

# **FFI RAPPORT**

## **Modellgrunnlag for hærstrukturanalyser - Sluttrapport for Prosjekt 734 OPKOLA**

LANGSÆTER Tor

**FFI/RAPPORT-2000/04770**



FFISYS/734/161.2

Godkjent  
Kjeller 3 august 2001

Jan Erik Torp  
Forskningsjef

**Modellgrunnlag for hærstrukturanalyser -  
Sluttrapport for Prosjekt 734 OPKOLA**

LANGSÆTER Tor

FFI/RAPPORT-2000/04770

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



**FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT (FFI)**  
**Norwegian Defence Research Establishment**

**UNCLASSIFIED**

P O BOX 25  
 NO-2027 KJELLER, NORWAY  
**REPORT DOCUMENTATION PAGE**

**SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE**  
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2000/04770	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 45
1a) PROJECT REFERENCE FFISYS/734/161.2	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE Modellgrunnlag for hærstrukturanalyser - Sluttrapport for Prosjekt 734 OPKOLA  Models for Land Force Structure Analyses - Final Report of Project 734 OPKOLA		
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) LANGSÆTER Tor		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: IN NORWEGIAN:		
a) <u>Long term planning</u>	a) <u>Langtidsplanlegging</u>	
b) <u>Land operations</u>	b) <u>Landoperasjoner</u>	
c) <u>Analysis tools</u>	c) <u>Analyseverktøy</u>	
d) <u>Effectiveness analysis</u>	d) <u>Effektivitetsanalyse</u>	
e) <u>Combat modelling</u>	e) <u>Stridsmodellering</u>	
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT The Norwegian Army has adopted a manoeuvre oriented operational doctrine. It was recognised that FFI had to modernise its inventory of land model-tools, in order to study land warfare under the new doctrine. This is the final report of the FFI-project 734, with the purpose of establishing a hierarchy of analysing tools for force structure analyses.  An analysis method is outlined, based on hierarchical games. It includes non-linear optimisation as a screening method for developing force structure alternatives, which is to be analysed in more depth with simulations and war-gaming. A hierarchy of analysis-tools supporting this method is described.  The tools have successfully been applied in the recent Force Structure Study (FA00). The success is partly due to increased speed in the analysis of the sub-problems, like the analysis of battalion sized combat situations. It is argued that the increased speed is the result of a combination of analyst competence and knowledge, combined with model and tools carefully designed, balancing simplicity of use and accuracy of results.  The hierarchy of model-tools are now in use, and will be further developed in a follow-up project at FFI.		
9) DATE 3 august 2001	AUTHORIZED BY This page only Jan Erik Torp	POSITION Director of Research

ISBN-82-464-0529-2

**UNCLASSIFIED**

**SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE**  
 (when data entered)



**INNHOOLD**

	<b>Side</b>	
1	INNLEDNING	7
1.1	Generelt	7
1.2	Bakgrunn	7
1.3	Mål	8
1.4	Avgrensning av oppgaven	8
1.5	Rapportens innhold	9
2	PROBLEMSTILLING OG UTFORDRINGER	10
2.1	Hovedføringer	10
2.2	Strukturproblemet	11
3	ANALYSEMETODE	13
3.1	Faseinndeling i et analyseprosjekt	13
3.2	Effektivitetsberegning	15
3.3	Kostnadsberegning	16
3.4	Analysemetode	16
4	MODELLHIERARKI	18
4.1	Oversikt over modellhierarkiet	18
4.2	Komponentene i modellhierarkiet	19
4.3	Verktøy på strukturanalysenivå - MSO <sup>2</sup>	22
4.4	Kostnadsberegningsverktøy – KOSTMOD, MIKS	24
5	UTFALLSBEREGNINGSVERKTØY	25
5.1	Loggføring og presentasjonsverktøy for spill og analyser - STRIDSLOGG	25
5.2	Beregnings- og bokholderiverktøy for spill - MINOS	26
5.3	Dynamisk beskrivelse av kampanjeforløp - MUNGO	27
5.4	Stridsutfallsberegning - DYNACOM	28
5.5	Aggregering av resultatene i stridsmodeller	29
5.6	Helikopteropreasjoner mot landformasjoner - HORACE	30
5.7	Effektivitet av K2- systemet - STASIM	31
5.8	Forflytningsmodell	32
5.9	Panser/antipanserstrid - SIMBA	32
5.10	Sensor – Våpenmodell	33
5.11	Virkningsberegningsmodeller - ARTMOD	34
5.12	Datagrunnlag – TANKKILL, DAVID	34

6	ERFARINGER OG VURDERINGER	35
6.1	Utnyttelse av metoden i Forsvarsanalysen	35
6.2	Operative resultater	36
6.3	Erfaringer fra analysearbeidet	37
6.4	Videreutvikling av modellhierarkiet	38
7	SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	39
	Litteratur	41
	Fordelingsliste	45



# Modellgrunnlag for hærstrukturanalyser - Sluttrapport for Prosjekt 734 OPKOLA

## 1 INNLEDNING

### 1.1 Generelt

Denne rapporten er sluttokumentasjon av FFI-prosjekt 734 Operativt konsept for landstrid (OPKOLA). I dette prosjekt er metodikk og modellgrunnlag for de studier som skal støtte strukturarbeid og prioriteringer i Hæren, utviklet og/eller effektivisert. OPKOLA prosjektet har også bidratt med kvantitative studier av landsituasjoner i den Forsvarsanalyse som har støttet arbeidet til den nylig avsluttede FS-2000 utredningen.

OPKOLA prosjektet startet i september 1997 og ble avsluttet i juni 2000.

Prosjektet het Operativt konsept for landstrid. Denne betegnelsen ble benyttet fordi et nytt operativt konsept for landstrid var fokus for den analysemetode og det analyseverktøy som skulle utvikles i prosjektet. Prosjektets navn kan forstås ved en formulering som "Utvikling av analysemetoder og verktøy for studie av nye landstridskonsepter". Det er også valgt å beholde betegnelsen "modellhierarki" på det hierarki av verktøy og modeller som skal støtte strukturanalyser, fordi denne betegnelsen ble innarbeidet gjennom prosjektet.

Rapporten beskriver analysemetoden, de verktøy som skal støtte analysemetoden, og sammenhengen mellom disse. Det lot seg ikke gjøre å utvikle eller fremskaffe alle de modeller som ville vært nyttige for metoden. Derfor eksisterer det "huller" i modellhierarkiet. Likeså eksisterer det potensial for forbedringer i metoden som det også har vært viktig å få frem i rapporten. Det er hensikten at denne rapporten skal tjene som en oppsummering av kapasiteten ved FFI når det gjelder landstridsstudier, og samtidig være startgrunnlag for videreutvikling av denne kapasiteten. Således er også erfaringer fra modellutviklingen og tanker om videre arbeid tatt med.

### 1.2 Bakgrunn

Da prosjektet startet hadde Hæren gjennom sitt Div 2000 prosjekt gått inn for et nytt manøverorientert operasjonskonsept og beskrevet struktur og organisasjon for Hærens fremtidige divisjon. Arbeidet med å implementere den beskrevne struktur var i gang. Dette bestod i videreutvikling og konkretisering av det nye konsept i nødvendig detalj, bl a i form av operative og taktiske doktriner. Videre var prosessen med utvikling og anskaffelse av materiell i full gang, hvor det materiell som skulle inngå i ledelsesfunksjonene ville utgjøre en viktig del. I denne utviklingsprosessen var en sentral problemstilling for Hæren å sikre at enkelt-prioriteringer underveis var konsistente med det operative konsept. Det var også erkjent at i et lengre perspektiv kunne endringer i de sikkerhetspolitiske, teknologiske og budsjettmessige

forutsetninger medføre behov for omfattende justeringer i mål og planer innenfor det valgte operasjonskonsept.

FFI hadde bidratt i utviklingen av den nye struktur, senest gjennom FA 96 prosjektet der en hadde belyst varianter av fremtidige strukturløsninger for Hæren, og KKI-HÆR prosjektet der en hadde studert ledelsesfunksjonene for å støtte utviklingen av et nytt og moderne ledelsessystem for divisjonen. Det er FFIs målsetting å kunne støtte Hæren med kvantitative analyser, både i videreutviklingen og implementeringen av det operative konsept, og justeringer av mål og planer.

Med en slik målsetting ville det være behov for modellverktøy som FFI da ikke disponerte. Bl a ble det klart gjennom arbeidet i KKI-HÆR at FFIs modellverktøy på hærsiden var mangelfullt sett i relasjon til de problemstillinger som det nye operasjonskonseptet reiste. Det var også behov for at modellene i sterkere grad fanget opp effekten av integrasjon mellom forsvarsgrenene. En opprusting av FFIs hær-relaterte modeller for kvantitative analyser var således nødvendig. Det var videre naturlig at KKI-HÆR ble fulgt opp slik at den kunnskap og innsikt FFI hadde skaffet seg gjennom dette prosjektet i størst mulig grad kom til nytte i arbeidet med å implementere Hærens nye struktur.

I løpet av studien ble det klart at den struktur Forsvaret arbeidet mot økonomisk ikke lot seg realisere. Dette førte til at en forsvarsanalyse ble startet tidligere enn forutsatt. I OPKOLA prosjektets siste del ble derfor arbeidet dreiet fra metode og modellutvikling til gjennomføring av analyser til støtte Forsvarsanalysen, 2000 (FA00).

### **1.3 Mål**

OPKOLA prosjektets formulerte målsetting var å:

- Utvikle et grunnlag for det modellhierarki som skulle benyttes som analyseverktøy i fremtidige struktur- og operasjonsanalyser til støtte for Hæren spesielt og Forsvaret generelt. Et foreløpig modellhierarki for denne type studier skulle etableres for å være klar til neste forsvarsanalyse.
- Støtte Hæren i videreutviklingen og realiseringen av et operasjonskonsept tilpasset fremtidens oppgaver og stridsbetingelser. Dette skulle gjøres ved å gjennomføre studier av utvalgte problemstillinger, og ved å utnytte innsikten FFI hadde skaffet seg gjennom KKI-HÆR prosjektet.

### **1.4 Avgrensning av oppgaven**

Denne rapporten omhandler i første rekke resultatene fra arbeidet mot den førstnevnte av de to målsettinger for prosjektet. I løpet av prosjektets første år ble støtten til utviklingen av det nye KKI-system i Hæren av flere årsaker gradvis overtatt av ELS-prosjektet ved FFI (Prosjekt

FFIE/7547111, Etablert Landstridsbilde). Etter hvert kom ELS-prosjektet som var et direkte resultat av KKI\_HÆR, godt igang. Samtidig sluttet den forsker som hadde dette ansvaret i OPKOLA prosjektet. Det ble også klart at divisjonskonseptet måtte revideres og at mer grunnleggende hærstrukturstudier måtte prioriteres. Videreutviklingen og realiseringen av Hærens operasjonskonsept er indirekte støttet gjennom resultatene av de studier som er omtalt i kapittel 6.

Det produkt OPKOLA skulle komme frem til måtte passe inn i den analysemetodikk som er benyttet i Forsvarsanalysen og som tar for seg hele Forsvaret. Det ble også lagt vekt på at modellutviklingen i OPKOLA og Forsvarsanalysen skulle komplettere hverandre. F eks har modellutvikling og analyse av fremskutte operasjoner og langtrekkende ild hovedsaklig vært Forsvarsanalysens ansvar.

Med de ressurser som OPKOLA prosjektet hadde til disposisjon var det nødvendig å begrense oppgaven. I samråd med oppdragsgiver ble det bestemt å velge invasjonforsvarsproblemet som fokus for studien. Det er imidlertid trolig at mye av det arbeidet som er gjort også vil ha verdi for analyser av andre hær oppgaver.

Modellhierarkiet er i første omgang utviklet for å evaluere hærkomponenter for de oppgaver som er avledet av invasjonforsvarsoppgaven.

- Opprettholde og gjenvinne territorial integritet.
- Bekjempe fiendtlige mål.
- Egenevne til styrkeproduksjon.

Det er de to første oppgavene man har fokusert på i prosjektet.

En grunntanke i teorien om manøverkrigføring er at det gjelder å ødelegge den fiendtlige sjefs vilje til å gjennomføre sitt oppdrag. I utviklingen av modellhierarkiet er det en hovedforutsetning at spørsmålet om å tape eller vinne i strid alltid kan tilbakeføres til manifestasjon av makt. Enten direkte ved at man ødelegger fiendens personell og materiell eller ved at fienden er overbevist om at en trussel om slik ødeleggelse foreligger og finner ødeleggelsen som kan forventes uakseptabelt stor. Andre måter å ødelegge viljen til strid på, kunne kanskje være moralske (f eks at fienden overbevises om at hans strid er moralsk forkastelig og derfor oppgir sin strid), men dette ligger utenfor de problemstillinger som er behandlet i OPKOLA. Politiske eller andre forhold som medfører at den fiendtlige militære sjefs oppdrag endres, er ikke behandlet i OPKOLA. Slike problemstillinger må eventuelt analyseres med modeller som ville ligge på et høyere nivå i hierarkiet enn det som er behandlet i denne rapporten.

## 1.5 Rapportens innhold

I kapittel 2 behandles problemstillingen styrkestrukturering for Hæren, og utfordringer knyttet til løsningen av dette problemet. Kapittel 3 beskriver den løsningsmetode som er utarbeidet. I kapittel 4 skisseres det hierarki av verktøy som støtter denne analysemetoden, de verktøy som benyttes på strukturanalysenivå og verktøy for kostnadsberegninger beskrives. Den beregningsmessig tyngste del av strukturanalyser er utfallsberegning. De verktøy som benyttes i

utfallsberegningen er derfor behandlet separat i Kapittel 5. Støtte til Forsvarsanalysen ga praktiske erfaringer med metoden. Noen av disse erfaringer sammen med vurdering av nåværende analysekapasitet og videre utviklingspotensial følger i kapittel 6. Til slutt er oppsummering og konklusjoner gitt i kapittel 7.

## 2 PROBLEMSTILLING OG UTFORDRINGER

### 2.1 Hovedføringer

Hovedutfordringen for Forsvaret på kort sikt ligger i at forsvarsbudsjettene reelt sett reduseres. Den sikkerhetspolitiske situasjon forandres, og påvirker der sikkerhetspolitisk tenkning. Nye oppgaver for Forsvaret kommer mer i fokus. Dette vil ha betydning både for den umiddelbare prioritering av investeringene i Hæren, og på den langsiktige utvikling av Forsvarets struktur og dermed Hærstrukturen.

