist, S., & Ramberg, R. (2013). Towards the Learning Organisation. FOI-R--3711--SE.
- Borgvall, J., & Castor, M. (2006). Mission Essential Competencies: Kompetens - Operativa Krav. FOI-R--2106--SE.
- Borgvall, J., & Castor, M. (2011). MEC-baserad utvärdering FL02: P-DEEP. FOI Memo 3738.
- Borgvall, J., & Castor, M. (2014). Lägesrapport internationellt samarbete mellan AFRL och FOI/FLSC "International Mission Training Research" II (IMTR II). FOI Memo 4878.
- Castor, M., Borgvall, J., & Nählinder, S. (2009). MSI-värdering för systemutveckling, uppdragsträning, övningar och internationella insatser. Projektverksamhet 2009. FOI-R--2872--SE.
- Dahlström, N., & Nählinder, S. (2009). Mental Workload in Aircraft and Simulator During Basic Civil Aviation Training. *The International Journal of Aviation Psychology*, 19, 309-325.
- Försvarsmakten. (2022) Pedagogiska grunder. Lärobok. Försvarsmakten.
- Gärdegård, L. (2017). Design av digitalt stöd för debriefing. Kandidatuppsats. Stockholms universitet.
- Lawson. (2009). *The Trainers's Handbook*, Updated Ed. Pfeiffer. DOI: 10.1002/9781119216155
- Levin, B., Oskarsson, P-A., & Nilsson, S. (2022). Mänsklig förstärkning: Statusrapport 2022. FOI-R--5409--SE.
- Lilja, H., Brynielsson, J., & Lindquist, S. (2016). Identifying Radio Communication Inefficiency to Improve Air Combat Training Debriefings. In: *Proceedings of the 2016 Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (IITSEC 2016)* (pp. 1-12). Arlington, Virginia: National Training and Simulation Association (NTSA).
- Lindqvist, J., Karlsson, T., Dahlkvist, R., Elçadi, G., Ramberg, R., Lindhagen, A., & Lindberg, C. (2024). Immersiva lösningar för flygsimulatorer - statusuppdatering 2024. FOI Memo 8653

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärde

Memo nummer  
FOI Memo 9132

Lutnyk, L., Rudi, D., Schinazi, V. R., Kiefer, P., & Raubal, M. (2023). The effect of flight phase on electrodermal activity and gaze behavior: A simulator study. *Applied Ergonomics*, *109*, 103989. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.103989>

Persson, T. (2016). Using visualization to support identification and assessment of threat of nearby adversaries: An aid for after action reviews in air combat simulation. Mastersuppsats. Kungliga Tekniska Högskolan.

ter Vehn, P. (2016). Visualizations for simulation-based training: Enhancing the evaluation of missile launch events during after-action reviews of air combat simulation. Mastersuppsats. Kungliga Tekniska Högskolan.

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärdeMemo nummer  
FOI Memo 9132

## Bilaga A

Lista med FOI-rapporter och FOI-relaterade artiklar på området.

