

# **Metoder og verktøy for simulering av hærkapasiteter – sluttrapport for simulatorarbeidet under prosjekt TEKNISK**

Svein Erlend Martinussen

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

22. oktober 2010

FFI-rapport 2009/01406

1019

P: ISBN 978-82-464-1893-3

E: ISBN 978-82-464-1894-0

## **Emneord**

Scenario

Spill

Interaktivt

Hæren

Stridskjøretøy

## **Godkjent av**

Einar Østevold

Prosjektleder

Stein Grinaker

Forskningssjef

Johny Bardal

Avdelingssjef

## Sammendrag

Prosjektet ”Teknologier for nettverksintegrerte stridskjøretøy” ble oppstartssted for utnyttelse av kommersiell spillteknologi på FFI. Det ble gjennomført flere simuleringseksperimenter basert på utnyttelse av kommersiell spillteknologi. Erfaringene som ble opparbeidet innen planlegging, gjennomføring og analyse av slike eksperimenter, er oppsummert i denne rapporten. I løpet av prosjektperioden vokste aktiviteten til å inkludere simuleringsarbeider i flere hærprosjekter. Aktiviteten førte også til felles scenarioarbeid på tvers av disse materiellprosjekter, og til bedre kvalitet på scenarioarbeidet som utgangspunkt for analyser.

De viktigste resultatene av arbeidet er oppsummert i metodekapittelet. I tillegg er en ny metode for å måle læring i simulator vist i kapittelet som beskriver simuleringseksperimentene. Der er også en objektiv metode for å måle scenariokvalitet vist.

## English summary

The project “Technologies for Network Integrated Combat Vehicles” initiated the exploitation of commercial games technology at FFI. Several simulation experiments were made, utilizing games technology. The knowledge that was obtained in the areas of planning, running and analysing such experiments is summed up in this report. During the project period the simulation activity grew to include activities in several army related projects. The activity also resulted in common scenario work across several material projects, and in improved scenario quality as a starting point for analysis.

The most important results of the work are summed up in the chapter on methods. In addition a new approach for measuring learning in simulators is shown in the chapter describing the simulation experiments. A new way to measure scenario quality is also shown.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrunn</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Historikk</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Metodebeskrivelse</b>	<b>10</b>
4.1	Aktørene	10
4.2	Forsvarsscenarioer	11
4.3	Vignetter og stridssituasjoner	11
4.4	Utforming av spill	12
4.5	Planlegging av datainnsamling	12
4.6	Testing	13
4.7	Gjennomføring av eksperiment	13
4.8	Debrief etter eksperiment	13
4.9	Analyse av resultater	13
<b>5</b>	<b>Simuleringsverktøy</b>	<b>14</b>
5.1	Interaktivitet	14
5.2	Grensesnitt	14
5.3	Utviklingsstrategier	15
5.3.1	Egenmodifiserte spill	15
5.3.2	Premodifiserte spill og strategisk samarbeid	16
<b>6</b>	<b>Eksempler på simuleringsarbeider</b>	<b>17</b>
6.1	Fremtidige stridskjøretøy i unreal engine 2.0	17
6.2	Fremtidige stridskjøretøy, indirekte ild og UAV i VBS2	19
<b>7</b>	<b>Erfaringer etter spilleksperimentene</b>	<b>23</b>
7.1	Scenarioer	23
7.2	Størrelse på interaktive eksperimenter	24
7.3	Arbeidsmiljøet på laboratoriet	25
<b>8</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>26</b>
	<b>Referanser</b>	<b>28</b>

<b>Appendix A Huskeliste for gjennomføring av middels store interaktive simuleringseksperimenter</b>	<b>31</b>
--	-----------

<b>Appendix B Peter P. Perlas questions for wargame analysis</b>	<b>32</b>
--	-----------

B.1	Preparation	32
B.2	Structure and style	32
B.3	Play	32
B.4	Attitudes	33

## 1 Innledning

I løpet av prosjekt 1019 TEKNISK (*T*eknologier for *n*ettverks*i*ntegrerte *s*trids*k*jøretøy) ble det forberedt flere små og store simuleringseksperimenter. Denne rapporten beskriver erfaringene som er opparbeidet, spesielt når det gjelder scenarioutvikling for spillbaserte eksperimenter, og gjennomføring av spill. Rapporten legger vekt på metoder, og beskriver i liten grad verktøyene som ble benyttet.

For de første eksperimentene, med delsystemer på stridskjøretøy, hadde vi fokus på testing av nytte av ulik funksjonalitet for Battle Management Systems (BMS). I slike tilfeller starter man med anvendelsessituasjoner for systemene og legger til rette for testing av arbeidsoperasjoner. Dette representerer en ”bottom up” tilnærming til scenarioarbeid, og er mest anvendbar når man ikke har behov for å svare på spørsmål om operativ nytte av systemet.

I forbindelse med gjennomføring av eksperimenter med mer sammensatte hæravdelinger vil det alltid være ønskelig å si noe om operativ nytte. Da er det viktig at de overordnede scenarioene velges med omhu. Scenarioene kan ikke være valgt for å fokusere på bare ett system. Man har behov for sporbarhet når man skal evaluere operativ nytte av systemer og strukturer i Forsvaret. Vi anbefaler at man baserer seg på scenarioene som etableres i forbindelse med forsvarsplanleggingen i Norge og NATO når man skal gjennomføre simuleringseksperimenter for hærssystemer.

En langsiktig målsetning vil være å knytte sammen modelleringsarbeidet som foregår på detaljert nivå i materiellprosjekter på FFI, med overordnet forsvarsanalysearbeid. Dette er det samme som å knytte sammen scenarioarbeid på virksomhetsnivå med konkrete systemanvendelser, noe som allerede blir gjort for eksempel i forbindelse med arkitekturarbeid for programvareutvikling. Det eksisterer for eksempel arkitekturstandarder for KKI-systemer, etablert av NC3A. Det eksisterer også standarder for scenarioarbeid i forbindelse med generell programvareutvikling. Dersom slike standarder benyttes i forsvarssammenheng, er potensialet stort. Da vil overordnede scenariobaserte analyser av strukturelementer, og anvendelsesstudier for enkeltsystemer, kunne dra gjensidig nytte av hverandre. Simuleringsteknologien beveger seg i retning av å kunne knytte sammen disse domeneene.

## 2 Bakgrunn

Prosjekt TEKNISK grep tidlig fatt i mulighetene som ligger i utnyttelse av kommersiell spillteknologi. Det ble startet opp et arbeid som i første omgang var planlagt å skulle produsere en virtuell prototyp for et fremtidig stridskjøretøy. Den virtuelle prototypen var tenkt produsert eksternt. Den skulle inkludere forskjellige teknologier som på et tidlig tidspunkt i prosjektet ble oppfattet som sentrale for fremtidens stridskjøretøy. Det ble ganske snart konkludert med at dette ville bli for lite fleksibelt, siden modellen i så fall måtte oppdateres eksternt ved endringer i teknologipakken.

Prosjektet valgte derfor å utvikle en egen kjøretøymodell basert på bruk av et kommersielt spill med et militært simuleringsgrensesnitt. Grensesnittet ble i første omgang benyttet til å levere syntetiske data til en BMS prototyp, som ble utviklet for å eksperimentere med funksjonalitet. Etter hvert utvidet arbeidet seg til å inkludere teknologidemonstrasjoner av Augmented Reality, stemmegjenkjenning, aktive beskyttelsessystemer (APS) og nye våpen.

En viktig forutsetning for arbeidet med spillbaserte simuleringer i prosjekt TEKNISK var simuleringinfrastrukturen som ble bygget opp i andre prosjekter på FFI, og erfaringer med distribuerte simuleringer som allerede var opparbeidet, spesielt hos prosjekt 892 SIMUTREX. En annen viktig forutsetning var etableringen av FFI Battle-Lab, som ble ferdigstilt kort tid etter oppstart av prosjekt TEKNISK. Dette la grunnlaget for de eksperimentene som ble gjennomført på FFI-Battle-Lab høsten 2006. Eksperimentene hadde som målsetning å teste BMS-funksjonalitet. Vi fikk også gjort operative vurderinger av nytten av hovedsystemene på stridskjøretøyet. Sist men ikke minst fikk vi bekreftet at vi kan ha stor nytte av selv enkle simuleringssystemer i simuleringseksperimenter med menneskelige deltagere. På dette tidspunktet var ikke simuleringseksperimentene forankret i overordnede forsvarsscenarioer. Derfor oppsto det diskusjon om hvordan scenarioarbeidet skulle tilrettelegges dersom man ønsket å evaluere operativ nytte. Som et resultat av disse diskusjonene, startet et felles scenarioarbeid på tvers av materiellprosjekter, fordi vi innså at den større felles sammenhengen, bataljonen eller brigaden rundt stridskjøretøyene, har stor betydning for den operative nytten av enkeltsystemene.

I det felles scenarioarbeidet tok vi i bruk allerede ferdig etablerte forsvarsplanleggingsscenarioer fra Norge og NATO. Bakgrunnen for dette var et ønske om å teste systemene og funksjonaliteten i en sammenheng som kunne gi legitimitet til eventuelle sammenlignende analyser. Dersom man skal kunne trekke konklusjoner om operativ nytte, så må scenarioene representere anvendelsesområdene for systemet på en god måte. FFI gjør periodevis arbeider for å etablere de overordnede scenarioene som forsvarsplanleggingen skal baseres på. Dette innebærer blant annet at det er gitt politiske føringer i forkant av arbeidet, og at forsvarsledelsen involveres i utarbeidelsen av scenarioene. Tradisjonelt er slike scenarioer ikke blitt bearbeidet til et nivå som gjør det mulig å simulere dem i detalj. Scenariobeskrivelsene er heller benyttet som utgangspunkt for kartspill, der aktørene inviteres til å delta i delvis redigerte tankeeksperimenter, hvor man for eksempel diskuterer handlingsmåter og nytteverdi av strukturelementer.