Den struktur som velges skal være:

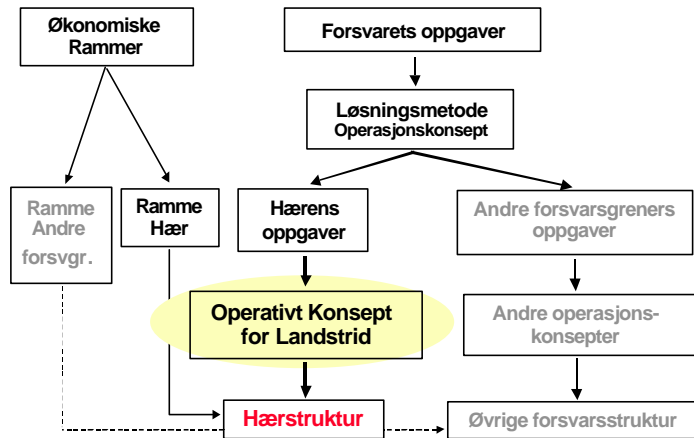
- Realiserbar innenfor en gitt økonomisk ramme.
- Robust overfor reduksjoner i forsvarsbudsjettet.
- Robust overfor forandringer i prioriteringen mellom Forsvarets hovedoppgaver.
- Robust overfor variasjoner i invasjonstyrkenes struktur.

Et hovedresultat av en Hæranalyse er en målstruktur som kan danne grunnlag for Hærens prioriteringer fremover. Målstrukturen skal tjene som et mål det kan styres mot. Tidskonstanter i anskaffelsesprosessen tilsier en tidshorisont på ca 20 år for målstrukturen. Målstrukturen er en beskrivelse av hvilke komponenter man mener Hæren bør bestå av (type og antall, inklusive personell og deres kompetanse) og hvordan disse bør være organisert på det tidspunkt som er gitt av den valgte tidshorisont. Dette leder til problemstillinger av typen:

- Avveininger mellom hovedkomponenter i Hæren som panser, artilleri, infanteri, jegertype styrker (spesialstyrker, artillerijegere etc), forsyningsavdelinger, K2S, etterretningssystem inklusive sensorer.
- Resulterende behov for kompetanseoppbygging, forsyningsbehov.
- Avveininger mellom mange billige våpen med lav ytelse og få dyrere våpen med høyere ytelse.
- Avveininger mellom mange lettere og få tyngre avdelinger.
- Avveining mellom langtrekkende indirekte skytende og mer direkte skytende våpen.
- Skal pengene legges i ytelsen på våpenet, i mobiliteten eller i reduksjon av sårbarheten?

For å besvare slike spørsmål og finne frem til Hærens fremtidig struktur tas det utgangspunkt i de hovedoppgaver man mener Hæren skal løse i fremtiden. Figur 2.1 illustrerer hvorledes man ideelt tenker seg utvikling av en hærstruktur. Man starter med økonomiske rammer og Forsvarets oppgaver, og ender med en hærstruktur som løser de oppgavene som er lagt til

landforsvaret, ved utnyttelse av strukturens komponenter i henhold til et gjennomtenkt konsept for hvorledes striden kan vinnes.



Figur 2.1 Hovedføringer for utvikling av hærstruktur.

Som tidligere nevnt er det meget sterke indikasjoner på at problemstillingen er ”design to cost”, dvs at økonomiske rammer er fastlagt. Hærstrukturen er da den som best vil løse Hærens oppgaver innenfor de gitte økonomiske rammer.

Det konsept Hæren velger å operere etter for å løse sine oppgaver, kalles operativt konsept. Hærstrukturen er den struktur som best realiserer det operative konsept. Det operative konsept er således avgjørende for valg av hærstruktur. Dette er bakgrunnen for konsentrasjonen i prosjektet om ”Operativt konsept for landstrid”.

## 2.2 Strukturproblemet

Strukturen i problemet er imidlertid ikke så renskåret som beskrevet ovenfor. De begrensninger realiserbare hærstrukturer setter påvirker de operasjonskonsepter som kan realiseres. Operasjonskonseptene for de andre forsvarsgrener påvirker operasjonskonseptet for Hæren, osv. Således har man et problem ved at konsept og struktur skal velges samtidig. Dette er metodisk en stor utfordring, som prosjektet har forsøkt å bidra til å løse.

I den hensikt tok prosjektet utgangspunkt i en formell formulering av det samlede hærstrukturproblemet. Med utgangspunkt i en forsvarsoppgave er problemet å finne en struktur  $R_1, R_2, \dots, R_N$  (der hver  $R$  betegner et antall av en gitt strukturkomponent: Materielltype, personelltype eller infrastrukturkomponent), blant de strukturer som tilfredsstillende en gitt kostnadsramme, og som gir best samlet effektivitet i løsningen av de oppgaver Forsvaret skal løse. Trusselen  $(T_1, T_2, \dots, T_K)$  beskriver tilsvarende samlingen av strukturkomponenter for motparten. Den formelle formulering av dette problem er:

$$\text{Max } \{ \text{Effektivitet}(R_1, R_2, \dots, R_N, T_1, T_2, \dots, T_k) \}$$

$$\mathbf{R} \in \{ \text{Aktuelle strukturer} \}$$

$$\text{Gitt at: Kost}(R_1, R_2, \dots, R_N) \leq \text{Kost}_{\text{total}}$$

Siden prosjektet fokuserer på Hæren, kan de komponenter som tilligger andre deler av Forsvaret (sjø, luft etc) forutsettes bestemt og gitt. Dette reduserer antall dimensjoner i problemet.

For å løse dette problem må man i prinsippet ha tilgang til fem faktorer:

1. Tilgjengelige ressurser (budsjett).
2. Formålet med organisasjonen (scenarier, ønsket effekt).
3. Oversikt over alle aktuelle strukturer.
4. Metode som regner ut effektivitet for hver av de aktuelle strukturer.
5. Metode for å beregne en strukturs kostnad, slik at denne kan sammenlignes med en gitt ønsket økonomisk ramme.

Med disse midlene tilgjengelig er problemet formulert ovenfor løsbart. I det generelle tilfellet, når problemet er såkalt ulineært, vil det være vanskelig å løse, og for store problemer kan bare en tilnærmet optimal løsning oppnås i praksis. Analyse av stridsoperasjoner krever som regel relativt store ulineære modeller.

Hovedutfordringene i en strukturanalyse knytter seg til faktor 4 i listen ovenfor. Noen av de viktigste er nevnt nedenfor.

Et gitt sett av strukturkomponenter kan utnyttes på et utall forskjellige måter. Derfor bør det på dette punkt presiseres hva som ligger i begrepet "Maksimum Effektivitet". Disponeringen av komponentene vil kunne betraktes som resultatet av et spill der begge parter forsøker å utnytte sine ressurser så effektivt som mulig til sin fordel. Med "Maksimum Effektivitet" er det underforstått at trusselkomponentene ikke kan utnyttes mer effektivt (m a o max effektivitet fremkommer ved å sammenligne, tosidige minmaks-løsninger i spillteoretisk forstand).

Problemet med beskrivelsen av strukturalternativene er at de er så mange at man må finne en strukturering som gir god oversikt, og som tillater aggregering av komponenter slik at det totale antall reduseres. Dette er et spesielt problem for hærkomponenter som kan kombineres på svært mange måter. Videre vil det i sammenheng med effektivitetsberegningene være spørsmål om kapasiteter snarere enn direkte antall. En enhet må derfor også spesifiseres ved et sett av tall som beskriver dens kapasiteter.

Effektivitetsberegningen har som nevnt en gitt oppgave som utgangspunkt. På grunnlag av analyse av oppgaven spesifiseres ett eller flere scenarier. Det eksisterer intet beregnbart mål på operativ ytelse av en hærstruktur uten i forbindelse med en konkret situasjon. Effektivitetsberegningen må derfor nødvendigvis knyttes til en eller flere konkrete situasjoner kalt scenarier. Et scenario er et fullstendig sett av utgangsbetingelser for en strid. Inkludert i disse betingelsene er ytre forhold under striden som kan påvirke striden, men som det forutsettes ikke påvirkes av hvordan striden utvikler seg.

Med disse utgangsbetingelser kan det lages et antall stridsforløp (eller kampanjeforløp). Et stridsforløp er en sekvens av hendelser ordnet i tid, med utgangspunkt i et sett utgangsbetingelser og som ender med et utfall som kan kvantifiseres. Stridsforløp på det overordnede nivå som starter med et scenario avledet av en oppgave og som ender med et utfall relatert til oppgaven, kalles her et kampanjeforløp. For ett sett utgangsbetingelser (d v s scenario) kan det dannes et nærmest uendelig antall forløp. Forløpene varierer dels fordi partene har valgmuligheter og forskjellige beslutninger gir opphav til forskjellige forløp, og dels fordi det vil opptre hendelser som vi vil karakterisere som tilfeldige. Dette er hendelser som vi ikke eksplisitt ønsker å bringe inn i vår beskrivelse, men eventuelt kan ta hensyn til ved en stokastisk beskrivelse. (For eksempel kan et sterkt vindkast bringe et PB-missil ut av kurs slik at det bommer. Denne type tilfeldigheter kan det være mange av. Det er imidlertid lite aktuelt å modellere luftstrømmene i atmosfæren på en så detaljert måte at vindkastet beskrives i modellen. Istedenfor vil en inkludere slike effekter i parametre som f eks treffsannsynlighet for PB-missilet.)

En analyseutfordring i forbindelse med beskrivelsen av stridsforløp er dilemmaet mellom representativitet og nøyaktighet i beskrivelsen. En nøyaktig detaljert beskrivelse vil nødvendigvis være basert på meget spesifikke forutsetninger. Dette står i kontrast til ønsket om at de strukturer vi søker skal være så robuste som mulig overfor variasjoner i forutsetningene.

En annen analyseutfordring er balansen mellom tid og nøyaktighet. Med så store og komplekse problemer vil det ikke være realistisk å få studert alle delproblemer i detalj. Tiden det tar å finne frem gode data om fremtidens systemer og usikkerheten i slike data er også en stor utfordring i hele analysearbeidet.

Modellhierarkiet skal benyttes som verktøy i en analyseprosess. Det er analyseprosessens krav som er styrende for utformingen og realiseringen av modellhierarkiet. Problemet som denne analyseprosessen skal avklare er innbyrdes prioriteringer av forsvarskomponenter på bakgrunn av kost-/effektivitetsbetraktninger. I tillegg til strukturproblemene ønsker Hæren også belyst en rekke operative problemstillinger. Med den samme analysemetodikken vil resultater om operativt konsept komme som delresultater eller resultater av egne delstudier.

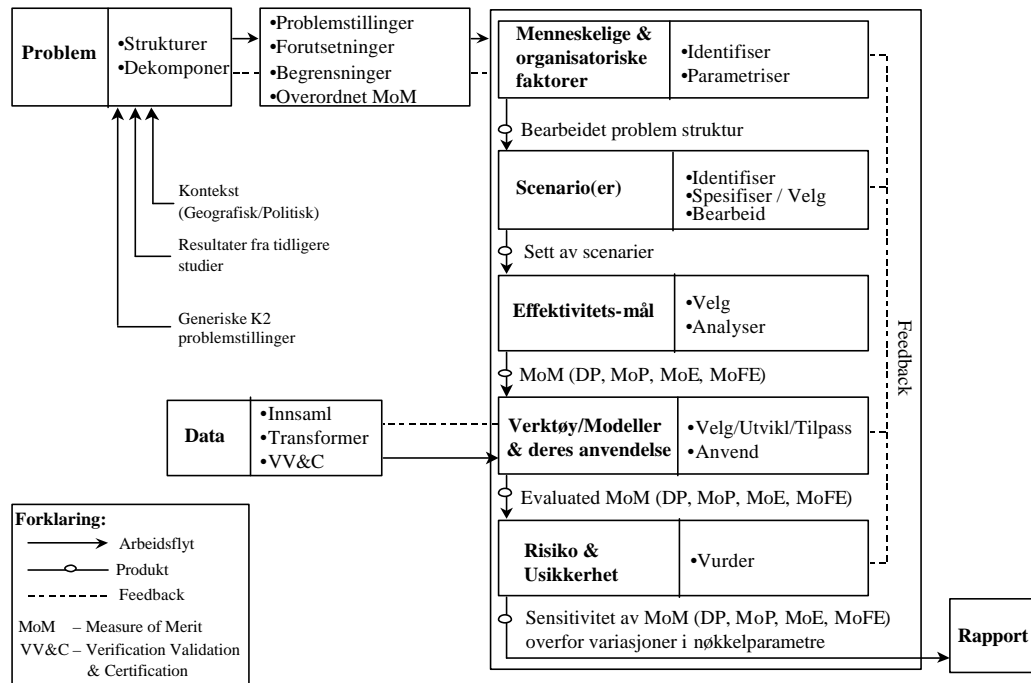
### **3 ANALYSEMETODE**

Analysemetoden er beskrevet som et hierarki av metoder. Først beskrives fasene i en strukturstudie generelt som det øverste nivå. Metode for effektivitetsberegning og kostnadsberegning vil være sentrale problemstillinger i analysen. Disse beskrives i hvert sitt underkapittel. Til slutt beskrives mer i detalj hvorledes effektivitetsberegningens metode gjennomføres.

#### **3.1 Faseinndeling i et analyseprosjekt**

Analyseprosessen følger faseinndelingen i den generelle metodologi for analyser av kommando og kontroll (K2) som er foreslått som ” Code of Best Practice” av en NATO Study Group (RSG-19) og beskrevet i (1). Beregning av effektiviteten til K2 generelt inneholder som nevnt de problemstillinger som inngår i effektivitetsberegninger for de andre komponenter. Prosjektet var

aktivt med i denne, og gruppens tanker har også inspirert prosjektet. Analyse-metodens idé er å iterere seg frem til en løsning ved stadig å øke presisjonen på kritiske data, til resultatet er blitt det best mulige innenfor rammen av den enkelte analyse. Figur 3.1 gir en skjematisk oversikt over den analysemetode som NATO-gruppen anbefaler, og som er adoptert av OPKOLA.



Figur 3.1 Anbefalt metodologi for analyse av K2 problemer. Figuren er hentet fra (1) og viser faseinndelingen av analyseprosessen.

1. Første skritt i metoden er å definere trusler/oppgaver for Forsvaret generelt og Hæren spesielt. Dette er imidlertid noe som må skje på et fellesoperativt nivå og vil ikke bli nærmere diskutert her. Det er også trolig en forutsetning som ikke bør endres etter første iterasjon. I denne iterasjonen bør en ta stilling til om aktuelle kostnadsrammer i det hele tatt tillater løsning av oppgavene.

2. Neste skritt i metoden er å identifisere hovedproblemstillingene. Disse omfatter avveiningsproblemer, kritiske operative problemer, identifikasjon av kritiske parametre og usikkerhet i datagrunnlag for de kritiske parametre.

3. Påfølgende skritt involverer en analyse hvor det er viktig at alle hovedparametre og viktige bindinger er representert og estimert, men kun meget grovt. Dersom man her kan gjøre raske variasjoner, vil det være mulig å få en idé om hvor det kan ligge gode løsninger, de forhold det er viktig å undersøke nærmere, og de parametre som må fastlegges med større nøyaktighet eller mindre usikkerhet for å få en godt underbygget konklusjon. Matematisk optimering er en metodikk som kan egne seg for utvikling av verktøy til denne analysefasen.

4. Neste skritt består i å analysere de identifiserte forhold, og foreta de nødvendige estimeringer og justeringer av datagrunnlaget. Dette innebærer detaljerte analyser av utvalgte



problemstillinger. I disse analyser kan det konkret være spørsmål om estimering av kostnader, effektivitet på ulike nivåer kombinerte operasjoner til det enkelte våpensystem. Deretter går man tilbake til det første skritt og fokuserer eventuelt på andre problemstillinger eller sier seg fornøyd med resultatet.