1	Aronsson, S., Artman, H., Brynielsson, J., Castor, M., & Ramberg, R. (2014). Slutrapport projekt PROFET: Prestationsvärdering och behovsanalys för operativt fokuserad erfarenhetsbaserad träning. FOI-R--3958--SE
2	Aronsson, S., Artman, H., Brynielsson, J., et al. (2014) Koncept för förbättrad debriefing och after action review vid FLSC. FOI Memo 5104
3	Aronsson, S., Artman, H., Lindquist, S., et al. (2019) Supporting after action review in simulator mission training: Co-creating visualization concepts for training of fast-jet fighter pilots. The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology. DOI:10.1177/1548512918823296
4	Aronsson, S., Artman, H., Lindquist, S., Ramberg, R. (2017) Effektiv simulatorträning. FOI-R--4520--SE
5	Artman, H., Borgvall, J., Castor, M., Jander, H., Lindquist, S., & Ramberg, R. (2013). Towards the Learning Organisation. FOI-R--3711--SE
6	Borgvall, J., Bennett, W., Castor, M., & Crane, P. (2014). International Mission Training Research (IMTR) 2005-201. FOI-R--3418--SE
7	Borgvall, J., Castor, M., & O'Connell, S. D. (2011). Enhanced Scenario Visualization for Simulation-Based Training. International Symposium on Aviation Psychology
8	Borgvall, J., Castor, M., Nählinder, S., Oskarsson, P.-A., & Svensson, E. (2008). Transfer of Training in Military Aviation. FOI-R--2378--SE
9	Castor, M. (2010) Rapport: Kompetensinventering avseende ledning av flygstridskrafter – Internationella erfarenheter.
10	Castor, M., Borgvall, J., & Nählinder, S. (2009). MSI-värdering för systemutveckling, uppdragsträning, övningar och internationella insatser. Projektverksamhet 2009. FOI-R--2872--SE.
11	Jonatan, B., & Martin, C. (2006). Mission Essential Competencies: Kompetens—Operativa Krav. FOI-R--2106--SE
12	Lilja, H. (2016). Efficiency analysis of verbal radio communication in air combat simulation. FOI-S--5497--SE
13	Lilja, H., Brynielsson, J., & Lindquist, S. (2016). Identifying Radio Communication Inefficiency to Improve Air Combat Training Debriefings. FOI-S--5617--SE
14	Lindquist, S., Aronsson, S., Ramberg, R., & Artman, H. (2016). Visualiseringar som stöd för debriefing vid övning och träning av stridsflygare. FOI MEMO 5797
15	Nählinder, S., & Svensson, J. (2013). Utformning av resultatpresentation för studier, träning och övningar vid FLSC. FOI Memo 4889
16	Persson, T. (2016). Using visualization to support identification and assessment of threat of nearby adversaries : An aid for after action reviews in air combat simulation. Mastersuppsats. Kungliga Tekniska Högskolan
17	ter Vehn, P. (2016). Visualizations for simulation-based training: Enhancing the evaluation of missile launch events during after-action reviews of air combat simulation. Mastersuppsats. Kungliga Tekniska Högskolan.

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärdeMemo nummer  
FOI Memo 9132

## Bilaga B

Lista över insamlad litteratur som inte är FOI-relaterade.

Nr	Referens
1	Arar, Ö. F., & Ayan, K. (2013). A flexible rule-based framework for pilot performance analysis in air combat simulation systems. <i>TURKISH JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING &amp; COMPUTER SCIENCES</i> , 21, 2397–2415. <a href="https://doi.org/10.3906/elk-1201-50">https://doi.org/10.3906/elk-1201-50</a>
2	Ayala, N., Kearns, S., Irving, E., Cao, S., & Niechwiej-Szwedo, E. (2024). Investigating the role of flight phase and task difficulty on low-time pilot performance, gaze dynamics and subjective situation awareness during simulated flight. <i>Journal of Eye Movement Research</i> , 17(1). <a href="https://doi.org/10.16910/jemr.17.1.6">https://doi.org/10.16910/jemr.17.1.6</a>
