

FFI RAPPORT

**ANALYSE AV MILITÆRE LEDELSESYSTEMER -
EN METODEOVERSIKT, Sluttrapport for FFI-
prosjekt 735.1 "Ledelse og beslutningstrening på
operasjonelt nivå"**

SUNDFØR Hans Olav

FFI/RAPPORT-2000/01266

FFISYS/735

Godkjent
Kjeller 3 oktober 2000

Bent Erik Bakken
Forskningsjef

**ANALYSE AV MILITÆRE
LEDELSESYSTEMER - EN
METODEOVERSIKT, Sluttrapport for FFI-
prosjekt 735.1 "Ledelse og beslutningstrening på
operasjonelt nivå"**

SUNDFØR Hans Olav

FFI/RAPPORT-2000/01266

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

P O BOX 25
 2027 KJELLER, NORWAY

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

REPORT DOCUMENTATION PAGE

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2000/01266	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 30
1a) PROJECT REFERENCE FFISYS/735	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE ANALYSE AV MILITÆRE LEDELSESSYSTEMER - EN METODEOVERSIKT, Sluttrapport for FFI-prosjekt 735.1 "Ledelse og beslutningstrening på operasjonelt nivå" Analysis of military C2 systems - a methodological overview, Final report of FFI-project 735.1 "C2 and decision-training on operational level" SUNDFØR Hans Olav		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: IN NORWEGIAN: a) <u>Command and control</u> a) <u>Kommando og kontroll</u> b) <u>Effectiveness analysis</u> b) <u>Effektivitetsberegning</u> c) <u>Modelling</u> c) <u>Modellering</u> d) <u>Methodology</u> d) <u>Methodology</u> e) _____ e) _____		
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT In the post cold war period, information age has reached the military domain as well as the civilian. However, the cost of new technology is significant, and the consequences of alternative organisational forms or investment in alternative capabilities, are far from obvious. A need for well-founded ways of studying military management with a cost-effect perspective has therefore become evident. FFI-project 735 has studied alternative approaches to analysing C2 and management as well as training of decision-making. This is the final report of the subproject on analysis of C2 and management. A suite of alternative and supplementary tools and methods are provided and tested out, that allows sound effectiveness analyses of C2 on line with effectiveness of battle systems. Two methodologies are developed in the project, and three more are addressed or tested. The two developed methodologies both establish the link between C2- and battle capabilities on the one hand and overall force effectiveness on the other hand. One is quick in use and relies heavily on expert knowledge. The other is analytical and based on game- and decision theory. Results from testing out the methodologies are good. The project has also studied methods to establish the link between C2 systems performance and C2 effectiveness measures, such as planning and decision-making capacity and time. The relationship between proper objects of investment and rationality of the troops remains to be established.		
9) DATE 3 October 2000	AUTHORIZED BY This page only Bent Erik Bakken	POSITION Director of Research

ISBN-82-464-0476-8

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHOOLD

	Side	
1	FORMÅL OG MÅLGRUPPE	6
2	PROBLEMSTILLING	6
2.1	Problemområder	6
2.2	Analyse av ledelse	8
2.3	Metoder som er studert i prosjektet	9
3	TILNÆRMINGSMÅTER TIL EFFEKTIVITETSANALYSE AV LEDELSE	10
3.1	Systemdynamikk (SD)	10
3.2	EKSTØSI	12
3.3	Produksjon av beslutninger studert med STASIM	13
3.4	Hierarkiske nullsum spill	14
3.5	Modellering av beslutningstaking basert på høyere ordens usikkerhet	16
4	EVALUERING AV ANALYSEMETODER	16
4.1	Anvendelighet av metodene	16
4.2	Tidsforbruk	17
4.3	Kredibilitet av resultater	19
4.4	Krav til analysekompetanse	19
5	ANDRE TILNÆRMINGSMÅTER	21
5.1	Klasser av tilnærminger som er representert	21
5.2	Delproblemer som ikke er adressert i prosjektet	22
5.3	Datainnsamling	23
5.4	Analyse	23
6	SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	24
A	DELPROSJEKTETS GJENNOMFØRING	26
	Litteratur	27
	Fordelingsliste	30

ANALYSE AV MILITÆRE LEDELSESSYSTEMER - EN METODEOVERSIKT, Sluttrapport for FFI-prosjekt 735.1 "Ledelse og beslutningstrening på operasjonelt nivå"

1 FORMÅL OG MÅLGRUPPE

I militære organisasjoner brukes stadig større ressurser på ledelseskapasiteter, samtidig som teknologien gir ledelsesmessige muligheter som vi bare delvis har oversikt over, enn si klarer å utnytte. Et høyt teknologinivå sammen med et øyensynlig stort potensiale gjør det mulig å bruke nesen ubegrensede ressurser på ledelse, uten at det er åpenbart hvordan investeringer skal fordeles kosteffektivt mellom ledelseskapasiteter og våpensystemer. I en slik situasjon er det avgjørende at en institusjon som FFI er i stand til å studere ledelse og ledelsessystemer på en troverdig og samtidig effektiv måte. Denne rapporten er ment å bidra til en innsikt i hva instituttet har av metodegrunnlag på området, innen analyse av ledelse, hvilke problemområder som er udekket, og hvilke krav forskjellige metoder stiller. Målgruppen er både medarbeidere på FFI som skal gjennomføre prosjekter hvor K2-analyser inngår, og oppdragsgivere og samarbeidspartnere i Forsvaret.

Rapporten sluttrapporterer FFI prosjekt "Ledelse og Beslutningstrening på Operasjonelt Nivå" delprosjekt 1 - "analyse av ledelse". Delprosjektets målsetting var å studere og utvikle metoder for analyse av ledelse, ledelsesprosesser og ledelsessystemer på en måte som setter instituttet i stand til å håndtere ledelsesanalyser på en metodisk velfundert måte. Delprosjektet har også i noen grad støttet andre prosjekter i analyse av ledelsessystemer. Dette har dels vært på konsulentbasis, dels i form av utprøving av metoder for prosjektets egen bruk.

Rapporten om taler enkelte metoder i sin alminnelighet. Deretter presenteres de tilnæringsmåtene som er eksplisitt studert i prosjektet, og det trekkes konklusjoner med hensyn til metodenes anvendelsesområde, ressurskrav og kvaliteter. Gjennomføringen av prosjektet er beskrevet i overordnede trekk i appendiks A.

2 PROBLEMSTILLING

2.1 Problemområder

Den digitale revolusjon synes å bli stadig mer omsegripende. Dette gjelder innen de fleste samfunnssektorer, også Forsvaret. Moteord som RBA (Revolution in Business Affairs) får sine avleggere som RMA (Revolution in Military Affairs). Teknologien gir muligheter for såvel bedre situasjonsoversikt, håndtering av større informasjonsmengder, større grad av informasjonsfusjon og -filtrering, mer sentralisering og mer desentralisering av beslutninger, og vesentlig større presisjon i våpenlevering. Ved riktig bruk av teknologien vil muligens optimal ytelse oppnås ved at mindre penger brukes til våpen og - plattformer og mer brukes til informasjonsinnhenting, -formidling og -operasjoner.

Teknologiens utvikling muliggjør flere trender som i dag fremstår som ganske klare, men deres endelige konsekvenser er fremdeles usikre – og prosjektets innsikt vil påvirke nasjonale valg:

- **Forbedrede sensorer og våpensystemer:** Stadig mer lar seg detektere. Samtidig kan moderne plattformer raskt bringe både sensorer og våpenlast inn mot nesten ethvert punkt på slagfeltet.
- **Raskere, slankere og mer dynamiske beslutningsorganisasjoner:** Hurtig informasjonsgang frem til beslutningstakere, hurtig kommunikasjon mellom bidragsytere i en beslutningsprosess og beslutningsstøtte med store innslag av kunstig intelligens reduserer tidsforbruket i beslutningssyklusen. Fleksible formater for kommunikasjon av beslutninger kan gjøre den enkelte beslutningstaker mer effektiv. Dette kan redusere behovet for staber, og muliggjøre et økt kontrollspenn. Alternativt vil større grad av sentralisering være oppnåelig. Digitale nettverk, miniatyrisering, komprimering av datamengder og bedret utstyrsmobilitet muliggjør dynamisk sammenkobling av beslutningstakere og av utøvende ledd på tvers av linjeorganisasjonen. Dermed åpnes det for at beslutningsorganisasjonen tilpasses i hver enkelt beslutningssituasjon.
- **Felles informasjonsinnhenting:** Alternative sensorer, analysekjeder, beslutningstakere og våpensystemer kan operere på felles nettverk, slik at alle beslutninger og all våpenbruk i prinsippet kan baseres på den totale innhentede informasjonen.