5. Siste skritt er rapportering til oppdragsgiver. Selv om modellhierarkiet også kan være til stor nytte i denne forbindelse, vil en her ikke gå nærmere inn på denne problemstilling.

I denne analyseprosessen inngår effektivitetsberegning og kostnadsberegning som nødvendige deler.

### **3.2 Effektivitetsberegning**

Effektivitetsberegningen kan ses på som en del av analysemetoden, men beskrives først, fordi den er premissleverandør for oppbygningen av metoden. Metoden er beskrevet i (2) og (3) som behandler beregning av effektivitet av organisasjoner fokusert på kommando og kontroll (K2) delen (se også (4)). Effektivitet av K2 vil manifestere seg gjennom hvor effektivt resten av organisasjonen kan utnyttes. Derfor vil beregning av effektiviteten til andre deler av organisasjonen være en forutsetning for beregning av K2-delens effektivitet. På denne måten vil beregning av effektivitet for alle organisasjonens komponenter kunne integreres gjennom denne metoden.

Kort oppsummert består beregningen i, for valgte strukturalternativer, å definere og løse et hierarkisk oppbygget null-sum spill. Å løse spillet betyr å beregne verdien av spillet (ved å angi en delvis ordnet preferansestruktur på mulige utfall av spillet og beregne forventet utfall under forutsetning av at begge parter i striden opptrer rasjonelt). En nærmere beskrivelse av begreper og teori kan f.eks. finnes i (5).

OPKOLA prosjektet har fokusert på Hærstrukturer for å løse invasjonsoppgaven, og spillet for dette problem omfatter valg av overordnet strategi for bruk av styrkene på egen og motstanders side. Utfallet av et slikt spill kan være knyttet til hvor lenge egne styrker har kontroll over viktige områder, sannsynligheten for å holde viktige områder en viss tid, sannsynligheten for at invasjonen ikke lykkes, kombinasjoner av disse, eller andre mål som stilles opp i samarbeid med oppdragsgiver. Metoden forutsetter at det knyttes en nytte til hvert mulig utfall. Man må sammen med oppdragsgiver finne frem til en måte å rangere utfall etter nytte. Den eller de strukturer med assosierte strategier som har størst nytteverdi er den løsning som søkes.

Beregningen av utfall gjøres ved å beskrive og beregne kampanjeforløp. Disse kampanjeforløp oppstår som resultat av at en valgt strategi på begge sider spesifiseres og beregnes. En strategi kan gi opphav til flere forskjellige kampanjeforløp med forskjellig utfall. Et slikt kampanjeforløp vil opptre med en viss sannsynlighet, som må estimeres for at spillets verdi kan beregnes.

Modellering av strid i et spill er et mangedimensjonalt og komplekst problem der en bare kan ha ambisjon om å finne løsninger som er rimelig nær optimale. Dette skal oppnås ved en iterativ metode, der en stadig forsøker å finne frem til forbedringer av de studerte strukturer som øker

egen nytteverdi.

### 3.3 Kostnadsberegning

I oppgavefordelingen mellom strukturanalyseprosjektene på FFI var, naturlig nok, kostnadsberegninger i første rekke tillagt Forsvarsanalysen. OPKOLA har bare i begrenset grad arbeidet med kostnadsproblemstillinger, og metoden vil bare meget summarisk behandles her, med videre henvisning til arbeidene i Forsvaranalysen (6).

Målet med kostnadsberegninger er å kunne beregne kostnadene for aktuelle strukturer for å sammenligne disse med forventet budsjettutvikling, og sikre at den enkelte struktur er økonomisk realiserbar. Budsjettutviklingen er en prognose for årlige forsvarsbudsjetter i planleggingsperioden, med angivelse av hvilken del som forventes å bli benyttet til anskaffelse og drift av Hærkomponenter. Det er naturlig at Hæren (som oppdragsgiver) gir de estimater av budsjettutviklingen som vil inngå som forutsetninger i en strukturanalyse.

Kostnadsberegningen er i første rekke et dataproblem. Det er vanskelig å finne gode realistiske kostnadsestimater for fremtidige systemer som kanskje knapt befinner seg på tegnebrettet når studien gjennomføres. Kostnadsestimater vil kunne være basert på priser gitt av leverandører, kostnader fra lignende eksisterende systemer, og beregninger. Erfaringsmessig vil prisen på en type militært materiell (f eks en stridsvogn) stadig øke ut over det nivå som kan tilskrives generell inflasjon. Dette forklares ved at denne type materiell stadig forbedres, og reflekteres gjennom en såkalt teknologisk fordyrelsesfaktor (TKF). Kostnaden for en strukturkomponent vil således være avhengig av på hvilket tidspunkt den anskaffes.

KOSTMOD er et innarbeidet planleggingsverktøy for Forsvaret. Dette verktøyet inneholder data og funksjoner som gjør det mulig å spesifisere en innfasningsstrategi som tar hensyn til avhengigheten mellom kostnad og anskaffelsestidspunkt, og således kostnadsberegne en struktur og dens komponenter.

Ved å benytte TKF er ikke sammenhengen mellom operativ ytelse og pris beskrevet. Dette kan introdusere en unøyaktighet i studien ved at ytelsen strengt tatt vil avhenge av anskaffelsestidspunkt. I OPKOLA ble det satt i gang en forstudie for å finne ut om det var mulig å knytte kostnader til kapasiteter (f eks mobilitet, ødeleggelseskapasitet o l). Hovedproblemet med en slik fremgangsmåte synes å være å få tilstrekkelig gode kostnadsdata for komponentene i systemet (i forstudien ble stridsvogn valgt som eksempel).

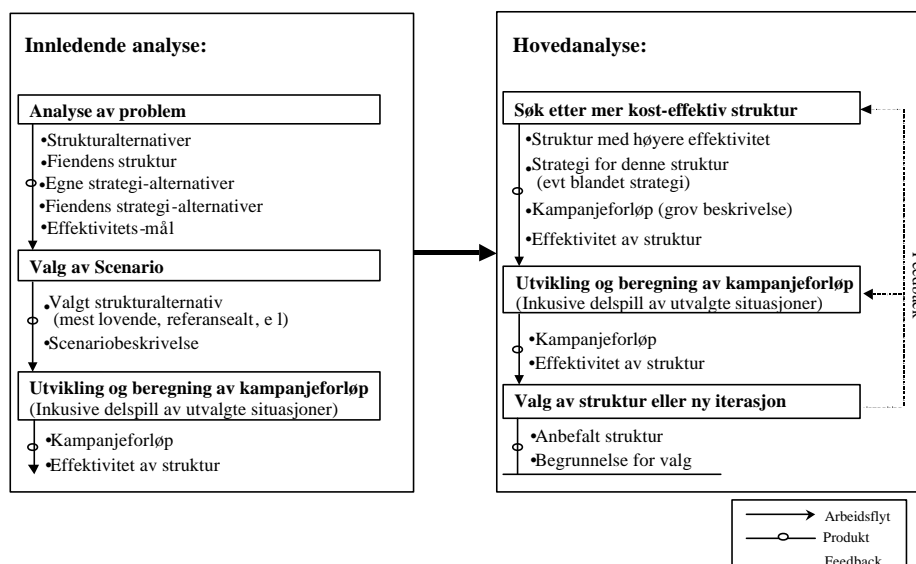
### 3.4 Analysemetode

Skjematisk beskrevet vil den iterative analysemetode bestå av det følgende:

Det er viktig å skaffe seg et godt utgangspunkt for analysen. Derfor må det legges arbeid i å skaffe seg en oversikt over problemet. Dette er første skritt og innebærer klarlegging av strukturalternativer, valg av effektivitetsmål og kartlegging av alternative strategier for begge sider. På dette grunnlag velges et scenario som intuitivt virker interessant. Ett (eventuelt et lite antall) kampanjeforløp frembringes basert på dette scenariet. Det valgte strukturalternativ med

utviklet kampanjeforløp er utgangspunktet for analysen.

Neste ledd i metoden er å forsøke å finne frem til alternative strukturer som kan tenkes å gi bedre resultater. Den innledende analyse har frembrakt grunnlag for å grovt formulere et optimeringsproblem av den typen som er beskrevet i avsnitt 2.2, og som kan behandles maskinelt. Løsningen i form av et strukturalternativ med tilhørende strategier vil danne grunnlag for en mer inngående analyse der et (eller flere etter avveining mellom nytte og innsats) kampanjeforløp utvikles. På dette grunnlag vurderes om det er verdt å gå videre i en ny iterasjon med formulering av et nytt optimeringsproblem, eventuelt med et direkte valg av ny struktur som skal utfallsberegnes. Begrunnelsen for videre iterasjoner kan enten være at det vurderes som sannsynlig at en struktur som ikke er beregnet vil gi vesentlig større nytteverdi eller at grunnlaget for beregningene endres som følge av øket innsikt. Beskrivelsen av analysemetoden er oppsummert på figur 3.2 nedenfor.



Figur 3.2 Beskrivelse av analysemetoden. Arbeidsflyt og hovedresultater fra viktige deler av prosessen frem mot endelig resultat er vist.

Beskrivelsen ovenfor gir hovedlinjene i hvordan man kommer frem til et resultat. Viktige trekk ved metoden er den sterke oppdelingen i stadig mer detaljerte delproblemstillinger som studeres separat, og utnyttelse av militært skjønn på lik linje med resultater fra studier og forsøk. Således vil det hierarkiske spill inneholde en rekke delspill som studeres separat. F eks vil en strategi innebære trefninger. Disse vil igjen kunne behandles som null-sum spill hvor alternativene er alternative måter å føre striden på. Et slikt spill vil studeres separat og resultatet i form av et forventet utfall eller en fordeling av utfall vil inngå som forutsetninger i den overordnede analyse. Ved denne oppdelingen oppnås strukturering og forenkling av et sammensatt problem, og bedre representativitet av resultatene ved at resultater generaliseres før de benyttes på overordnet nivå.

Bruk av militært skjønn vil være viktig for å kunne foreta en slik studie, fordi det i praksis ikke

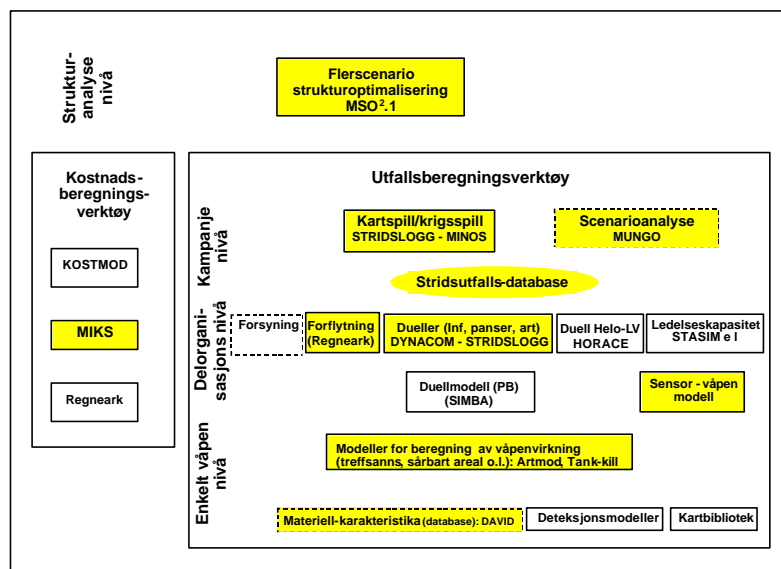
lar seg gjøre å basere analysen på et fullstendig eksperimentelt grunnlag. Siden metoden skal understøtte en beslutning, vil beslutningstagerens oppfatninger, når de er innbyrdes konsistente, kunne inngå i beslutningsgrunnlaget. Således vil det være metodisk akseptabelt å inkludere data som resulterer fra militære vurderinger (d v s beslutningstagerens representanter), og som det er stor grad av enighet om. Det vil imidlertid være fordelaktig at det militære skjønn kommer inn på et så detaljert nivå som mulig, fordi grunnlaget for vurderingene da er sikrere.

## 4 MODELLHIERARKI

For å gjennomføre analyseprosessen som er beskrevet må ulike verktøy benyttes. Disse vil grupperes i et hierarki avhengig av problemstilling og nivå i analyseprosessen. Prosjektets samlede modellhierarki er beskrevet i relasjon til de nivå som analysen krever. I dette kapittel gis en oversikt over modellhierarkiet, med beskrivelse av hvorledes de enkelte modeller hører sammen, og beskrivelse av de verktøy som ikke direkte støtter beregning av kampanjeforløp. De sistnevnte utgjør hovedtyngden og er derfor samlet i et eget kapittel 5.

### 4.1 Oversikt over modellhierarkiet

Figur 4.1 viser en oversikt over viktige modeller og deres plassering i modellhierarkiet. Verktøy/modeller er på figuren gruppert etter hvilken funksjon det har i analyseprosessen og plassert i henhold til sitt nivå i modellhierarkiet. Øverst er verktøy som støtter strukturanalyser plassert. På dette nivå vil resultater fra neste nivå kostnadsberegninger og utfallsberegninger bli benyttet. Verktøy som støtter kostnadsberegninger er ikke organisert i hierarki siden de mer utfyller hverandre enn benyttes på forskjellige nivåer. Verktøy som støtter utvikling og utfallsberegning av veldefinerte stridsforløp er organisert i et hierarki slik at resultater fra ett nivå benyttes som grunnlag for neste nivå. Figuren viser også hvilke verktøy det er arbeidet med i OPKOLA prosjektet, og deres status ved prosjektets avslutning.



Figur 4.1 Oversikt over viktige modeller i modellhierarkiet. Prosjektet har arbeidet med de modellene som har farget bakgrunn. Stiplet rand betyr at en modell ikke er fullt operativ.

Den struktur som er vist på figuren ovenfor reflekterer også rekkefølgen i beskrivelsen av det enkelte verktøy i dette og neste kapittel.

I gruppen for verktøy som støtter strukturanalyser er Modell for StrukturOptimering i Multi-Scenario Operasjoner (MSO<sup>2</sup>) det eneste. Modellen er dokumentert i (7). MSO<sup>2</sup> er en optimeringsmodell som i prinsippet direkte skal løse det problem som er formulert i avsnitt 2.2. Det er imidlertid en meget grov modell, og man vil i praksis ikke være sikret at løsninger funnet med denne modellen er de teoretisk optimale. MSO<sup>2</sup> vil benyttes til å frembringe interessante strukturalternativer for nærmere studier. Modellen vil også kunne benyttes for å utforske og finne frem til ”optimale” strategialternativer for en gitt struktur.

Under verktøy for kostnadsberegninger er modellene KOSTMOD (8) og MIKS (7) listet. Begge disse modellene benyttes for å studere innfasingstrategier. Forøvrig er regneark et meget nyttig og benyttet verktøy til å støtte kostnadsberegninger.