3	Ball, J. T., Gluck, K. A., Krusmark, M. A., & Rodgers, S. M. (2003). Comparing Three Variants of a Computational Process Model of Basic Aircraft Maneuvering. Conference paper. Behavioral Representation in Modeling and Simulation (BRIMS) Conference, Phoenix, AZ
4	Bautsch, H. S., Narayanan, S., & McNeese, M. D. (1997). Development and evaluation of a cognitive model of human-performance in fighter aircraft. 1997 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. Computational Cybernetics and Simulation, 3, 2109–2113. <a href="https://doi.org/10.1109/ICSMC.1997.635176">https://doi.org/10.1109/ICSMC.1997.635176</a>
5	Bell, H. H., & Waag, W. L. (1998). Evaluating the Effectiveness of Flight Simulators for Training Combat Skills: A Review. <i>The International Journal of Aviation Psychology</i> , 8(3), 223–242. <a href="https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0803_4">https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0803_4</a>
6	Bennett Jr, W., Schreiber, B. T., & Andrews, D. H. (2002). Developing competency-based methods for near-real-time air combat problem solving assessment. <i>Computers in Human Behavior</i> , 18(6), 773–782. <a href="https://doi.org/10.1016/s0747-5632(02)00030-4">https://doi.org/10.1016/s0747-5632(02)00030-4</a>
7	Byrne, M. D., & Kirlik, A. (2005). Using Computational Cognitive Modeling to Diagnose Possible Sources of Aviation Error. <i>The International Journal of Aviation Psychology</i> , 15(2), 135–155. <a href="https://doi.org/10.1207/s15327108ijap1502_2">https://doi.org/10.1207/s15327108ijap1502_2</a>
8*	Caballero, W. N., Gaw, N., Jenkins, P. R., & Johnstone, C. (2022). Toward Automated Instructor Pilots in Legacy Air Force Systems: Physiology-based Flight Difficulty Classification via Machine Learning.
9	Cheung, B., & Hofer, K. (2003). Eye tracking, point of gaze, and performance degradation during disorientation. <i>Aviation, Space, and Environmental Medicine</i> , 74, 11–20.
10	Cheung, B., & Hofer, K. (2003). Eye tracking, point of gaze, and performance degradation during disorientation. <i>Aviation, Space, and Environmental Medicine</i> , 74, 11–20.
11	Ciavarelli, A., Pettigrew, K., Bricton, C. (1981). DEVELOPMENT OF A COMPUTER BASED AIR COMBAT MANEUVERING RANGE DEBRIEF SYSTEM. Interim report (volume 1). Dunlap and Associates, Inc., Naval Training equipment enter.
12	Colegrove, C. M., & Bennett Jr., W. (2006). Competency-Based Training: Adapting to Warfighter Needs. US Dept of the Air Force. <a href="http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA469472">http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA469472</a>
13	Colegrove, C. M., & Bennett Jr., W. (2006). Competency-Based Training: Adapting to Warfighter Needs: Defense Technical Information Center. <a href="https://doi.org/10.21236/ADA469472">https://doi.org/10.21236/ADA469472</a>
14	Defense technical information center. (1998). Proceedings for The Third Annual Symposium and Exhibitions on Situational Awareness in the Tactical Air Environment. Piney Point, Maryland.
15	Del Cid Flores, A., Ziakkas, D., & G Dillman, B. (2023). Artificial Cognitive Systems and Aviation training. Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2023) Integrating People and Intelligent Systems. <a href="https://doi.org/10.54941/ahfe1002838">https://doi.org/10.54941/ahfe1002838</a>

