



# Genomförd verksamhet 2013 i projektet Duellsimulering telekrig

LARS TYDÉN, HANNA ANDERSSON, KJELL ANDERSSON,  
PETTER BIVALL, MAGNUS DAHLBERG, LINUS HILDING,  
MATTIAS VERONA, CHRISTER WIGREN



Lars Tydén, Hanna Andersson, Kjell Andersson,  
Petter Bivall, Magnus Dahlberg, Linus Hilding,  
Mattias Verona, Christer Wigren

## Genomförd verksamhet 2013 i projektet Duellsimulering telekrig

Titel	Genomförd verksamhet 2013 i projektet Duellsimulering telekrig
Title	Activities During 2013 in the project Electronic Warfare Duel Simulation
Rapportnr/Report no	FOI-R--3762--SE
Månad/Month	December
Utgivningsår/Year	2013
Antal sidor/Pages	20 p
ISSN	1650-1942
Kund/Customer	Försvarsmakten
FoT område	Telekrig
Projektnr/Project no	E54516
Godkänd av/Approved by	Per Johannesson
Ansvarig avdelning	Avdelningen för Sensor och TK-system

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk.  
All form av kopiering, översättning eller bearbetning utan medgivande är förbjuden.

This work is protected under the Act on Copyright in Literary and Artistic Works (SFS 1960:729).  
Any form of reproduction, translation or modification without permission is prohibited.

## Sammanfattning

Denna rapport beskriver 2013 års utveckling inom *Duellsimulering telekrig*, ett forsknings- och teknikutvecklingsprojekt (FoT-projekt), vars syfte är att stödja Försvarmakten (FM) i utveckling, användning och kravsättning på telekrigssystem och deras totala förmågor. År 2013 har varit projektets andra år och fokus har legat på ytterligare förbättring och vidareutveckling av ramverket Electronic Warfare Simulation Interface Model (EWSim). EWSim är ett system för distribuerad simulering och värdering av telekriginsatser som tagits fram inom tidigare projekt vid FOI.

Exempel på övergripande förbättringar av EWSim är:

- Utveckling av arkitektur med insticksmoduler för modeller skapade i modellerings- och simuleringsverktygen MATLAB/Simulink. Tillgång till modeller skapade i Simulink möjliggör användning av flera detaljerat simulerade hotsystem som därmed kan användas i större scenarier.
- Förbättrade möjligheter till redigering av schemalagda förändringar över tid genom utveckling av ett Gantt-verktyg.
- Nya modeller av robotar med elektrooptiska eller radarbaserade målsökare.
- Nya motmedelsmodeller med biblioteksfunktionalitet mot radarbaserade hot.
- Behovsanpassade funktionsförbättringar inför och efter stöd till övningar.

Ytterligare verksamhet innefattar understöd till Operational Evaluation (OPEVAL) för Helikopter 16 (Blackhawk), samarbete med FoT-projektet VMS Marin miljö och demonstrationer av EWSim i samband med kursverksamhet vid FOI. Projektet har även stöttat FM genom att tillgängliggöra delar av EWSim vid övningar som skett vid Ledningsregementet och Försvvarshögkvarteret.

Det fortsatta projektet kommer att studera hur standardiserade metoder kan användas för värdering av telekriginsatser i dueller. Vidare modellutveckling kommer även att ske inom radar, radio och elektrooptik (EO). Inom radar innebär detta t.ex. modellering av flervägsutbredning och en vidareutvecklad remsmodell som hanterar dopplerbandbredd. Inom både radar och EO kommer modeller av moderna sjömålsmissiler att färdigställas.

I slutet av projektet demonstreras utvecklade verktyg och metodik för telekrigvärdering. Dessa verktyg blir med lämplig metodik ett hjälpmedel vid utveckling av stridsteknik och taktik inför och under framtida telekriginsatser. Den verksamhet som bedrivits under 2013 innebär att projektet fortlöper som planerat mot projektets slutgiltiga mål.

Nyckelord: Telekrig, simulering, värdering, duell, EWSim, NetScene, Simulink, målsökare, radar, kommunikation, elektrooptik, HLA Evolved, OPEVAL, Hkp 16

## Summary

This report describes the development in 2013 within the project *Electronic Warfare Duel Simulation*, a research and development project aimed at supporting the Swedish Armed Forces in the development, use, and setting of requirements of electronic warfare systems and their overall capabilities. During 2013, the second year of the project, efforts were focused on further improvements and developments of the Electronic Warfare Simulation Model framework (EWSim). EWSim is a distributed simulation and assessment system for electronic warfare developed within previous projects at FOI.

Several improvements have been made to the EWSim framework:

- The architecture has been extended with a plugin system for models created using the MATLAB/Simulink modeling and simulation tools. This allows for integration of several detailed models of weapons systems in larger scenarios.
- A Gantt-tool for improved editing of events scheduled to occur over time.
- New models for missiles with radar and electro-optical (EO) guidance.
- New library based models for countermeasures against radar based threats.
- Custom feature enhancements before and after support to exercises..

Further activities include support for Operational Evaluation (OPEVAL) for Helicopter 16 (Blackhawk), collaboration with the R&D project VMS Marin Miljö, and demonstrations of EWSim as part of courses given by FOI. Support has also been provided to the Swedish Armed Forces through participation during exercises at Ledningsregementet (Command and Control) and at the Armed Forces Headquarters.

The project will continue with studies on how to use standardized methods for assessment and evaluation of electronic warfare efforts, and perform further development of radar, radio, and electro-optical (EO) simulation systems. Radar modeling will be improved by addition of multipath propagation, and the chaff model will be extended to handle doppler bandwidth. Models of anti-ship missiles using radar and EO guidance will be completed.

A demonstration at the end of the project is planned to showcase tools and methodology for electronic warfare assessments, which could be useful for the development of combat style and tactics in preparation for and during future electronic warfare efforts. As a result of the activities during 2013 the project is progressing as planned toward the set project goals.