Siden de overordnede scenarioene ikke er spillbare, måtte det utarbeides vignettbeskrivelser som representerte utvalgte hendelser i de overordnede forsvarsplanleggingsscenarioene. Disse vignettene ble utdypet i samarbeid med militære fagmiljø, og med bidrag fra flere prosjektmiljøer på FFI. I løpet av arbeidsprosessen og erkjennelsesprosessen som den nye simuleringsteknologien åpnet for, etablerte det seg en konsensus blant deltagerene om å samarbeide om scenarioer av denne typen. Motivasjonen er ganske enkelt at vi ser at scenarioene blir bedre når de utarbeides med et perspektiv som går utover det organisatoriske fagmilitære nivået som er direkte knyttet til systemet som skal testes.



Det arbeidet som startet som et forsøk på å lage en enkel virtuell prototyp av et stridskjøretøy, har med andre ord fått konsekvenser langt utover det vi hadde regnet med. Derfor blir denne rapporten ikke i hovedsak en oppsummering av utførte stridskjøretøyeksperimenter, men heller en beskrivelse av arbeidsmetodene som er etablert, endringene de har ført til i utarbeidelsen av scenarioer, og erfaringene som er opparbeidet med større og mer sammensatte simuleringseksperimenter.

### 3 Historikk

Spill har vært brukt i militær sammenheng helt siden forløperen til det hexagonbaserte brettspillet GO ble oppfunnet i Kina for mange tusen år siden. Ett av de første realistiske krigsspillene ble utviklet av H. G. Wells for snart 100 år siden (1). De første spillene var basert på enkle fysiske modeller av avdelinger, soldater, våpen og stridsfelt. De inkluderte spilleregler som måtte være enkle nok til å gi trenings- eller underholdningsverdi, samtidig som de var gode nok til å skape forutsetning for å lære. Behovet for enkle spilleregler har forandret seg med introduksjonen av virtuelle verdener. De siste årenes utvikling på området har gitt oss simuleringsverktøy som gjenspeiler militære systemer i stor detalj, og som viser stridsfeltet med detaljerte modeller for fysikk, biologi, kultur, sosiale fenomener osv. De nye verktøyene har også innebygde regler og håndtering av spillprosedyre, som gjør at regelbøkene man har benyttet helt siden de første "Kriegspiel" som dukket opp mot slutten av syttenhundretallet, blir overflødige.

Forberedelsene til et større simuleringseksperiment kan deles inn i områder knyttet til analyse, scenarioer, teknologi, funksjonalitet, sårbarhet, virkning, arbeidsmiljø, plattformer, sensorer, våpen, nettverkskommunikasjon og arkitektur. Vår egen erfaringsliste over hva som er viktig å huske på, er vist i vedlegg A. Sammenlignet med annen spillproduksjon, som for eksempel tradisjonelle krigsspill, vil større simuleringseksperimenter kunne være basert på et veletablert fundament av teknologiske løsninger. Dette bidrar til å gjøre deler av produksjonen enklere. Mange av elementene i prosessen med å utarbeide et tradisjonelt krigsspill, som for eksempel beskrevet av Peter P. Perla (2), faller derfor bort. Perla's huskeliste "questions for wargame analysis" er likevel nyttig når man forbereder simulatorbaserte eksperimenter, og er derfor gjengitt i vedlegg B. Det er også mange paralleller mellom simuleringbaserte eksperimenter og dataassisterte militære øvelser. Det meste av prosessbeskrivelsen for en dataassistert øvelse kan overføres til et eksperiment. Men også her er det noen av stegene som faller bort. Cayirci & al. beskriver både CAX-prosessen og organiseringen av et øvelsessenter (3).

Hovedelementene i et eksperiment er organisering, utarbeidelse av scenario, brief for personell, gjennomføring av spill og AAR(after action review) og analyse. Dette representerer bare bruddstykker av arbeidet som inngår i utarbeidelsen av tradisjonelle krigsspill eller databaserte øvelser. Dersom man i tillegg kan basere seg på standard simulatorer, der innlegging av scenario, brief, oppsett av spill og AAR er innebygd, blir arbeidet med gjennomføring av eksperimenter mye mindre krevende.

## 4 Metodebeskrivelse

Hensiktene med å simulere/spille hærkapasiteter kan være mange. I prosjekt 1019 TEKNISK var hovedmålsetningen å evaluere stridskjøretøy med alternative subsystemer og støttesystemer. Det første eksperimentet ble gjennomført med spesialvalgte scenarioer, for å teste funksjonalitet i BMS. Det ble også gjort evalueringer av andre systemer med scenarioene som var valgt ut for BMS-tester. Men i etterkant oppsto det problemer med tolkningen av resultatene, fordi nyttevurderinger av andre delsystemer enn BMS'et ble verdiløse når scenarioene var spesialplukket for å teste funksjonalitet kun for dette ene subsystemet. Problemet med tolkning av resultater for flere delsystemer kan bare løses ved å utvide scenarioene til å inkludere situasjoner som beskriver bruksområder for både systemet og omgivelsene. Ved andre gjennomføring av simuleringseksperimenter ble dette tatt hensyn til. Det ble gjennomført et scenarioarbeid som tok utgangspunkt i overordnede forsvarssenarioer, og som identifiserte scenarioer som var viktige for stridskjøretøysystemet som helhet. Det er dette som er kjernen i denne rapporten. Hjørnesteinssenarioene som benyttes til overordnet forsvarsplanlegging, må henge sammen med scenarioene som benyttes til evaluering av hærens systemer.

Det finnes mye litteratur om scenarioarbeid. ”Scenario management” er et eget fagområde (4, 5, 6). Innenfor programvareutvikling eksisterer det veldefinerte roller for systemarkitekter og flere alternative metoder og verktøy for å håndtere scenarioutvikling fra virksomhetsnivå og ned til brukseksempler for de minste delsystemer. Det er med andre ord mulig å knytte sammen overordnede strategiarbeider og scenarioutvikling med detaljert systemutvikling på laveste nivå. Denne arbeidsmåten er ikke vanlig ennå i militær sammenheng. Initiativene som er tatt for å gjøre scenarioarbeid sammen på tvers av systemeierskap (7, 8) og etableringen av en felles scenariodatabase på FFI (9), er i ferd med å endre dette.

Overordnede scenarioarbeider er krevende. Prosjekt TEKNISK valgte å gjøre arbeidet sammen med prosjekt 1020 Indirekte Ildstøtte og 1060 Luftvern. Dette viste seg å være svært nyttig i det videre arbeidet med simuleringer. Det muliggjorde samarbeid og arbeidsdeling ved utarbeidelse av detaljerte scenariobeskrivelser. Det gjorde det også lettere å forstå omgivelsene rundt stridskjøretøyet, siden man fikk fagekspertise på andre systemer til å beskrive helheten i scenarioet. En annen fordel med å bringe flere aktører i utformingen av scenarioene, er at den enkelte aktør, med eierforhold til systemer i scenarioet, ikke vil kunne dominere utformingen av scenarioet og evalueringen av sitt eget system. Med alle aktører på banen vil scenariobeskrivelsene bli fyldigere og mer balanserte.

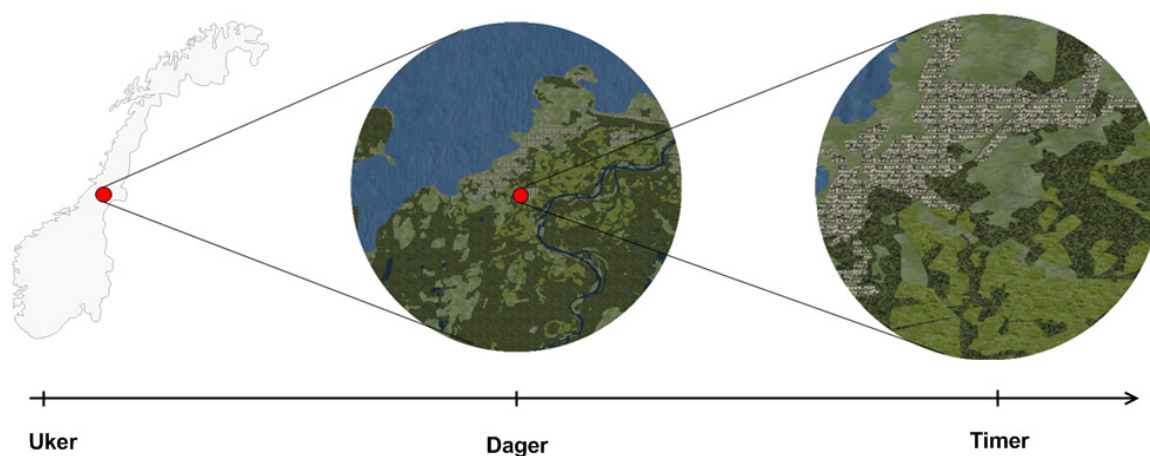
### 4.1 Aktørene

Alle modeller er i bunn og grunn kommunikasjonsmidler. De benyttes for eksempel til å forenkle formidling av informasjon mellom aktørene i arbeidet. Dette kan for eksempel være systemeier, arkitekt, analytiker og programmerer. Enkle modeller har den fordelen at det er lett å formidle innholdet og forutsetningene som er gjort. Samtidig vil enkle modeller kunne mangle finesse til å håndtere viktige problemer som kan være av betydning for evalueringen av systemene. Simuleringsmodeller benyttes typisk for å håndtere komplekse dynamiske systemer. Det er viktig

at alle aktører bringes inn i prosessen på et tidlig tidspunkt, og at det etableres en felles forståelse for hva som er riktig detaljnivå i modellen. Det eksisterer egne prosedyrer for utforming av simuleringsmodeller (10).