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärdeMemo nummer  
FOI Memo 9132

16	Doroftei, D., De Cubber, G., Lo Bue, S., & De Smet, H. (2024). Quantitative Assessment of Drone Pilot Performance. <i>Drones</i> , 8(9), 482. <a href="https://doi.org/10.3390/drones8090482">https://doi.org/10.3390/drones8090482</a>
17	Drewes, P. (1997). Automated Student Performance Monitoring in Training Simulation. Dissertation. University of Central Florida
18	Enderle, J., D. (1988) Observations on Pilot Neurosensory Control Performance During Saccadic Eye Movements. Aerospace Medical Association, Washington, DC.
19	Foyle, D. C., Hooey, B. L., Byrne, M. D., Corker, K. M., Deutsch, S., Lebiere, C., Leiden, K., & Wickens, C. D. (n.d.). HUMAN PERFORMANCE MODELS OF PILOT BEHAVIOR.
20	Gao, W., Yang, Z., Sun, Z., Piao, H., He, Y., & Zhou, D. (2022). Real-time Calculation of Tactical Control Range in Beyond Visual Range Air Combat. 2022 IEEE International Conference on Unmanned Systems (ICUS), 76–80. <a href="https://doi.org/10.1109/ICUS55513.2022.9986608">https://doi.org/10.1109/ICUS55513.2022.9986608</a>
21	Gyue-jeong, L., Kim, Y., & Choi, D. (2025). Predictive Factor Analysis of Air-to-Air Engagement Outcomes Using Air Combat Manoeuvring Instrumentation Data. <i>Defence Science Journal</i> , 75(1), 35–43. <a href="https://doi.org/10.14429/dsj.20014">https://doi.org/10.14429/dsj.20014</a>
22	Harris, D. J., Arthur, T., De Burgh, T., Duxbury, M., Lockett-Kirk, R., McBarnett, W., & Vine, S. J. (2023). Assessing Expertise Using Eye Tracking in a Virtual Reality Flight Simulation. <i>The International Journal of Aerospace Psychology</i> , 33(3), 153–173. <a href="https://doi.org/10.1080/24721840.2023.2195428">https://doi.org/10.1080/24721840.2023.2195428</a>
23	Hebbar, P. A., & Pashilkar, A. A. (2017). Pilot performance evaluation of simulated flight approach and landing manoeuvres using quantitative assessment tools. <i>Sādhanā</i> , 42(3), 405–415. <a href="https://doi.org/10.1007/s12046-017-0613-0">https://doi.org/10.1007/s12046-017-0613-0</a>
24	Helleberg, J. R., & Wickens, C. D. (2003). Effects of Data-Link Modality and Display Redundancy on Pilot Performance: An Attentional Perspective. <i>The International Journal of Aviation Psychology</i> , 13(3), 189–210. <a href="https://doi.org/10.1207/S15327108IJAP1303_01">https://doi.org/10.1207/S15327108IJAP1303_01</a>
25	Houck, M. R., Whitaker, L. A., & Kendall, R. R. (1993). An Information Processing Classification of Beyond-Visual-Range Air Intercepts [Dataset]. <a href="https://doi.org/10.1037/e640442009-001">https://doi.org/10.1037/e640442009-001</a>
26	Hsu, C.-K., Lin, S.-C., & Li, W.-C. (2015). Visual Movement and Mental-Workload for Pilot Performance Assessment. In D. Harris (Ed.), <i>Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics</i> (Vol. 9174, pp. 356–364). Springer International Publishing. <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-319-20373-7_34">https://doi.org/10.1007/978-3-319-20373-7_34</a>
27	Jastrzembski, T. S., Portrey, A. M., Schreiber, B. T., & Gluck, K. A. (u.å.). Improving Military Readiness. Evaluation and Prediction of Performance to Optimize Training Effectiveness
28	Kim, J., Palmisano, S. A., Ash, A., & Allison, R. S. (2010). Pilot gaze and glideslope control. <i>ACM Transactions on Applied Perception</i> , 7(3), 1–18. <a href="https://doi.org/10.1145/1773965.1773969">https://doi.org/10.1145/1773965.1773969</a>
29	Kopyt, A., Bibik, P., Swieton, G. (2018). AN OBJECTIVE ASSESSMENT TOOL (GOAT) OF HELICOPTER PILOT'S PERFORMANCE. European Rotorcraft forum, Delft, The Netherlands
30	Krusmark, M., Schreiber, B. T., & Bennet, W. (2004). The Effectiveness of a Traditional Gradesheet for Measuring Air Combat Team Performance in Simulated Distributed Mission Operations.
31	Källström, J., Granlund, R., & Heintz, F. (2022). Design of simulation-based pilot training systems using machine learning agents. <i>The Aeronautical Journal</i> , 126(1300), 907–931. <a href="https://doi.org/10.1017/aer.2022.8">https://doi.org/10.1017/aer.2022.8</a>
32	Leeds, J., L., (1991) Aircrew performance measurement during simulated air combat maneuvering. Arizona State University.

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärdeMemo nummer  
FOI Memo 9132