Keywords: Electronic warfare, simulation, evaluation, duel, EWSim, NetScene, Simulink, guidance, radar, communication, electro-optics, HLA Evolved, OPEVAL, Hkp 16

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>7</b>
1.1	Frågeställning.....	7
1.2	Slutmål .....	7
<b>2</b>	<b>Simuleringsramverket EWSim</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Verksamhet 2013</b>	<b>9</b>
3.1	Planeringsverktyg .....	9
3.1.1	Gantt-schema .....	9
3.1.2	Planering för flygrutt.....	11
3.2	Merutnyttjande av befintliga modeller .....	11
3.3	Robotmodellering.....	12
3.3.1	Semiaktiv radarrobot.....	12
3.3.2	Aktiv radarrobot.....	12
3.3.3	Sjömålsrobot .....	12
3.3.4	Integration av Simulink-baserad robot i EWSim .....	13
3.4	Motverkanssystem radar .....	13
3.5	Motmedelsalgoritm i marin miljö .....	14
3.6	Demonstrationspaket.....	14
<b>4</b>	<b>Direktstöd till kund</b>	<b>14</b>
4.1	Övning med Telekrigbataljonen .....	14
4.2	Demo Schweiz .....	15
4.3	Övning Dagny 2013 .....	15
<b>5</b>	<b>Kunskapsöverföring</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Samverkan med andra projekt</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Sammanfattning av resultat</b>	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>Fortsatt arbete</b>	<b>18</b>
<b>9</b>	<b>Referenser</b>	<b>19</b>





# 1 Inledning

Projektet Duellsimulering telekrig syftar till att stödja Försvarmakten (FM) i utveckling, användning och kravsättning på telekrigssystem och deras totala förmågor, samt öka förståelsen av systemen och hur de kan samverka. Detta ska uppnås genom att skapa modeller och planeringsverktyg som ger möjlighet att öva och utveckla telekrig samt taktikanpassning under till exempel fältprov, övningar och insatser. De modeller och planeringsverktyg som utvecklas kan även med fördel nyttjas vid utbildning inom FM.

Projektet vidareutvecklar simuleringsramverket Electronic Warfare Simulation Interface Model (EWSim) som tagits fram i tidigare projekt [1] och som även beskrivs i avsnitt 2. Ramverket möjliggör utvärdering av komplexa telekrigscenarier med dueller där både automatiska och operatörsstyrda system för radar, optronik, och kommunikation ingår samtidigt. Detta gäller även värdering av telekrigets inverkan på informationsdomänen.

## 1.1 Frågeställning

Verktyg och metodik som utvecklas i projektet kan utnyttjas för att studera och åskådliggöra följande frågeställningar:

- Hur kommer de stridstekniska och taktiska telekrigduellerna att se ut i framtiden?
- Hur kan samverkan av system inom optronik-, radar- och kommunikationsområdet utnyttjas för framtida telekrigkapacitet för såväl verkan som skydd?
- Hur kan telekrigmodeller stödja planering och genomförande av uppdrag?

## 1.2 Slutmål

Efter genomfört projekt demonstreras utvecklade verktyg och metodik för telekrigvärdering. Dessa verktyg blir med lämplig metodik ett hjälpmedel vid utveckling av stridsteknik och taktik inför och under framtida telekriginsatser. Projektet ska leverera rapporter och presentera sina resultat i seminarieform, samt bistå med expertstöd till Försvarmakten och FMV genom värdering av stridstekniska och taktiska telekrigdueller. Programvara för duellsimulering med telekrig ska levereras.

Slutleverans sker 2014 i form av en workshop med demonstration samt slutrapport.

## 2 Simuleringsramverket EWSim

EWSim är ett ramverk för distribuerade telekrigssimuleringar som möjliggör att komplexa telekrigscenarier med radar, optronik och kommunikation kan simuleras och utvärderas. Ramverket består av tre huvuddelar:

1. *Verktyg för scenarioplanering och konfiguration*, kallat NetScene, där olika plattformar (t.ex. stridsvagnar och helikoptrar) konfigureras med olika komponenter som t.ex. sensorer och vapen. Scenarioplanering utförs genom att dessa plattformar utgrupperas och ges uppgifter med hjälp av exempelvis verktygets räckviddsberäkningar.
2. *Duellsimulering*, kallat EWDuel, där olika plattformar interagerar i en distribuerad simulerad miljö, med eller utan mänsklig operatör. Simuleringsberäkningar kan distribueras till flera datorer där EWDuel körs, och som var och en ansvarar för simulering av en eller flera plattformar. Simuleringen kan utföras med modeller av olika detaljnivå och köras i realtid, snabbare än realtid eller långsammare än realtid.
3. *Utvärdering*, kallat EWLogger, som möjliggör loggning och efterföljande analys av simulerade dueller. En simulering kan återuppspelas och scenariots händelseutveckling kan analyseras.

En styrka med en simulerad miljö är möjligheten att testa system som man inte har fysisk tillgång till, både existerande system och sådana som kan komma att utvecklas och användas i framtiden. Effekten av sådana system kan därmed värderas på ett effektivt och säkert sätt.

Genom att utveckla möjligheterna till utvärdering av telekrigscenarier kan projektet bidra till förberedande analyser inför telekriginsatser. Detaljerna kring den utvecklingsverksamhet som har bedrivits inom projektet under 2013 beskrivs i avsnitt 3.

## 3 Verksamhet 2013

Under det gångna året, som är det andra av tre projektår, har det främst skett fortsatt vidareutveckling av modeller och ramverk. Exempel är införandet av nya motmedelsmodeller med åtgärdsbibliotek mot radarhot, ny möjlighet att koppla in och använda simuleringsmodeller skapade i MATLAB/Simulink, nya missilmodeller och underlättad planläggning av aktiviteter med hjälp av Gantt-schema.