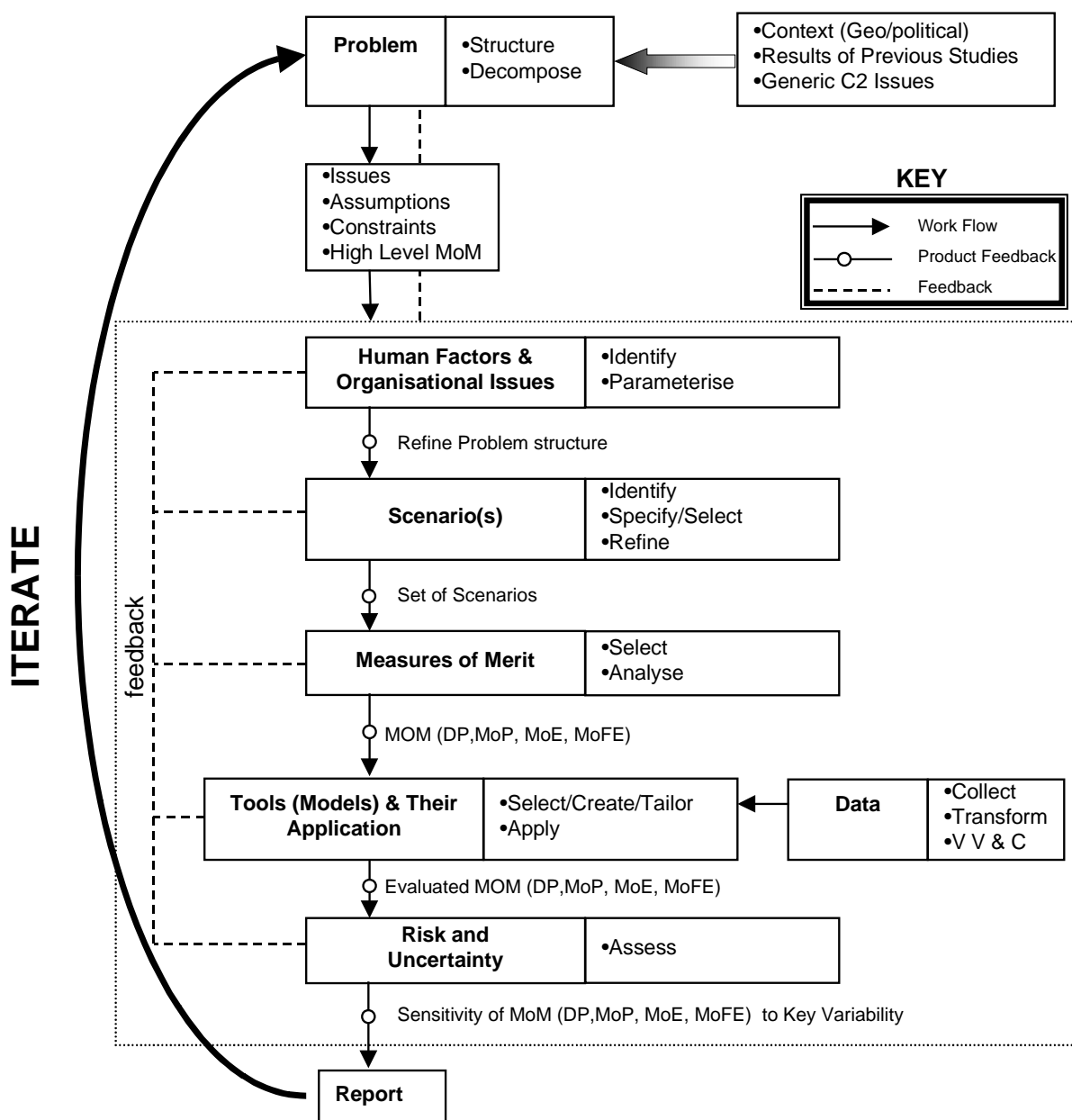
Man må imidlertid forvente at det ligger enkelte grunnleggende begrensninger på hva som kan oppnås innenfor de forskjellige områdene. Den teknologien som muliggjør utviklingen er kostbar, og er forbundet med usikkerhet både i kostnad og ytelse. Det vil også måtte gjøres avveininger ved at forskjellige løsninger må forventes å gi høy uttelling langs forskjellige dimensjoner.

Forsvaret er vel inneforstått med disse utfordringene. Utredningsaktiviteter har allerede konkludert med at samspillet mellom informasjonsteknologi og operasjoner på ulikt nivå og med ulik stridsintensitet ikke er forstått godt nok. Det er imidlertid en økende erkjennelse av at disse forsøkene ikke representerer tilstrekkelig kraftsamling og helhetlige forståelsesmodeller synes å være mangelvare. Bare ved FFI arbeider over 50 forskere hovedsakelig med utforming av teknologiske løsninger - i økende erkjennelse av at freds-, krise- og stridsoperasjoner påvirkes av nye løsninger, men uten tilstrekkelig innsikt i de underliggende sammenhenger. Slik innsikt vil være helt avgjørende for å muliggjøre kosteffektiv utnyttelse av de 20-30 milliarder kroner Forsvaret forventes å bruke på K2-relatert utstyr i de kommende år.

En viktig svakhet har vært et fravær av metoder for effektivt å adressere ledelsesrelaterte problemstillinger med et kosteffekt perspektiv. FFI-prosjekt 735 - Ledelse og beslutningstrening på operasjonelt nivå (LEDBEST) har søkt å bidra til et mest mulig solid fundament for videre utrednings-, anskaffelses- og doktrineaktiviteter. Dette har blitt gjort gjennom å adressere analysemetoder og -metodikker direkte, og evaluere anvendeligheten av disse.

2.2 Analyse av ledelse

Effektivitetsanalyse og design av ledelsessystemer og -organisasjon er et relativt nytt område for operasjonsanalysemiljøet internasjonalt, og har i hovedsak utviklet seg over de siste ti årene. Dette henger sammen med avslutningen av den kalde krigen og et skift i fokus bort fra store utmattende slag i en overbefolket slagmark. Forståelsen for fagområdet har økt med erfaringen, og første runde med erfaring ble nedfelt gjennom et NATO-samarbeid i dokumentet "NATO Code of Best Practice on the Assessment of Command and Control" (COBP) (18). Denne revideres nå, basert på et bredere erfaringsgrunnlag. Dokumentet kan ses som en god referanse på hvilke komponenter en ledelsesanalyse bør bestå av. En skisse av dette er gjengitt i figur 2.1.



Figur 2.1 Problemstrukturering og analysedesign i NATO COBP

Faktisk innhold og prosess i hvert punkt kan variere sterkt. Innenfor de forskjellige områdene fra problemstrukturering til rapportering og kommunikasjon med oppdragsgiver, kan dermed

forskjellige metoder / teknikker tas i bruk, såsom prosjektplanlegging, passiv observasjon eller planlagte eksperimenter til datainnsamling, mer eller mindre strukturerte brainstorminger, analytiske og numeriske beregninger og simuleringer. Denne rapporten vil i hovedsak dekke tilnærminger som ligger innenfor de to områdene "Measures of Merit" og "Tools & Their Application".

2.3 Metoder som er studert i prosjektet

I alt fem tilnærminger til analyse av ledelse er håndtert. Disse oppsummeres her. En kort beskrivelse av metodene gis i neste kapittel. For fullstendig beskrivelse henvises det til metodokumentene for hvert enkelt punkt (2) (5) (8) (14) (26) (27). EKSØSI og hierarkiske spill er metoder utviklet under prosjektet, STASIM er et verktøy som støtter en konkret metode, mens systemdynamikk og høyere ordens sannsynlighet er å betrakte som modelleringsformater.

- STASIM er et verktøy som kan brukes til innsamling og systematisering av informasjon om tids- og ressursforbruk ved alle delprosesser i en beslutningsprosess, sammen med tilgjengelige ressurser. Verktøyet beregner så ved hjelp av simulering det totale tids- og ressursforbruket for hele beslutningsprosessen. Verktøyet er velegnet for sitt formål. Prosjektplanleggings-verktøy med tilsvarende funksjonalitet er nå også kommersielt tilgjengelige.
- EKSTØSI er en metode for systematisk å samle inn ekspertkunnskap om et totalt ledelsessystems egenskaper, hvordan de forskjellige egenskapene bidrar til systemets ytelse, og hvordan systemytelsen bidrar til måloppnåelse for hele organisasjonen. Metoden er særdeles effektiv når den nødvendige ekspertkunnskapen er til stede, og dette later til å være tilfelle i det minste på enkelte avgrensede problemstillinger. Uten denne omfattende ekspertkunnskapen, er imidlertid metoden ikke anvendbar. Utprøving av metoden tyder på at den bringer frem kunnskap som ikke ville vært direkte tilgjengelig, og at metodens predefinerte formater og problemstrukturering bidrar positivt i så måte.
- Hierarkiske spill er en metode for å beregne et integrert ytelsesmål for ledels- og kampkapasiteter. Striden modelleres som et tosidig nullsum spill: Hurtighet og sensor kapasiteter avgjør beslutningsstrukturen, organisasjonenes kunnskap og ressurser avgjør hvilke handlingsalternativer som er gjennomførbare, og utfallet for spesifikke kombinasjoner av handlinger på begge sider beregnes med tradisjonelle verktøy for stridsavdømming. Effektivitetsmålet er verdien av spillet. Del to av metoden korrigerer for begge siders utnyttelse eller håndtering av uforutsette muligheter eller problemer. Metoden gir resultater med høy analytisk kredibilitet, og kan håndtere svært komplekse problemer. Ressursbehovet i analysen vil imidlertid øke med problemets kompleksitet og graden av dybde i studien.
- Systemdynamikk er analyse av systemer gjennom modellering på differensiallikningsformat. Basert på modellen beregnes systemets oppførsel numerisk fra en initialtilstand. Dette formatet er hensiktsmessig når enten systemet oppfører seg på denne måten eller den tilgjengelige kunnskapen av andre grunner er på dette formatet. Det finnes kommersielle grensesnitt som gjør at modelleringen blir effektiv når forutsetningene er tilstede. Det antas

at formatet er hensiktsmessig for delproblemer innen kommando og kontroll, men et forsøk på å studere et større problem på dette formatet var negativt.

- Høyere ordens usikkerhet er et format som ikke bare skal representere usikker informasjon, men også usikkerhet om kvaliteten (usikkerheten) på informasjonen. Det later ikke til å finnes noen perspektiver hvor dette formatet tilfører noe nytt og meningsfylt i forhold til tradisjonell usikkerhets- og sannsynlighetsmodellering.

3 TILNÆRMINGSMÅTER TIL EFFEKTIVITETSANALYSE AV LEDELSE

Prosjektet har utviklet eller evaluert et antall metoder for effektivitetsanalyse av ledelse. Dette er avgrenset til selve effektivitetsanalysedelen - prosjektet har ikke gjort noe selvstendig arbeid innenfor studiemetodikk for et prosjekt fra start til mål, men har bidradd i NATO's arbeid med revisjon av "Code of Best Practice for assessment of Command and Control", som nettopp adresserer dette.

Systemdynamikk er del av en analytisk tradisjon som har utviklet seg i etterkrigstiden, og prosjektet har anvendt dette på ledelsesproblemer. Videre er STASIM et verktøy for simuleringsbasert analyse av ressurs- og tidsbruk ved stabsprosesser som er utviklet og anvendt i tidligere prosjekter ved instituttet. EKSTØSI og hierarkiske spill er to metoder som er utviklet og testet ut under prosjektet. Den førstnevnte baserer seg primært på å systematisere ekspertkunnskap, mens den andre har et analytisk fokus og stiller mindre krav til inngangsdata på selve effektiviteten av ledelse. Høyere ordens usikkerhet er et modelleringsformat som har blitt svært populært de siste tiårene, og prosjektet har studert hva dette formatet kan tilføre en ledelsesanalyse.