33	Lefrançois, O., Matton, N., & Causse, M. (2021). Improving Airline Pilots' Visual Scanning and Manual Flight Performance through Training on Skilled Eye Gaze Strategies. <i>Safety</i> , 7(4), 70. <a href="https://doi.org/10.3390/safety7040070">https://doi.org/10.3390/safety7040070</a>
34	Lefrancois, O., Matton, N., Gourinat, Y., Peysakhovich, V., & Causse, M. (2016). The role of Pilots' monitoring strategies in flight performance. AAP32, European Association for Aviation Psychology Conference, hal-01405262.
35	Li, W.-C., Chiu, F.-C., & Wu, K.-J. (u.å.). The Evaluation of Pilots Performance and Mental Workload by Eye Movement. Psychology department, National Defense Univeristy, Taiwan.
36	Livatino, S., Morana, G., Iqbal, Y., Mohamed, M., Hwang, S., Gainley, P., Nguyen, T. H., Williams, K., & Zocco, A. (2022). Immersive Visualization in Pilot Training: From Cockpit Panels to Drone Navigation. 2022 IEEE International Conference on Metrology for Extended Reality, Artificial Intelligence and Neural Engineering (MetroXRINE), 454–458. <a href="https://doi.org/10.1109/MetroXRINE54828.2022.9967530">https://doi.org/10.1109/MetroXRINE54828.2022.9967530</a>
37	Lüdtke, A., Osterloh, J.-P., & Frische, F. (2012). Multi-Criteria Evaluation of Aircraft Cockpit Systems by Model-based Simulation of Pilot Performance. Embedded Real Time Software and Systems (ERTS2012), Toulouse, France. hal-02189907
38	Mansikka, H., Simola, P., Virtanen, K., Harris, D., & Oksama, L. (2016). Fighter pilots' heart rate, heart rate variation and performance during instrument approaches. <i>Ergonomics</i> , 59(10), 1344–1352. <a href="https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1136699">https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1136699</a>
39	Mansikka, H., Virtanen, K., Harris, D., & Simola, P. (2016). Fighter pilots' heart rate, heart rate variation and performance during an instrument flight rules proficiency test. <i>Applied Ergonomics</i> , 56, 213–219. <a href="https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.04.006">https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.04.006</a>
40	Mansikka, H., Virtanen, K., Mäkinen, L., & Harris, D. (2021). Normative Performance Measurement in Simulated Air Combat. <i>Aerospace Medicine and Human Performance</i> , 92(11), 908–912. <a href="https://doi.org/10.3357/AMHP.5914.2021">https://doi.org/10.3357/AMHP.5914.2021</a>
41	Mansikka, H., Virtanen, K., Uggeldahl, V., & Harris, D. (2021). Team situation awareness accuracy measurement technique for simulated air combat - Curvilinear relationship between awareness and performance. <i>Applied Ergonomics</i> , 96, Article 103473. <a href="https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103473">https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103473</a>
42	Mansikka, H., Virtanen, K., Harris, D., & Jalava, M. (2020) Measurement of team performance in air combat – have we been underperforming?, <i>Theoretical Issues in Ergonomics Science</i> , 22:3, 338-359, DOI: 10.1080/1463922X.2020.1779382
43	Mansikka, H., Virtanen, K., Harris, D., & Salomäki, J. (2019) Live–virtual–constructive simulation for testing and evaluation of air combat tactics, techniques, and procedures, Part 1: assessment framework. <i>The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology</i> . DOI:10.1177/1548512919886375
44	Mansikka, H., Virtanen, K., Harris, D., & Salomäki, J. (2019) Live–virtual–constructive simulation for testing and evaluation of air combat tactics, techniques, and procedures, Part 2: demonstration of the framework. <i>The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology</i> . DOI:10.1177/1548512919886378
45	McAnally, K., Davey, C., White, D., Stimson, M., Mascaro, S., & Korb, K. (2018). Inference in the Wild: A Framework for Human Situation Assessment and a Case Study of Air Combat. <i>Cognitive Science</i> , 42(7), 2181–2204. <a href="https://doi.org/10.1111/cogs.12636">https://doi.org/10.1111/cogs.12636</a>
46	Mccoy, M. S., & Levary, R. R. (2000). A rule-based pilot performance model. <i>International Journal of Systems Science</i> , 31(6), 713–729. <a href="https://doi.org/10.1080/00207720050030761">https://doi.org/10.1080/00207720050030761</a>
47	Mccoy, M. S., & Levary, R. R. (2000). A rule-based pilot performance model. <i>International Journal of Systems Science</i> , 31(6), 713–729. <a href="https://doi.org/10.1080/00207720050030761">https://doi.org/10.1080/00207720050030761</a>
48	McDermott Ealding, C., & Stedmon, A. (2018). Now You See It, Now You Don't: A Change Blindness Assessment of Flight Display Complexity and Pilot Performance. In D. Harris (Ed.), <i>Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics</i> (Vol. 10906, pp. 637–648). Springer International Publishing. <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-319-91122-9_51">https://doi.org/10.1007/978-3-319-91122-9_51</a>

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärdeMemo nummer  
FOI Memo 9132