Den delen av modellhierarkiet som støtter utvikling og utfallsberegning av veldefinerte stridsforløp er igjen organisert i 3 nivåer som hver indikerer nivået for de problemstillinger modellene skal bidra til å besvare. Hensikten med å organisere modellene i et slikt hierarki er å oppnå balanse i den enkelte modell ved at den er aggregert opp til et enhetlig nivå. Hver modell er laget for en bestemt type studier og resultater fra disse studiene vil inngå som datagrunnlag i modellene på nivået over. Denne modelleringsfilosofi kan karakteriseres som problemorientert (i motsetning til systemorientert).

## 4.2 Komponentene i modellhierarkiet

Det øverste nivå i hierarkiet med utfallsberegningsverktøy er kalt ”kampanjenivå”. På dette nivå benyttes modellene til å studere kampanjeforløp og overordnet utfall. På kampanjenivå er det listet to modellsystemer, nemlig STRIDSLOGG (9) og MUNGO (10).

STRIDSLOGG sammen med MINOS (11) og regneark vil være verktøy for å utvikle og beskrive stridsforløp. STRIDSLOGG er et tegne-, fremvisnings-, og loggføringsverktøy, spesielt utviklet for å kunne benyttes til å beskrive stridsforløp i forbindelse med kartstudier, krigspill o.l. I slike kartstudier/krigspill vil utfall ofte bli bedømt skjønnsmessig, for eventuelt å bli verifisert senere. Verktøy som MINOS og regneark er utviklet for rask grovestimering av utfall. MINOS vil også tjene som verktøy for bokhold av pågående strider og landstridsavdelingens status. I prosjektet er det også laget enkle regnearkmodeller for beregningsstøtte, en modell med nær de samme funksjoner som MINOS, og en annen for beregning av fremrykningshastigheter og tider.

MUNGO er et alternativ til STRIDSLOGG/regneark for å utvikle og beskrive stridsforløp. Modellen inneholder, i tillegg til en beskrivelse av avdelingene og beregningsverktøy for utfall av strid, også beskrivelse av fremføringsakser og enkle modeller for å simulere fremføringsprosessen på land. Denne funksjonalitet forenkler arbeidet med å sikre konsistente kampanjeforløp. På det utviklingsnivå som MUNGO har i dag vil det kreve større innsats og større ekspertise for å benytte MUNGO enn for kombinasjonen STRIDSLOGG/regneark, valget av modell for å utvikle og beskrive stridsforløp er derfor en avveining mellom fordeler og ulemper.

Neste nivå i hierarkiet er kalt ”delorganisasjonsnivå” som henspiller på analyse av kapasiteten til spillbrikker og utfallsberegning av operasjoner med disse. Typiske spillbrikker i landstriden vil være bataljoner. På delorganisasjonsnivå er et sentralt og komplisert problem å beregne utfallet av trefninger/strid med inhomogene (sammensatte) styrker. Dette innebærer beregning av dueller som i modellsammenheng representerer en stor utfordring. Duellutfallet er meget avhengig av hvorledes striden føres, mens hvorledes striden føres er nøye knyttet til hvorledes resultatet av duellen dynamisk utvikler seg over tid. Vanskeligheten er å beskrive denne koblingen. DYNACOM (13) er verktøyet utviklet for denne problemstillingen. Modellen kan benyttes for kombinasjoner av våpentypene stridsvogner, pansrede kjøretøyer, infanteri og artilleri.

Resultater fra duellstudiene organiseres i en stridsutfallsdatabase. Organisering av resultatene i denne databasen har to hensikter. Data fra databasen inngår direkte som datagrunnlag for estimering av stridsutfall i modellene på høyere nivå. Ved organiseringen i en database kan utfall av strider som ikke er detaljstudert estimeres ved å finne stridsbetingelser i databasen som ligger nær opp til stridsbetingelsene for den striden som ønskes estimert. Stridsutfallsdatabasen forutsettes å vedlikeholdes ved innpassing av resultater etter hvert som disse foreligger. Denne innpassingen gjøres ikke ukritisk, men ved vurdering av om de nye resultatene er i overensstemmelse med settet av tidligere resultater. Dette vil ofte ikke være tilfellet og uoverensstemmelser bør kunne forklares og resultater justeres. Denne prosedyren bidrar til å øke konsistensen i resultatene fra duellstudiene og generaliteten til de grunnlagsdata som benyttes i analysen på høyere nivå, og derved økes representativiteten av resultatene på dette nivå.

Det hadde vært ønskelig å inkludere stridshelikoptre og luftvern i DYNACOM, men dette har ikke latt seg gjøre av tids- og ressursmessige årsaker. Derfor må studier av helikoptre og luftvern gjøres med dedikerte modeller. Dette kan gjøres med HORACE-modellen (13). Resultatene fra HORACE vil i prinsippet ha tilsvarende format som resultatene fra DYNACOM. Dermed kan også disse resultater inngå i stridsutfallsdatabasen.

Indirekte operasjoner er et sentralt begrep i tenkningen omkring manøverorientert krigføring. I denne sammenheng blir konsekvensen av å ta ut K2-komponenter viktig å kunne studere. STASIM (14) er et verktøy for å kunne estimere forsinkelser i K2-systemet når tidspunkt og grad av ødeleggelse på identifiserte K2-komponenter er spesifisert. Verktøyet er et generelt verktøy for beskrivelse K2-struktur, ledelsesprosesser og informasjonsflyt. Forutsatt at ledessystemet for begge de stridende parter er modellert og beskrevet i STASIM kan forsinkelser i spesifiserte situasjoner beregnes. Det ble under prosjektet ikke tid til å legge inn eget og fiendens ledessystem. Dersom dette var gjort, ville det vært aktuelt å organisert resultatene i en database/tabell tilsvarende stridsutfallsdatabasen.

Input i form av tidspunkt og grad av ødeleggelse på identifiserte K2-komponenter som STASIM krever, beregnes ved hjelp av sensor - våpen modellene. En av disse modellene beregner en situasjon hvor beslutning om å ødelegge et prioritert mål er tatt, og våpen/sensor ressurser avsatt til denne oppgaven er spesifisert. Modellen beregner da sannsynligheten for å slå ut målet, og en fordeling som viser hvor raskt målet kan slås ut etter at beslutning er tatt. En annen modell estimerer hvor mange prioriterte mål som kan slås ut i løpet av en gitt tid når våpen/sensor ressurser avsatt til denne oppgaven er spesifisert. Utfallet av å angripe K2-

systemet, i form av forsinkelser i operasjonene, og eventuell manglende evne til å skifte kurs når situasjonen endres, kan estimeres med kombinasjonen av sensor - våpen modellene og STASIM. (Effekter som redusert rasjonalitet i beslutninger under stress, ved angrep på K2-systemet er det foreløpig ikke mulig å få tatt hensyn til.)

I det nye operasjonskonseptet spiller manøver en stor rolle. Tidspunktet for når en avdeling forventes å være fremme i et område kan være avgjørende for hvilke styrker som møter hverandre i strid og for stridsutfall. Det er ikke utviklet noen modell for å studere forflytninger, men en enkel beregningsalgoritme er laget, med tilhørende data basert på erfaring og prøver (15). Det er lagt vekt på å gjøre det grunnleggende datasettet konsistent med militært skjønn, slik at forhold vurdert som mindre gunstige for forflytning også gir lengre forflytningstider. I tillegg til rimelig gode estimater for forflytningstider, oppnås at estimatene også blir innbyrdes konsistente. Dette er som nevnt viktig å tilstrebe når data basert på skjønn benyttes.

Modellhierarkiet inneholder foreløpig ikke verktøy for å studere konsekvensene av å angripe logistikksystemet. Overslagsberegninger tyder på at det skal stor innsats til for å påvirke motstanderen gjennom å angripe forsyningssystemet. Modeller som allerede er i hierarkiet vil kunne benyttes i forbindelse med slike beregninger, således vil modellene DYNACOM, HORACE og SIMBA bokføre ammunisjonsforbruk. Grove anslag av forbruk av drivstoff vil kunne gjøres basert på erfaringsdata. Det finnes også data om hyppighet av feil på nøkkelmateriell delvis basert på erfaring, uten at disse er systematisert.

DYNACOM arbeider med grupper av våpen og gjennomsnittlige verdier, og resultatene er forventningsverdier. En fullgod studie krever at det også er mulig å studere effekten av egenskaper til enkeltvåpen og måter å benytte enkeltvåpen på. Eksempler kan være effekten av at et panserbekjempelsesrakettvåpen kan slås ut under våpenets relativt lange flytid, reduksjoner i effektiviteten på grunn av begrensninger i eksponeringstid mot reaksjonstid og flytid, effekt av innbyrdes orientering av våpen sensorer og mål, begrensede observasjonssektorer etc. Slike problemstillinger vil kunne studeres med SIMBA (16) modellen. SIMBA er en stokastisk modell og resultater fra studier med denne modellen vil kunne benyttes til å vurdere gyldigheten av de gjennomsnittlige beregninger som DYNACOM gir. SIMBA er egnet for strid opp til kompaninivå med panserbekjempelsesvåpen mot pansrede kjøretøy.

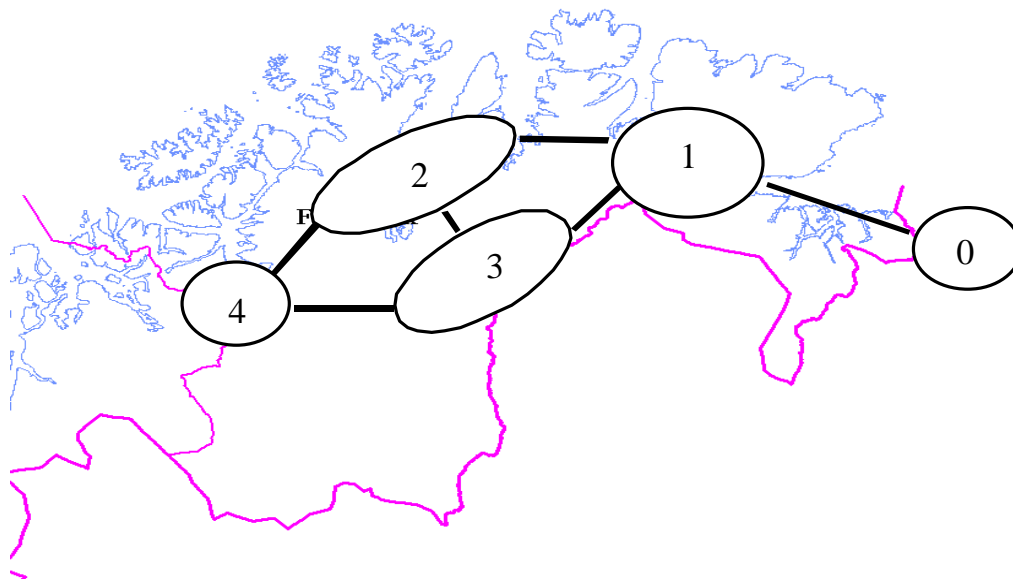
På det tredje nivå, kalt "enkelt våpen nivå", benyttes modellene til å beregne kapasiteten til det enkelte våpen. Dette nivå omfatter ulike detaljnivåer fra studier av effekten til grupper av våpen f eks artilleribeskytning mot et gitt mål, til studier av ødeleggelse i kjøretøy ved treff fra forskjellige vinkler. På dette nivå inngår også grunddata som fortrinnsvis er resultat av fysiske eksperimenter, og for systemer som ikke eksisterer, systemorienterte simuleringer, men ofte vil slike data være eksperters beste estimat basert på skjønn.

Bruk av modellhierarkiet må ha en beskrivelse av styrkene på begge sider. Beskrivelse av styrker har to formål. Man må beskrive styrkene slik at offiserer som skal utnytte styrkene (utvikle scenariene) har en tilstrekkelig god forståelse av styrkekomponentenes kapasiteter til å disponere dem. Styrkene må også beskrives slik at de modeller som skal beregne utfall av en operasjon har de informasjonen som er nødvendig for beregningen.

Det er i prosjektet utarbeidet en beskrivelse av potensielle motstanderstyrkers organisasjon og operasjonsmønster. Denne beskrivelsen regnes som representativ med hensyn til styrker og måten å operere på i fremtiden.

### 4.3 Verktøy på strukturanalysenivå - MSO<sup>2</sup>

Modell for StrukturOptimering i Multi-Scenario Operasjoner, versjon 1 (MSO<sup>2</sup>.1) er resultatet av arbeidet for å løse det problem som er formulert i avsnitt 2.2 grovt, men raskt. Modellen er dokumentert i (7) og (17), men en kort beskrivelse av modellens egenskaper er gitt nedenfor.



Figur 4.2 Terrenggraf med noder og akser. Noder er områder med terrengegenskaper og er knyttet sammen med akser med mobilitetskapasiteter.

Modellen beskriver stridsområdet ved en terrenggraf. Eksempel på en slik terrenggraf er vist i figur 4.2. Styrker er beskrevet som antall bataljonsenheter og kan være av forskjellig type. K2-kapasitet behandles som en ressurs på linje med styrker. Også fly og luftvern er inkludert som ressurser. Modellen beregner kampanjeforløp i form av distribusjonen av styrker i tilstand, rom og tid. Dette innebærer for ethvert tidspunkt i et sett av tidspunkter, styrkene i hver node og akse fordelt på antall mulige tilstander. Antall tidspunkter er bestemt av maksimal tid kampanjen vil vare og den tidsoppløsning man ønsker, f eks vil 14 dagers kampanje med 12 timers oppløsning gi 24 tidsstep i settet. Eksempler på tilstander kan være under overføring, i forsvarsstrid, i angrepsstrid, tapt. Det er bygget inn i modellen, i form av begrensninger, at fordelingen av styrkene ved forskjellige tidspunkt er konsistente med fysiske lover og operasjonsmessige begrensninger som f eks overføringskapasiteter mellom nodene, overføringstider, rom for utgruppering, K2- kapasitet, tapsutveksling i nodene etc. Med andre ord skal de kampanjeforløp som modellen søker blant være i overensstemmelse med et forløp man kunne ha fått ved en manuell simulering av striden fra starttidspunkt til sluttidspunkt. Modellen søker seg automatisk frem til kampanjeforløp som er optimale med hensyn på et gitt kvantitativt mål. Et eksempel på et slikt mål kan være den vektete sum av styrkeforhold i alle områder og til alle tidspunkter.

Maksimin-løsninger finnes ved å starte med et valgt kampanjeforløp, optimalisere den ene siden



(f eks Blå), mens strategien til den andre siden (Rød) fikseres, deretter fikseres Blå og Rød optimaliseres. Prosedyren med vekselvis fiksering og optimalisering fortsetter, men ved hver optimalisering benyttes etter hvert flere fikserte strategier, slik at optimal struktur er testet mot forskjellige av motstanderens strategier. På denne måten får man også introdusert blandede strategier i spillteoretisk forstand. I praksis kan man bare ta et lite antall strategier inn i den mengden som man optimaliserer mot, dessuten er det vanskelig å fikse en strategi på en god måte, derfor vil man ikke sikre at den optimale løsning nødvendigvis er den globalt optimale løsning av det null-sum spill man søker å løse.