## 4.2 Forsvarsscenarioer

Hjørnesteinsscenarioene i forsvarsplanleggingen benyttes som utgangspunkt for hærsimuleringer (11). Dette gjøres for å sikre at det er sammenheng mellom overordnede målsetninger og evaluering av systemer i forbindelse med konseptutvikling, prototypetesting eller analyse av materiellanskaffelser. Internt på FFI er det etablert en egen database for scenarioer. Databasen gir et oppdatert bilde av gjeldende scenarioer og er et nyttig verktøy for simuleringsarbeider i hærprosjekter (9).



Figur 4.1 Scenarioer, vignetter, stridssituasjoner

I NATO-systemer blir det med jevne mellomrom gjennomført scenariobaserte analyser. Metodikken som benyttes i NATO-systemet passer inn i arbeidet med Hærsystemer (12) og scenarioene, og kan benyttes også for nasjonale evalueringsarbeider.

## 4.3 Vignetter og stridssituasjoner

Scenarioarbeidet som ble gjennomført i samarbeid med de andre hærprosjektene på FFI, er dokumentert andre steder (7, 8). Det resulterer typisk i scenarioer som strekker seg over dager eller uker, og som inkluderer militære avdelinger på operasjonelt nivå.

Det kan være vanskelig å benytte vignettene direkte i modellering og simuleringsarbeidet, særlig dersom man bare er interessert i spesifikke systemer. Det er derfor nødvendig å avgrense vignettene til det vi kaller stridssituasjoner. Dette må gjøres i samarbeid med systemeier og militærfaglig kompetanse. Stridssituasjonene representerer hendelser på stridsteknisk nivå. De varer typisk fra én til noen få timer, og avgrenser seg til områder fra noen få kvadratkilometer til hundretals kvadratkilometer.

#### 4.4 Utforming av spill

I NATO-sammenheng finnes det egne rammeverk for utforming av simulatorer for eksperimentering (10). Det er også etablert brukersamfunn rundt de mest vanlig brukte simuleringssystemene (13,14). Derfor vil det ofte ikke være nødvendig å gå gjennom en full utviklingsprosedyre for å etablere en simulator som kan benyttes til eksperimentet. Prosjekt TEKNISK benyttet både en egenutviklet simulator og en spillbasert simulator, som nærmest ble NATO-standard i løpet av prosjektperioden (14). Når et premodifisert spill benyttes, vil forberedelsene som trengs avgrense seg til scenarioetablering og forberedelse til innsamling av data.

#### 4.5 Planlegging av datainnsamling

Det mest nærliggende å se på når man arbeider med simulatorer er å hente ut data direkte fra simulatoren. Man bør legge stor vekt på dette, men det viser seg ofte at det er vanskelig å tolke data som hentes ut. Spesielt gjelder det dersom man ikke har kontroll på hva spillerne gjør, og hva som skjer i simulatoren. Data kan til dels bli spolert av urealistisk og ureglementær oppførsel av spillerne. For å få kontroll med dette er det lurt å legge inn oppvarming før selve spilleksperimentet, slik at de mest ”trigger happy” deltagerne får tatt ut litt aggresjon før oppstart.

Parallelt med innsamlingen av objektive data kan det gjennomføres spørreundersøkelser blant deltakerne både før og etter spill. Disse spørreundersøkelsene kan for eksempel baseres på enkle Likert skalaer (15). Det vil si at vi etablerer verbale skalaer, at vi assosierer tallverdier til de verbale skalaene, og at hver skala bygges opp av et sett med spørsmål om samme temaområde. Et eksempel på en Likert skala er vist nedenfor:

	<i>Uenig</i> 1	<i>Litt uenig</i> 2	<i>Hverken eller</i> 3	<i>Litt enig</i> 4	<i>Enig</i> 5
Manøvrerbarhet for laget er god	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ildkraft for laget er god	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utholdenheten for laget er god	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laget ble godt utnyttet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laget er nyttig i dette oppdraget	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figur 4.2 Likert skala for nytte av et lag i et scenario

Skalaen i eksemplet består av fem ”items” eller elementer/spørsmål. Til sammen beskriver de en skala for hvor godt deltageren vurderer laget å være. Slike skalaer vil være nyttige for å få kvantifisert deltagerens holdninger til systemer, delsystemer, avdelinger osv.

Sist men ikke minst må det planlegges med gjennomføring av debrif etter forsøket. Referatet etter en debrif er kanskje det viktigste resultatet etter et forsøk. Objektive data har begrenset verdi, siden det for interaktive forsøk i hovedsak er spillernes opplevelse som betyr noe. Intervjuskjemaene er også av begrenset verdi, utover det at de kvantifiserer vanskelige spørsmål, siden det er vanskelig å behandle

detaljer i slike skjema, og siden skalaen aldri vil tillate mange nyanser. Debrifen bør styres og struktureres slik at alle kommer til orde.

#### **4.6 Testing**

Når konkretiseringen av scenariobeskrivelsen er ferdig, må den testes. Det er ytterst viktig at denne testingen skjer i samarbeid med systemeier og militær fagkompetanse. For prosjekt TEKNISK sin del besto testingen i spill med militære brukere. Innledningsvis bør grove feil og mangler fjernes gjennom intern testing, men når det nærmer seg eksperimentet må brukerne involveres i testing både av systemer og scenario. Feil og mangler i systemenes utforming og funksjonalitet kan da avsløres før det er for sent, og balansen i scenarioene kan testes med kyndige brukere. For eksempel kan det nevnes at flere forskere og ingeniører på FFI ved én anledning testet et scenario for kartlegging av situasjonsforståelse, og kom frem til noe de syntes var en god og balansert løsning. Scenarioet viste seg senere å være alt for lite utfordrende for de militære, som hadde mye bedre evne til å forstå situasjonen enn de som hadde testet scenarioet før bruk. Dette resulterte i at de militære hadde perfekt situasjonsforståelse uansett hvilket hjelpemiddel vi gav dem. Dermed ble eksperimentet bortkastet, fordi det ikke kunne skille mellom funksjonalitetspakkene som skulle testes.

#### **4.7 Gjennomføring av eksperiment**

I forbindelse med gjennomføringen av eksperimentet er det viktig at følgende roller er dekket:

Leder	med ansvar for personell
Analytiker(e)	med ansvar for utarbeidelse av scenarioer og innsamling av data

I tillegg trengs en stab til å håndtere tekniske systemer og simulator.

Datainnsamlingen skjer underveis, og bør passes på av en dedikert person. I forbindelse med gjennomføring av forsøket må det også føres journal for hendelser som oppstår underveis. Denne bør også inkludere observasjoner, for eksempel knyttet til bruk av spørreskjema eller temaområder for innsamling av simulatordata (slike observasjoner vil kunne bidra til å forklare årsaken dersom man får ut uventede simulatordata).

#### **4.8 Debrief etter eksperiment**

Alle deltagere i eksperimentet må delta på debrief når eksperimentet er ferdig. Det må tas referat under debriefen. Dette er særlig viktig dersom ikke alt har gått som forventet, dersom man har hatt tekniske problemer eller dersom man er uenige om hva som har skjedd. Referatet fra debriefen er minst like viktig som datainnsamling underveis.

#### **4.9 Analyse av resultater**

Simuleringsbaserte spill gir gode muligheter for innsamling av data man ellers ikke ville kunne skaffet til veie. After action review (AAR) systemer gjør det mulig å spille av opptak av

eksperimentet. Man kan gjøre analyser der man går inn og studerer hva spillerene så på, hvordan de beveget seg, hvordan de benyttet terreng og vegetasjon, ammunisjonsforbruk osv.

Det er også mulig å studere deltagerenes holdninger til systemene og operasjonsmåtene de prøver ut ved hjelp av for eksempel Likert-skalaer (15, 16, 17). Innsamling av slike data bidrar også til en mer objektiv oppsummering av helheten av eksperimentet dersom noe skulle gå galt underveis. Vi har også gode indikasjoner på at Likert-skalaer kan benyttes til å monitorere læring underveis i eksperimentet, noe som er viktig, særlig for utprøving av nye teknologier og operasjonsmåter.

## 5 Simuleringsverktøy

Simulering av hærekapasiteter kan gjøres med tradisjonelle verktøy for datagenererte styrker. Slike simuleringer benyttes gjerne til stokastiske forsøk for å beregne konsekvenser av parametervariasjoner for systemegenskaper der personell og interaksjon ikke spiller en vesentlig rolle. En annen viktig rolle for hærsimuleringer er å bidra til å forstå konsekvenser av endringer av teknologi i situasjoner der mennesker samspiller med teknologien. Dette er bare mulig ved hjelp av interaktive simuleringer. I løpet av prosjektperioden har vi prøvd ut flere verktøy, og vi har valgt noen vi mener fungerer bra til eksperimentering. Vi skal ikke beskrive simuleringsverktøy generelt, siden det er gjort andre steder (18, 19), men fokuserer på interaktive simuleringer.

### 5.1 Interaktivitet

Ved valg av verktøy er det viktig å ha klart for seg på hvilket nivå interaksjonen skal foregå. For den typen interaktive simuleringer vi startet ut med, var det viktig å representere miljøet og teknologien rundt vognkommandøren. I slike tilfeller er førstepersons skytespill nyttige, siden de legger vekt nettopp på en detaljert beskrivelse av miljøet rundt vognkommandør, skytter eller vognfører. For andre interaktive simuleringer vil fokus ligge et nivå høyere opp enn vognkommandør. Så snart enheter større enn ett kompani skal simuleres, vil den menneskelige aktørens hovedgrensesnitt bli stridsledelsessystemet. Det meste av interaksjonen vil i dette tilfellet være knyttet til ledelse av styrkene ved hjelp av det simulerte stridsledelsessystemet. I arbeidet med hærsimuleringer vil det være nødvendig å dekke hele dette spennet av nivåer for interaktivitet, helt fra enkeltmannsnivå og opp til bataljon, avhengig av hvilke problemstillinger man står overfor.