3.1 Systemdynamikk (SD)

Betegnelsen systemdynamikk brukes på en rekke beslektede begreper, som alle har sitt utspring i den samme analytiske tradisjon. Vanligvis refereres det til hele eller deler av denne tradisjonen og de metodene eller formatene som det har vært benyttet innenfor tradisjonen. Den systemdynamiske tradisjonen har lagt stor vekt på helhetstenkning innenfor det området som studeres, og man har fokusert på gjensidige påvirkninger mellom forskjellige elementer. Dette formaliseres så til en formell systemmodell, og påvirkningene modelleres på differensiallikningsformat. Ligningssettet løses deretter numerisk som funksjon av tid (systemet simuleres), og man finner sammenhengen mellom modellparametre og tidsutviklingen på variablene ved å prøve seg frem. Miljøene innenfor denne tradisjonen, spesielt i USA, har lyktes i å tiltrekke seg flinke mennesker, og var tidlig ute med å integrere elementer av både myke og harde vitenskaper. Det har derfor fremstått som en suksessrik tradisjon, som har levert nyttige tilnærminger til problemer som i utgangspunktet virker uoversiktlige.

Siden alle de tilnærmingene som er beskrevet tar mål av seg til å adressere helheten i et system og gjensidige påvirkningsmekanismer, blir modelleringsformatet den eneste unike egenskapen

ved den systemdynamiske tradisjonen. Prosjektet har derfor studert mulighetene ved systemdynamikk i betydningen *modellering av systemer som Markov¹-prosesser på differensiallikningsformat*. Siden det finnes applikasjoner som støtter modellering gjennom grafiske grensesnitt, beregner forløp numerisk ut fra modellen og en initialtilstand, og som visualiserer resultatene, kan dette være en svært effektiv måte å studere problemer. Teknikken egner seg for to klasser av problemer:

1. Problemer knyttet til systemer som oppfører seg systemdynamisk, det vil si som et sett av størrelser som påvirker hverandres vekstrate, eller som er ekvivalent til et slikt system
2. Problemer hvor systemet *ikke* oppfører seg systemdynamisk, men tilgjengelig kunnskap om det likevel tar form av størrelser som varierer avhengig av verdien på de andre størrelsene. Uppreis kunnskap om svært uoversiktlige systemer kan lett ta denne formen fordi formatet er intuitivt og lett å forholde seg til.

I det første tilfellet kan man utvikle en presis modell som reflekterer alle relevante sider av problemet, og som har høy kredibilitet også for kompliserte sammenhenger. I det andre tilfellet, hvor modellen strengt tatt ikke er i samsvar med virkeligheten, modellerer man kun kunnskap som er *upresise* abstraksjoner av menneskelige erfaringer. I dette tilfellet vil kun de mest direkte konsekvensene av modellen ha kredibilitet. Den må da være svært overordnet, og bare omfatte oversiktlige sammenhenger.

Svært mange problemstillinger knyttet til ledelse hører til kategori 2, og i tillegg var det antatt at bl a informasjonsflyt i en organisasjon faktisk oppfører seg systemdynamisk. Strid antas også under visse forutsetninger å oppføre seg systemdynamisk - Lanchester-modell for strid (25). Prosjektet har studert litteratur om systemdynamikk generelt og systemdynamisk modellering av ledelse og militære operasjoner spesielt. En systemdynamisk modell av informasjons- og ordreflyt i ledelsessystemet og av striden ble utviklet for å høste erfaring med slike analyser (2). Modellen fungerte og enkle ytelsesanalyser ble gjennomført.

Det ble høstet en del viktige erfaringer, som i noen grad belyser egnetheten av systemdynamikk ved analyse av ledelsessystemer. Systemdynamikk har en stor fordel i at erfarne analytikere med begrensede ressurser kan *implementere* en modell som demonstrerer hvordan endringer ett sted i systemet forplanter seg til systemet forøvrig. Flere delsystemer som hver for seg lar seg beskrive settes enkelt sammen til en helhetlig modell. Det intuitive ved formatet gjør det også lett å kommunisere både modellen og analysen til oppdragsgiver, og slik involvere ham både for å dra veksler på kunnskapen oppdragsgiver sitter med om problemet, og for å skape et sterkere eierforhold til resultatene.

Modelleringsarbeidet var imidlertid fortsatt en krevende prosess til tross for et intuitivt format og gode brukergrensesnitt. Dette skyldtes trolig prosjektets manglende erfaring med systemdynamisk modellering sammen med problemets kompleksitet og en litt for generell innretning av arbeidet. Det var kun i begrenset grad avklart i forkant om man modellerte et system som oppførte seg systemdynamisk, om man modellerte systemdynamisk kunnskap om et system, eller om man konstruerte *nye* systemdynamiske tilnærminger til et system som ikke

¹ En Markov prosess er en prosess som kun styres av et systems tilstand til enhver tid, uten hensyn til forhistorien.

oppførte seg systemdynamisk. Dermed ble arbeidet ledet inn på enkelte blindspor, og tilnærminger som det var nedlagt vesentlig arbeid i, måtte forlates uten at det var vunnet ny kunnskap.

Det konkluderes med at systemdynamikk er et nyttig modelleringsformat for problemer der man vet at enten *problemet selv* eller *kunnskapen om det* lar seg representere på en god måte. På samme måte som for andre formater, er det imidlertid avgjørende at man *først* identifiserer de delproblemene innenfor problemspekteret som eventuelt faller inn under hver av disse kategoriene, og hvilke som må håndteres på andre måter.

3.2 EKSTØSI

EKSTØSI er en metode for analyse av ledelsessystemer basert på ekspertkunnskap (5) (12). Metoden er utviklet og utprøvet i prosjektet. Selv om ledelsessystemer kan være forskjellig, vil mange av problemstillingene gå igjen, og personer med bred personlig erfaring fra operasjoner med ett ledelsessystem kan forventes å ha mer generisk kunnskap om hvordan ledelsessystemer bidrar til at operasjonene lykkes. For enkelte problemstillinger vil det finnes eksperter som har den nødvendige kunnskapen, mens det vil finnes andre problemstillinger hvor dette ikke er tilfelle. Der den nødvendige kunnskapen finnes, vil det være mer kost-effektivt å utvinne og systematisere denne kunnskapen enn å finne frem til resultatene gjennom dybdeanalyser.

EKSTØSI avbilder ekspertens kvalitative og kvantitative kunnskap om avgjørende sammenhenger på et forhåndsdefinert format, og på bakgrunn av denne kunnskapen beregnes ytelsen til det systemet som betraktes. Metoden har altså en viss fleksibilitet, men ikke full frihet i problemmodelleringen. De faste formatene bidrar sterkt til hurtigheten i metoden, og det antas at dette gir en mer balansert innsats mellom inngangsverdier og modellering enn man ville fått med modellering fra bunnen i hvert tilfelle.

Det inngår tre delmetoder i EKSTØSI, og alle forholder seg til en konkret beslutningssituasjon der sann situasjon ligger fast, mens opplevd situasjon kan variere avhengig av ledelseskapasitetene. I delmetode 1 ses det på informasjonshåndtering i ledelsessystemet i beslutningssituasjonen. Det kartlegges hvordan viktige egenskaper ved ledelsessystemet bidrar til et avvik mellom reell situasjon og det situasjonsbildet det tas beslutning på. De egenskapene som identifiseres som viktige, gir hvert sitt bidrag til standardavviket på fordelingen for oppfattet situasjon med hensyn på et antall viktige forhold ved situasjonen. Oppfattet situasjon forutsettes å være normalfordelt omkring reell situasjon. Til forskjellige oppfattede situasjoner assosieres forskjellige beslutninger, og man finner en fordeling over alternative beslutninger. I delmetode 2 fastsettes et utfall for de ulike handlingsalternativene ved hjelp av et bayesisk trosnettverk som etableres for formålet. Dette nettverket omfatter de forholdene som i størst grad påvirker utfallet. I delmetode tre estimeres nytten av alternative slutttilstander ved at et målhierarki for beslutningssituasjonen etableres, og overordnede mål settes til en lineær kombinasjon av underliggende mål.

Metoden er brukt til å vurdere to alternative systemer (OP-nettverk og UAV-system) for innhenting av måldata i et operasjonelt scenario, der beslutningssituasjonen var valg av enkeltmål (12). Dette eksemplet passer relativt godt til de predefinerte formatene, og

problemstillingen er såpass gjennomiktig at man kan forvente å finne ekspertkunnskap av høy kvalitet. Utfordringen lå i at ekspertenes erfaring ikke refererte seg direkte til de våpnene eller sensorene som ble studert.

Erfaringene var meget gode. Totalt tidsforbruk hos analytiker var på seks uker, og hos ekspertene på en halv uke. Det forventes at analytikertiden kan kortes vesentlig ned med økt erfaring. Kunnskapen hos ekspertene viste seg å være relativt lett tilgjengelig når formatene var kommunisert. Videre var det godt samsvar mellom konklusjonene man kunne trekke fra uavhengig utspørring av to eksperter.

Disse erfaringene viser at metoden har en klar anvendelse på problemstillinger hvor alle enkeltaspekter er tilstrekkelig forstått av eksperter. Selv om det studerte eksemplet er enkelt, er det langt fra trivielt, og dette antyder at potensialet til metoden og til ekspertutspørring i sin alminnelighet, kan være betydelig. Slike metoder må imidlertid brukes kritisk, da metodene - for å fungere - må fokusere på å utvinne kunnskap uavhengig av om denne er usikker. Usikkerhet og uvitenhet vil derfor bare i begrenset grad avsløres gjennom selve analysen.

Eksperten vil også selv kunne resonnerer over sin egen kunnskap, og man ønsket å kontrollere dels hvorvidt metodens predefinerte formater var en hjelp eller en tvangstrøye, dels hvorvidt bruk av metoden ledet frem til resultater som ikke var kjent for en ekspert som satt på inngangsverdiene. En av ekspertene som ble brukt i case-studien ble bedt om å lese rapporten, og stilt spørsmålet: *"Var det noe omkring sammenligningen (UAV vs OP) som her gjøres, som ble klarere for deg etter denne metodeanvendelsen (dvs spørsmålsrundene og gjennomlesningen av denne rapporten)? I så fall hva og hvorfor?"* Responsen var meget positiv: *"En studie av alternative sensorsystemer har gitt ny kunnskap om de forskjellige systemers egenskaper og anvendelse. Særlig viktig er evnen til å kunne bedømme et måls "dynamikk" kontra målgruppens "helhet". Innsetting mot nye mål belyses i særlig grad, når man studerer UAV'er kontra OP'er. Etter denne delanalysen er kunnskap om valg av systemer blitt styrket i vesentlig grad. I samtale ble nytten av å gjennomgå ytelsesmål på flere nivåer (avgjørende egenskaper) fremhevet. I denne konkrete anvendelsen har altså de predefinerte formatene vært nyttige, og metoden har frembragt mere kunnskap enn den som var direkte tilgjengelig.*

3.3 Produksjon av beslutninger studert med STASIM

En beslutningsprosess kan studeres som en produksjonsprosess for beslutninger, der tidsbruk, ressursbruk og avhengigheter mellom delprosesser representeres, mens innholdet i beslutningene ikke er representert. Dette kan gjøres med kommersielle verktøy for prosjektplanlegging. STASIM er et diskret hendelsesstyrt simuleringsprogram som er utviklet ved FFI (4) (19). Programmet kan brukes på samme måte som et avansert prosjektplanleggingsverktøy, men et simuleringsprogram gir vesentlig større fleksibilitet i representasjon av bl a usikre og begrensede sambandslinker, usikkerhet i ressurs- og tidsbruk og hendelser som fører til at ekstra informasjonsinnhenting må iverksettes. Det er i tillegg lagt til rette for at programmet kan holde regnskap på hvor stor andel av ideelt beslutningsgrunnlag

som er bevart gjennom en beslutningsprosess der tålmodigheten overfor forsinkede bidrag er begrenset (9).