Inngangsdata til modellen må hentes fra studier med mer detaljerte modeller, der resultatene aggregeres til størrelser som inngår i MSO<sup>2</sup>. Typiske problemstillinger i forbindelse med å skaffe data til modellen er aggregerte tapsrater som gir en stridsutvikling i nodene som samsvarer med det en får ved detaljerte studier, koeffisient for reduksjon av overføring av styrker mellom to områder når K2-kapasiteten reduseres o l.

Resultatet er en modell som grovt får med effekten av operasjonskonsept, oppdrag, K2, informasjon, manøver, taktisk støtte, logistikk og kostnader. Videre gir modellen et tall som uttrykk for effektiviteten av hærstrukturen. Modellens resultater vil være robuste overfor variasjoner i motstanderens strategi.

Modellen er meget fleksibel. Det er blant annet meget enkelt å variere målfunksjonen. Ved f eks å variere vektene i eksempelet med den vektete sum av styrkeforhold, kan man reflektere forhold som at noen områder kan være viktigere å holde enn andre, eventuelt at det er viktigere å ha kontroll over et spesielt område ved slutten av kampanjen enn ved starten. Inngangsdata til modellen er godt strukturert og kan lett endres for å gjøre parametriske variasjoner. Det er i prinsippet lett å forandre eller legge til sammenhenger i modellen siden de enkelte begrensningsslikninger kan behandles uavhengig av hverandre. Men introduksjon av nye sammenhenger øker kompleksiteten i modellen og gjør at det er vanskeligere å finne en løsning.

Problemet med metoden er at det rent beregningsteknisk er vanskelig å finne løsningen, spesielt på grunn av det store antall variable som inngår kombinert med at modellen er ulineær. Disse problemene betyr at store forenklinger må gjøres for å få modellen til å virke. Dermed blir modellen grov. Resultatene fra modellen bør derfor studeres nærmere med manuelle metoder. Dette forenkles ved at modellen gir, assosiert til mest effektiv hærstruktur, et fåtall kampanjeforløp som representerer optimale strategier for strukturen. Kampanjeforløpene kan tolkes og benyttes som grunnlag for en manuell analyse. Denne analysen skal sikre at operativ realisme er ivaretatt, og måle effekten av modellens forenklinger.

MSO<sup>2</sup> kan benyttes til følgende problemstillinger:

- Styrkestrukturanalyse for et sett av scenarier (evt også inkludert internasjonale operasjoner) med gitt kostnadsramme (helst direkte kosteffektiv struktur gitt både effekt- og kostbeskrivende (aggregerte) funksjoner som del av analysemodellen)
- Styrkedimensjonering i et gitt scenario (dvs kosteffektiv komponentstruktur, helst også direkte som del av kosteffektiv styrkestrukturanalyse over)
- Evaluering av "beste" handlemåter i et scenario for en gitt styrkestruktur (basert på (kanskje flere) effektivitetsmål, også for manøverorienterte operasjoner)

Analysemodellen optimerer struktur for komponentstyrker med støttekomponenter i et gitt scenario og er tilpasset for også å optimere over f eks en sannsynlighetsfordeling av scenarier for å finne en totalt sett mest mulig robust struktur. Med struktur menes her kun antallet og settet av komponenter i strukturen; implementering av en struktur i løpet av en planperiode utføres vha en annen modell, f eks basert på optimering av anskaffelse over planperioden.

Med ulineære kriterier og beskrankninger vil det teknisk være vanskelig å finne optimal løsning, mange løsningsalgoritmer ble forsøkt i prosjektet. Ofte ender søket etter det globale optimum i et lokalt optimum. Noen løsningsalgoritmer søker derfor etter flere lokale optimum, og bruker det beste av disse som estimat av globalt optimum. En slik løsningsalgoritme, kalt HOTDOG (Heuristisk Oppskrift Til å Determinere Optimum Globalt / Heuristic On The Determination of Optimum Globally), er utviklet som et tillegg til modellen og er kort beskrevet i (17)). Denne algoritmen har vist seg rask og robust også for store ulineære problemer.

#### 4.4 Kostnadberegningsverktøy – KOSTMOD, MIKS

Kostnadberegningsverktøyene KOSTMOD og MIKS har begge som formål å studere innfasingsstrategier. KOSTMOD er hovedverktøyet, mens MIKS kan supplere KOSTMOD når det letes etter optimale strategier.

KOSTMOD (8) er et innarbeidet planleggings-dataverktøy for Forsvaret. Med KOSTMOD kan konsekvensene av ulike innfasingsstrategier for avdelinger studeres (6). Enkelt sagt simulerer KOSTMOD utgiftsforløpet ved inn og utfasing av avdelinger som trenger personell og materiell. Verktøyet har en automatikk som kjøper inn tilsvarende antall for en materielltype når levetiden er utløpt. Operatøren kan endre denne automatikken for de materielltyper han ønsker og legge inn sin egen. På denne måten kan han studere konsekvensene av ulike materiellplaner.

KOSTMOD har en database over alle de viktige materielltyper i Forsvaret. Basert på forutsetninger om levetid og kostnadsutvikling (som regel i form av en TKF) for de ulike materielltyper estimerer KOSTMOD samlede årlige investerings- og driftskostnader for hele eller deler av Forsvaret. Det kan så legges inn en ny innfasingsstrategi, som kan beregnes.

Det mest betydningsfulle ved KOSTMOD er dens oppdaterte database med kostnads- og levetidsdata. Denne ligger til grunn for mye av strukturplanleggingsarbeidet ved FFI og sentralt i Forsvaret.

Innfasingsmodellen MIKS (Modell for Innfasing av Kosteffektiv Struktur) er utviklet i OPKOLA for minimering av total kostnad for innfasing over tid av den optimale struktur.

MIKS-modellen (7) søker å innfase en beregnet struktur over tid under hensyn til bl a teknologisk fordyrelse av materiell fra KOSTMOD. Modellen kan benytte ressursdata fra KOSTMOD som underlag for en optimal innfasing av komponentandeler over tid der total kostnad inkludert teknologisk fordyrelse inngår. Modellen søker å fase inn hele eller deler av avdelinger (komponenter), slik at de til enhver tid er oppsatt med det materiell som inngår; derved vil materialet kunne bli faset inn i separate perioder og ikke som sammenhengende prosjekter. Det er også enkelt å se evt konsekvenser av forsinket innfasing av valgt(e)

komponent(er), slik at følsomhet av ulike innfasingshensyn også kan studeres.

Det er mulig å endre målfunksjonen som minimerer sum av avdelingsandelingskostnadene til å minimere totale materiellprosjektkostnader dersom man angir hvor mye materiellprisen påvirkes av "batch"-størrelsen på materialet.

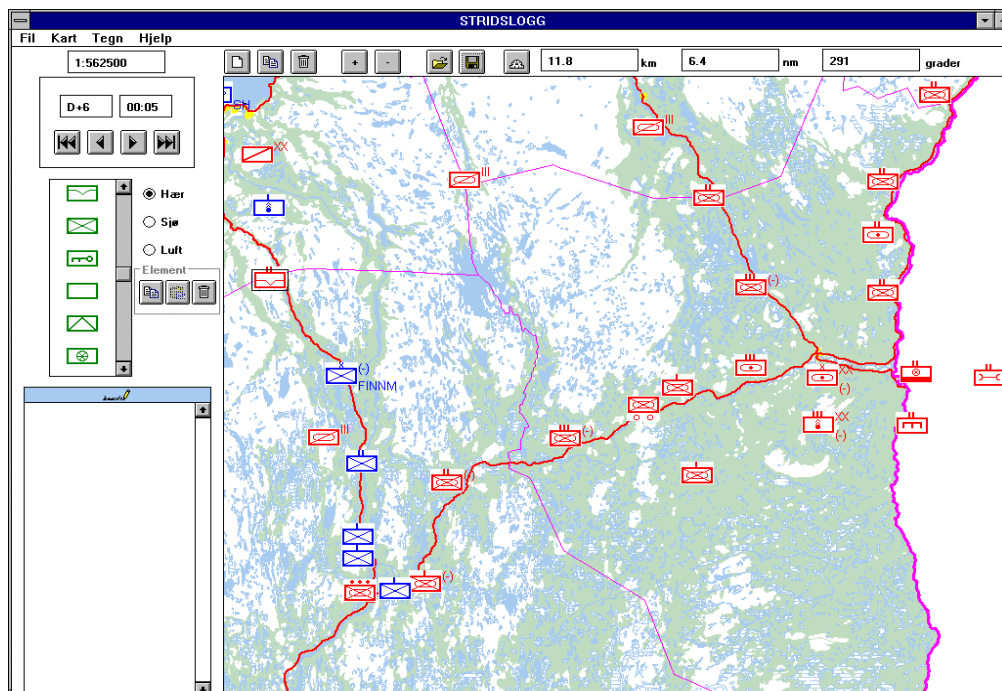
En menybasert interaktiv applikasjon er laget med direkte oppdatering av data fra databaser (f eks MS ACCESS).

## 5 UTFALLSBEREGNINGSVERTØY

### 5.1 Loggføring og presentasjonsverktøy for spill og analyser - STRIDSLOGG

STRIDSLOGG er et verktøy som er utviklet for loggføring av stridsanalyser og kartspill. Den ble utviklet under FFA-prosjektet, og videreutviklet under OPKOLA prosjektet. Dette verktøyet har funksjonalitet som gjør det mulig å representere hendelsesforløp i tid og rom. Slike forløp kan lagres på fil og senere hentes inn for endring og fremvisning,

I STRIDSLOGG beskrives stridsutviklingen i form av en sekvens av kartskisser. Hver kartskisse viser et tidsutsnitt med posisjonen til alle spillbrikker (avdelinger) på en kartbakgrunn. Det er også anledning til å knytte skriftlige kommentarer til tidsutsnitt og spillbrikker. Figur 5.2 viser eksempel på hvorledes et slikt kartutsnitt ser ut på en dataskjerm.



Figur 5.1 Eksempel på STRIDSLOGGs brukergrensesnitt.

STRIDSLOGG har en rekke funksjoner som forenkler prosessen med å utvikle og bearbeide stridsforløp. Noen av de viktigste er:

- Et symbolbibliotek som gjør det enkelt å generere nye avdelinger og å plassere disse på kartet. Symbolbiblioteket inneholder symboler for hær-, luft- og marineavdelinger.
- Zoom-mulighet som gjør det mulig å fokusere ned på delsituasjoner med større detaljer
- Organisering av avdelingene i den hierarkiske strukturen. Det kan for hver avdeling løpende velges hvilket nivå i denne hierarkiske strukturen som skal vises. Dette gjør det enkelt å lage oversiktsbilder der bare hovedavdelingen vises og ta ut utsnitt hvor flere detaljer vises.
- Felt for kommentarer i det aktuelle bilde/utsnitt (vist på figur 1.2). Det vil også være felt for kommentarer knyttet til hver avdeling.
- Et situasjonsbilde kan kopieres. Dette er normalt måten å starte opptegningen av et nytt situasjonsutsnitt på. Avdelingssymboler kan flyttes og statusinformasjon endres etter behov.

Situasjonsbildene som hører til ett stridsforløp/kampanjeforløp er samlet i en sekvens ordnet på tid. Tema-informasjon på kartet som veier, navn, høydekurver etc er tilgjengelige og kan slås av og på etter ønske. I dag er kartet og kartdata som følger med programmet laget av Statens kartverk og omfatter kart over Norge i målestokk 1:250.000. STRIDSLOGG er nærmere beskrevet i (9)

STRIDSLOGG må anses som et ferdigutviklet verktøy. Brukerne av dette verktøyet kommer naturligvis stadig med ønsker om forbedringer. STRIDSLOGG har vært benyttet i flere sammenhenger og i flere prosjekter. De grovste feil er dermed luket ut og programmet er ganske stabilt.

Hvert forløp (sekvens av situasjonsbilder) lagres som i en fil. Organiseringen av kampanje- og stridsforløp skjer utenfor STRIDSLOGG og kan oppnås for eksempel gjennom datamaskinens fil/mappe system.

STRIDSLOGG-beskrivelsen av et stridsforløp vil normalt være resultatet av et spill eller en kartstudie der en systematisk går fremover i tid mens utfall av de prosesser som forutsettes å ligge under den sekvens av situasjoner som beskrives, beregnes eller bedømmes.

## **5.2 Beregnings- og bokholderiverktøy for spill - MINOS**

MINOS er et dataverktøy for bokhold av statusinformasjon og estimering av stridsutfall. Verktøyet er utviklet for treningsspill av FFI i Prosjekt 651 CAX (Computer Assisted Exercises). MINOS er dokumentert i (11).

I MINOS er avdelingene spesifisert ved sin type og ved nivå på de 5 kapasitetsnivå-kategorier: APC, ART, ATA, INF, TAN (pansret personellkjøretøy, artilleri, antitank, infanteri, stridsvogn).

Estimering av stridsutfall utføres ved "Lanchester-beregning". Tapsratematrixene som inngår i denne beregningen baserer seg på stridsutfallsberegning med mer detaljerte modeller, hovedsakelig DYNACOM. Resultatene fra DYNACOM aggregeres til tapsratematiser.

Aggregerte data fra en rekke studier er organisert i en database. Når et utfall skal bedømmes spesifiseres stridsparametre, som stridstype, terrengetype etc. og MINOS henter opp den aktuelle tapsratematriksen fra databasen sammen med avbruddskriterier, beregner utfallet, og oppdaterer avdelingenes statusinformasjon (gjenværende kapasiteter).

Resultatet fra MINOS er et grovt estimat av utfallet i form av, hvem som vinner, stridstid, og gjenværende kapasiteter. Utfallet skal oppfattes som representativt for stridsituasjoner av den type som er spesifisert, og er innbyrdes konsistent med andre stridsutfall estimert med MINOS. MINOS har et grafisk grensesnitt som gjør det enkelt og raskt å bruke når inngangsdata er lagt inn. MINOS inneholder også tabeller for grov estimering av tap ved flyangrep med bomber mot hærformasjoner.

Som analyseverktøy er MINOS ikke så fleksibel som ønskelig. Derfor er det laget en regneark-versjon, med en forenklet utfallsberegning algoritme, men med større fleksibilitet. MINOS utfallsalgoritmer er også programmert inn i MUNGO (18) og (19).

### **5.3 Dynamisk beskrivelse av kampanjeforløp - MUNGO**

MUNGO er et dataverktøy for å utvikle og beskrive kampanjeforløp. Det er utviklet under Forsvarsanalysen, opprinnelig med formål for å studere fremskutte operasjoner. OPKOLA har også bidratt til utviklingen av MUNGO.

MUNGO er en form for simuleringsverktøy. Kampanjen utvikles ved spesifisering av aksesystem for forflytninger, i form av en såkalt node-kant graf, spillbrikker (oftest avdelinger av bataljonsstørrelse), med angivelse av hvorledes spillbrikken er utrustet, og instruksjoner (ordre) om hvordan spillbrikkene skal oppføre seg (rykke frem, angripe etc). I modellen er det programmer som tolker disse ordrene, regler og avdømmingsverktøy som gjør at avdelingene automatisk flyttes og status endres. (OPKOLA har bl a bidratt med å programmere MINOS avdømmingsalgoritmer inn i modellen.)