### 5.2 Grensesnitt

For at et spill skal kunne benyttes til eksperimentering, må det også inneholde et grensesnitt som gjør det mulig å utveksle data med omgivelsene. De fleste spill har bare enkle grensesnitt med lesing og skriving av data via tekstfiler eller skjerm/tastatur. Dette blir for lite fleksibelt for eksperimenter, der man typisk ønsker å koble til eksterne systemer og simuleringer i sanntid. Enkelte premodifiserte spill kommer med mulighet for å bygge egne grensesnitt til andre applikasjoner. Dette ble blant annet gjort i det andre eksperimentet med BMS, der et eget

grensesnitt ble skrevet i C++ og implementert som en plugin-modul til spillet Virtual Battlespace 2 (Bohemia Interactive).

Selv om de fleste spill ikke kommer med HLA-grensesnitt, blir slike grensesnitt produsert av egne programvarehus. Det er for eksempel mulig å kjøpe HLA-grensesnitt til alle Unreal-baserte spill fra MÅK Technologies. I tillegg markedsfører Calytix et HLA-grensesnitt som allerede er implementert i VBS2, mōsbē (BreakAway Games) og Steel Beast (eSim Games).

Modellinnhold og topografi er også viktige områder for dataimport. Fordelen med de fleste kommersielle spill er at grensesnittene for import er åpne, slik at man kan gjøre tilpasninger og ha egenproduksjon av innhold. Dette er ofte ikke tilfelle for de proprietære systemene som leveres fra tradisjonelle utviklere som for eksempel MÅK eller CAE.

### 5.3 Utviklingsstrategier

Når man skal skaffe spill til bruk i interaktive simuleringer, er det flere mulige tilnæringer. De er i hovedsak bestemt av ambisjonsnivå og økonomi. Den første tilnærmingen, dersom man har behov for en enkel men fleksibel simulator, vil være å gjøre egne modifikasjoner i et egnet spill. Lisensproblemstillinger er viktige i denne sammenhengen. Kommersielle lisenser kan ofte kjøpes uten at man behøver å kjøpe full kildekode. Dette er for eksempel tilfelle for Unreal Engine, der man får tilgang til kommersiell bruk ved kjøp av HLA-grensesnittet fra MÅK. Slike enkle modifikasjoner vil typisk brukes og kastes. Stridskjøretøysimulatoren NORBASE hadde en levetid på omtrent tre år før den ble lagt på hylla.

En annen mulighet er å benytte seg av premodifiserte spill. Fordelen med dette er at man får med ferdiglaget innhold, og har mer å bygge på når man skal produsere sitt eget innhold. Prisen på slike spill er gjerne litt høyere enn for egenmodifiserte spill. I arbeidet med å bygge opp en simuleringskapasitet for interaktive simuleringer, ble den første simulatoren basert på egne modifikasjoner. Den neste ble basert på et premodifisert spill. Begge deler har fordeler og ulemper.

En tredje måte å skaffe modeller på er å inngå strategisk samarbeid direkte med spillindustrien. Dette er gjort flere ganger, blant annet i det australske og amerikanske forsvaret. "First to Fight" er for eksempel et spill som ble utviklet for kommersiell bruk parallelt med utviklingen av en tilsvarende militær trener. Slike samarbeider krever store resurser både økonomisk og personellmessig.

#### 5.3.1 Egenmodifiserte spill

De første undersøkelsene for å kartlegge muligheten for bruk av spill til interaktive simuleringer ble gjort rett før oppstart av TEKNISK (20). En av spillmotorene som pekte seg ut var Unreal Engine 2.0 (13). Da MÅK Technologies startet å markedsføre et HLA-grensesnitt for Unreal Engine (21), ble dette det naturlige valget å arbeide videre med. Uten et HLA-grensesnitt vil spill bare fungere som frittstående verdener som ikke lar seg koble til i større distribuerte simuleringer.

HLA-grensesnittet gjorde det også mulig å koble til BMS'et via HLA, slik at eksperimentering med funksjonalitet kunne gjøres i den simulerte virkeligheten.

Førstepersons skytespill har den fordel at de inkluderer detaljerte modeller for sensorer og våpenvirkninger. I den første simulatoren ble det implementert en egen skademodell. Denne baserte seg på forenklete data fra skytetreneren på Rena (22). Det ble også implementert en egen modell for et aktivt beskyttelsessystem, noe som var viktig for eksperimentering med BMS-funksjonalitet, siden det da lot seg gjøre å formidle informasjon om simulerte treff til BMS'et.

### 5.3.2 Premodifiserte spill og strategisk samarbeid

Flere gode førstepersonsskytespill er blitt tatt i bruk av det militære simulerings- og treningsmiljøet, på samme måte som vi på FFI tok i bruk spillmotoren til Unreal. En spinoff av dette er for eksempel Bohemia Interactive, som først produserte VBS som en modifikasjon til Operasjon Flashpoint. Esim-Games er også et eksempel på dette. De har lenge produsert spesialtilpassede trenere basert på Steel Beast.

Fordelen med å kjøpe ferdigkonfigurerte spill fra tredjepartsutviklere som Esim-Games og Bohemia Interactive er at brukergruppen for spillet er stor. Begge spillene har egne brukersamfunn som i fellesskap produserer og deler innhold, og som også til dels fungerer som brukerstøtte og rådgivere for hverandre, i tillegg til den brukerstøtten som følger med slike verktøy.

Eksemplene som nevnes ovenfor har det til felles at de startet som samarbeidsprosjekter mellom små firmaer og militære modellerings- og simuleringsmiljøer. Disse samarbeidsprosjektene har deretter vokst og knyttet til seg flere brukere. Det finnes også eksempler på samarbeidsprosjekter som ikke har vokst og blitt store, men som likevel har produsert nyttige verktøy for brukeren. Uncommon Valor fra Matrix Games ble utviklet i samarbeid med det australske forsvaret og benyttes i undervisning om krigshistorie.

Det finnes også eksempler på strategiske samarbeid mellom spillutviklere og militære organisasjoner. Det amerikanske forsvaret benytter seg ofte av slike samarbeider. Americas Army (23) og First to Fight (24). Strategiske samarbeid koster mer for den militære deltageren enn noen andre samarbeidsformer. Det er en utviklingsform som sannsynligvis ikke passer det Norske Forsvaret.

For mindre brukere, som for eksempel det norske forsvaret, er den største fordel med et ferdigmodifisert spill at man får adgang til det store biblioteket av modeller som ligger i ferdige militære modifikasjoner av spill. Dersom man skal bygge fra bunnen av på egenhånd, vil oppgaven fort bli stor for en liten utvikler, siden detaljnivået i verktøyet forutsetter at man modellerer alt innhold med stor presisjon.



Mōsbē, fra BreakAway Games (25) er et eksemplert på et modifisert sanntids strategispill. Det har et brukergrensesnitt som gjør det mulig å styre enheter på kompaninivå og oppover, uten at man må detaljstyre enkeltsoldater eller plattformer.

Ulempen med sanntids strategispill er at de ikke inkluderer detaljerte sårbarhetsmodeller eller sensormodeller. Fordelen er at man kan spille med hele den norske hæren i en og samme simulator. I tillegg kan man greie seg med bare én operatør, dersom arbeidsbelastningen ikke blir for stor.

Strategispill ble tatt i bruk og studert fordi de åpner muligheten for simulering av omkringliggende enheter, rundt de med førstepersonssynsvinkel. I slike anvendelser holder det ikke med tradisjonelle simuleringsverktøy, siden disse i praksis bare vil kunne produsere en statisk kulisse. Årsaken til dette er at brukergrensesnittet til en standard simulator, som for eksempel GESI (26) eller VR-Forces (27), ikke er tilpasset spill. Sanntids strategispill derimot, er beregnet til spill med store grupper av enheter, og har et brukergrensesnitt som er utformet slik at brukeren kan håndtere arbeidsmengden.

## 6 Eksempler på simuleringsarbeider

I løpet av prosjektperioden til prosjekt TEKNISK ble det gjort mange små og store simuleringsbaserte eksperimenter. Ideen med å benytte spillbaserte interaktive simuleringer sammen med operasjonsanalytiske metoder oppsto flere år tidligere i FFI-Prosjekt 889 ”Systemarkitektur - utforming og prosjektering av komplekse tekniske systemer”. Det ble gjort en studie i form av en sommerstudentjobb, for å kartlegge muligheten for å benytte kommersielle spill til interaktive simuleringer (20).

To år senere ble ideen tatt videre i form av et lite arbeid (28) som førte frem mot den første virtuelle prototypen av et fremtidig stridskjøretøy. Denne prototypen ble benyttet til eksperimenter senere samme år (29). De første ideene til benyttelse av kommersielle spill for simulering av stridskjøretøy var knyttet til muligheten for å utarbeide en demonstrator som skulle formidle ideer om fremtidige teknologier for stridskjøretøy. Steel Beast (30) ble vurdert som verktøy i denne sammenhengen. Vi fant at dette ville gi en isolert og lite fleksibel løsning, der vi ville vært avhengig av produsenten av simulatoren for oppgraderinger av den virtuelle prototypen. Vi endte derfor opp med å lage en egen simulator, basert på anbefalingene i rapporten fra systemarkitekturprosjektet (20).

### 6.1 Fremtidige stridskjøretøy i unreal engine 2.0

Den første egenutviklede simulatoren ble benyttet gjennom mesteparten av prosjekt TEKNISK. Spillmotoren vi valgte å satse på var Unreal Engine 2.0. Den er utviklet for Unreal Tournament 2004, som er et kommersielt underholdningsspill fra Epic Games (13), men lisensieres også bort til bruk i mange andre spill. Lisens for kommersiell utnyttelse av spillmotor, samt grensesnitt for kobling til distribuerte simuleringer (DIS) ble kjøpt inn fra MÅK (21).

Den første versjonen av simulatoren ble påbegynt av to sommerstudenter (28). De implementerte den grunnleggende funksjonaliteten som ble benyttet i det første eksperimentet (29). Simulatoren besto da av bare ett kjøretøy og ett landskap. Landskapet ble benyttet i alle scenarioene i det første eksperimentet. Det var avgrenset til 6x6 km og hadde veldig lite vegetasjon og mikroterreng.