Projektets verksamhet syftar till att stödja FM med avseende på kompetens, metoder och verktyg för telekrigvärdering. Ett konkret exempel är projektets understöd till Operational Evaluation (OPEVAL)<sup>1</sup> [2] för Hkp16. Ytterligare stöd till FM har skett genom deltagande under övning som genomfördes av Telekrigsbataljonen vid Ledningsregementet (LedR) och vid övningen Dagny 2013 som genomfördes vid Förvarshögkvarteret. Vid båda övningarna användes planeringsverktyget NetScene, främst för att visa på telekrigskapacitet under olika förutsättningar.

Samarbetet med FoT-projektet VMS Marin miljö som inleddes under projektets första år har fortsatt och fördjupats. Inom detta samarbete säkerställs att delar av EWSim anpassas till simuleringsbehoven inom VMS Marin miljö. Funktionerna som utvecklats är till gagn för båda projekten, som t.ex. bättre flexibilitet i användandet av Simulink-modeller och uppdaterade funktioner för mängdsimuleringar med varierande parametrar.

### 3.1 Planeringsverktyg

Ingående i ramverket EWSim finns LKS Planeringsverktyg, NetScene, som är det verktyg som utvecklas och används i projektet till scenariokonfiguration och -planering. I verktyget konfigureras olika plattformar (t.ex. fartyg och flyg) ingående i aktuellt scenario med parametrar och utrustning som t.ex. sensorer och vapen. Scenarioplanering utförs sedan genom att plattformar grupperas, förflyttas och ges uppgifter. Som en hjälp i detta arbete genomförs olika räckviddsberäkningar.

Under året har NetScene använts vid en övning med telekrigsbataljonen och vid övningen Dagny 2013. Inför övningarna har delar av räckviddsberäkningarna uppdaterats. Främst har beräkningar gällande kommunikation förbättrats och uppsatta systems prestanda har kontrollerats mot uppmätta data. En radarpejl har införts liksom nya sätt att visualisera pejldata. Vid deltagandet i övningarna har beräkningarna testats mot större scenarion i en verklighetsriktig miljö, något som givit värdefull återkoppling om behov inför vidare utveckling av verktyget och hur visualiseringar av data kan förbättras ytterligare.

Återstoden av detta avsnitt behandlar två andra större arbeten som gjorts under året för att förbättra möjligheterna för en användare att effektivt kunna planera ett scenario, införandet av planering med hjälp av Gantt-schema samt fortsatt arbete med OPEVAL helikopter.

#### 3.1.1 Gantt-schema

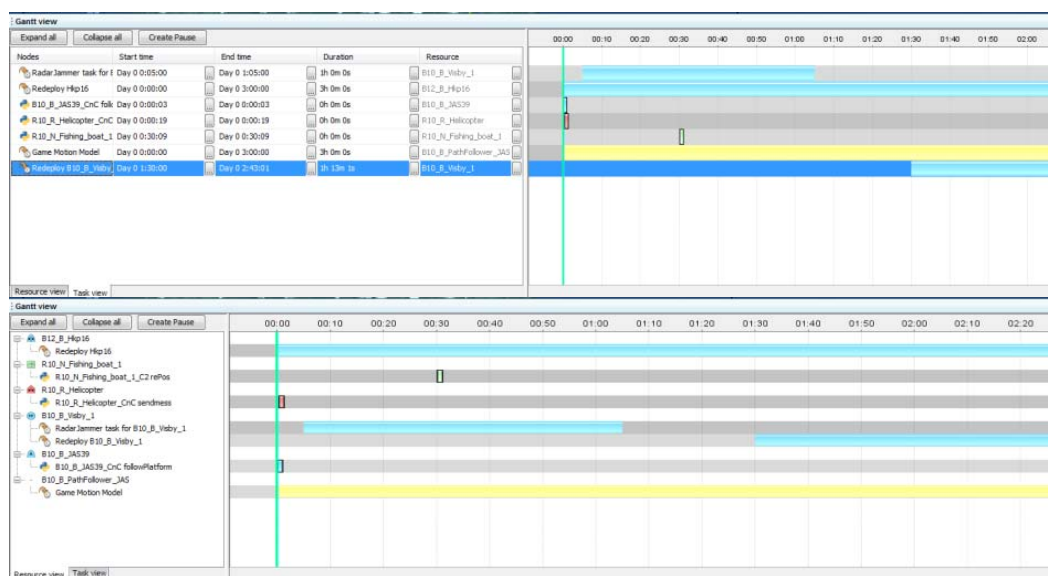
Vid planering är det ett viktigt delmoment att kunna hantera olika plattformars uppgifter och tillgänglighet under tiden för en operation. Denna resurshantering finns med i NetScene. Sedan tidigare år finns här en koppling till MS Project, där exempelvis plattformars förflyttningar och störuppgifter kan hanteras, och under året har ett arbete genomförts med att komplettera MS Project-kopplingen med en ny modul för schemaläggning som är helt integrerad i planeringsverktyget och inte kräver tillgång till

<sup>1</sup> [JP 1-02] (DoD) The test and analysis of a specific end item or system, insofar as practicable under Service operating conditions, in order to determine if quantity production is warranted considering: a. the increase in military effectiveness to be gained; and b. its effectiveness as compared with currently available items or systems, consideration being given to: 1) personnel capabilities to maintain and operate the equipment; 2) size, weight, and location considerations; and 3) enemy capabilities in the field.

andra program. Denna modul hanterar resurshantering av plattformar med hjälp av ett Gantt-schema. Design av modulstrukturen i planeringsverktyget har gjorts med hänsyn taget till att flera olika typer av schemaläggare ska kunna användas parallellt, och MS Project kan därmed användas parallellt med det integrerade Gantt-schemat.

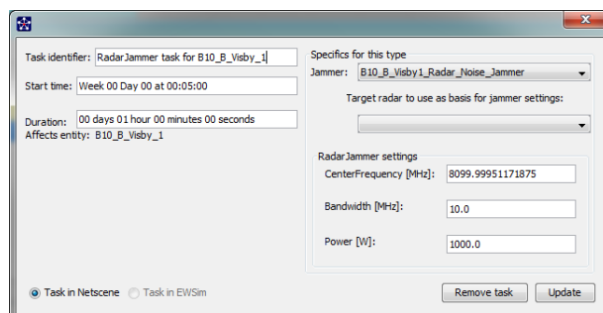
Som ett första steg har undersökts vilka bibliotek som finns tillgängliga för Gantt-schema-utritning. Av de alternativ som utvärderats valdes JFreeChart (Gilbert, o.a.) då det har en tillåtande licens, hög tidsupplösning och utvecklas aktivt av en stor grupp användare. Det är dessutom ett populärt bibliotek för generell grafitning som sedan tidigare användes i NetScene.