Modellen kan på dette grunnlag beregne hvorledes spillbrikkene forflyttes og status endres med tiden. Et grafisk grensesnitt forenkler arbeidet med å spesifisere inngangsdataene til modeller og gjør det mulig å følge hvorledes simuleringen utvikler seg med tiden. En nærmere beskrivelse av modellens egenskaper finnes i (10).

Den versjon av MUNGO som finnes i dag har bare mekanismer for å beskrive stridsutviklingen på land. Sjø og luft må behandles utenfor modellen. Den er litt tung å bruke i scenarier med mange spillbrikker, bl a siden ordre må gis manuelt for hver enkelt spillbrikke.

Ved utvikling av kampanjeforløp vil modellen være nyttig for å holde kontroll på tidssekvenseringen av hendelser i kampanjeforløpet, ved at modellen selv flytter alle spillbrikker, indikerer mulige interaksjoner mellom disse, beregner utfall og automatisk oppdaterer statusinformasjon.

MUNGO har bare i begrenset grad vært utnyttet i analyser. Derfor har man ikke erfaring i å utnytte modellen effektivt. Men den har et stort potensiale til å bli et effektivt verktøy for

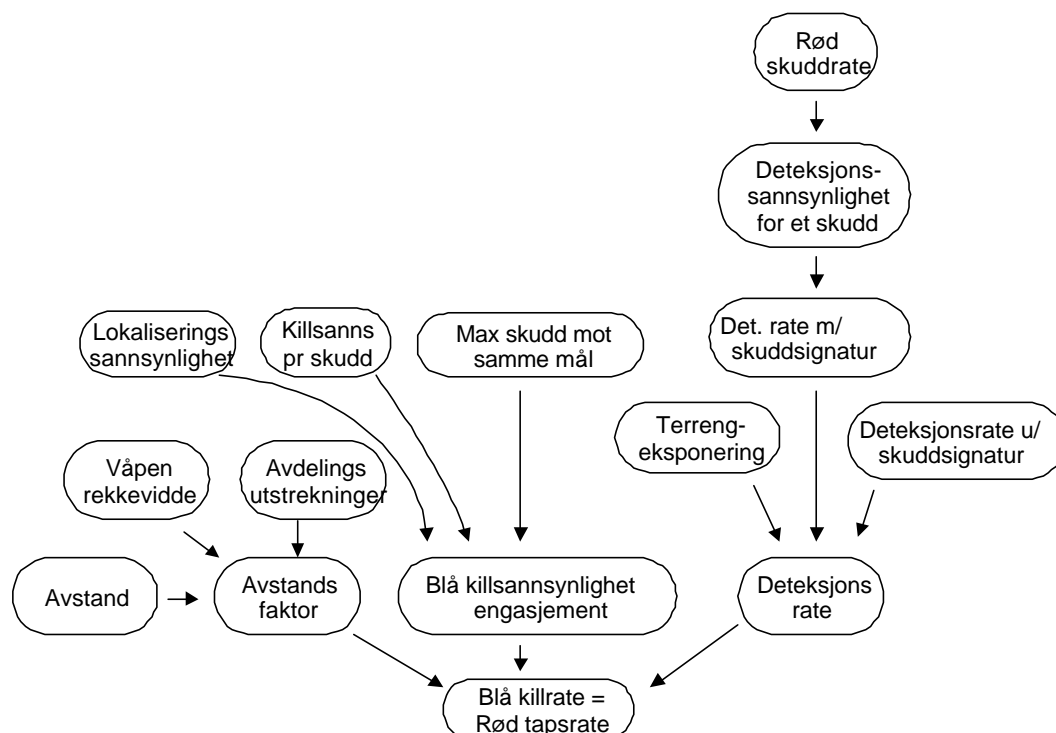
utvikling og beskrivelse av kampanjeforløp. Dette vil kreve noen utvidelser og justeringer av modellen. En mer balansert representasjon av luft, sjø og land er en åpenbar ønskelig utvidelse. For øvrig vil behov for forbedringer fremkomme etterhvert som modellen benyttes i analyser.

#### 5.4 Stridsutfallsberegning - DYNACOM

DYNACOM er et dataverktøy utviklet for å beregne utfallet av trefninger/strid med inhomogene (sammensatte) styrker. DYNACOM er utviklet på grunnlag en tidligere FFISYS-modell med samme navn, men omprogrammert og videreutviklet i OPKOLA. Modellen er fra et landstridssynspunkt den mest sentrale i hierarkiet. Det er også den modellen prosjektet har brukt mest ressurser på å utvikle. DYNACOM er dokumentert i (12), (20), (21).

Ut fra en beskrivelse av hvorledes begge de stridende parter beveger seg i forhold til hverandre, med identifikasjon av hvilke grupper av våpen som kommer til å påføre hvilke andre våpensystemer tap, beregner modellen tapsutviklingen. Med andre ord er modellen et verktøy for å utvikle og beregne stridsforløp på bataljons og regimentsnivå, der modellen fungerer som bokholderi- duellberegningssystem. Duellberegningssystemet er kjernen i dette verktøyet.

I duellmodellen blir beregnet hvorledes våpensystemer av ulik type gjensidig påvirker hverandre gjennom mekanismer som i første rekke, tapspåføring, og ved at våpen ved beskytning blir holdt nede og ikke kan virke. Det blir i beregningen tatt hensyn til en rekke faktorer som illustrert i figur 5.2. Dermed blir de fleste viktige forhold tatt hensyn til i relativt stor detalj, og resultatene vil ha stor troverdighet.



Figur 5.2 Illustrasjon av beregningsmåten i DYNACOM for tapspåføringsevne til direktskytende våpensystemer.

Rent teknisk kan DYNACOM klassifiseres som en "systemdynamisk" modell (systemdynamikk er analyse av systemer gjennom modellering på differensialligningsformat). Den er

deterministisk og opererer med størrelser som kan tolkes som gjennomsnitt (forventningsverdier).

DYNACOM kan i prinsippet benyttes for vilkårlig store duellsituasjoner, men er spesielt utviklet for å studere dueller mellom bataljonsnivå avdelinger. Modellen kan benyttes for våpentypene: stridsvogner, pansrede kjøretøyer, infanteri og artilleri.

Intensjonen for arbeidet med DYNACOM har vært å få et verktøy som bidrar til å redusere analysestiden med bibehold av stor troverdighet i resultatene.

Effektiv bruk av DYNACOM krever i praksis et team bestående av en offiser og en operatør, der offiseren skal sikre den operative realisme og operatøren skal sikre korrekt bruk av modellen. DYNACOM har et grafisk grensesnitt som bidrar til å forenkle bruken av modellen for operatøren, og sikre mot feil. Dette grensesnittet forenkler også kommunikasjonen mellom offiser og operatør. Det er også utarbeidet en effektiv analyseprosess der STRIDSLOGG inngår som verktøy for militær beskrivelse av stridsforløpet. Modelloperatøren ”oversetter” denne beskrivelsen til stridsforløp i DYNACOM. Et erfarent team kan med denne prosess produsere resultater for en ny stridssituasjon i løpet av ca en uke, og variasjoner i løpet av 1-2 dager. Dette er antydningvis en faktor 4 eller mer raskere enn med tidligere tilsvarende modeller. Den raske responstiden til DYNACOM gjør det realistisk mulig å utfallsberegne stridssituasjoner etter behov under utviklingen av et kampanjeforløp.

Det er hensikten at resultater fra studien av delstridene organiseres i en stridsutfalls-database, for å inngå som datagrunnlag for estimering av stridsutfall i modellene på høyere nivå. Dermed sjekkes også konsistensen mellom en beregning og tidligere beregninger.

DYNACOM er en ferdig utviklet modell, men kan selvsagt forbedres og videreutvikles. Videreutviklingen vil naturlig være bestemt av de behov som oppstår, men 3 utvidelser var av OPKOLA ansett som spesielt nyttige.

1. Mulighet for å estimere sannsynligheten for å vinne, ved å innføre sannsynlighetsberegninger i modellen.
2. Ta hensyn til innvirkning av ”menneskelige faktorer” på de modellerte prosesser.
3. Modellering av helikopter og luftvern.

En slik videreutvikling vil imidlertid kreve til dels betydelige ressurser.

## **5.5 Aggregering av resultatene i stridsmodeller**

Det er i OPKOLA arbeidet en del med aggregering og generalisering av stridsutfallsresultater. Som nevnt ovenfor tjener en slik aggregering to formål. For det første ønskes metoder som gjør det mulig å interpolere eventuelt ekstrapolere tidligere resultater og på den måten skaffe seg grove estimater uten nye tidkrevende beregninger. Det andre formålet er å sikre en viss representativitet av de detaljerte studiene ved å sammenligne dem med tidligere gjennomførte studier.

Generaliseringanalysen tar utgangspunkt i startsituasjonen og sluttsituasjonen for en strid. DYNACOM gir bl a som resultat listen av våpentyper på hver side, med startantall og sluttantall, og angivelse av hvilke våpentyper som har påført hvilke våpentyper tap (såkalt ”killer-victim scoreboard”). Fra disse data kan det lages tapsratematriser som kan benyttes til å estimere forventet tapsutviklingen i en strid med tilnærmet de samme utgangsbetingelser, men der det er enkelt å variere sammensetning og størrelse på de avdelinger som inngår i striden. Disse matrisene sammen med beregninger av hvilke våpen som har bidratt mest i tapspåføringen kan også benyttes til å komme med mer generelle utsagn om effektiviteten av den enkelte våpentype i ulike sammenhenger og muliggjøre en sammenligninger mellom strider for å se etter trender og forklare utfallene.

Det enkelte element i tapsratematrissene uttrykker hvor mye ett våpen av en gitt type i gjennomsnitt over et lite tidsintervall slår ut av en gitt type motstander våpen. Tapsratematrissene beregnes ved å dividere elementene i ”killer-victim-scoreboard” matrisene med gjennomsnittlig antall i striden av den våpentype som har påført tapene. MINOS/MUNGO opererer med 5 våpenkategorier (APC, ART, ATA, INF, TAN) (Her vil kategorinavnene bety henholdsvis pansrede personellkjøretøyer, artilleri, panserbekjempelsesvåpen, infanteri og stridsvogner). Hver våpentype er kategorisert i en av disse våpenkategoriene. For å danne tapsratematriser for MINOS/MUNGO er elementene funnet ved å ta en vektet sum av de elementer i den opprinnelige tapsratematrissene som tilsvarer de våpentyper som inngår i den aktuelle våpenkategori. Vektene er konstante for hver våpentype og er hovedsakelig tatt fra tidligere vurderinger av det enkelte våpens relative effektivitet innen hver kategori.

Tapsratematrissene kan benyttes til å beregne et tall (våpenverdi) for hver våpentype som uttrykker dets verdi som tapspåfører. Denne verdien finnes som en vektet sum av de tapene det enkelte våpen har påført, der vekten er lik våpenverdien av det tapte våpensystem. Med andre ord er våpenverdien av et våpensystem lik evnen pr våpen til å redusere motstanderens tapspåføringspotensial. Våpenverdiene på begge sider avhenger således gjensidig av hverandre, derfor benyttes den såkalte egenverdimetoden til rent teknisk å beregne våpenverdiene. Våpenverdiene gir mulighet for å kunne sammenligne de forskjellige tapspåførende våpens innbyrdes betydningen for utfallet.

Det er laget et klassifiseringssystem for å klassifisere stridssituasjoner. Den enkelte strid klassifiseres etter dette system. På denne måten er et sett av tapsmatriser organisert til en database som benyttes av MINOS/MUNGO, og som kan benyttes ved sammenlignende studier. Det er utviklet enkle regneverktøy for å støtte disse beregningene.

## 5.6 Helikopteropreasjoner mot landformasjoner - HORACE

HORACE (Helicopter Observation Reconnaissance Attack and Chance Encounter) (13) er en modell for å studere effektiviteten til helikopter i angrep mot bakkemål. Den er utviklet ved DERA/CDA i England.



Modellen er en lukket stokastisk<sup>1</sup> simuleringsmodell. Den er ganske detaljert og komplisert. Hver enkelt enhet er spesifisert (helikopter, luftvernhet, stridsvogn etc). Det er lagt inn digitalt terreng med terrengdata som skog, bygninger, vann. Kjøretøy på bakken følger en forhåndsbestemt rute, mens det for helikoptrene er lagt inn regler som bestemmer deres oppførsel. Dette gir en meget komplisert modell, som inneholder mye data som må spesifiseres før modellen kan benyttes. Ved omsorgsfull bruk vil modellen gi troverdige resultater. Forutsetningen er at realismen kontrolleres manuelt, spesielt at helikoptrene oppfører seg på en realistisk måte.

På denne måten blir det tidkrevende å benytte modellen. Et godt anslag er 3 uker for å studere en ny situasjon, for et erfarent analyseteam (forsker og offiser). På grunn av den relativt lange tiden det tar å gjennomføre en studie vil HORACE ikke være ideell for beregning av utfallet av angrep med stridshelikoptre mot landstyrker, men modellen muliggjør slike utfallsberegninger. HORACE er med suksess benyttet i Forsvarsanalysen til å studere kapasiteten til stridshelikopter i angrep mot mekaniserte formasjoner i forskjellige situasjoner (22). En effektiv analyseprosess med HORACE, utviklet under Forsvarsanalysen, benytter STRIDSLOGG for å beskrive scenariogrunnlag for analysen.

## 5.7 Effektivitet av K2- systemet - STASIM

STASIM (14) 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. Modellen ble utviklet ved FFI under KKI-HÆR prosjektet.

Typisk vil STASIM beskrive gangen i ulike hovedkvartersprosesser som f eks operasjonsvurdering, ordreutarbeidelse, anmodning om flystøtte etc. For disse prosesser vil nødvendige personellressurser og forventet tidsforbruk være spesifisert for de enkelte deler av prosessen. Det vil være gitt kriterier for hvilke betingelser som må være oppfylt for å gå videre i prosessen, med koblinger til andre prosesser i det samme og andre hovedkvarter gjennom type og omfang av den informasjon som utveksles mellom prosessene. STASIM vil også inneholde en beskrivelse av kommunikasjonssystemet slik at kommunikasjonsbrudd og begrensninger i kapasitet reflekteres. (Det kan være nyttig å ha klart for seg at STASIM ikke produserer eller beskriver informasjonsinnhold, bare type, tidspunkter for overføring, og størrelse (d v s krav til kommunikasjonsskapasitet.)

Analyse med STASIM består typisk i å spesifisere et hendelsesforløp, i form av når gitte K2-prosesser starter (f eks omdisponering av styrker), og tidspunkter for angrep mot K2-systemets komponenter med angivelse av skadeomfang, og få som resultat tidspunkter for når gitte

---

<sup>1</sup> Stokastisk betyr at utfall av modellerte prosesser trekkes tilfeldig fra en sannsynlighetsfordeling. Dermed vil i en prosess (f eks avfiring av skudd) som gjentas, utfallet variere selv om betingelsene er de samme. Med en stokastisk modell må det derfor et antall gjennomløp av simuleringen for å få et statistisk nøyaktig resultat. Lukket modell betyr at simuleringen skjer automatisk, uten (tidkrevende) inngripen fra operatøren etter at utgangsbetingelsene er gitt. Stokastiske simuleringsmodeller må i praksis være lukkede, for å kunne få utført et tilstrekkelig antall gjennomløp med et akseptabelt tidsforbruk.

operasjoner kan settes i verk. Hendelsesforløpet vil f.eks. kunne være spesifisert på grunnlag av et kampanjeforløp, for å kontrollere de forutsetninger om K2-systemets effektivitet, som lå til grunn for forløpet, eller for mer generelle studier av reaksjonstider.