STASIM er brukt til analyse av stabsprosesser i et tidligere prosjekt (11) (14), og LEDBEST har trukket på disse erfaringene uten å gjennomføre nye analyseeksempler. Stabsprosessen rundt beslutning og planutarbeidelse dekomponeres til oversiktlige enkeltprosesser som dels gir bidrag til andre prosesser, f.eks. gjennom et sambandsystem, dels er avhengig av inngangsverdier fra forutgående prosesser. Ressursbruk, tidsforbruk, pådrag på samband kan så studeres. Man kan også studere følsomheten for disse faktorene overfor variasjoner eller usikkerhet i ressurstilgang, sambandskapasitet og tidsforbruk i enkeltprosesser.

Denne typen modellering gir god forståelse for hvordan forsinkelser oppstår og hvor det ligger flaskehalsen i planproduksjonen, og selve modellerings- eller strukturingsprosessen kan isolert sett være mer nyttig enn simuleringsresultatene. Fordi omfattende beslutningsprosesser kan være uoversiktlige i utgangspunktet, vil analyser av tids- og ressursforbruk kunne gi resultater som ikke samsvarer med et intuitivt førsteinntrykk. Som eksempel fant man ut at overføringskapasitet på sambandsbærerne i liten grad var begrensende for planprosessen i divisjonen (11) all den tid samband var tilgjengelig. En slik analyse er også rask å gjennomføre når verktøy og prosessbeskrivelser er tilgjengelige.

3.4 Hierarkiske nullsum spill

Hierarkiske nullsum spill er en metode som er utviklet under prosjektet (26), (27). Metoden beregner forventet ytelse til en stridsorganisasjon som funksjon av kamp- og ledelseskapasiteter. I metoden skiller det mellom en organisasjons evne til å oppnå et gunstig resultat for gitte handlinger på begge sider i striden, og organisasjonens evne til å velge gunstige handlinger relativt til motstanderens valg og utviklingen av omgivelsene forøvrig. Metoden bygger på utfallsberegninger for gitte handlingsforløp, og beregner evne til å treffe gunstige valg i to steg. I første steg beregnes evne til å velge mellom et overskuelig antall alternative hovedstrategier ved hjelp av en noe tilpasset variant av spillteori (26) - derav overskriften. I andre del kompletteres dette med begge siders evne til å utnytte uforutsette muligheter eller håndtere problemer under gjennomføringen av en plan (27).

I første del av metoden settes effektiviteten til organisasjonen lik verdien av et nullsum spill. Utfallene for strategikombinasjoner kan enten være avgjort direkte, eller være verdien av et mer detaljert spill, slik at effektivitetsmålet blir verdien av et hierarkisk spill som reflekterer hierarkisk beslutningstaking i organisasjonen. Begge sider i striden vil ha et antall handlingsalternativer å velge mellom på et visst nivå, de vil ha reaksjonstider for valg mellom alternativene og midler til å observere motstanderen og omgivelsene. Avhengig av hvordan organisasjonen er utstyrt, og hvilke observasjonsmidler motstanderen har, vil en gitt operasjon bli synlig for motstanderen på et gitt punkt i gjennomføringen. I metoden modelleres striden som et spill, der handlingsalternativene utgjør grunnleggende strategier og valgrekkefølgen avgjøres av hva hver side kan se av motstanderens beslutninger før egne beslutninger må treffes. Verdien av spillet reflekterer optimal uforutsigbarhet på begge sider gjennom såkalt blandede strategier.

I andre del av metoden tas det hensyn til at beslutningstakere har begrenset kapasitet i å søke gjennom alternative handlinger, og at de handlingsalternativene man initielt kan vurdere må være overordnede strategier som det er mulig å gjøre innenfor. Variasjonen kan da komme som reaksjon på uforutsette muligheter eller problemer. Metoden består i å kartlegge og modellere forekomsten av slike muligheter og avgjøre organisasjonens mulighet til å utnytte dem basert på sensor kapasiteter og reaksjonsevne. Dette gir en justert verdi av spillet, som så propageres oppover i spillhierarkiet. I tillegg tas det hensyn til at muligheter som man lykkes i å utnytte på lavt nivå kan resultere i muligheter på høyere nivå, og dette tas med ved analyse av justert spillverdi på dette høyere nivået.

Ved siden av beregningene omfatter metoden en studiemetodikk hvor operasjonen studeres ovenfra og nedover, ved at øveste nivåets alternativer identifiseres først, og man forsøker å avgjøre utfallet av strategikombinasjoner. De strategikombinasjonene som bidrar sterkest til usikkerheten i verdien av spillet detaljeres så videre nedover. Ved å gå oppover og nedover i hierarkiet på denne måten utnytter man alle symmetrier i operasjonen, og det skal kun være nødvendig å detaljere ut liten andel av de mulige forgreningene.

Metoden er utprøvd i prosjektet på et konstruert scenario i samarbeid med et strukturanalyseprosjekt. Erfaringene er meget positive med hensyn til å kunne studere komplekse problemstillinger og integrere analyse av operasjonskonsept, ledelse og stridskapasiteter. En grov og overordnet analyse av sammenhengen mellom ledelseskapasitet og effektivitet kan gjennomføres på meget kort tid. Imidlertid stilles det strenge krav til at spillhierarkiet gjennomarbeides i flere omganger for å gjøre den relativt abstrakte strukturen tilgjengelig for operative eksperter.

Videre krever analysen en klar forståelse av hele operasjonen og beslutningsproblemene som skal studeres, og der dette ikke er tilgjengelig, vil det kreve stor innsats å utvikle operasjonskonsepter - dette trenger imidlertid ikke ses som en del av studiemetodikken. Metoden forutsetter at stridsutfall for gitte sekvenser av handlinger kan avgjøres, og dette vil innebære en del innsats. På den annen side var inntrykket fra utprøving at de fleste strategikombinasjonene kunne avgjøres basert på et detaljert studium av noen få forløp, som så generaliseres og tilpasses på forskjellige aggregeringsnivåer.

Metoden har en sterk teoretisk og analytisk forankring som gir resultatene høy kredibilitet også for nye problemstillinger hvor erfaringsbakgrunnen er begrenset. Metoden gir tilnærmet ubegrenset mulighet til å kombinere alternative hendelsesforløp og usikkerhet m h p hva de forskjellige partene gjør. Inngangsverdiene på operasjonssiden, som består i konkrete handlingsalternativer og hendelsesforløp, er svært lette å kommunisere og diskutere med eksperter. Det samme gjelder inngangsverdier på ledelsessystemet, såsom hva man kan se, og hvor lang tid ting tar. Ulempen ligger i at beregningen som kombinerer alternativene, bl a gjennom abstraksjoner som blandede strategier, kan være lite gjennomskiktig for operative eksperter. Dette kan gi et redusert eierforhold til resultatene, og det vil legge begrensninger på kombinerings av ekspertkunnskap og beregninger i nettopp denne integreringen.

3.5 Modellering av beslutningstaking basert på høyere ordens usikkerhet

I de senere år har det oppstått en tradisjon for å innføre såkalte høyere ordens usikkerhetsbegreper ved analyse av beslutningsprosesser. Det hevdes at dette representerer forhold som ikke reflekteres i vanlig analyse av usikkerhet. På linje med systemdynamikk er dette altså et modelleringsformat og strengt tatt ikke en metode. Det var viktig for prosjektet å avklare om et slikt format faktisk tilfører en analyse noe grunnleggende nytt, og det ble gjennomført en studie på dette (8).

Alternative sannsynlighets- og usikkerhetsbegreper ble analysert fra et grunnleggende begrepsmessig perspektiv. Spesielt usikkerhet diskutert opp mot alternative begreper for sikkerhet og sannhet. Det ble konkludert med at høyere ordens usikkerhet kun gir mening dersom sannhet av en teori defineres i forhold til hvor nyttig teorien er. Med denne definisjonen ble det videre argumentert for at tradisjonell sannsynlighetsteori gir en riktigere beskrivelse enn en teori basert på høyere ordens usikkerhet. Høyere ordens usikkerhet bør derfor ikke brukes som begreper ved analyse av ledelsessystemer.