I det gränssnitt som implementerats finns en uppgiftsvy och en resursvy som visas i en översiktsbild i Figur 1. I gränssnittet går det att se var i tidsplaneringen plattformar och uppgifter befinner sig samt deras temporala relation till varandra och den aktuella tiden i en pågående simulering. Uppgifter kan enkelt flyttas, tas bort, eller redigeras m.a.p. starttider och varaktighet.



Figur 1 Överst visas Gantt-schemats uppgiftsvy. Här visas alla schemalagda uppgifter med start- och sluttid samt resurs för uppgiften. I den högra delen av vyn visas uppgifterna utmed en tidsskala. Här kan en användare se uppgifternas temporala relation till varandra och den nuvarande tiden samt enkelt flytta uppgifter. Nederst visas motsvarande resursvy. Funktionen motsvarar uppgiftsvyn, men här är uppgifter sorterade efter utförande resurs.

För varje uppgift kan även en editor öppnas där en användare kan redigera parametrar som är satta för den specifika uppgiften, se exempel i Figur 2. Det finns också möjlighet att i schemat lägga in uppgifter som påverkar själva simuleringen snarare än scenariot som planeras, exempelvis kan man välja att simuleringen ska pausa vid en viss tidpunkt.



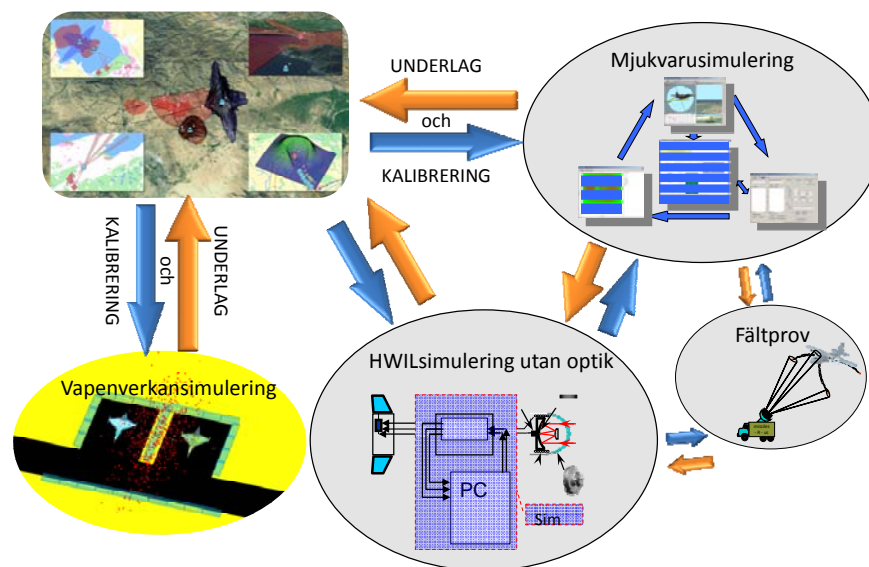
Figur 2 Uppgiftseditor för en radarstöruppgift. I editorn finns val av starttid och varaktighet för uppgiften och om den ska utföras i NetScene eller EWDuel. Dessutom kan parameter specifika för uppgiftstypen, i det här fallet radarstörarens frekvens, bandbredd och effekt, redigeras.

För planerade uppgifter kan användaren välja om uppgiften under en simulering ska exekveras i NetScene eller i EWDuel. I det senare fallet kommer uppgiften att distribueras ut vid simuleringstart via HLA (High Level Architecture, se [3, 4, 5]) till den plattform som ska utföra uppgiften. En möjlig vidareutveckling av denna funktion är att tillåta att uppgifter skapas och direkt överförs till en plattform under tiden som en duellsimulering pågår.

### 3.1.2 Planering för flygrutt

I samband med att EWSim användes till Hkp10B Operational Evaluation (OPEVAL) [2] identifierades ett behov av att utveckla funktionalitet så att bekämpningsrisken för en given flygprofil eller rutt kan beräknas under givna förutsättningar med fällsekvenser samt hotbedömningar i en geografiskt riktig hotmiljö. Under 2012 genomfördes ett arbete med att modellera och visualisera bekämpningsrisken för flygprofiler och dessa beräkningar användes som stöd vid OPEVAL för Hkp16 [5].

Modellerna för beräkning av bekämpningsrisk har under året vidareutvecklats genom att stöd för fler format av data som tagits fram i andra projekt har lagts till. Presentationen av de resulterande täckningsdiagrammen och graferna har också förbättrats enligt förslag från användare. En del av detta arbete resulterar i en rapport som behandlar metoder och verktyg till stöd vid OPEVAL, se Figur 3. En rapport som behandlar teori och implementation av beräkning av bekämpningsrisk har påbörjats, men vidare arbete med validering av modellerna behövs innan denna kommer att färdigställas.



Figur 3. De resurser som använts till att ta fram den taktiska flygprofilen i OPEVAL samt relationerna mellan dessa. Överst till vänster ses EWSim som får in underlag från AVAL (verkansberäkningsprogram), mjukvarusimuleringar (ger träffsannolikhet), hårdvarusimuleringar (ger träffsannolikheter) och fältprov (kalibrerar och verifierar modellerna).

## 3.2 Merutnyttjande av befintliga modeller

FOI har genom åren utvecklat många detaljerade simuleringsmodeller för studier av telekrig. Detta är såväl modeller av verkliga robotsystem och motmedelsalgoritmer men även modeller av möjliga framtida system. Många av dessa modeller är utvecklade i simuleringsverktyg såsom MATLAB/Simulink och ACSL [6]. Att föra samman dessa modeller i ett och samma ramverk möjliggör studier av hur de samverkar och påverkas av varandra och en omvärld.