49	McNally, B. H. (2005). An Approach to Human Behavior Modeling in an Air Force Simulation. Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2005., 1118–1122. <a href="https://doi.org/10.1109/WSC.2005.1574367">https://doi.org/10.1109/WSC.2005.1574367</a>
50	Morris, T. L., & Miller, J. C. (1996). Electrooculographic and performance indices of fatigue during simulated flight. <i>Biological Psychology</i> , 42(3), 343–360. <a href="https://doi.org/10.1016/0301-0511(95)05166-X">https://doi.org/10.1016/0301-0511(95)05166-X</a>
51	Opitz, F., & Dästner, K., von Haßler zu Roseneckh-Köhler, B. & Schmid, E. (u.å). Data Analytics and Machine Learning based on Trajectories. NATO STO.
52	Palladino, A., Duff, M., Bock, A., Parsons, T., Arantes, R., Chartier, B., Weir, C., & Moore, K. (2021). AI-augmented Human Performance Evaluation for Automated Training Decision Support. In D. Russo, T. Ahrum, W. Karwowski, G. Di Bucchianico, & R. Taiar (Eds.), <i>Intelligent Human Systems Integration 2021</i> (Vol. 1322, pp. 469–475). Springer International Publishing. <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-68017-6_70">https://doi.org/10.1007/978-3-030-68017-6_70</a>
53	Polzella, D., & Reid, G. (1989, January). Multidimensional scaling analysis of simulated air combat maneuvering performance data II: a follow-on study.
54	Portrey, A. M., Keck, L., Schreiber, B., Bennett, W., & Street, K. (n.d.). MEASURING HUMAN PERFORMANCE IN MULTINATIONAL DISTRIBUTED EVENTS: LESSONS LEARNED FROM THE FIRST WARFIGHTER ALLIANCE IN A VIRTUAL ENVIRONMENT (EXERCISE FIRSTWAVE).
55	Previc, F. H., Lopez, N., Ercoline, W. R., Daluz, C. M., Workman, A. J., Evans, R. H., & Dillon, N. A. (2009). The Effects of Sleep Deprivation on Flight Performance, Instrument Scanning, and Physiological Arousal in Pilots. <i>The International Journal of Aviation Psychology</i> , 19(4), 326–346. <a href="https://doi.org/10.1080/10508410903187562">https://doi.org/10.1080/10508410903187562</a>
56	Schreiber, B. T., Bennett, W. Jr., Colegrove, C. M., Portrey, A. M., Greschke, D. A., & Bell, H. H. (2009). Evaluating pilot performance. In K. Anders Ericsson (Ed.), <i>Development of professional expertise—Toward measurement of expert performance and design of optimal learning environments</i> (pp. 247–270). Cambridge University Press. <a href="https://app.readcube.com/library/33d9581e-ef9d-4741-98ad-5eca2826752f/item/9c03fbc0-f9d1-4ef9-932f-f40176457471">https://app.readcube.com/library/33d9581e-ef9d-4741-98ad-5eca2826752f/item/9c03fbc0-f9d1-4ef9-932f-f40176457471</a>
57	Schreiber, B. T., Schroeder, M., & Bennett, W. (2011). Distributed Mission Operations Within-Simulator Training Effectiveness. <i>The International Journal of Aviation Psychology</i> , 21(3), 254–268. <a href="https://doi.org/10.1080/10508414.2011.582448">https://doi.org/10.1080/10508414.2011.582448</a>
58	Schwerd, S., & Schulte, A. (2024). Triggering Cockpit Alerts Using an Eye-Tracking-Based Measure of Monitoring Performance. <i>Aviation Psychology and Applied Human Factors</i> , 14(1), 22–37. <a href="https://doi.org/10.1027/2192-0923/a000263">https://doi.org/10.1027/2192-0923/a000263</a>
59	Scukins, E., Costa, A. N., & Ögren, P. (2024). A Data-Driven Method for Estimating Formation Flexibility in Beyond-Visual-Range Air Combat. 2024 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 1–7. <a href="https://doi.org/10.1109/ICUAS60882.2024.10557091">https://doi.org/10.1109/ICUAS60882.2024.10557091</a>
60	Shaker, M. H., & Al-Alawi, A. I. (2023). Application of Big Data and Artificial Intelligence in Pilot Training: A Systematic Literature Review. 2023 International Conference On Cyber Management And Engineering (CyMaEn), 205–209. <a href="https://doi.org/10.1109/CyMaEn57228.2023.10050972">https://doi.org/10.1109/CyMaEn57228.2023.10050972</a>
61	Smith, J. K., & Caldwell, J. A. (2024). METHODOLOGY FOR EVALUATING THE SIMULATOR FLIGHT PERFORMANCE OF PILOTS. Air Force Research Laboratory.
62	Socha, V., Socha, L., Matyas, R., Hanakova, L., Bergh, S. V. D., Serlova, M., & Lalis, A. (2019). Pilots' Performance Assessment: Evidence Based Approach. 2019 International Conference on Military Technologies (ICMT), 1–6. <a href="https://doi.org/10.1109/MILTECHS.2019.8870130">https://doi.org/10.1109/MILTECHS.2019.8870130</a>
63	Sulistyawati, K., Wickens, C. D., & Chui, Y. P. (2011). Prediction in Situation Awareness: Confidence Bias and Underlying Cognitive Abilities. <i>The International Journal of Aviation Psychology</i> , 21(2), 153–174. <a href="https://doi.org/10.1080/10508414.2011.556492">https://doi.org/10.1080/10508414.2011.556492</a>