Etter brainstorming på Battle Lab kom vår nyansatte spillprogrammerer opp med navnet NORBASE (Norwegian Battle Simulation Experiment). Simulatoren ble allerede brukt i interne teknologidemonstrasjoner på FFI lenge før den var klar for bruk i eksperimentell sammenheng. Demonstrasjonsaktiviteten fortsatte gjennom hele levetiden til simulatoren, og var av et ikke helt ubetydelig omfang. Etter hvert ble det også gjort demonstrasjoner for folk utenfor FFI og i forbindelse med konferanser (31, 32). Simulatoren oppfylte derfor i stor grad sin rolle som virtuell teknologidemonstrator (VTD) for prosjektet.



Figur 6.1 NORBASE i bruk høsten 2006

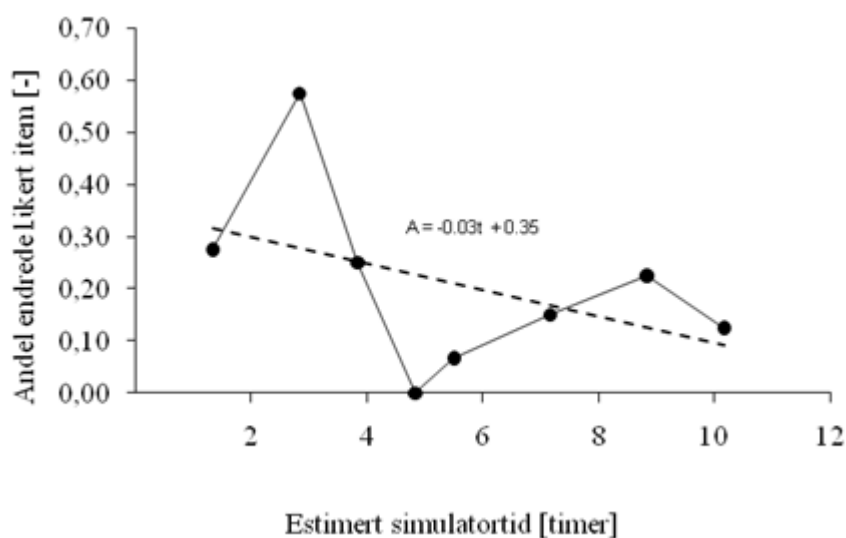
Hovedanvendelsen av simulatoren ble likevel eksperimenter for evaluering av BMS på stridskjøretøy. I tillegg ble det gjennomført evalueringer av hovedsystemene på stridskjøretøyet, som for eksempel kanon og APS ("active protection system" for balistisk beskyttelse). Siden dette var det første spillbaserte eksperimentet i Battle-Lab, ble det også gjennomført en evaluering både av spillet som eksperimentelt verktøy, og av miljøet på Battle-Lab som eksperimentelt oppsett. Både spillet og det eksperimentelle oppsettet ble vurdert som gode av soldatene som deltok. Dette første eksperimentet er dokumentert i en separat rapport (29).

Scenarioene for dette første eksperimentet fungerte i utgangspunktet bare som en slags "what-if" scenarioer eller "use-cases" (33). Det mest konkrete eksempelet er scenarioene for måloppdagelse og labyrintkjøring. De var i utgangspunktet laget for å teste spesifikk funksjonalitet i BMS'et. Derfor var scenariobeskrivelsene korte og helt frie for kontekstinformasjon.

Nyttevurderingene som ble gjennomført i forbindelse med eksperimentene, var basert på spørreskjemaer. Spørreskjemaene inneholdt enkle sett av spørsmål. Et sett av spørsmål kunne for eksempel være knyttet til eksperimentelt oppsett, delsystemer eller delfunksjonaliteter for

henholdsvis stridskjøretøy og BMS. Slike sett av spørsmål blir kalt Likert-skalaer og eksisterende metoder for analyse ble benyttet (16). Målemetoden kompletterte de objektive ytelsesmålingene som ble gjort.

Skjemautfillingen ble gjort både før og etter hvert enkelt spill. Hensikten med dette var å se etter tendenser til at soldatene revurderte nytteverdien av systemene vi testet. Vår hypotese var at kvaliteten på vurderingen av nytte, basert på briefen før spillet, ville bli bedre ettersom soldatene lærte systemene å kjenne. Dette burde i sin tur derfor redusere tendensen til å endre vurdering av nytteverdi i skjemautfillingen etter spillet.



Figur 6.2 Tendensen til å endre oppfatning om systemets nytte (når man møter nye brukssituasjoner) avtar med tid brukt i simulator.

Vi kunne se en avtagende tendens til å endre oppfatning om systemene i løpet av uken forsøket varte. Siden dette var første gjennomføring av et slikt forsøk, fikk vi ikke nok data til å kunne bekrefte eller avkrefte at dette kom av læring i simulator. Det ble derfor planlagt å utvide denne delen av datainnsamlingen i senere eksperimenter.

De objektive målingene som ble gjort inkluderte kjøretider og måloppdagelsestider. Simulatoren som ble benyttet på dette tidspunktet hadde ikke AAR, så målingene ble gjennomført med stoppeklokke, penn og papir.

## 6.2 Fremtidige stridskjøretøy, indirekte ild og UAV i VBS2

Rett før det andre store simuleringseksperimentet, i mai 2009, ble simulatoren som var utviklet i Unreal Engine 2.0 byttet ut med VBS2. Hovedårsaken var mengden med relevant innhold i den nye simulatoren. I tillegg var kundestøtten mye bedre, og funksjonaliteten mer tilpasset eksperimentering og militære brukere. Simulatoren blir også benyttet på Hærens Taktiske Treningscenter. I løpet av ca et halvt år ble systemer og funksjonalitet konfigurert opp i den nye

simulatoren. Likevel ble ikke alt ferdig til eksperimentet, som derfor ble kjørt med et halvferdig ”Augmented Reality” (AR) system, uten APS, og med små forenklede stridskjøretøy.

Erfaringene fra det første simuleringseksperimentet førte til at vi nå gjennomførte en mer omfattende scenarioprosess. Arbeidet med å etablere et bredere spekter av scenarioer startet ganske snart etter gjennomføringen av det første eksperimentet. Det foregikk i regi av Avdeling Land- og Luftsystemer, og inkluderte tre sentrale hærprosjekter, indirekte ild, luftvern og stridskjøretøy. I dette scenarioarbeidet startet vi for første gang ut med overordnede forsvarsscenarioer fra NATO DRR (11) og Forsvarsanalysen 2007 (12). Disse scenarioene ble studert, og vignetter der hærsystemene var viktige, ble plukket ut (8). Prosjekt 1019 TEKNISK tok disse vignettene videre, og benyttet dem, i samarbeid med representanter fra Hæren (34), til å utarbeide beskrivelser av stridssituasjoner som kunne simuleres.

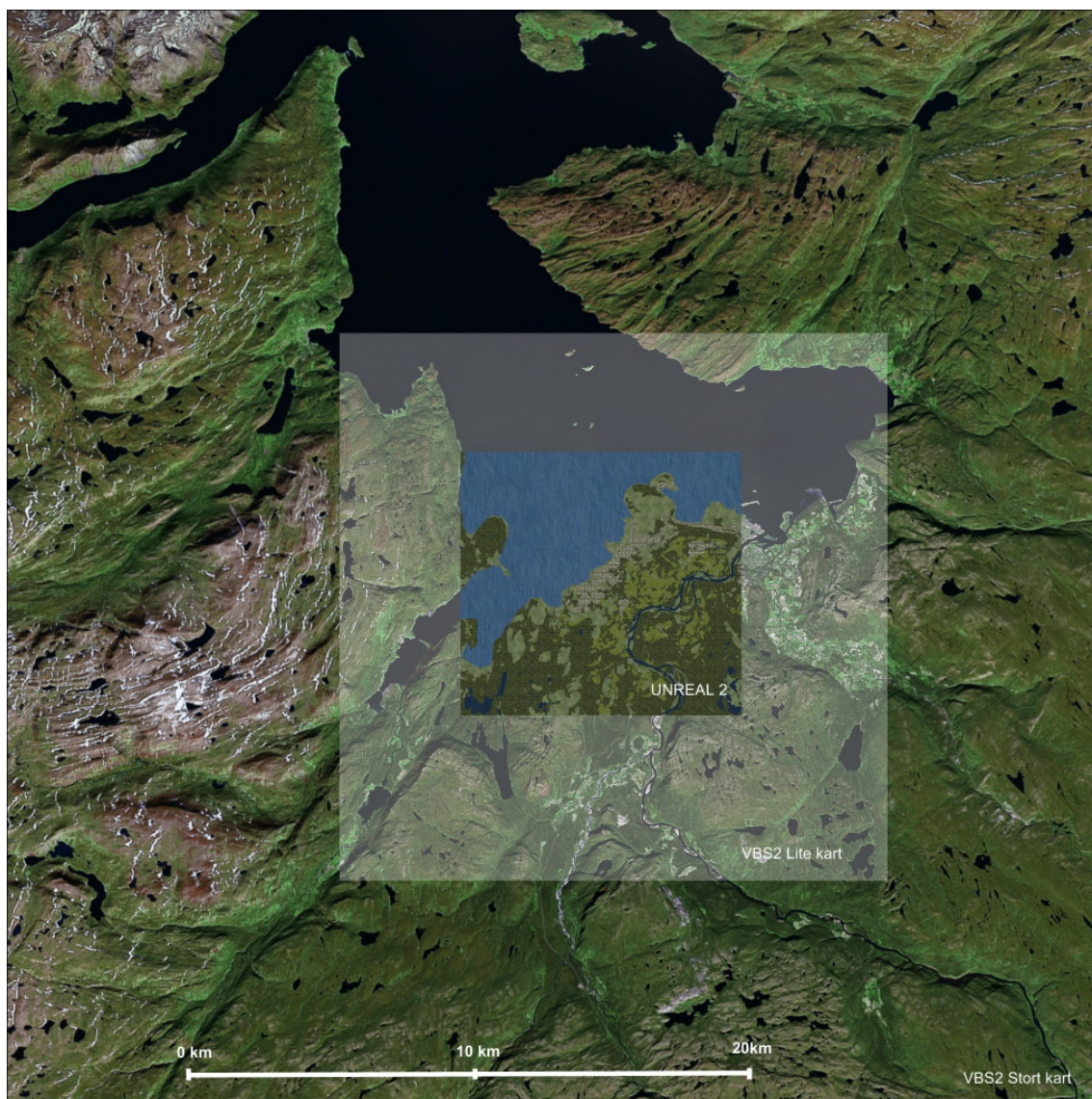
Det felles scenarioarbeidet for hærsystemprosjektene førte til at flere aspekter av betydning for bruken av stridskjøretøy ble inkludert i scenariobeskrivelsene. Bruken av ny teknologi til beskyttelse av stridskjøretøy, i kombinasjon med bruk av indirekte levert røyk, åpnet nye muligheter ved gjennomføringen av enkelte scenarioer. Bruken av ubemannede fly (UAV) ble også viktig ved gjennomføring av operasjonene, og var derfor beskrevet i scenarioene. Avgrensinger som tidligere ikke var tatt i betraktning, måtte beskrives i scenarioene når flere aktører var med i arbeidet. For eksempel var det avgrensinger i mobilitet for de scenarioene der luftvern måtte flyttes med på grunn av flytrusselen.