Under året har ett arbete gjorts för att integrera användning av Simulink- och ACSL-modeller som en del av simuleringarna i EWSim. Detta gör att olika modeller kan värderas tillsammans och i ett större sammanhang, där EWSim bidrar med en mer detaljerad omvärldsmo­dell än vad som är praktiskt möjligt när simulering­smo­dellerna körs fristående. EWSim bidrar även med möjligheten till parameterstyrda mängdkörningar för värdering av modellerna eller scenarier där modellerna ingår.

### 3.3 Robotmodellering

Robotmodellering sker inom projektet i två spår, dels genom utveckling av generiska robotmodeller, dels genom utveckling av en arkitektur med insticksmoduler för specifika robotmodeller, se avsnitt 3.3.4.

Arkitekturen med insticksmoduler möjliggör simulering med detaljerade modeller. För vissa typer av simuleringar finns dock ett stort behov av generiska modeller. Till exempel kan det röra sig om system där detaljerat underlag saknas, alternativt framtida system.

#### 3.3.1 Semiaktiv radarrobot

Under 2012 utvecklades en generisk modell av en semiaktiv robot, vilket är en vanligt förekommande hotsystemtyp nu och troligen även i framtiden. Modellen har under 2013 uppdaterats avseende dess målsökarens sökfase. Robotmodellen kan numera avfyras utan mållåsning och öppna målsökaren i ett senare skede för att låsa på sitt mål under gång. Denna uppgradering är genomförd för att möjliggöra avfyring utan belysning, vilket kan användas av operativa system för att försena varning om inkommande robot i målets varnarsystem. Vidare har robotmodellen vidareutvecklats avseende dess återläsningsförmåga vid målförlust. Om roboten tappar sitt mål kommer den att försöka återläsa kring en predikterad målposition som uppdateras kontinuerligt under robotens gång. På så vis ges ett mer trovärdigt återläsningsförfarande vid förekomsten av flera mål.

Modellen av det semiaktiva robotsystemet har verifierats för att säkerhetsställa ett trovärdigt beteende. Koddokumentation har uppdaterats för att underlätta för framtida utvecklingsarbete och validering har gjorts mot känd teori inom radarområdet för att garantera att målsökarens ansatta parametrar för tröskelvärden ger detektion vid korrekta avstånd samt att roboten beter sig som förväntat.

#### 3.3.2 Aktiv radarrobot

Under året har även en generisk modell av en aktiv radarrobot utvecklats inom projektet. Utgångspunkten har varit den modell av en semiaktiv robot som tidigare utvecklats i projektet [5]. Den aktiva roboten kan, på samma sätt som i det semiaktiva fallet, placeras på en robotvagn och in visas av en eldledningsradar. Roboten kan avfyras med eller utan initial pålåsning på ett mål. Skillnaden mot det semiaktiva fallet är att robotens sändardel är placerad i målsökaren och att roboten därför är helt autonom efter avfyring och inte beroende av extern belysning. Den aktiva roboten är, på samma sätt som den semiaktiva robotmodellen, parametersättbar från NetScene för att kunna efterlikna olika typer av aktiva robotsystem.

#### 3.3.3 Sjömålsrobot

Det finns ett behov av att kunna värdera modeller av bildalstrande sjömålsrobotar, bland annat för att kunna utveckla och värdera motmedelsalgoritmer som idag är i aktivt bruk.

En modell av sjömålsrobot med bildalstrande IR-målsökare utvecklas i samarbete med projektet *VMS marin miljö*. Robotmodellens målsökarealgoritmer har initialt utvecklats med hjälp av färdiginspelade bildsekvenser framtagna i EWSim. När algoritmerna är utvecklade testas de genom att ingå i en dynamisk simulering i EWSim.

En slutlig version av robotmålsökare skall efter öppning kunna söka av ett stort område och hitta tänkbara målkandidater. Dessa skall segmenteras och egenskaper extraheras för att kunna klassificera kandidaterna och avgöra vilket som är det bästa målet att styra mot i slutfasen.

Utvecklingen av algoritmen sker stegvis. Inledningsvis fokuseras arbetet mot segmentering och viss egenskapsextraktion. En tidig variant använde tröskling som enda metod för att segmentera målen. Detta visade sig dock vara en mindre bra metod när kontrasterna i målet är mindre markerade. En bättre metod har varit att utnyttja kantfiltrering för att segmentera mål. Vissa utmaningar kvarstår att lösa när avståndet mellan robot och mål blir så litet att målet inte ryms helt inom målsökarens synfält. För att välja rätt kandidat att styra mot extraheras målets storlek i bildplanet och det största målet väljs ut. Detta leder till problem när små mål finns mellan robot och det riktiga målet men fungerar för initiala tester. När segmenteringsarbetet är klart kommer fokusering att ske mot egenskapsextraktion och klassificering

För att efterlikna ett verkligt system bör simulerad robotstyrning kunna ske i olika faser under närmandeförloppet (anflygning mot målområde, målsökning, målval, mållåsning). Möjligheten att byta styrprincip och målsökarkarfas har införts, men kommer att behöva ytterligare utveckling när målsökaren får större funktionalitet för att hitta och klassificera mål. Troligtvis krävs även en del intrimningsarbete för att styrning av roboten under övergångarna mellan faserna skall ske smidigt.

Algoritm-utveckling har skett inom projektet *VMS Marin Miljö* och majoriteten av de anpassningar av EWSim som behövs har gjorts inom projektet *Duellsimulering Telekrig*.

### 3.3.4 Integration av Simulink-baserad robot i EWSim

En av FOI utvecklade modell av en radarbaserad sjömålsrobot har under året integrerats med EWSim. Målet med integrationen har varit att stödja projektet *VMS Marin Miljö* med en studie av flerhotsfall vilket beskrivs i kapitel 3.5. Roboten har integrerats med EWSim m.h.a. en Simulink-integration.