Titel  
Flernivåutvärdering av prestation för förbättrat träningsvärdeMemo nummer  
FOI Memo 9132

64	Svensson, E. A. I., & Wilson, G. F. (2002). Psychological and Psychophysiological Models of Pilot Performance for Systems Development and Mission Evaluation. <i>The International Journal of Aviation Psychology</i> , 12(1), 95–110. <a href="https://doi.org/10.1207/S15327108IJAP1201_8">https://doi.org/10.1207/S15327108IJAP1201_8</a>
65	Svensson, E., Angelborg-Thanderez, M., Sjöberg, L., & Olsson, S. (1997). Information complexity-mental workload and performance in combat aircraft. <i>Ergonomics</i> , 40(3), 362–380. <a href="https://doi.org/10.1080/001401397188206">https://doi.org/10.1080/001401397188206</a>
66	Thijssen, D., De Marez Oyens, P., & Van Der Pal, J. (2024). Navigating the Skies: Enhancing Military Helicopter Pilot Training Through Learning Analytics. In R. A. Sottolare & J. Schwarz (Eds.), <i>Adaptive Instructional Systems</i> (Vol. 14727, pp. 72–88). Springer Nature Switzerland. <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-031-60609-0_6">https://doi.org/10.1007/978-3-031-60609-0_6</a>
67	Vreuls, D., & Obermayer, R. W. (1985). Human-System Performance Measurement in Training Simulators. <i>Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society</i> , 27(3), 241–250. <a href="https://doi.org/10.1177/001872088502700302">https://doi.org/10.1177/001872088502700302</a>
68	Waag, W. L., Raspotnik, W. B., & Leeds, J. L. (1992). Development of a Composite Measure for Predicting Engagement Outcome during Air Combat Maneuvering. <i>Armstrong Laboratory</i> .
69	Wickens, C. D., Goh, J., Helleberg, J., Horrey, W. J., & Talleur, D. A. (2003). Attentional Models of Multitask Pilot Performance Using Advanced Display Technology. <i>Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society</i> , 45(3), 360–380. <a href="https://doi.org/10.1518/hfes.45.3.360.27250">https://doi.org/10.1518/hfes.45.3.360.27250</a>
70	Wooldridge, L., Kelly, M., Obermayer, R., Vreuls, D. & Nelson, William. (1982). <i>Air Combat Maneuvering Performance Measurement State Space Analysis</i> . 94.
71	Xu, R. (2022). <i>Modeling Pilot Flight Performance on Pre-flight and Take-off Tasks with A Cognitive Architecture</i> . Mastersuppsats. University of Waterloo.
72	Xu, R., Cao, S., Kearns, S. K., Niechwiej-Szwedo, E., & Irving, E. (2024). Computational Cognitive Modeling of Pilot Performance in Pre-flight and Take-off Procedures. <i>Journal of Aviation/Aerospace Education &amp; Research</i> , 33(4). <a href="https://doi.org/10.58940/2329-258X.2026">https://doi.org/10.58940/2329-258X.2026</a>
73	Yang, Z., Sun, Z., Piao, H., Huang, J., Zhou, D., & Ren, Z. (2022). Online hierarchical recognition method for target tactical intention in beyond-visual-range air combat. <i>Defence Technology</i> , 18(8), 1349–1361. <a href="https://doi.org/10.1016/j.dt.2022.02.001">https://doi.org/10.1016/j.dt.2022.02.001</a>
74	Zacharias, G. L., Miao, A. X., Illgen, C., Yara, J. M., Street, W., Siouris, G. M., & Afb, W.-P. (n.d.). <i>SAMPLE: SITUATION AWARENESS MODEL FOR PILOT IN-THE-LOOP EVALUATION</i> .
75	Zhou, Y., Tang, Y., & Zhao, X. (2022). Situation assessment in air combat considering incomplete frame of discernment in the generalized evidence theory. <i>Scientific Reports</i> , 12(1), 22639. <a href="https://doi.org/10.1038/s41598-022-27076-z">https://doi.org/10.1038/s41598-022-27076-z</a>