Figur 6.3 NORBASE i bruk våren 2009.

Da det felles scenarioarbeidet startet opp, benyttet vi fremdeles den gamle simulatoren. Det viste seg senere at mange av de avgrensingene som ble gjort for å gjøre stridssituasjonene spillbare i den gamle simulatoren, var u hensiktsmessige da vi gikk over til ny simulator. I den nye simulatoren var for eksempel landskapet så stort og detaljert at deltagerne i eksperimentet ønsket å rekognosere selv før operasjonen startet. I den gamle simulatoren var landskapet så lite at man bare kunne motta ordre om hva som skulle gjøres, for så å sette i gang direkte. Noe av forklaringen kan også ligge i at de første eksperimentene ble gjort i en simulert versjon av øvingsfeltet på Rena (som alle kjenner godt), mens det andre eksperimentet foregikk i en langt mer kompleks representasjon av en nordnorsk by. Det viste seg også at oppsplittingen av vignettene i etapper var u hensiktsmessig. Det hadde vært mulig å kjøre flere av eksperimentene

som en del av den samme simuleringseansen. Dette kom også i hovedsak av at de spillbare miljøene var blitt vesentlig større og mer detaljerte i den nye simulatoren. Endringen i størrelsen på det simulerte området er vist i figuren nedenfor.



Figur 6.4 Sammenligning av to spillbare områder for VBS2 og ett for unreal 2.0

På samme måte som ved forrige eksperiment ble det gjort nyttevurderinger av hovedsystemer og funksjonalitet. Denne gangen var også UAV og indirekte ildstøtte inkludert. De samme evalueringene som ble gjort forrige gang, ble repetert nå. En av styrkene ved den nye simulatoren var at det interne arbeidsmiljøet i stridskjøretøyet var bedre representert. Dette førte til at vi kunne hente ut informasjon om forskjeller i preferanser når det gjaldt funksjonalitet for skytter og vognkommandør.

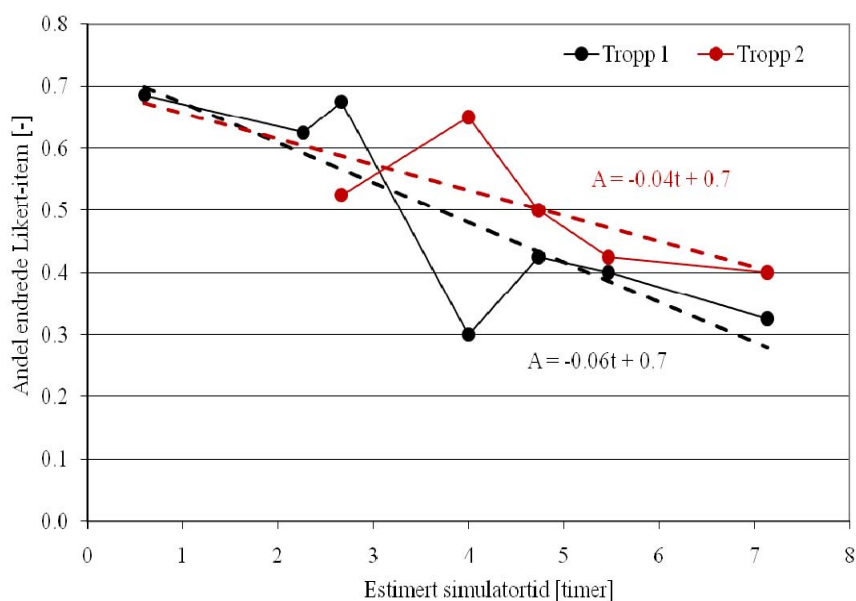
Forsøket med måling av læring i simulator ble også repetert. Denne gangen var forsøket satt opp slik at vi skulle kunne eliminere muligheten for at det bare var ”skjematrøtthet” som reduserte tendensen til å gjøre forskjellige vurderinger før og etter spillet. Resultatene indikerer at det ikke

er noen slik trøtthet på grunn av skjema bruk, men at det er en reell tendens til at man, når man har tilbrakt noen dager i simulator, gjør like vurderinger av nytteverdien av teknologien før og etter et spill.

I løpet av prosjektet fant vi ingen definisjoner på læring som kunne være nyttige for den typen evalueringer vi har gjennomført. Ideen med å benytte tendensen til endringer av utfylling av en Likert-skala før og etter en interaktiv simulering ser ut til å fungere bra. Vår definisjon på læring i forbindelse med bruk av interaktive simuleringer er derfor slik:

*For interaktive simuleringer kan læring måles ved å se på andelen endrede Likert-  
items før og etter gjennomføring av et spill, når Likert-itemene hører til en Likert-  
skala som beskriver nytten av det totale systemet.*

Den forventede andelen endringer ved uniformt fordelt tilfeldig utfylling av en fem trinns Likert-skala er 0,8. All utfylling med en andel endringer på mindre enn 0,8 vil derfor indikere enten snever bruk av skalaen (ikke uniforme fordelinger) eller kompetanse om systemet, som gir seg utslag i holdbare nyttevurderinger før spillet gjennomføres.



Figur 6.5 Tendensen til å endre oppfatning om systemets nytte (når man møter nye brukssituasjoner) avtar med tid brukt i simulator. Kontrollgruppe for undersøkelse av mulig skjematrøtthet er vist i rødt.

Som vi ser av figuren, avtar tendensen til å endre vurderingene med tid tilbrakt i simulator. Endringsraten er i samme størrelsesorden som for det første eksperimentet. Tendensen til å gjøre endringer innledningsvis under dette eksperimentet er større her enn under det første. Dette kan være en indikasjon på at det ble gjort dårlig briefing av personellet før forsøket. Det kan også være en indikasjon på at problemområdet var større enn for det første eksperimentet, siden også

systemer utenfor kjøretøyet, som indirekte ildstøtte og ubemannede fly, var inkludert. Dette vil typisk kunne øke kompleksiteten på beslutningsprosessen hver enkelt deltager må gjennom ved vurdering av nytte av et system eller en funksjonalitet.

## 7 Erfaringer etter spilleksperimentene

Den mest overaskende erfaringen etter det første eksperimentet var den positive responsen på forsøksoppsett og simulator. Vi fikk gjennomført eksperimenter med en veldig enkel simulator, som likevel gav verdifulle innspill om BMS spesielt. I det neste eksperimentet fikk vi ikke full nytte av scenariostørrelse, siden scenarioene var utarbeidet med unødvendige begrensninger, på bakgrunn av erfaringer fra arbeidet med den første simulatoren. Likevel fikk vi god nytte av den mer detaljerte modellen av det kjøretøyinterne arbeidsmiljøet. Det ble for eksempel mulig å måle forskjeller i behov for AR-støtte for hhv. vognkommandør og skytter.

### 7.1 Scenarier

Scenariobeskrivelsene for det første forsøket var utarbeidet internt i prosjekt TEKNISK, og fungerte som ”use-cases” for bruk av BMS i stridskjøretøy. Senere scenarier ble utarbeidet i fellesskap mellom indirekte ild, luftvern og stridskjøretøy prosjektet. Dette førte til at avgrensninger ble klarere og at scenarioene ble mer detaljerte. Derfor kunne påfølgende analyser også benyttes til å vurdere flere systemer enn bare de kjøretøyinterne. Det er vår oppfatning at scenarioene ble bedre etter at flere begynte å samarbeide om å utarbeide dem.

I en separat artikkel om scenarioarbeid for simulering for forsvarsplanlegging ble scenariokvalitet studert spesielt (7). Vi har ikke funnet mange definisjoner som beskriver scenariokvalitet, men prøver å utlede det på bakgrunn av noen definisjoner av hva et scenario er. Hickey et al (33) har undersøkt hva som bidrar til kvalitet for et scenario. De foreslår at antall handlinger, sekvenser og antall alternativer for hver handling må tas i betraktning sammen med antall ord i scenariobeskrivelsen. Metoden er basert på å telle opp disse egenskapene ved scenarioet.