Robotens kinematik, styrsystem och målföljare simuleras helt av Simulink-modellen. Robotmodellen matas kontinuerligt med information från EWSim om robotens höjd över havet, uppmätta RCS-signaturer i omvärlden utifrån robotens synvinkel samt vindhastighet och riktning. EWSim bidrar med en omvärldsmodell i 3D där terräng, mål och motmedelsremсор simuleras. EWSim ansvarar även för att beräkna bomavstånd och kollisiondetektering mellan robot och mål. Fördelen med att använda EWSim har varit att flera modeller kan samverka i ett och samma scenario. Simuleringen kan även distribueras i ett nätverk, vilket snabbar upp beräkningstiden vid stora simuleringar.

## 3.4 Motverkanssystem radar

Sedan tidigare har ett generiskt varnar- motverkanssystem (VMS) utvecklats som inkluderar en radarsignalspaningsutrustning (ESM) med biblioteksfunktionalitet för att identifiera ett radarhot baserat på parametrar i mottagna radarsignaler [1]. Även modeller av motverkanssystem, brusstörare och störare med digitalt radiofrekvent minne (DRFM) finns implementerade, där den senare kan användas för att generera falskmål och täckpulsstörning. De befintliga modellerna av motverkanssystem har under året utökats för att passa in i en ny struktur med en central VMS-logik. De varningar som genererat order om åtgärd kommer att levereras till motverkanssystemet för vidare hantering och sedan resultera i en åtgärd mot registrerat hot om lämplig störåtgärd finns tillgänglig. Vidare har motverkanssystemet utökats med inläsningsrutiner för att bygga upp ett åtgärdsbibliotek via inläsning från externa källor i XML-filsformat. Arbetet med ett generiskt VMS har dokumenterats och en separat VMS-rapport kommer att publiceras i närtid.

Som komplement till ovan beskrivna motverkanssystem har en modell av aktiv vilseledningsstörning i form av avståndsavhakningar (RGPO/RGPI) utvecklats. Modellen kan initieras som ett motmedel via ovan beskrivna åtgärdsbibliotek. Avståndsavhakningar kan genereras mot målföljeradar och/eller robotmålsökare och även kombineras med remsfällning för kombinerade insatsåtgärder.

### 3.5 Motmedelsalgoritm i marin miljö

Robotinsatser mot fartyg innebär ofta att en sekvens av robotar avfyras mot fartyget så att de kommer in mot fartyget separerade i tid och vinkel. För framtagning av kastmönster är det därför viktigt att undersöka hur robusta motmedelsalgoritmerna är.

En tidigare motmedelsalgoritm för remsor framtagen vid FOI har anpassats för att kunna inkluderas direkt i en fristående robotsimulering (i Simulink) eller som insticksmodul i EWSim. Det senare är en förutsättning för att kunna använda ett godtyckligt antal robotar verkande inom olika våglängdsområden och mot ett godtyckligt antal plattformar. Motmedelsalgoritmen ger förslag på kastmönster, fördröjning från varning till insats och på manöver. Initiala simuleringar har studerat hur flera radarrobotar kommer in mot ett fartyg med viss vinkelseparation och tidsfördröjning varvid fartygets VMS reagerar på huvudroboten. Mängdkörningar har gjorts där vindstyrka, vindriktning och infallsriktning på huvudmissilen har varierats. Simuleringar och analys har gjorts inom projektet *VMS Marin Miljö*. Anpassningar av robotmodell, motmedelsalgoritm och mängdkörningsfunktionalitet har helt eller delvis bedrivits inom projektet *Duellsimulering telekrig*.

### 3.6 Demonstrationspaket

Demonstrationspaketet har utvecklats med syftet att på ett enkelt och överskådligt sätt kunna påvisa effekten av simulerade telekrigsscenarier. Dessa demonstrationspaket är framförallt inriktade på kunskapsspridning till FM, men är även relevanta för andra intressenter. Paketet består av ett antal scenarion med olika fokus, som t.ex. demonstration av radarmissilsimulering, pejlsystemkapacitet, eller duell mellan IR-baserade hotssystem. Till varje scenario finns ett schema som beskriver hur varje moment i demonstrationen genomförs, samt extra presentationsmaterial för att beskriva scenariot och tekniska detaljer om den simulering som visas.

Målet med demonstrationspaketet är att kommunikationen vid ett demonstrationstillfälle ska bli ytterligare fokuserad på en besökares intressesfär. Detta gör att bl.a. FMs personal ges förbättrade möjligheter att se EWSims applicerbarhet i bedömningen av såväl taktik som olika systems telekrigförmågor.

Demonstrationspaketets sammansättning gör att samtliga deltagare i projektet kan genomföra demonstrationer. Därmed blir demonstrationsmomentet oberoende av en enskild person och flera ges möjlighet att spontant presentera EWSim för besökare.

## 4 Direktstöd till kund

Under 2012 utfördes ett arbete med att stötta OPEVAL för Hkp16 med visualisering och beräkning av bekämpningsrisken för flygprofiler. Det slutfördes under början av 2013 och erfarenheterna har tagits till vara i det fortsatta utvecklingsarbetet.

### 4.1 Övning med Telekrigbataljonen

En spelövning med telekrigsfokus genomfördes under årets första kvartal vid LedR i Enköping. Projektet bistod med expertstöd samt konfiguration och kontroll av övningsscenariot i LKS planeringsverktyg. Verktyget användes för att underlätta övningen



genom att möjliggöra tydlig presentation och värdering av utfall från olika övningsmoment.

Försvarmaktens förberedelsearbete stöttades i form av bidrag till övningens förutsättningar genom konfiguration av ingående enheter som var intressanta ur ett telekrigsperspektiv. Även anpassningar och vidareutveckling av planeringsverktyget genomfördes utifrån de önskemål som presenterades under förberedelserna.