STASIM er benyttet i KKI-HÆR prosjektet, bl.a. til studie ulike måter å organisere planlegging og ordreprosessen i divisjonen. For videre bruk av verktøyet ville det være nyttig med en oppdatert STASIM beskrivelse av K2-prosessene for egne og en potensiell motstander, som grunnlag analyser med rask respons. En slik grunninvestering ble det ikke tid til i OPKOLA.

STASIM gir mulighet for både deterministisk og stokastisk beregningsmetode. Prosjektplanleggingsverktøy med tilsvarende funksjonalitet er nå også kommersielt tilgjengelige.

## 5.8 Forflytningsmodell

Det er laget en enkel algoritmeberegning for estimering av gjennomsnittlige fremrykningshastigheter og –tider, som kan benyttes for kjøretøyoppsatte avdelinger. I disse beregninger kan det tas hensyn til avdelingstype, lysforhold, føre, lufttrussel, sperringer på aksene, etc.

Beregningene er basert på forsøksdata som er hentet inn fra Hæren og systematisert. Det er også som en del av dette arbeidet utarbeidet en enkel modell som gjør det mulig å angi et tall for reduksjon i stridsevne ved operasjoner som fortsetter uten innlagte pauser til vedlikehold. Arbeidet er dokumentert i (15).

Beregninger kan enkelt gjøres for hånd, men algoritmene er også implementert i et regneark. Dette er enkle verktøy, men viktige når operasjoner med mye manøver skal studeres.

## 5.9 Panser/antipanserstrid - SIMBA

SIMBA er en lukket stokastisk modell for panser/anti-panser strid. Den benyttes til å studere strid med stridsvogner og andre pansrede kjøretøyer mot panservernvåpen. Det er en relativt detaljert modell som kan benyttes til å studere effekten av egenskaper ved det enkelte våpensystem. Modellen er dokumentert i (16) og (23).

Modellen er utviklet under prosjekt 701, fremtidige panserbekjempelsesvåpen, og er benyttet i dette prosjektet til å sammenligne ulike panserbekjempningsvåpen (24).

Modellen beskriver bevegelser for det enkelte kjøretøy i forhold til andre våpensystemer, og deteksjons- og våpenavfyringsprosessen blir simulert. For å illustrere graden av detalj kan det for eksempel nevnes at stridsvognstårnets orientering vil simuleres slik at stridsvognen bare vil ha mulighet til å observere det som er innenfor observasjonssektoren til enhver tid, og at når et skudd er avfyrt vil det bli tatt hensyn til at målet i løpet av våpenets flygetid vil kunne ha beveget seg.

Den nåværende versjonen forutsetter at den ene partens våpen er statiske, mens den andre partens våpen kan bevege seg. Modellen har digitalt terreng, men det har vist seg at

oppløsningen i det kartmaterialet som finnes er for grovt til at man kan få tilstrekkelig realistisk beregning av gjensidig eksponering. Spesielt er representasjonen av vegetasjon for grov. Begrensninger på grunn av vegetasjon må derfor legges inn manuelt.

Simuleringene krever detaljerte sett av inngangsdata, og det er utviklet både en grafisk preprocessor for å forenkle spesifikasjon av inngangsdata, og en postprocessor for å analysere resultatene. Modellen er allikevel ikke godt egnet for å studere strid med flere våpensystemer enn det som inngår i tropp/kompani.

En meget fordelaktig egenskap er at en får fordelinger ut som resultat. For de problemstillinger som kan studeres med SIMBA vil modellen være et godt supplement til DYNACOM, ved at grunnlagsdata i DYNACOM kan verifiseres.

### **5.10 Sensor – Våpenmodell**

Det er i prosjektet utviklet to separate verktøy for å støtte beregning av angrep mot prioriterte mål. Disse verktøy har ennå ikke fått noe navn, derfor er de her benevnt sensor-våpenmodeller.

Den første modellen representerer en situasjon der en ønsker å slå ut et spesifisert prioritert mål, f eks et hovedkvarter (25). De sensor- og våpenressurser som forutsettes tilgjengelige for denne oppgaven spesifiseres. Disse sensor-ressurser kan f eks være AWACS, oppklaring, UAV etc, og våpen som fly, artilleri etc. Modellen benytter sannsynlighetsberegning som metode for å integrere den kombinerte effekt av disse ressurser, og finne sannsynligheten for at målet er slått ut innen en gitt tid.

Modellen er en enkel, og baserer seg på grunnlagsdata av typen sensorsystemenes søkekapasitet pr tidsenhet, dataprosesseringstider, ødeleggelsessannsynlighet gitt engasjementet etc. Mye av arbeidet med denne modellen har vært å samle eller beregne slike grunnlagsdata.

Den andre modellen benyttes til overslagsberegninger av hvor mange mål en gitt kombinasjon av sensorressurser og våpenressurser har kapasitet til å slå ut. I modellen spesifiseres i tillegg til sensorer og våpenressurser, totalt antall mål, og antall prioriterte mål i ulike områder på stridsfeltet (26). Modellen benytter en optimeringsalgoritme for å knytte ressurser til mål, og en forenklet versjon av den første modellen til å beregne kapasiteten til ulike sensor/våpen kombinasjoner.

Denne modellen ble benyttet i Forsvarsanalysen for å gi indikasjoner for gitte strukturalternativer om det er våpenkapasitet eller sensorkapasitet som er begrensende.

Disse modellene er verktøy for ”eksperten”, og krever god innsikt i problemområdet for den som skal benytte dem. De er nyttige i krigspill/kartstudier for å få en ekspertvurdering av hvor mange K2 komponenter som kan bekjempes i et gitt tidsvindu, og når f eks et kritisk hovedkvarter kan være slått ut. Dette vil være nødvendig grunnlag for, med STASIM, å studere effekter av å angripe motstanderens K2 system, eller sårbarheten av eget.

### 5.11 Virkningsberegningsmodeller - ARTMOD

ARTMOD er en modell for virkningsberegning av et engagement med artilleri, for ulike typer ammunisjon. Modellene beregner forventet tap for et angitt mål, når henholdsvis ildledningsparametre for artilleriet og leveringbetingelser for flyene er gitt.

ARTMOD er en stokastisk – deterministisk modell, utviklet som en del av feltartilleriprojektet FA-2000. Den vil kunne inngå som virkningsmodul i Feltartilleriets nye ildledningsystem ODIN2. ARTMOD kan benyttes for rør- og rakettartilleri med ulike ammunisjonstyper, HE, cargo, og smarte våpen. ARTMOD er dokumentert i (27).

ARTMOD er et eksempel på en type modeller som det eksisterer flere av ved FFI. Bl a finnes en modell som beregner virkningen av flyangrep mot mål på bakken (LABAN-modellen), og modeller for virkningen av ulike smarte våpen. Dette er alle modeller som en kan benytte til detaljerte studier, og hvor resultatene kan benyttes i modellene på høyere nivå. For å skaffe inngangsdata til DYNACOM ble f eks en slik modell for Smart BK benyttet i prosjektet. Disse modellene er imidlertid ikke inkludert i modellhierarkiet siden de ennå ikke er tilstrekkelig godt dokumentert.

### 5.12 Datagrunnlag – TANKKILL, DAVID

Et hovedproblem i strukturanalyser er å få gode data til systemer som ikke eksisterer eller som man ikke har tilgang til. Motstanderens systemer har man av naturlige grunner ikke gode data om. Etter den kalde krigs slutt er dette blitt noe bedre, men er fremdeles en utfordring. Fremtidssystemer finnes ikke og må estimeres på grunnlag av det vi kjenner til fra dagens systemer sammenholdt med beskrivelser av de nye systemene. Detaljert modellering av fremtidens systemer vil være en god kilde for å skaffe seg slike data. Det er også meget viktig å få systematisert datagrunnlaget for analysen.

TANKKILL er en modell som brukes til å beregne ødeleggelsessannsynligheter for et kjøretøy som blir truffet av et prosjektil. Modellen baserer seg på en tredimensjonal beskrivelse av målet og en gitt fordeling (treffmønster) for prosjektilets treffpunkt. Denne modellen er meget nyttig siden sårbarhetsdata er vanskelig å skaffe, spesielt for fremtidige systemer.

DAVID er en database som inneholder grunnlagsdata for beregning av stridsutfall. Databasen er spesielt tilpasset en tidligere modell – PABST, men inneholder data som enten direkte eller ved enkel beregning kan benyttes i DYNACOM. Denne databasen inneholder en rekke grunnleggende data for stridskjøretøy, og våpen/våpensystemer. Eksempler på data fra denne modellen er hastigheter for stridskjøretøy i strid, kjøretøyets dimensjoner, dimensjoner av eksponert del i stilling, spredningsdata for ballistiske prosjektiler, ødeleggelsessannsynlighet gitt treff fra forskjellige angrepsvinkler, etc. De data som i dag ligger inn i databasen er dokumentert i (28).

Databasen er godt strukturert, og strukturen er dokumentert i (29). Denne databasen ligger således godt til rette for videre bruk, ved at eksisterende data justeres hvis nye informasjoner foreligger om de systemer som allerede ligger inne, og befolkes videre med nye våpensystemer etter behov.

## 6 ERFARINGER OG VURDERINGER

Nedenfor er noen av de viktigste erfaringer og vurderinger med anvendelse av analysemetoden og modellhierarkiet beskrevet.

### 6.1 Utnyttelse av metoden i Forsvarsanalysen

Utover våren 1999 ble det klart at den struktur, inklusive Divisjon 2000, som Forsvaret arbeidet mot ikke var økonomisk realiserbar. Forsvarsanalysen (FA00) ble derfor forsert for å støtte Forsvarsstudien 2000 med å komme frem til et nytt utkast til Forsvarsstruktur. Fokus for prosjektet ble da å bidra sammen med FA00 i arbeidet med skisse til ny forsvarsstruktur. De analyser som ble gjennomført i denne forbindelse ga, i tillegg til resultatene som skulle grunnlag for strukturanbefaling, operativ innsikt og nyttige erfaringer fra gjennomføring av analysemetoden og bruk av modellhierarkiet. De vurderinger og konklusjoner som er gjengitt nedenfor bygger i høy grad på erfaringer fra de studier som ble utført i forbindelse med Forsvarsanalysen (FA-00), og fra utviklingen og analysen av "Eksperimentelt manøverspill" (30).

I første fase av prosjektet var hovedproblemet å konkretisere hva som i praksis lå i et manøverorientert operasjonskonsept. Det var vanskelig ut fra manøverteorien, og alle tolkningene av denne, å konstruere representative eksempler i norsk terreng på manøverorienterte operasjoner, som var så konkrete at de kunne studeres med kvantitative metoder. For å angripe denne problemstillingen ble det lagt stor innsats i å gjennomføre et spill. Spillet, kalt "Eksperimentelt manøverspill", ble gjennomført i april 1998 med bred deltakelse fra Hæren. Det var hensikten å benytte eksperimentelt spill til å skaffe seg den konkrete basis for modellutviklingen. Ambisjonen var å kunne beskrive og beregne eksperimentelt spill, og på denne måten skaffe seg en konkret målsetting for modellutviklingen.

For å få med hele spektret av potensielle landstridskomponenter som kunne tenkes å inngå i en fremtidig struktur var avdelingstyper som ikke fantes i den daværende forsvarsstruktur inkludert. De innkalte spillere fant det imidlertid vanskelig å disponere disse "ukjente" komponentene. Spillet ble derfor bare en delvis suksess.

Under spillet ble ulike manøverorienterte løsninger diskutert, og man fikk konkretisert en del konseptuelle problemstillinger. Senere ble utvalgte taktiske situasjoner utpenslet av prosjektets offiserer for beregning med de verktøy som ble utviklet i prosjektet. Beregninger av situasjonene ga, i tillegg til noen observasjoner med relevans for det operative konsept, erfaring i bruk av modellene. En fikk gått gjennom datagrunnlaget for utfallsberegningene, erfaring i hvordan modellverktøyet i praksis skulle benyttes og hvordan resultatene skulle tolkes.

Denne erfaring viste seg meget nyttig når man mot slutten av prosjektet skulle bidra til FA00-studiene. I denne analysen ble tre ulike strukturer studert, strukturskissene A-tradisjonell og D-radikal, og til slutt FS-strukturen for å vurdere dennes kapasitet.

Fremgangsmåten i strukturskissestudiene var å ta utgangspunkt i en angrepsplan skissert av FO/E, og strukturskisser produsert av FA00, deretter ble en stridsutvikling for hver av to

strukturskissene utarbeidet. På dette grunnlag ble 9 kritiske taktiske stridssituasjoner identifisert og beregnet. Fra disse beregninger ble konklusjoner om strukturskissenes kapasitet trukket. Studien ble gjennomført i løpet av et par måneder.

I studien av FS-2000 ble et kampanjeforløp utviklet gjennom et spill. Spillet var delvis lukket slik at spillerne i hver periode la frem sine trekk uten å kjenne motpartens planer og trekk. Utfallet av operasjonene, i første rekke stridsoperasjonene, ble bedømt/beregnet og spillet fortsatte til en avklart situasjon oppsto. I disse kampanjeforløp kunne viktige situasjoner identifiseres. Disse ble studert i detalj med DYNACOM. Settene av stridssituasjoner er senere justert og danner et generisk sett av stridssituasjoner for å studere ulike bataljonsstørrelser og sammensetninger.

Disse studiene følger på grunn av endringer i tidsplanen for FA-00, ikke strengt den analysemetoden som er beskrevet, men med sin variasjonsbredde gir de likevel god innsikt i hvorledes modellhierarkiet bidrar til å utvikle kampanjeforløp, beregne disse og sammenligne strukturalternativer.

## 6.2 Operative resultater

Studiens viktigste ”operative” resultat er beskrivelsen av de kampanjeforløp som fremkom fra arbeidet med ”Eksperimentelt manøverspill”, strukturskissene D-radikal og A-tradisjonell i FA00 og FS2000 strukturen, dokumentert i h h v (30), (31), (32), (33). Det er klare fellestrekk i den måten landstriden ble ført på i alle disse kampanjene. Det var et relativt stort antall forskjellige offiserer involvert i arbeidet med utviklingen av disse kampanjene. Det er derfor grunn til å hevde at de resulterende kampanjeforløp kan betraktes som representative for hvorledes landstriden kan tenkes ført etter manøverorienterte prinsipper i det området som ble studert.