Dersom vi ser på definisjoner av hva et scenario er, ser vi at det er flere faktorer som kan være av betydning. Følgende definisjoner beskriver hva et scenario er (35, 6, 36):

*Et scenario beskriver sammenhengen rundt en operasjonsanalytisk problemstilling og avgrensner analysen. Scenarier består av flere statiske dimensjoner og inkluderer dynamikk og utvikling av hendelser over tid. Operative scenarier beskriver trusler, enheter, taktikk, engasjementsregler, handlingsalternativ, utplassering, reserver, motstandere og ikke-stridende.*

*Et scenario er en beskrivelse av virkeligheten, i en spesiell sammenheng og for et formål, som fokuserer på oppgaver og samhandling. Det skal fungere som et kommunikasjonsmiddel mellom interessenter, for å begrense arbeid med*

*kravspesifikasjoner fra en eller flere synsvinkler (vanligvis ikke komplett, konsistent eller formelt).*

*En scenarioprosess er en systematisert arbeidsprosess der alle interessenter deltar i arbeidet med å utvikle felles fortellinger om alternative fremtider basert på fakta, antagelser og trender.*

Basert på disse bredere definisjonene regner vi det som relevant også å ta i betraktning sammenhenger og målsetninger. I tillegg skal vi ta med antall oppgaver og antall synsvinkler inn mot problemstillingen som skal spilles. For de tre settene med scenarioer som ble utarbeidet i løpet av prosjektet, får vi da følgende tabell:

	Eksperiment nr 1 (BMS)	Planlagt eksperiment (Art, BMS)	Eksperiment nr 2 (BMS, Art, UAV)
Scenariolengde [ord]	44	368	738
Interessenter [fagmiljøer]	1	2	4
Oppgaver [antall]	1	3	4
Synsvinkler [antall]	2	4	5

*Figur 7.1 Noen objektivt målbare egenskaper ved scenarioer for interaktive simuleringer*

Som man ser av tabellen, var det siste eksperimentet betydelig mer komplekst enn det første. Fagmiljøene for stridskjøretøy, artilleri, luftvern og UAV var involvert i utarbeidelsen av scenarioene. Luftvernoppgaven var ikke representert i selve spillet, men satte avgrensinger for scenarioet. Stridskjøretøyet hadde to forskjellige synsvinkler i spillet. I tillegg var UAV, artilleri og infanteri representert.

Den endelige konkretiseringen av scenarioet tar form av en distribuert simulering der virtuelle prototyper spiller sammen. Et viktig steg i prosessen skjer første gang man kjører de forskjellige systemene sammen. En full 3D-representasjon av plattformer, personell, landskap, vær, visibilitet, synslinjeberegninger og sanntids sårbarhetsberegninger bidrar sammen med en detaljert og felles tidslinje til en mye bedre felles forståelse av scenarioet, selv før militært personell kommer inn i arbeidet.

## **7.2 Størrelse på interaktive eksperimenter**

Mens det første forsøket bare inkluderte bruksscenarioer for BMS, inkluderte det andre forsøket brede beskrivelser av nasjonale forsvarsscenarioer. Størrelsen på de første scenarioene lå i området fra ett til 4 kjøretøy uten infanteri. Rød styrke ble spilt av noen få spillere. De første forsøkene ble derfor gjennomført med en redusert tropp. For de siste eksperimentene opererte vi med én tropp med noe infanteri, eller to tropper bare med kjøretøy. Indirekte ild og UAV ble styrt av dedikerte spillere på Blått lag. Rød styrke ble da spilt av 2 til 4 personer som kontrollerte flere tropper samt indirekte ildstøtte, ingeniørstyrker og infanteri. Med andre ord ble de siste forsøkene gjennomført med enheter på i størrelsesorden ett kompani på hver side.



Størrelsen på det andre eksperimentet var slik at målinger av nytte av systemer og funksjonalitet kunne gjøres på en mer nøyaktig måte enn ved første gjennomføring.

Størrelsen blir fort en begrensende faktor ved gjennomføring av interaktive hær-simuleringer. Dersom simuleringene skal brukes til å avdømme strid, må Rød styrke også simuleres på en realistisk måte. Den kunstige intelligensen i VBS2 fungerer dårlig til kontroll av enheter som er særlig større enn en tropp. Hver enhet bør helst styres av personell. Eksperimenter med stridskjøretøy på kompaninivå og oppover blir derfor vanskelig. Denne erfaringen gjorde at vi søkte å finne interaktive simuleringssystemer med brukergrensesnitt som gjør det mulig å styre større styrker. Dette ville bidra til å løse et problem som ble påpekt av soldatene under det siste eksperimentet. De savnet omkringliggende enheter. Dersom nabokompanier simuleres i en separat simulator, styrt av bare én person, er det mulig å produsere de omgivelsene deltagerne i eksperimentet forventer, uten at det krever en stor personellinnsats. Dette ble først testet helt mot slutten av prosjektperioden.

### **7.3 Arbeidsmiljøet på laboratoriet**

De fleste eksperimentene ble gjennomført med bare to manns besetning i kjøretøyet, men avslutningsvis i det siste eksperimentet ble en av gjennomføringene repetert med full besetning. Vi måtte da kjøre med bare én tropp. Personellet som var til overs, 4 soldater, spilte infanteri. Dette var en av de beste gjennomføringene som ble gjort. Det ble ikke gjort noen systematisk evaluering av spillet, men dynamikken i gjennomføringen ble endret av at man fikk med infanteri i spillet. I tillegg var tydeligvis arbeidssituasjonen for vognmannskapene mye bedre når de fikk en dedikert sjåfør, og ikke måtte kjøre med en datagenerert sjåfør. Kommunikasjonen internt i vognen fungerte også bedre.

## 8 Konklusjon

Arbeidet med interaktive simuleringer startet med det formål å lage en teknologidemonstrator for stridskjøretøy tidlig i prosjekt TEKNISK. I løpet av prosjektperioden ble simulatoren benyttet til mange demonstrasjoner. Dette bidro både til å formidle mulighetene som ligger i stridskjøretøyteknologien, og til å formidle mulighetene som ligger i interaktive hærsimuleringer for eksperimentering. Simulatoren ble også benyttet i demonstrasjoner sammen med andre systemer. Spesielt kan det nevnes at den utgjorde en viktig del av demonstratoren for en GPS-styrt bombe for kampflyprosjektet.

Den viktigste anvendelsen av simulatoren var likevel eksperimenter. En enkel versjon av simulatoren ble benyttet til de første eksperimentene med BMS funksjonalitet. Til disse eksperimentene ble det også utviklet visualiseringsteknologi som fikk i gang arbeidet med AR i stridskjøretøysammenheng. Den viktigste konklusjonen fra disse første eksperimentene er at arbeidsmiljøet på Battle-Lab blir vurdert som godt egnet av deltagerne. Deltagerne vurderte også den forenklete simulatoren til å være godt egnet for trening og eksperimentering for vognkommandører. Resultatene av simuleringene gav i tillegg verdifulle erfaringer når det gjelder hva som er nyttig funksjonalitet i et BMS.

Neste steg i det eksperimentelle arbeidet, der vi studerte større avdelinger og mer komplekse operasjoner, førte til at det oppsto et behov for samarbeid om scenarioer på tvers av hærprosjektene på Avdeling for Land- og Luftsystemer. Det ble utarbeidet scenarioer på bataljonsnivå, som ble spilt på redusert kompaninivå. Vi registrerte at scenariokvaliteten økte da samarbeidet om scenarioer kom i gang. Det ble utarbeidet en enkel måte å vurdere kvalitet på scenarioer for interaktive simuleringer.

Underveis i det eksperimentelle arbeidet kom vi over en ny måte å vurdere læring i simulator på. Metoden er testet ut i begge forsøkene og gir lignende resultater for begge eksperimentene. Metoden baserer seg på at man gjør vurderinger av nytte av systemer eller teknologi i form av Likert-items på spørreskjema før og etter gjennomføring av spill. Målingene baserer seg på at personell som har lært hvordan et system fungerer, er bedre til å vurdere nytte av systemet når de presenteres for en tekstlig scenariobeskrivelse. Ved å følge opp med simulatorspill, i samsvar med scenarioet, og ny evaluering av nytte etter spillet, kan man monitorere tendensen til å skifte mening om nytteverdi etter spillet. Denne tendensen til å skifte mening etter spillet vil avta ettersom deltagerne opparbeider forståelse av hvilken rolle systemet spiller i en større sammenheng. Dette er noe annet enn læring av ferdigheter.

Erfaringene etter det siste eksperimentet førte til at det ble tatt et initiativ for å få til interaktive hærsimuleringer av større avdelinger. Etter eksperimentering med to alternative løsninger mot slutten av prosjekt TEKNISK, fant vi frem til et verktøy (25) som kan benyttes til å simulere avdelinger på brigadenivå. Dette åpner derfor muligheten til å gjøre forsøk med noen få spillere

på stridsteknisk nivå, plassert inn i en operasjonell setting, uten at personellbehovet blir særlig stort. Det åpner også muligheten for frittstående simuleringer av større hæroperasjoner.

Det simulatorarbeidet som startet opp i prosjekt TEKNISK har med andre ord gradvis, og i samarbeid med andre prosjekter, gitt oss metoder og verktøy, basert på interaktive simuleringer, som gjør det mulig å studere hæroperasjoner opp til og med taktisk nivå.