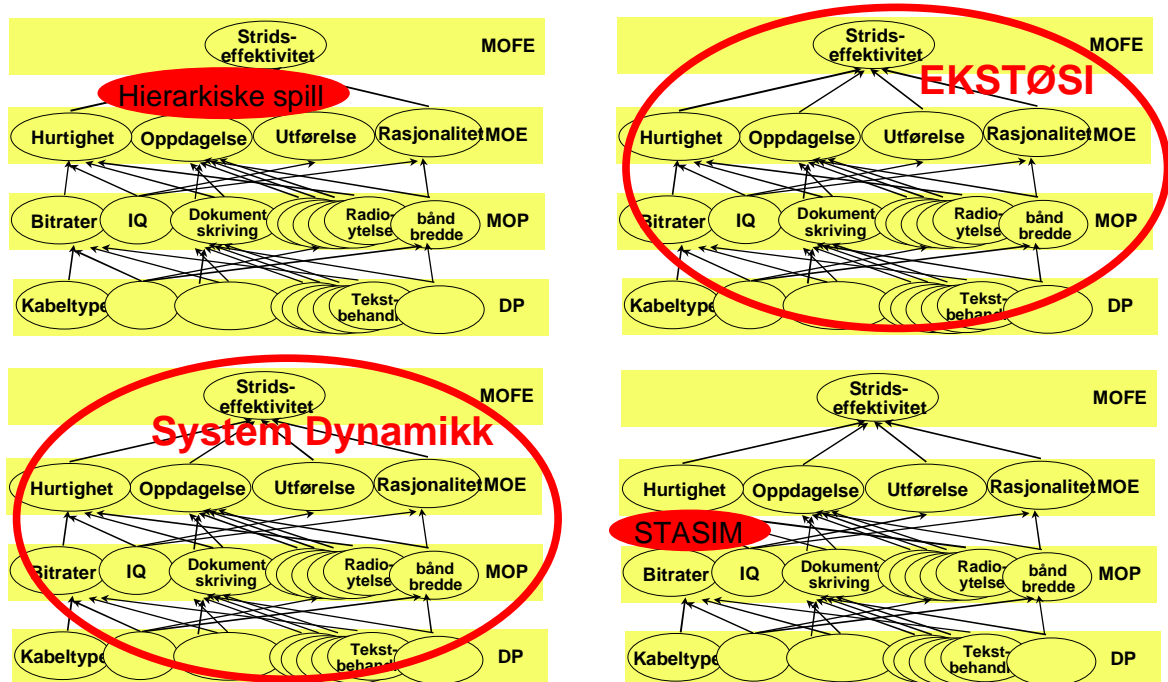
4 EVALUERING AV ANALYSEMETODER

4.1 Anvendelighet av metodene

De fire metodene som er studert kompletterer hverandre i stor grad. EKSTØSI er en metode som kun fungerer der det finnes ekspertkunnskap både om operasjonene, om ledelsessystemet som skal evalueres, og om alle delsammenhenger mellom systemegenskaper og overordnet effektivitetsmål. Hierarkiske spill og STASIM er metoder som analytisk aggregerer lavnivå ytelsesmål til høynivå ytelsesmål. STASIM kan brukes til å analysere sammenhengen mellom tids- og ressursforbruk på små enkeltelementer i en kompleks stabsprosess, og totalt tids- og ressursforbruk i den samme stabsprosessen. Hierarkiske spill brukes til å beregne total styrkeeffektivitet på bakgrunn av bl a STASIM og fra verktøy for utfallsberegning. Systemdynamikk er et modelleringsformat som er anvendelig til avgrensede delanalyser, enten for å modellere delsystemer som passer i formatet, eller til å resonnerer over en konkret mengde ekspertkunnskap som i utgangspunktet er på dette formatet.

I figur 4.1 illustreres det hvordan metodene fyller forskjellige roller. I en effektivitetsberegning vil man ønske å bevege seg fra en konkret beskrivelse av et ledelsessystem til et abstrakt høynivå effektivitetsmål. Det er da vanlig å skille mellom "dimensional parameters" (DP), "measures of performance" (MOP), "measures of effectiveness" (MOE) og "measures of force effectiveness" (MOFE). De mange pilene på figuren skal illustrere at det er kompliserte sammenhenger mellom de forskjellige ytelsesmålene. EKSTØSI som metode kan i prinsippet håndtere hele problemspekteret, men har kun praktisk nytte på de områdene hvor det finnes god ekspertkunnskap om alle aktuelle sammenhenger. STASIM og hierarkiske spill er godt egnet til å studere spesifikke sammenhenger. Avhengig av problemstilling og den organisasjonen som studeres, vil det være forskjellige delproblemer som kan studeres med systemdynamikk.

De åpne sirklene i figuren illustrerer at EKSTØSI og SD i praksis kun vil være anvendbart på deler av det problemspekteret som er sirklet inn.



Figur 4.1 Figuren viser et hierarki av effektivitetsmål. Metodene utfyller hverandre ved å beskrive forskjellige deler av problemspekteret

Prosjektets metoder har et hull i analytiske studier av sammenhengen mellom struktur og rasjonaliteten i en organisasjons beslutninger. Det samme er intrykket fra andre institusjoner, og NATO COBP (18) anbefaler at dette håndteres gjennom empiriske forsøk. Hierarkiske spill kan imidlertid lett modifiseres (i beregningen av spillverdi) til å ta hensyn til slike data dersom de blir tilgjengelige.

4.2 Tidsforbruk

Under utprøving av metodene gjorde prosjektet seg erfaringer med tidsforbruket. Disse er omtalt under den enkelte metode i forrige kapittel, men oppsummeres også her:

- EKSTØSI: Bruk av metoden på en begrenset problemstilling hvor ekspertkunnskap var tilgjengelig, krevde seks ukesverk fra analytikeren, og et halvt ukesverk fra hver ekspert.
- STASIM: Bruk av metoden til analyse av beslutningsprosesser i en hærdivisjon krevde i størrelsesorden et årsverk til datainnsamling og noen månedsverk til analyse.
- Hierarkiske spill: Bruk av metoden på et fiktivt scenario med spill på tre nivåer tok i størrelsesorden noen månedsverk.
- Prosjektet har ingen egne klare erfaringer med bruk av systemdynamikk, men analyser hvor SD brukes på egnete problemer varierer gjerne innenfor området noen dagsverk til noen månedsverk.

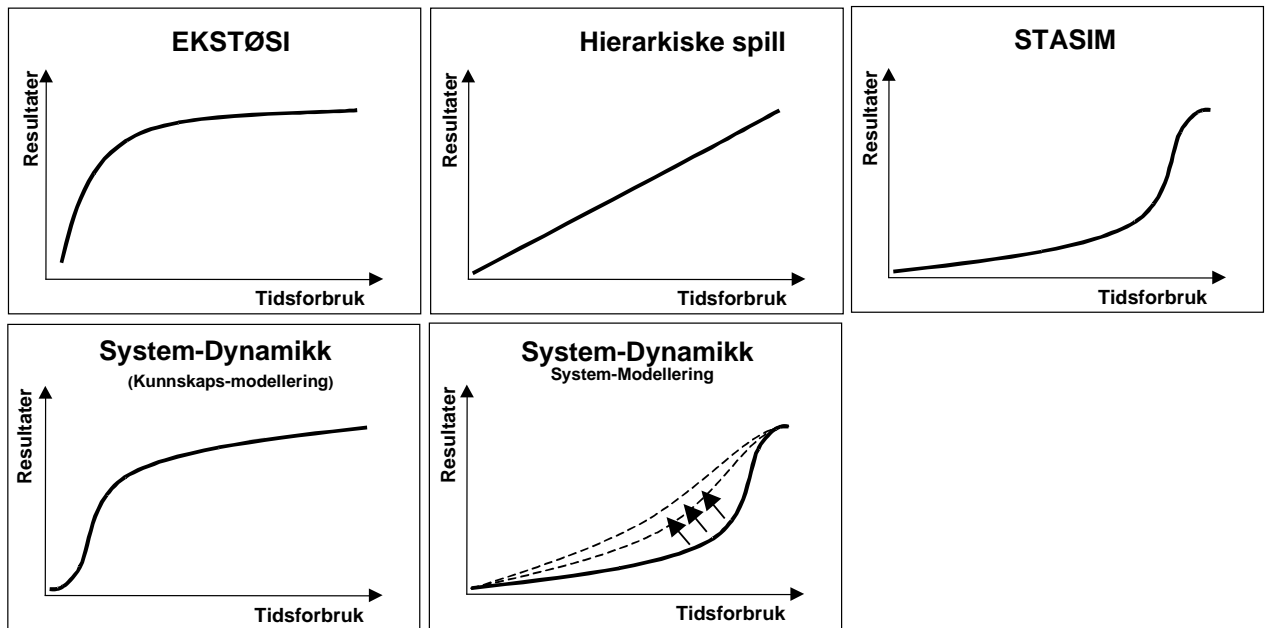
For å kunne analysere ledelse i en beslutningssituasjon kreves det en forståelse av hva slags alternativer det skal velges mellom, og hva konsekvensene kan bli. Analysen må altså forholde seg til en doktrine eller et operasjonskonsept, og både Hierarkiske Spill og EKSTØSI representerer dette i form av eksplisitte handlingsalternativer. Utvikling av en doktrine til et såpass konkret nivå kan kreve svært store ressurser. Videre krever begge metoder at stridsutfall for konkrete hendelsesforløp kan fastsette. Forskjellige metoder for fastsetting av stridsutfall er aktuelle, og vil kreve forskjellige ressurser. I studiene som refereres over, er dette håndtert svært enkelt.

Det forventes at forsker-innsatsen ved bruk av EKSTØSI kan reduseres ned mot et par uker med mer rutine, og for instituttets bruk er dette en hurtig metode. Innsatsen ved bruk av hierarkiske spill er sterkt avhengig av hvor mange nivåer av beslutningstaking som skal studeres simultant. Analyse på kun ett nivå kan gå meget fort, men det antas at det skisserte tidsforbruket for en større analyse ikke kan kortes vesentlig ned. Mye av denne tiden vil gå med til å gjennomarbeide hierarkiet i samarbeid med operative eksperter. Oppbygging av et hierarkisk spill tar dermed noe mer tid enn man erfaringsmessig vil bruke på å detaljere ut et enkeltforløp når diskusjon av stridskonsept holdes utenfor.

STASIM eller tilsvarende verktøy er relativt raske i bruk, når datainnsamlingen holdes utenfor. Det skisserte tidsforbruket til analyse gjelder en relativt omfattende beslutningsprosess, og for mindre problemer kan dette reduseres betydelig. Systemdynamikk er som nevnt et format som er effektivt til å modellere egnede problemstillinger - en avgrenset modell kan kodes inn på noen timer. Som ethvert annet format er det særdeles ineffektivt når det ikke passer til problemstillingen.

EKSTØSI forutsetter at en tilgjengelig ekspert har full kunnskap både om stridskonsept og om stridsutfall, og når metoden kan anvendes er tidsforbruket til stridskonsept og avdømming neglisjerbart. Denne metoden vil dermed gi resultater raskt, men har begrenset potensiale for forbedring av resultatene når den eksisterende ekspertkunnskapen er utnyttet. Hierarkiske spill vil gi enkle resultater på kort tid, men det legges opp til at disse stadig raffineres etter hvert som hierarkiet bygges opp. I tillegg tillater metoden i noen grad at stridskonseptet utvikles gjennom studien. Det vil derfor stadig være mulig å forbedre resultatet gjennom økte ressurser. Figur 4.2 illustrerer dette. STASIM er i kontrast til EKSTØSI et systemorientert verktøy. Selv om det adresserer avgrensede problemer og er et relativt hurtig verktøy, legges det opp til at hele systemet beskrives i en viss detalj før simuleringen gir de ønskede resultatene.