Utfallet av övningen var mycket positivt och genomförandet gav en värdefull möjlighet till utvärdering av verktyget i en möjlig slutanvändarmiljö och validering av simuleringsprocessen. Vidareutveckling av verktyget stimulerades genom en stor mängd förslag och synpunkter som gavs av övningsdeltagarna. Vissa föreslagna åtgärder har genomförts under året och resterande har införlivats i planen för planeringsverktygets fortsatta förbättringar.

## 4.2 Demo Schweiz

I juni genomfördes en demonstration för en delegation vars huvudintresse är VMS för JAS39E och Hkp10. Deltagarna kom från Schweiz FM och motsvarighet till FMV (Armasuisse) samt Svenska FM. Under demonstrationen beskrevs hur simulering används för att studera telekrig. Vidare visades att det i EWSim går att använda både generiska robotar samt hotrobotmodeller som bygger på detaljerade underlag. EWSims flexibilitet i att simulera scenarier av varierande storlek demonstrerades. Speciellt så uppvisades störarmodellerna och radarsignalspaningsutrustningen som har biblioteksfunktionalitet och har utvecklats i dialog med FM TKSE där befintliga bibliotek har studerats för att implementera öppna generiska bibliotek som lätt kan bytas ut mot skarpa bibliotek. Alla modeller som ingår i ett VMS, så som radarsignalspaningsutrustning och störarmodeller, har en koppling mot en central VMS-logik. Demonstrationen ledde till att EWSim troligen kommer att vara en del i validering, verifiering och ackreditering (VVA) för VMS på JAS39E.

## 4.3 Övning Dagny 2013

Projektet deltog i övningen Dagny 2013 med LKS planeringsverktyg (en del av simuleringsramverket EWSim). Deltagandet var uppskattat av alla parter där både projektet och deltagare från FM kunde höja sin kunskapsnivå. Projektet fick se hur responsceller som spelar förband arbetar under en övning gentemot Insatsledningen. Dessutom erhöles en del återmatning som kommer att bidra till framtida utveckling. Att ta del av scenarier med de system som anses relevanta idag gav en inblick i hur dessa avses användas. De problem som dök upp eller som skulle kunna dyka upp i dessa scenarier genererade många idéer för aktuella forskningsbehov.

Deltagare från FM kunde med hjälp av LKS planeringsverktyg erhålla en bättre och mer realistisk lägesuppfattning för de system som var inlagda.

Vid en större demonstration där EWSim visades upp så upplevde vi att hela verktygssviten som ingår i ramverket är för omfattande för att kunna ta till sig. Som ett resultat av detta kommer vi att förbättra beskrivningen av EWSim inför framtida presentationer.

## 5 Kunskapsöverföring

Projektet har bidragit till dubbelriktad kunskapsöverföring genom att delta i FM övningar vid dels TkBat:s övningsverksamhet samt i slutfassen av OPEVAL och under övningen Dagny 2013. Ett flertal demonstrationer har genomförts där bl.a. en för Schweiz var viktig men även i samband med FOI kursverksamhet.

Under året har en iterativ arbetsmetodik tillämpats. Inför varje kvartal har projektets mål gått igenom, uppgifter för kvartalet har definierats och det existerande scenariot har utökats med delar som behövs för att testa ny funktionalitet, vilket också har skett i form av interna demonstrationer i slutet av kvartalet. Efter kvartal två rapporterades även projektets delårsresultat i en lägesrapport [7]. Förfarandet har resulterat i att ett scenario succesivt har byggts upp som innehåller både nyutvecklad och bibehållen funktionalitet. Då övningen Dagny kom in i slutet på året så ersatte den större delen av planerad demonstration. Våra erfarenheter från övningen redovisades istället.

En uppgift under året har varit att vidareutveckla förmågan att planera och värdera flygrutter. Resultatet kommer att användas vid OPEVAL för helikopter, och här har demonstrationer för kund skett löpande under året, vilket har bidragit till den iterativa processen vid framtagande av användargränssnitt och resultatpresentationer.

## 6 Samverkan med andra projekt

Gemensamma beröringspunkter med detta projekt finns framförallt inom projekten *VMS Marin Miljö*, *Teknisk hotsystemvärdering*, *Sjörobototet*, *Fortsättning Darwin* och *Simuleringsbaserade metoder för sensorvärdering*.

Inom projektet *VMS Marin Miljö* studeras duellen mellan flera hotrobotar, som kan vara av både radar- och IR-typ, och flera fartyg med motverkanssystem. I samarbete med det projektet tas det nu fram en modell av en bildalstrande sjömålsrobot, se även avsnitt 3.3.3. Bildbehandlingen hos den bildalstrande målsökaren kommer att ske i en extern modell, där den nyinförda integrationen mot Simulink i EWSim, se avsnitt 3.3.4, kommer att nyttjas. Denna nya funktionalitet har nu testats mot en extern modul.

*Teknisk hotsystemvärdering* och *Sjörobototet* är projekt som utvecklar detaljerade hotrobotmodeller som nu kommer att kunna användas i EWSim för värdering i större scenarier samt att dessa modeller kan utvecklas fristående och modelldrivet. Två typer av hotrobotsystem är nu testade och integrerade mot EWSim och fungerar med motmedel. Även mängdsimuleringen och loggningen är nu implementerad för denna typ av scenarier så att det går att få fram de typer av resultat som önskas.

## 7 Sammanfattning av resultat

Projektets slutmål är att demonstrera telekrigvärderingsmöjligheter som kan användas som hjälpmedel för utveckling av stridsteknik och taktik vid framtida telekriginsatser. Projektets verktyg som tidigare använts som stöd till OPEVAL för Hkp10 och Hkp16 har under perioden fått ytterligare funktionalitet som efterfrågats. Projektets medverkan vid TKBat övningsverksamhet samt Dagny var mycket uppskattad. Projektet har även levererat ett flertal demonstrationer och i samband med dessa utvecklat programvaran.