## Referanser

1. Wells H. G. Little Wars, 1913
2. Peter P. Perla, The Art of Wargaming – A Guide for Professionals and Hobbyists, Naval Institute Press (Airlife Publishing Ltd.) 1990
3. Erdal Cayirci, Dusan Marincic, Computer Assisted Exercises and Training, A reference Guide, 2009
4. Hanna-Lena Personen, Tomas Ekvall, Gunter Fleischer, Gjalt Huppel, Christina Jahn, Zbigniew S. Klos, Gerald Rebitzer, Guido W. Sonnemann, Alberto Tintinelli, Bo P. Weidema, Henrik Wenzel (1998), “Framework for Scenario Development in LCA”
5. Kentaro Go & John M. Carroll (2004), “The Blind Men and the Elephant: Views of Scenario-Based Systems Design”, Interactions nov + des 2004, p 45- 53
6. Matthias Jarke, X. Tung Bui, John M. Carrol (1999), “Scenario Management: An Interdisciplinary Approach”, Requirements Engineering Journal
7. Martinussen, Tansem, Evensen, Rødal, Bore, Simulation in Support of Defence Structure Analysis, RTO-MP-MSG-060, 2008
8. Hans Olav Sundfør, (U) Taktiske scenarioer og relevans av stridsituasjoner for operasjonelle scenarioer, FFI-rapport 2008/00793
9. Alf Christian Hennem, Magnar Vestli,  
<http://www/Grupper/Faglig/vevredaksjon/nyheter/arkiv/2010/Midtpunktet/Scenariodatabase.asp>
10. Keith Ford, The Euclid RTP 11.13 Synthetic Environment Development and Exploitation Process (SEDEP), Virtual Reality (2005) 8 pp168-176
11. NATO Defence Requirements Review Scenarios
12. Hennem Alf Christian, Meyer Sunniva, Glærum Sigurd, Scenarioer for Forsvarsstudien 07 - scenariobeskrivelse, -analyse og kapabilitetskrav, FFI/RAPPORT-2007/02188
13. Unreal Developers Network. Available at <http://udn.epicgames.com/Main/WebHome.html>
14. Bohemia Interactive Simulations. Available at <http://bisimulations.com/> Accessed August 10, 2010.
15. Uebersax JS. Likert scales: dispelling the confusion. Statistical Methods for Rater Agreement website. 2006. Available at <http://john-uebersax.com/stat/likert.htm> Accessed August 10, 2010.
16. Trochim William M. K. Likert Scaling. Research Methods Knowledge Base website. 2006. Available at <http://socialresearchmethods.net/kb/scallik.php> Accessed August 10, 2010.
17. Remo Ostini, Michael L. Nering, Polytomous Item Response Theory Models, SAGE Publications 2006

18. Skjelland Espen, Feet Else Helene, Frihagen Jon, Introduksjon til simulering FFI-Rapport 94/03698
19. Kråkenes Tony, Ljøgodt Håkon, Malerud Stein, Simuleringsmetoder innen operasjonsanalyse - en oversiktsstudie FFI-Rapport 2007/00297
20. Ruud Torbjørn, Martinussen Svein, Bruk av kommersielle dataspill for simuleringer i naturlige miljø FFI-Notat 2004/02612.
21. MÄK Technologies, MÄK Technologies Releases DIS/HLA Game-Link, Press Archive, Downloaded August 11'th 2010, Available at: [http://mak.com/pdfs/pr\\_gamelink.pdf](http://mak.com/pdfs/pr_gamelink.pdf)
22. Personlige notater fra Ove Dullum, FFI, Sommeren 2006
23. America's Army, Available at : <http://www.americasarmy.com> , Accessed August 12, 2010
24. Close Combat - First to Fight, Available at <http://pc.gamespy.com/pc/close-combat-first-to-fight/> , Accessed August 12, 2010
25. Mösbe, Breakaway Ltd. Available at: <http://www.breakawaygames.com/> , nedlastet våren 2009.
26. GESI (Gefechts Simulation System), CAE, [www.cae.com/en/military/cae.gesi.asp](http://www.cae.com/en/military/cae.gesi.asp), nedlastet medio oktober 2010
27. VR-Forces, MÄK Technologies, [www.mak.com/products/vrforces.php](http://www.mak.com/products/vrforces.php), nedlastet medio oktober 2010
28. Bache Siril Alexandra, Moberg Arnt-Henning, Martinussen Svein, To modifiseringer av Unreal Tournament 2004 - "Active Protection System" og "Head Up Display" med stemmegjenkjenning for et fremtidig stridskjøretøy, FFI-Notat 2006/03109
29. Halsør M, Martinussen S, Evensen P-I, Hugsted B: Uttesting av BMS i syntetisk miljø, FFI/RAPPORT-2007/00139
30. Steel Beast, Available at: <http://www.esimgames.com/> , Accessed medio 2005.
31. NATO Modeling and Simulation Group, Various Workshops on Commercial Games, Available at : <http://rta.nato.int/panel.asp?panel=MSG&topic=act#> , Accessed August 12, 2010
32. Kandola Ørnulf, Gakkestad Jakob, Garpe Geir, Østbø Morten, Mevassvik Ole Martin, Nye kampfly - FFI Battle Lab-funksjonalitet for simulering av CAS/FAC-operasjoner. FFI-Rapport 2007/02712
33. Ann M. Hickey, Douglas L. Dean, Jay F. Nunmaker Jr (1999), "Establishing a Foundation for Collaborative Scenario Elicitation", Advances in Information Systems – Summer-Fall 1999 (vol. 30, no 3, 4)
34. Møter med Ola Petter Odden, COMBAT LAB, 2007
35. NATO Code of Best Practice for C2 Assessment, Analyst's Summary Guide.

36. Molly van der Weij, Using Scenario Method in Development Projects, Norwegian Centre for Telemedicine, <http://uit.no/getfile.php?PageId=346&FileId=120>, Nedlastet sommeren 2008.

## Appendix A Huskeliste for gjennomføring av middels store interaktive simuleringseksperimenter

- Problemstilling formuleres
- Organisasjon og enheter beskrives
- Evalueringsmetode velges
- Forsøksplan etableres
- Etablerte forsvarsscenarioer benyttes som utgangspunkt
- Alle interessenter involveres i scenarioutarbeidelse, også de som ikke skal evalueres men som bare er med i strukturen rundt
- Vignetter utarbeides av personell med domenekunnskap
- Intensjoner for operasjonen beskrives av ledere på høyere nivå enn de som skal delta i spillet
- Modellering
- Terrengutforming
- Spillprogrammering
- Scenariooppsett (scripting)
- Egentesting av hele spillets gang
- Testing med kompetente spillere
- Forsøket starter
- Brif med alle deltagere
- Spillets gang repeteres i samsvar med forsøksoppsettet (filmes og fotograferes for dokumentasjon):
  - Spilleleder brifer spillerne om hvert enkelt spill
  - Spillerne gjør rekognosering og planlegging
  - Ledelsesnivåene i spillet brifer hverandre om planen
  - Operasjonen starter
  - Spillet gjennomføres til avbruddskriteriet nås
  - Logg lagres
  - Evaluering av organisasjon og enheter
- Forsøket avsluttes
- Alle deltar i en avsluttende debrif for forsøket

## Appendix B Peter P. Perlas questions for wargame analysis

### B.1 Preparation

- What information was provided to participants prior to their arrival?
- How are games objectives defined in preliminary briefings?
- What information is briefed to participants before play begins?
- How and to what level of detail is the scenario described? (what is it?)

### B.2 Structure and style

- What is the overall game structure and style?
- Who are the players?
  - Is there a team structure?
  - From what commando do team members and leaders come?
  - What are the names and real world jobs of the principal players?
  - How many sides are there in the game (one, two or many)?
  - What are the decision levels of the players, and how do they communicate?
  - What are the responsibilities and limitations of the players, and how do these correspond to their roles?
- What are the roles of control?
  - How are command levels above and below the player represented?
  - How do players and controllers/umpires communicate?
  - What are the controller/umpire responsibilities, powers, limitations?
- What is the formal analysis plan?
  - How many analysts are there, and where are they assigned?
  - What are analysts told to look for?
  - What other instructions are the analysts given?
  - Who has overall responsibility for analysis?
  - How frequently do analysts meet?
  - What are topics of discussion at analysts meetings?
  - How will analysis be integrated, when, where, and by whom?

### B.3 Play

- What data and displays are available to the players?
  - What information is provided?
  - What types of display are employed (book, chart, computers)?
  - What are the sources of information?
  - Are there any questions about the accuracy of the data?
  - Are the data and the players access to it appropriate for the command of level they represent!



- Is the detail of data available commensurate with its importance or merely driven by availability?
- How often, easily, and well do the players make use of the data displays? (for what reason?)
- During the course of play, what decisions are made by the players, and which are left up to others (control, umpires, etc.)?
  - How detailed are decisions regarding force employment?
  - What sort of control do players have in combat situations?
  - How detailed are decisions regarding force employment?
  - What sort of control do players have in combat situations?
  - How well do players control reconnaissance and intelligence assets?
  - Are players questions focused on what they should do, what they can do, what they must do, what they will do, or how they can do?
- How are game events defined?
  - What are players told about what is happening and when?
  - What do control and the umpires not tell the players?
- How are events sequenced?
  - What defines a move (time, activity, other)?
  - How is game time controlled relative to real time (steps or clock speed)?
  - How do players decisions construct sequences of events?
  - What is the level of player interaction and response to developing situations?
- How does battle-damage assessment (BDA) or event resolution work?
  - Who does BDA? When?
  - What techniques, models, data do they use and how?
  - How do they receive instructions and information about events to resolve? From whom? When?
  - What are the factors critical to individual resolutions or classes of actions?
  - How do umpires/BDA translate players decisions into force movements, interactions, etc?
  - How are players given BDA results? With what frequency, time delay and accuracy of reporting?
  - Is the “fog of war” appropriate for the player decision levels?
  - How does BDA affect later decisions?

#### **B.4 Attitudes**

- What are players feelings about their roles and ability to influence events?
  - What is the source of those feelings?
  - What do the players see as the good points of the process?
  - What do they see as the problem?
  - What critical decision did the players make? Why did they decide as they did?
  - What were the critical factors, understanding, and prejudices affecting decisions?
  - What special insight and ideas did the players bring to the game, and how has the play of the game affected them?

- What are the attitudes of control?
  - How does the sponsor feel about the course and value of the game?
  - Does this feeling change? What influences it?
  - How do controllers/umpires feel about their role, and how well are they carrying it out?
  - How do the attitudes of the sponsor and control group about the course of the game and its smoothness or value compare to the attitudes of those in the trenches? What appears to be the source of any disagreement in these attitudes?