Systemdynamikk er som tidligere beskrevet et meningsfylt format for to situasjoner: Der det er eksisterende kunnskap på systemdynamisk format som modelleres, gjelder omtrent det samme som for EKSTØSI - resultatene kommer relativt raskt, men med begrenset videre potensiale. Når man beskriver et system som faktisk oppfører seg systemdynamisk, er tilnærmingen i hovedsak systemorientert - systemet modelleres initielt, og resultatene kan tas ut i ettertid. Imidlertid kan det - avhengig av systemet som studeres - være mulig å raffinere systemmodellen stegvis, og dermed få resultater underveis som stadig kan forbedres. Dette er illustrert ved de stiplede linjene i figuren.



Figur 4.2 Visualisering av forhold mellom tidsforbruk og resultater for noen metoder.
Hverken tidsskala eller resultatakser er i målestokk for de fem illustrasjonene

4.3 Kredibilitet av resultater

Prosjektet har erfaring med bruk av EKSTØSI, STASIM, hierarkiske spill og i noen grad med systemdynamikk. Kunnskapsmodellering enten med EKSTØSI eller med systemdynamikk vil gi gode resultater når ekspertene har full forståelse for alle delproblemer, dog er man bundet av de predefinerte formatene, og resultatene vil derfor alltid være omtrentlige. Metodenes viktigste begrensning med hensyn til kredibilitet er at de i liten grad har noen innebygget evne til å skille god ekspertkunnskap fra svakt fundamenterte men allment aksepterte oppfatninger.

Hierarkiske spill og STASIM representerer sammenhengen hhv mellom K2-effektivitet og stridseffektivitet og mellom lavnivå tidsforbruk og høynivå tidsforbruk på en måte som har høy analytisk kredibilitet. Det samme vil gjelde for bruk av systemdynamiske systemmodeller i de tilfellene hvor også det virkelige systemet oppfører seg systemdynamisk.

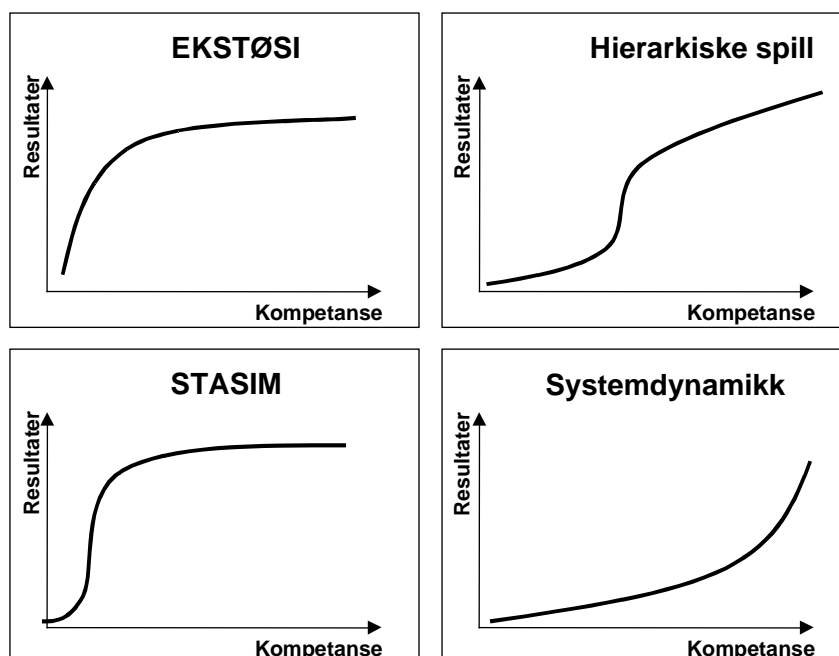
4.4 Krav til analysekompetanse

Det å gjennomføre gode analyser og opparbeide ny innsikt om et problem eller fenomen, er i sin alminnelighet krevende, og fordrer både faktisk kunnskap, evner og opparbeidet kompetanse. Imidlertid vil det være forskjeller både i hvordan kunnskap og kompetanse må være fordelt på bidragsyttere, og i hvilke krav forskjellige delproblemer stiller. Prosjektets erfaringer for de utprøvde metodene er oppsummert her:

- **STASIM.** Denne tilnærmingen har begrenset ambisjonsnivå, ved at den ikke skal si noe om styrkenes effektivitet eller måloppnåelse. Analysene er svært konkrete og består i å kartlegge prosedyrer og modellere dem som aggregater av deloppgaver. Dette er normalt

enkelt, og stiller begrensede krav til kompetanse. Imidlertid må man ha tilgang til noen som kjenner de prosedyrene man ønsker å studere.

- **EKSTØSI:** Denne metoden stiller små kompetansekrav til analytiker - han forutsettes nærmest å være en litt avansert guide for domene-eksperten. Metoden krever riktignok vel så mye kompetanse rundt problemstilling og system som andre metoder, men denne kompetansen forutsettes i sin helhet å ligge hos domene-eksperten, og ikke hos operasjonsanalytikeren. Videre vil det stille store krav til analytikeren å identifisere når man når grensen for gyldighetsområdet enten til ekspertkunnskapen eller til den underliggende modellen for metoden.
- **Hierarkiske spill:** Denne metoden fordrer at analytikeren også har en viss operativ innsikt, siden han vil ha en ledende rolle i oppbyggingen av spillhierarkiet. Alternativt kan den operative eksperten ha meget stor operasjonsanalytisk innsikt. Én og samme person må altså forstå hovedtrekkene i både operasjonene og i teorien, for å kunne ta føring i analysen. Metoden bidrar til å strukturere og synliggjøre problemstillinger knyttet til ledelse, men dette forhindrer ikke at analytikeren må ha kompetanse nok til å forstå problemene.
- **Systemdynamikk:** Dette formatet er intuitivt og godt, men i og for seg rigid. Det skal en del erfaring til bare for å klare avgrense problemstillinger som passer inn i formatet. I tillegg til dette løser ikke formatet analyseproblemer, og det kreves fortsatt betydelig erfaring for å kunne analysere problemstillingene det er snakk om. (enkelte talsmenn for SD vil se på slik erfaring som en del av SD, og ville hevde at man ikke kan å bruke SD uten at man har slik erfaring. Dette anses å være en uheldig sammenblanding)



Figur 4.3 Visualisering av forholdet mellom kompetanse hos analytiker og resultat for de forskjellige metodene. Resultatskalaene er ikke i målestokk for de fire grafene

Forholdet mellom kompetanse hos analytikeren og utbyttet av analysen er illustrert i figur 4.3. EKSTØSI og STASIM kan brukes / gjennomføres med begrenset kompetanse, men uten at det

videre potensialet er spesielt stort. (Det må igjen påpekes at figuren kun illustrerer kravet til analytikerens kompetanse, og i EKSTØSI forutsettes det at den nødvendige kompetansen nesten i sin helhet ligger hos domene-eksperten).

Hierarkiske spill krever større kompetanse for å kunne brukes på en meningsfylt måte, men man vil også få uttelling for ytterligere kompetanse innen problemområdet. Systemdynamikk fordrer at analytikeren er i stand til å analysere problemstillingene uten vesentlig hjelp fra en metode, men er man først det og i tillegg i stand til å formulere / reformulere analyseproblemet inn i et systemdynamisk format, vil man dra betydelig nytte av tilrettelagt modellering- og beregningsstøtte.

5 ANDRE TILNÆRMINGSMÅTER

Det har vært nødvendig å avgrense studien til et begrenset antall tilnæringsmåter. Disse er i noen grad representative for en større klasse av tilnæringsmåter, men det vil likevel være en del områder som ikke er dekket. For å plassere det metodearbeidet som er gjort i en større sammenheng, kan man skille mellom flere klasser av tilnæringsmåter som ikke er adressert.

1. NATO "COBP for the assessment of C2" (18) er et dokument som kommer med generelle råd til alle faser av et analyseprosjekt, fra bemanning og kontakt med oppdragsgiver via problemstrukturering, metodevalg, analyse og datainnsamling, til dokumentasjon og kommunikasjon av resultater. Metodene som er referert i dette dokumentet er ikke et alternativ til en slik ramme, men kan inngå som en del av denne ramme, og avgrenser seg til effektivitetsberegning, med visse forgreninger til problemstrukturering og datainnsamling.
2. Metodene som er skissert adresserer problemstillinger på relativt høyt nivå - fra overordnede analyser av ledelseskomponenten i en organisasjon og opp til kosteffektivitetsanalyser av ledelse, kampmidler og doktriner sett under ett. Metoder for analyser eller delanalyser på lavere nivå er ikke studert
3. Datainnsamling er en viktig deloppgave i en studie, som ikke er adressert i noe omfang.
4. Sist, men ikke minst vil det være en del tilnæringer som meget vel kunne falt inn under prosjektets scope, men som av forskjellige grunner ikke kom med.

5.1 Klasser av tilnæringer som er representert

De metodene som er studert kan generaliseres i noen grad til større klasser:

- Strukturering og systematisering av tilgjengelig ekspertkunnskap - representert ved EKSTØSI
- Modellering av beslutningsproblemer (beslutningsteori, nullsumspill, generell spillteori, konfrontasjonsteori) er teorier som modellerer beslutningsproblemer med varierende

egenskaper. Hierarkiske spill tar opp i seg en god del av dette, men en relevant videreutvikling vil være et ytre rammeverk av såkalt "konfrontasjonsteori" (også kalt bl a "dramateori").

- Aktivitetsstudier er en noenlunde homogen klasse av metoder, som er godt representert ved analyse med STASIM.
- Scenarioanalyser kan variere fra en noe vilkårlig generering av mulige fremtidige utviklingstrekk til strukturert analyse av mulighet og sannsynlighet av alternative utviklinger, sammen med konsekvensen av forskjellige valg innenfor disse. Både hierarkiske spill, EKSTØSI og til dels STASIM er på forskjellig vis representanter for scenarioanalyser.
- Modelleringsformater med spesielt tilrettelagte brukergrensesnitt er representert ved systemdynamikk. Et annet viktig eksempel petri-nett (evt coloured petri-nett). Erfaringene er trolig generaliserbare på ett punkt: Brukervennligheten ved slike formater og tilhørende applikasjoner er gjerne nært knyttet til at formatene er rigide. Dette vil derfor være svært hensiktsmessig for delproblemer hvor formatet passer, og tilsvarende meningsløst på andre delproblemer.

Studien som gikk på høyere ordens usikkerhet omfattet store deler av denne klassen, og resultatene kan neppe generaliseres mer enn det som er gjort.