Nyutveckling av modeller har skett för semiaktiv radarmissil och avståndsavhakningar (RGPO/RGPI). En motmedelsalgoritm samt mängdkörningsfunktionalitet för marint VMS. En modul som hanterar resurser av plattformar med hjälp av ett Gantt-schema gör att man kan skapa avancerade automatiserade händelseförlopp. En generisk modell av en aktiv radarrobot samt att föra samman Simulink/ACSL modeller i ett och samma ramverk så att många typer av system kan simuleras. Under kommande demonstration kommer telekrigssituationen då dessa modeller finns med i scenariot att demonstreras.

Vi kan nu köra de hotrobotmodeller som bygger på detaljerade underlag tack vare Simulink-integrationen. Den nya radarsstyrda missilen börjar få tillräcklig funktionalitet för att kunna genomföra mer komplexa dueller med. Modellerna har använts till att genomföra värdering i större scenarier vilket skett i samverkan med *VMS Marin Miljö* och *Sjörobothotet*. Sammantaget ger det värdefull information om scenarier som är relevanta att kunna värdera och är något vi kommer att fortsätta att arbeta mot. Bedömningen nu är att målen med projektet kommer att vara uppfyllda innan projektet avslutas.

## 8 Fortsatt arbete

I det kommande arbetet fortsätter vidareutvecklingen av det moduluppbyggda HLA-baserade simuleringsramverket EWSim. Projektet kommer även att studera hur standardiserade metoder kan användas för värdering av telekriginsatser i dueller. Flera av de aktiviteter som är planerade under kommande år avser att utnyttja tidigare projektresultat för att utöka möjliga tillämpningar inom marin och helikopterflyg. Nedan följer en kort beskrivning av respektive områdes modeller och funktioner där utveckling kommer att ske under året. Vidare kommer arbetet med kunskapsöverföring att fortsätta. Under året kommer arbete med utformning och utvärdering av möjliga utbildningspaket att påbörjas.

### Radarsystem

- Utöka radarmodellerna till att hantera doppler på RCS-objekt och remsor.
- Utveckla dopperfunktionen i remsmodellen för att hantera bandbredd som uppstår vid virvelbildning.
- Utveckla modell av strukturella skenmål i marin miljö.
- Färdigställa en implementering av M-faktormodell för att kunna se hur flervägsutbredning ex. påverkar radarmålsareors fluktuation.

### Elektrooptiska system

- Utveckling av Imaging Infra Red (IIR) med bl.a. nya tekniker för att generera skenmål.
- Utveckla en modell av en multispektral målsökare.
- Utveckla en modell av modern sjömålsrobot.

### Kommunikation

- Utveckla algoritm som ger förslag på kanalval baserat på terräng och position så att signalen ej kan detekteras alternativt minimal effekt används,

### Värdering

- Utforska och utveckla hur man kan använda olika former av optimering så som genetiska algoritmer till motmedelsalgoritmer för sjömål.
- Utveckla funktionalitet så att en given flygprofil eller rutt kan riskberäknas under givna förutsättningar med fällsekvenser samt hotbedömningar inom radarområdet.
- För in verktyg för att underlätta loggning och analys samt åskådliggöra tillstånd i modellerna under körning.

### Utbildning

- Utveckla utformning och utvärdering av möjliga utbildningspaket

## 9 Referenser

- [1] L. Tydén, P. Bivall, P. Brännström, M. Dahlberg, P. Klum, L. Hilding, M. Verona, L. Festin, C. Rosenquist och H. Andersson, "Slutrapport för projektet dynamisk duellsimulering telekrig," FOI (FOI-R--3301--SE), Linköping, 2011.
- [2] Federation of American Scientists (FAS), "Military Definitions," 19 11 2012. [Online]. Available: <http://www.fas.org/news/reference/lexicon/deo.htm>.
- [3] IEEE Standards Association, *1516-2000 IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) - Framework and Rules*, Piscataway, NJ: IEEE Standards Association, 2000, pp. i-22.
- [4] IEEE Standards Association, *1516-2010 IEEE Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) - Framework and Rules*, Piscataway, NJ: IEEE Standards Association, 2010, pp. 1-38.
- [5] L. Tyden, H. Andersson, K. Andersson, P. Bivall, M. Dahlberg, L. Hilding, N. Karlsson, M. Verona och C. Wigren, "Genomförd verksamhet 2012 i projektet Duellsimulering telekrig," FOI-R--3528--SE, Linköping, 2012.
- [6] AEGIS Technologies Group Inc., "ACSL (Advanced Continuous Simulation Language) for Windows, Version 11.8," AEGIS Technologies Group Inc., USA, 2000.
- [7] H. Andersson, K. Andersson, M. Dahlberg, L. Hilding, M. Verona och L. Tyden, "Lägesrapport Duellsimulering Telekrig," FOI (FOI MEMO 4007), Linköping, 2012.
- [8] A. Söderberg, "Styrlagar för en höghastighetsrobot," LiTH, Linköping, 2003.
- [9] "The MathWorks, Inc.," [Online]. Available: <http://www.mathworks.se/>. [Använd 14 November 2012].
- [10] M. Hansson, "Slutrapport Projekt Teknisk Hotsystemanalys 2007-2009," FOI (FOI-R--2879--SE), Linköping, 2009.
- [11] T. Horney, M. Brännström, J. Bergman, D. Andersson, R. Forsgren, S. Ahlberg, B. Lindahl och A. Törne, "Slutrapport MOSART," FOI (FOI-R--1814--SE), Linköping, 2005.
- [12] P. Klum, M. Petersson och M. Verona, "Generisk modell av ett radarluftvärnsrobotsystem med Telekrig.," FOI (FOI-R--2537--SE), Linköping, 2008.
- [13] H. Kärnhall, K. Andersson, L. Hilding, R. Hammarqvist och L. Tydén, "High dynamic range imaging i EWSim," FOI (FOI-R--2773--SE),

Linköping, 2009.

- [14] H. Andersson, C. Hedberg, M. Petersson, L. Tydén och C. Wigren,  
”Integrerad EO duellmodell,” FOI (FOI-R--1724--SE), Linköping, 2005.

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI  
Totalförsvarets forskningsinstitut  
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00  
Fax: 08-55 50 31 00

[www.foi.se](http://www.foi.se)