5.2 Delproblemer som ikke er adressert i prosjektet

Metodene som er beskrevet forutsetter at diverse inngangsverdier kan frembringes. Ofte vil slike data kunne samles inn direkte gjennom datainnsamling, i andre tilfeller må man analysere seg frem til disse forholdene fra data på lavere nivå (lavnivå sammenhengene i figur 4.1 må fastsettes). Det er ikke nødvendigvis så store metodiske problemer forbundet med dette, men man bør være klar over at detaljerte lavnivåanalyser fort kan være svært ressurskrevende. Utover skjønns- og erfaringsbaserte betraktninger om hva slags verdier man kan skaffe til veie med rimelige ressurser, er ikke analysemetoder på teknisk nivå adressert i prosjektet, og er heller ikke viet plass i denne rapporten. Av eksempler på metoder for å studere tekniske systemer eller delsystemer, kan nevnes simulering av sambands- og informasjonssystemer (9) (36) (37) (38).

Metoder for analytisk å tilnærme seg sammenhengen mellom ledelsessystemets strukturering og organisasjonen rundt på den ene siden, og ytelsen og graden av rasjonalitet hos beslutningstakere på den andre siden, har ikke blitt funnet i tilfredsstillende grad. Dette er et problem for de fleste operasjonsanalysemiljøer, noe som gjenspeiles i at COBP (18) ikke foreslår noen løsning. Løsningen på problemet kan da være å samle inn data direkte (ren empirisk tilnærming), gjennom eksperimenter eller ved observasjon under mer eller mindre reelle forhold. Alternativt er det mulig å la være å studere rasjonalitet direkte. Et eksempel på dette er hierarkiske spill, som gir forventningsriktige resultater når man ikke har holdepunkter for at én side i striden er mindre rasjonell enn den andre.

5.3 Datainnsamling

Datainnsamling i sin fulle bredde er det å forankre en analyse i virkeligheten. Prosjektet har tatt opp noen former for ekspertutspørring og bruk av ekspertpaneler for å samle inn data og kunnskap. Ekspertenes kunnskap har da presumptivt noe med virkeligheten å gjøre. Utover dette er ikke datainnsamling adressert i prosjektet. Dette er et stort og krevende område, spesielt innenfor menneskelig opptreden og reaksjonsmønstre, hvor det er vanskelig å vite hvordan fredstidsdata overensstemmer med krigsdata. Det finnes flere klasser av datainnsamlings-metoder:

- Historiske analyser: Reelle historiske hendelser analyseres med tanke på å identifisere generelle mekanismer, teste hypoteser eller estimere parametre som så kan projiseres inn i en fremtidig situasjon.
- Observasjon: Analytikeren observerer arbeid under øvelse eller reelle operasjoner på stedet på samme måte som for historiske analyser. På samme måte kan man gjøre observasjoner innenfor ikke-militære organisasjoner og overføre disse på militære situasjoner i henhold til en teori om hva som er generelt og spesielt for de to organisasjonstypene.
- Eksperimenter: Trekk fra den situasjonen man søker å si noe om gjenskapes i et syntetisk miljø. Observasjonene kan så brukes på samme måte som for historiske analyser.
- Måling av effektivitet i test-styrker: Dette representerer en konkret form for eksperiment.
- Idé-dugnad: Dette betegner en mer ustrukturert ekspertutspørring enn de som er beskrevet tidligere.

Denne listen er neppe uttømmende, men er ment å eksemplifisere en del av bredden i mulige tilnæringer til datainnsamling.

5.4 Analyse

Stridssimulering med eksplisitt representasjon av beslutningstakere er en tilnærming som ikke har blitt studert. Dels er dette en konsekvens av at oppbygging av et slikt simuleringsverktøy ikke ville vært realiserbart innenfor prosjektets ressurser, dels antas det å være en svært lite kosteffektiv tilnærming til beslutningstaking over stridsteknisk nivå. Militære operasjonsanalysemiljøer har en historisk forkjærlighet for simuleringsverktøy, og svært mange miljøer har ønsket å tilnærme seg ledelsesproblemer på denne måten. På tross av at store ressurser er brukt, er dette bare i begrenset grad vellykket. Man skal imidlertid ikke utelukke at dette kan vise seg å være fruktbart. Eksempler på slikt arbeid er implementasjon av beslutningsagenter i CLARION og enkelte relaterte verktøy (29) (30) (31) (33). På stridsteknisk nivå er TALUS et svært lovende simuleringsverktøy (34) (35).

Den mest naturlige måten å bygge opp et slikt verktøy er å implementere eksplisitte beslutningsagenter (kunstig intelligens programmer) i et lukket simuleringsprogram av tradisjonell objektorientert type. Kampenhetene som utfører handlingene, får da foreskrevet handlingene fra forskjellige beslutningsagenter som reflekterer reelle beslutningstakere i det

systemet som skal simuleres. Beslutningsagentene må videre få informasjon om omgivelsene gjennom "sensorer" som genererer informasjon ut fra modellens tilstand, og denne informasjonen fordeles videre gjennom et informasjonssystem. Videre må ledelsessystemenes funksjonalitet (evne til å håndtere og levere informasjon) være påvirket av ytre forhold - de må typisk kunne ødelegges ved bekjempning. Med unntak av det å lage realistiske beslutningstakere, er ikke dette noen umulighet - bare tidkrevende. Imidlertid fører mangelen på realisme i beslutningstakerne til at resultatet blir nær verdiløst hvis formålet er analyse av ledelse. På stridsteknisk nivå er såvidt mange beslutninger refleksreaksjoner, at det kan være mulig å representere dem i et simuleringsverktøy på en måte som i det minste er fornuftig (eksempelvis TALUS (34) (35)).

6 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Etter avslutningen av den kalde krigen har informasjonens tidsalder nådd vestlige militære styrker med ny teknologi og nye ideer om styring og ledelse. Samtidig har stridskonseptene endret seg i tråd med et mer fasettert sikkerhetspolitisk bilde. Dette reiser viktige strukturmessige og organisatoriske problemstillinger: Dels er moderne ledelsesrelatert teknologi kostbar, og potensielt kan slike investeringer utgjøre brorparten av en fremtidig struktur. Dels er konsekvensene av både teknologiske og organisatoriske endringer langt fra åpenbare a priori. Dette har reist et behov for å kunne analysere effektivitet og kosteffekt av ledelse og ledelsesrelaterte kapasiteter på linje med kosteffekt av kampavdelinger og våpensystemer.

Delprosjekt 1 av FFI-prosjekt 735 har studert metoder for analyse av ledelsessystemer, har bidratt til slik analyse i andre prosjekter, og har deltatt i internasjonale konferanser og fora på området. Prosjektet er gjennomført over to og et halvt år med et totalforbruk på fire FIÅ. Inntrykket fra konferanser er at prosjektets arbeid holder god internasjonal standard.

Hovedvekten av prosjektet har ligget på utvikling og utprøving av metoder for analyse av ledelsessystemer. To metoder er utviklet. Ytterligere tre metoder eller modelleringsformater er studert.

- EKSTØSI er utviklet av prosjektet, og er en metode for systematisk utvinning og syntese av ekspertkunnskap til en komplett effektivitetsberegning av et ledelsessystem
- Hierarkiske spill er utviklet av prosjektet, og beregner total effektivitet av en organisasjon med gitte kamp- og ledelseskapasiteter basert på spill- og beslutningsteori.
- STASIM er et avansert simuleringsbasert verktøy for aktivitetsanalyse (prosjektplanlegging). Basert på en beskrivelse av delaktiviteter, kan dette brukes til å studere tids- og ressursforbruk i komplekse plan- og beslutningsprosesser.
- Systemdynamikk er modellering av systemer på differensiallikningsformat. Formatet er prøvd ut av prosjektet. Det antas å være anvendelig for avgrensede problemstillinger, men later til å være mindre egnet til større analyser av ledelse.

- Høyere ordens usikkerhet er et format for beskrivelse av beslutningstaking, som eksplisitt representerer en beslutningstaker sin usikkerhet om hvor usikkert noe er. Formatet er studert begrepsmessig, og later til å være lite egnet for analyse av ledelse.

De to metodene som er utviklet kan gjennomføres innenfor rimelige ressursrammer - dog kan mye tid gå med til mer detaljerte analyser eller til konseptuelle grunnlagsanalyser. De muliggjør henholdsvis grove og svært raske analyser der omfattende ekspertkunnskap er tilgjengelig, og mer omfattende analyser med høy analytisk kredibilitet der sammenhengene i utgangspunktet er mindre forstått. Begge metodene leder frem til effekten av ledelse målt i høynivå effektivitetsmål, det vil si totaleffektivitet av krigsorganisasjonen. Dette er generelt vurdert å være hovedproblemet i ledelsesanalyser.

Man er videre i stand til, bl a med STASIM, å beregne flere lavnivå ytelsesmål, spesielt tidsforbruk og tilgjengelighet på bakgrunn av struktur- og prosessbeskrivelser. Imidlertid eksisterer det fortsatt et hull i beregning av sammenhengen mellom investeringsobjekter og utdanning på den ene siden, og grad av rasjonalitet i menneskelige beslutninger på den andre siden. På dette punktet vil en fremtidig analyse måtte baseres enten på ekspertkunnskap eller på empiriske forsøk. Problemet er viktig, men all den tid effektivitetsberegningene er symmetriske for de stridende partene, er ikke denne mangelen til hinder for at de andre aspektene ved ledelse kan studeres realistisk.

Erfaringene som er gjort med bruk av metodene antyder klare forskjeller både i tidsforbruk og krav til analysererfaring. Resultatene vil også ha varierende grad av kredibilitet. Mest markant er forskjellen mellom EKSTØSI og hierarkiske spill, som adresserer samme problem. Her kjennetegnes EKSTØSI av rask gjennomføring, begrensede krav til analyseerfaring og middels god kredibilitet. Til gjengjeld er kravene til ekspertkunnskap meget store. Hierarkiske spill kjennetegnes ved lenger gjennomføringstid, større krav til analyseerfaring og noe høyere kredibilitet av resultatene. Til gjengjeld kan den anvendes i sammenhenger der svært mange forhold i utgangspunktet er dårlig forstått av eksperter.

APPENDIKS

A DELPROSJEKTETS GJENNOMFØRING

Ledelse og beslutningstrening på operasjonelt nivå, delprosjekt 1 er gjennomført i tre faser.

- Oktober 1997 - mai 1998: I den innledende fasen ble det søkt relativt bredt etter aktuelle tilnærminger til studiet av ledelsessystemer.
- Juni 1998 - februar 1999: I fase to ble et antall metoder konkretisert, videreutviklet for prosjektets formål, og prøvd ut på konstruerte problemstillinger.
- Mars 1999 - desember 1999: I fase tre ble to av metodene tatt videre i samarbeid med to andre prosjekt. I det ene tilfellet (EKSTØSI) ble metoden anvendt på en problemstilling knyttet til anskaffelse av midler for innhenting av måldata for operasjonelt nivå. I det andre tilfellet (hierarkiske spill) ble det jobbet med å integrere metoden for å studere effektivitet av ledelse med metoder for å studere effektivitet av styrker i sin alminnelighet.

Omfattende personellutskiftning og permisjoner førte til at ambisjonsnivået ble senket for siste fase av delprosjektet, og ressurser ble overført til delprosjekt 2. Fase 1, 2 og 3 ble gjennomført med hhv 1,5, 2,3 og 1,0 årsverk. Totalt har delprosjektet forbrukt 4,8 årsverk.

I tillegg til å utvikle og utprøve metoder for analyse av ledelse, skulle prosjektet gi støtte til slike analyser i andre prosjekter, delta og bidra til internasjonalt samarbeid og konferanser på emnet (3). Foruten den tette integreringen i fase tre, er to større bidrag gitt til andre prosjekter. Et notat om representasjon av informasjonsmengde ved stabsmodellering ble utgitt under FFI-prosjekt 745 "Etablert Landstridsbilde" (9), og det ble gitt innspill om representasjon av ledelse i et verktøy for scenariobygging og stridsavdømming (Mungo) (7). Prosjektet har videre deltatt med artikler på 3 internasjonale konferanser (20) (21) (22) (16) (15), og har deltatt med norsk representant i to NATO arbeidsgrupper på feltet - SAS-E05 og oppfølgingsgruppen SAS-026 (17) (23) (24) (28).

Litteratur

- (1) Bergene T (1999): Problemstillinger ved analyse av ledelsessystemer og egnethet til noen utvalgte analysemetoder, FFI/NOTAT-99/00938
- (2) Moen I (1999): Systemdynamikk som verktøy for å analysere militære ledelsessystemer, FFI/NOTAT-99/00644
- (3) Forsvarets forskningsinstitutt (1997): Prosjektforslag for FFI-Prosjekt 735 "Ledelse og beslutningstrening på operasjonelt nivå".
- (4) Sørheim J (1997): Systemdokumentasjon av STASIM, FFI/NOTAT-97/02459
- (5) Sendstad O J (1999): Ekspertstøttet, simuleringsbasert evaluering av ledelses-systemets bidrag til stridsutfall (EKSTØSI), FFI/NOTAT-99/02634, Begrenset
- (6) Sundfør H O (1998): Kartlegging og modellskisse for informasjonsinnhenting, FFI/RAPPORT-98/04933
- (7) Sundfør H O (1999): Mulige representasjoner av kommando og kontroll i Mungo, FFI/NOTAT-99/03227
- (8) Sundfør H O (1999): Annen ordens sannsynlighet i lys av noen epistemologiske paradigmer, FFI/NOTAT-99/03108
- (9) Sundfør H O (1999): Representasjon av informasjonsmengde ved stabsmodellering, FFI/NOTAT-99/03948
- (10) Sundfør H O (1999): Oversikt over stridsscenarioer for bruk i FFI-prosjekt 735 "Ledelse og beslutningstrening på operasjonelt nivå", FFI/NOTAT-99/01020, Begrenset
- (11) Bergene T, Taugbøl A (1997): Analyse av stabs og ledelsesprosesser i divisjonskommando og divisjonstropper, FFI/RAPPORT-9702740, Begrenset
- (12) Sendstad O J (2000): Effektivitet av alternative sensorsystemer i et Finnmark-scenario - en anvendelse av EKSTØSI, FFI/RAPPORT-00/02136, Begrenset
- (13) Sundfør H O (1999): Prediction of local crises in Bosnia-Herzegovina - A comparison of different approaches, FFI/RAPPORT-99/03328
- (14) Bergene T (1996): Analyse av stabsprosesser i Divisjonen: Effektivitetsmål og tilnæringsmåte, FFI/NOTAT-96/00900
- (15) Sundfør H O, Enemo G (1998): 4th international command and control research and technology symposium, FFI/REISERAPPORT-98/04959
- (16) Bergene T, Malerud S (1998): 1998 command and control research and technology symposium, Naval Postgraduate School Monterey, California, 29 juni - 1 juli, 1998, FFI/REISERAPPORT-98/04502

- (17) Sundfør H O (1999): Første ordinære møte i SAS-E05 "on the effect of command and control on force effectiveness", FFI/REISERAPPORT-99/02723
- (18) NATO Research and Technology Organisation (1999): Code of Best Practice (COBP) on the Assessment of C2, RTO-TR-9, AC/323(SAS)TP/4.
- (19) Sørheim J (1997): Brukerveiledning for programmet STASIM, FFI/NOTAT-97/02604
- (20) Bergene T (1998): Analyzing C2 Systems and Information Age Challenges for the Norwegian Defense, Proceedings of the 1998 Command and Control Research and Technology Symposium, Naval Postgraduate School, Monterey, CA, USA.
- (21) Sundfør H O (1999): Evaluating effect of C2 on battle outcome by tracking information quality, NATO RTO meetings proceedings 38 ,SAS-Symposium on Modelling and Analysis of Command and Control, Issy les Moulieaux, France, 12-14 January 1999.
- (22) Sundfør H O (1998): Outcycling War - Prediction of Local Challenges in the Normalisation Process in Bosnia, Proceedings of the 4th International Command and Control Research and Technology Symposium..
- (23) Sundfør H O (1999): Deltakelse på innledende møte i SAS-E05 "Om evaluering av effekten av kommando og kontroll på stridseffektivitet", FFI/REISERAPPORT-99/00261
- (24) Sundfør H O (1999): Innledende møte i SAS-026 "on the effect of command and control on force effectiveness", FFI/REISERAPPORT-99/05100
- (25) Lanchester F W (1914): Aircraft in warfare: the dawn of the fourth arm, part V and VI - the principle of concentration, Engineering, 98.
- (26) Sundfør H O (2000) (2000): A game-theoretic methodology integrating weapon and C2 contribution to force effectiveness, FFI/RAPPORT-2000/02205
- (27) Sundfør H O (2000): Effectiveness of forces and C2 in a semi-chaotic environment - an integrating methodology , FFI/RAPPORT-2000/02218
- (28) Sundfør H O (2000): Møte i SAS-026 "on the effect of command and control on force effectiveness", FFI/REISERAPPORT-2000/02185
- (29) Moffat J (1998): Representing the Human Decision Making Process in Fast Running Models - Part 2, *CDA Report, DERA Farnborough , UK, July 1998.*
- (30) Dodd L (1995): Adaptive C2 Modelling for RISTA Effectiveness Studies, Second International Command & Control Research & Technology Symposium Proceedings, National Defense University, Washington DC.
- (31) Dodd L, Richardson S, Moffat J, Brooker S (2000): Using network-centric simulations to model C2 and the impact of information, Proceedings of the 2000 Command and Control Research and Technology Symposium, Naval Postgraduate School, Monterey, California, June 26-28.

- (32) Moffat J, Perry W (1997): Measuring the Effects of Knowledge in Military Campaigns, *Journal of the Operational Research Society* **48**, 10, 965-972.
- (33) Moffat J (2000): Representing the command and control process in simulation models of conflict, *Journal of the Operational Research Society* **51**, 4, 431-439.
- (34) Glærum S, Hovik L (2000): TALUS - users guide, FFI/RAPPORT-2000/02733.
- (35) Forsvarets Forskningsinstitut, avdeling for Systemanalyse (1999): Taktisk Luftkamp Simuleringsmodell (TALUS), Simuleringsprogram og dokumentasjon.
- (36) Egeland G, Lillevold F, Solberg B (1997): Hovedrapport fra sambandsanalysen i KKI-Hær, FFI/RAPPORT-97/03462, Begrenset
- (37) Farsund B H, Jensvoll A, Sander J (1997): Datadistribusjon i divisjonens K2IS, FFI/RAPPORT-97/03389
- (38) Egeland G (1997): Analyser av MRR/MTK-nett, FFI/RAPPORT-97/03882, Begrenset

FORDELINGSLISTE

FFISYS
Dato: 3 oktober 2000

RAPPORTTYPE (KRYSS AV)		RAPPORT NR.	REFERANSE	RAPPORTENS DATO	
<input checked="" type="checkbox"/> RAPP	<input type="checkbox"/> NOTAT	<input type="checkbox"/> RR	2000/01266	FFISYS/735	3 oktober 2000
RAPPORTENS BESKYTTELSESGRAD			ANTALL EKS UTSTEDT	ANTALL SIDER	
UGRADERT			50	30	
RAPPORTENS TITTEL			FORFATTER(E)		
ANALYSE AV MILITÆRE LEDELSESSYSTEMER - EN METODEOVERSIKT, Sluttrapport for FFI- prosjekt 735.1 "Ledelse og beslutningstrening på operasjonelt nivå"			SUNDFØR Hans Olav		
FORDELING GODKJENT AV FORSKNINGSSJEF:			FORDELING GODKJENT AV AVDELINGSSJEF:		

EKSTERN FORDELING

INTERN FORDELING

ANTALL	EKS NR	TIL	ANTALL	EKS NR	TIL
1		Forsvarets overkommando/O	14		FFI-Bibl
1		brig Tore Bolstad, FO/O	1		Adm direktør/stabssjef
1		Forsvarskommando Sør-Norge	1		FFIE
1		KK A Karlsvik, FKS	5		FFISYS
1		Forsvarskommando Nord-Norge	1		FFIBM
1		oblt R Haugdal, FKN	1		Ragnvald H Solstrand
1		Forsvarets stabsskole	1		Bent Erik Bakken
1		oblt T Sæther, FSTS	1		Bjørn-Tallak Bakken
1		oblt R H Grønås, FSTS	1		Ole-Jakob Sendstad
		www.ffi.no	1		Gry-Hege Rodahl
			1		Sverre Braathen
			1		Geir Enemo
			1		Karsten Bråthen
			1		Ian B Bednar
			1		Rune Lausund
			1		Stein Malerud
			1		Jens Arne Sukkestad
			1		Arne Cato Jenssen
			1		Vidar S Andersen
			1		Nils A Sæthermoen
			1		Stian Løvold
			1		Torleiv Maseng
			1		Rolf O Hedemark
			1		Tor Langsæter
					FFI-veven

FFI-K1 Retningslinjer for fordeling og forsendelse er gitt i Oraklet, Bind I, Bestemmelser om publikasjoner for Forsvarets forskningsinstitutt, pkt 2 og 5. Benytt ny side om nødvendig.