På denne bakgrunn bør kampanjeforløpene, og spesielt det som er utviklet med FS2000 strukturen som forutsetning, kunne utnyttes i det videre arbeid med å klargjøre det operative konsept, og videreutvikle og detaljere den fremtidige hærstruktur. Dette arbeides det også med i videreføringen av OPKOLA prosjektet ”Landoperasjoner og strukturer” (LAOS), som støtter Hærens strukturarbeid.

Det er ikke hensikten her å gjengi de operative resultater som studien ga, men å gi noen eksempler som illustrerer typen resultater.

Grovt skissert var stridskonseptet preget av å benytte langtrekkende systemer og utnytte terrenget for å påføre fienden tap, og således slite ham ned, kombinert med lange manøvrer i terrenget for å komme inn på og true viktige komponenter som artilleri og hovedkvarter. Mot en motstander som har en betydelig del av sin stridskraft i konvensjonelle og mekaniserte enheter med en blanding av stridsvogner, pansrede personellkjøretøyer og artilleri, utløser disse lange manøvrer en reaksjon, og driver dermed dynamikken i striden. Ved f eks å angripe motstanderens K2-system på det rette tidspunkt kan man ”out cycle” motstanderen.

Studiene ga bl a indikasjon på i hvilken grad et slikt stridskonsept kan lykkes, og hvilke styrkesammensetninger som er nødvendige for å gjennomføre konseptet. For eksempel ble det

klart illustrert at luftsituasjonen er avgjørende for mulighetene til gjennomføre landstridskonseptet. Videre er det kritisk når lange manøvrer blir oppdaget av fienden, dette bør derfor studeres nærmere, og det eksisterende kampanjeforløp vil være et godt grunnlag for dette.

Eksempel på mer detaljerte resultater er kvantifisering av hvor effektivt det er å påføre tap med langtrekkende systemer ved å gi terreng mot å få påført tap, i sammenligning med å stanse fienden i front. Studiene gir også indikasjoner på hvilke oppdrag de ulike styrkekomponenter vil være i stand til å løse.

Det er som nevnt ikke hensikten å beskrive de operative resultater her, så for en mer utfyllende beskrivelse henvises til rapportene som dokumenterer studiene.

### **6.3 Erfaringer fra analysearbeidet**

Studiene er bedømt som meget verdifulle for utviklingen av en ny forsvarsstruktur. Dette er den beste prøve på hensiktsmessigheten av den analysekapasitet som er utviklet i prosjektet. Suksessfaktorene er en gjennomtenkt analysemetodikk kombinert med hensiktsmessige modellverktøy benyttet av personer som kjenner modellene og har ekspertise i å gjennomføre analysene. Ikke minst det siste er det viktig å understreke. En fullstendig evaluering av OPKOLAs modellhierarki er ikke foretatt, men utvalgte punkter er behandlet nedenfor som momenter når analysekapasiteten skal utnyttes og videreutvikles.

Erfaringene fra studiene er at STRIDSLOGG har vist seg å vært et velegnet verktøy for utvikling av kampanjeforløp. Personer som har erfaring i å benytte verktøyet gjør dette så raskt at loggarbeidet ikke er noen begrensende faktor under utvikling av kampanjeforløpet under et spill. Verktøyet gir i kombinasjon med en videoprojektor en tilnærmet like god oversikt som kart med plast over og virker befordrene på gode og konkrete diskusjoner. Dette verktøyet er viktig for en effektiv videreutvikling og justering av kampanjeforløpet og senere dokumentasjon.

Utfordringen i forbindelse med utvikling av kampanjeforløp er mer hensiktsmessige utfallsmodeller. Særlig på sjø og luftsiden (luftstriden) er det behov for overordnede tabellbaserte modeller av tilsvarende grovhet som MINOS. Det er avgjørende i en analyse av landstyrker å relativt nøyaktig kunne beskrive luftsituasjonen. Hele operasjonskonseptet vil være bestemt av dette.

Erfaringen fra de studier som er gjort viser at DYNACOM er en sentral modell. De viktigste kvantitative resultater er muliggjort ved at stridsutfall kunne beregnes raskt, og med tilstrekkelig nøyaktighet. For de situasjoner man hittil har studert er den nåværende versjon tilfredsstillende. Siden modellen er så sentral bør den imidlertid stadig forbedres. Behov for forbedringer kan være mange og vil dukke opp etter hvert når modellen brukes (utskrift av hvilke mål de enkelte våpen har engasjert og bedre representasjon av smarte våpen er eksempler).

Et prinsipp i utviklingen av modellhierarkiet var i så stor grad som mulig å basere seg på eksisterende modeller, innenlandske og utenlandske. Det ble derfor lagt relativt stort arbeide i å vurdere slike modeller. De fleste modellene ble vurdert lite som hensiktsmessige, hovedsakelig fordi de ble vurdert å være for ”tunge”, og derfor uforholdsmessig tidkrevende å sette seg inn i

og bruke. For det andre var det ofte av kommersielle årsaker umulig å få kildekode til modellen. Det siste var bl a grunnen til at prosjektet tidlig forkastet GESI-modellen (benyttet i Hærens Stabs- og ledertrener) som kandidat.

Siden OPKOLA har fokusert arbeidet om invasjonforsvar er strid i tettbygde strøk ikke studert. Det er økende behov for å kunne studere strid i tettbygde strøk etter hvert som betydningen av internasjonale operasjoner for struktureringen av Hæren øker.

Analysen av stridssituasjonen med DYNACOM bragte på det rene at det spesielt p.g.a. vegetasjon er vanskelig å få realistiske terrengdata fra studier av kart. En prosedyre som synes å virke godt er å foreta analysen på grunnlag av kartet, og deretter verifisere at de forutsetninger som er gjort er i overensstemmelse med terrenget. Denne prosedyren sikrer at man fokuserer på forhold i terrenget som er spesielt viktige. Spesielt i én strid hadde rekognosering stor innvirkning på hvorledes striden ble modellert.

Hvorledes strukturer og strukturkomponenter skal beskrives av er et vanskelig og ofte undervurdert problem i slike analyser. Begreper som panserbataljoner, infanteribataljoner, brigader etc er vel kjent for de offiserer som skal bidra til analysene med sitt militære skjønn. Med fremtidige avdelinger vil innholdet i avdelingene avvike fra de avdelinger offiseren har sine erfaringer fra. Det eksperimentelle spill og til dels de spill senere under FA viste at dette kunne være et problem når en skulle gjennomføre kartspill/kartdiskusjoner med fremtidige styrker. En god og fullstendig beskrivelse er derfor en viktig forutsetning for spill som metode. Beskrivelsen bør tilpasses nøyaktigheten i analysen.

#### **6.4 Videreutvikling av modellhierarkiet**

Det er tidligere pekt på DYNACOMs sentrale stilling i modellhierarkiet. Det er derfor svært aktuelt å videreutvikle DYNACOM. Videreutviklinger som er diskutert i prosjektet er:

- Innføre en semi-stokastisk beregningsmåte og nye avbruddskriterier som vil gjøre det mulig å få et estimat av sannsynligheten for å vinne som resultat
- Få tatt hensyn til effekter i kategorien "human factors"
- Kunne modellere helikopter og LV i DYNACOM slik at synergieffekter mellom luft- og landstrid kan studeres.

Disse utvidelsene vil i vesentlig grad forbedre modellen og utvide anvendelsesområdet, men vil kreve ytterligere forskningsinnsats for å kunne realiseres.

Angrep på dypet mot artillerikonsentrasjon og hovedkvarter synes å være en viktig operasjonsform i landstrid. Et hovedproblem i denne forbindelse er å kunne estimere når det er sannsynlig at en slik manøver oppdages, og hva som kan gjøres for å utsette aksjonen fra motstanderen. Dette problem aktualiserer behovet for å videreføre aktiviteten med å studere ledelsessystemets kapasitet. K2-systemet både på egen side og på motstanderens side bør derfor modelleres med STASIM, eller et moderne kommersielt tilgjengelig verktøy.

Videreutvikling av de optimeringsbaserte verktøy er utfordrende, men har det største potensialet for gi en effektivisering av metoden. Utvikling av denne metodikken vil som forklart ovenfor



bidra til en vesentlig økning av implisitt gjennom søkte strukturalternativer og strategier slik at man kan oppnå mer optimale løsninger. Løsninger som er mer robuste overfor endringer i hovedforutsetningene, kan studeres med denne metodikken.

Optimering kan også bidra til at nye strategier blir undersøkt. De strategier som foreslås i de spill som er gjennomført er konseptuelt meget like. Om dette skyldes at spillerne er fokusert på et bestemt operativt konsept eller om det er den løsningen som er nær den optimale vites ikke.

Det er kanskje mulig å utvide denne metodikken for å finne strukturløsninger som er ”optimale” for flere oppgaver sett under ett.

Ved senere justeringer av forutsetningene for Forsvaret vil optimeringsmetodikken raskt kunne gi grove indikasjoner på konsekvensene.

Under arbeidet med MSO<sup>2</sup> modellen har en identifisert to problemområder for den videre utvikling, nemlig kvantitativ spesifisering av strategier og løsning av optimeringsproblemet rent teknisk, som nå begrenser størrelsen på problemet som skal løses. Dette er hovedproblemer som det er arbeidet mye med, og et arbeid som må videreføres i videreutviklingen av modellen.

## **7 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON**

OPKOLA ble satt i gang i erkjennelsen av at det modellgrunnlag FFI hadde for å støtte strukturutviklingen i Hæren var mangelfullt. Ved prosjektets slutt var de viktigste mangler reparert, og nye analyseangrepsmåter utforsket.

En metode for strukturanalyser er utviklet. Denne analysemetoden danner rammeverk for spesifisering og valg av de verktøy/modeller som skal utvikles, og for den funksjonalitet som legges i det enkelte verktøy, for så effektivt som mulig å kunne gjennomføre en analyse der de viktige sammenhenger er tatt hensyn til med tilstrekkelig presisjon. På dette grunnlag er det i prosjektet utviklet nye verktøy, og verktøy som FFI ikke hadde holdt ved like, men som var viktige for å kunne studere fremtidig struktur av landstyrkene med en operasjonsform basert på et manøverorientert operasjonskonsept. Disse verktøy/modeller og andre verktøy som ikke er utviklet i prosjektet, men som prosjektet har vurdert og valgt er organisert i det ”modellhierarki” som er beskrevet i rapporten.

Utover i prosjektet ble det klart at den struktur, inklusive Divisjon 2000, som Forsvaret arbeidet mot ikke var økonomisk realiserbar. Forsvarsanalysen (FA00) ble derfor forsert for å støtte Forsvarsstudien 2000 med å komme frem til et nytt utkast til Forsvarsstruktur. Våren 1999 ble fokus i prosjektet dreiet fra utvikling av modellhierarki til å bidra sammen med FA00 i arbeidet med skisse til ny forsvarsstruktur. Resultatet av denne omleggingen var at videreutvikling av metode og verktøy måtte reduseres til fordel for operative studier. Disse studiene bekreftet hensiktsmessigheten av verktøy og studiemetode. Prosjektet fikk gode tilbakemeldinger fra Forsvarsanalysen og Forsvarsstudien om de beregninger og studier som ble utført av OPKOLA. Prosjektet har således oppfylt sin målsetting om å ha ”et foreløpig modellhierarki klar til neste hæranalyse”.

En avgjørende suksessfaktor var den analysekompetanse som var opparbeidet i prosjektet som ved effektiv utnyttelse av verktøyet kunne gi troverdige og raske svar. (F eks kunne en stridssituasjon med en bataljonsstridsgruppe studeres med DYNACOM modellen i løpet av en uke, mens tilsvarende studier tidligere hadde tatt en måned eller mer.) En oppsummering av analysekompetanse kan tjene som oppsummering av resultatene i prosjektet:

Modellverktøyet som muliggjør effektivitetsanalyse av høyintensitet scenarier der man tar hensyn til manøver av avdelinger og våpensystemer, og direkte stridsoperasjoner (dueller og annen tapspåføring) er nå på plass. I den rådende taktiske tenkning legges det vekt på indirekte operasjoner. I prosjektet det spesielt tenkt på indirekte operasjoner mot K2 og logistikk. I den forbindelse er prosessene for å finne og ødelegge K2-komponenter på riktig tidspunkt studert. Modellgrunnlaget finnes for å beregne de direkte konsekvensene av angrep mot K2-systemet (tidstap og informasjonstap), men det vil kreve innsats å modellere K2 organisasjonen, slik at beregningen kan gjøres. Indirekte konsekvenser i form av endret kvalitet på beslutninger er teoretisk behandlet, mens kommando og kontroll krigføring ikke er studert. Bare grove overslagsberegninger kan gjøres i forbindelse med operasjoner mot logistikk.

Utfordringen nå er å opprettholde og videreutvikle den analysekompetanse som er opparbeidet gjennom OPKOLA, ved studier, forbedring og utvikling av modellhierarkiet. Det videre arbeid med modellhierarkiet må være bestemt av de behov som oppstår i forbindelse med de studier som gjennomføres. OPKOLA har imidlertid identifisert områder av forskningsmessig karakter som det foreslås blir arbeidet videre med:

- Videreutvikling av den kunnskap som er opparbeidet i å utnytte optimeringsteknikk, og som nå er kommet langt i å løse de beregningstekniske problemer man ”stanget hodet mot” i starten av prosjektet.
- Gjennomføre studier med STASIM for å finne konsekvensene av å angripe K2-systemet.
- Videreutvikle DYNACOM til å inkludere helikoptre og luftvern.
- Videreutvikle DYNACOM til å gi ”sannsynlighet for å vinne” som resultat. (Ved å studere stridsavbrudd og benytte semi-stokastisk beregningsmetode)
- Videreutvikle DYNACOM til å inkludere ”menneskelige faktorer”.

OPKOLA er allerede fulgt opp av et nytt prosjekt for Hæren, FFI-prosjekt 789 Landoperasjoner og strukturer (LAOS). Dette prosjekt vil utnytte og videreutvikle det analyseverktøy som er beskrevet i denne rapporten. Arbeidet er allerede godt i gang med å støtte Hæren i utformingen av den nye hærstruktur.

## Litteratur

- (1) Code og Best Practice (COBP) on the Assessment of C2, RTO Technical Report 9 AC/323(SAS)TP/4, mars 1999
- (2) Sundfør Hans Olav, A game-theoretic methodology integrating weapon and C2 contribution to force effectiveness, FFI/RAPPORT-2000/02205
- (3) Sundfør Hans Olav, Effectiveness of forces and C2 in a semi-chaotic environment - an integrating methodology , FFI/RAPPORT-2000/02218
- (4) Sundfør Hans Olav , Analyse av militære ledelsessystemer - en metodeoversikt, sluttrapport for FFI-prosjekt 735.1 "Ledelse og beslutningstrening på operasjonelt nivå", FFI/RAPPORT-2000/01266
- (5) Robert Giggons, A Primer in Game Theory, Harvester Wheatsheaf, 1992
- (6) Karlsen R F, Steder F B, Korfu-Pedersen N, Bastiansen A, Kostnadsberegninger av FS2000-strukturen, FFI/RAPPORT-2000/03428, (Begrenset)
- (7) Braathen Sverre, Grotmol Øyvind, Langsæter Tor, Modell for flerscenario strukturoptimering - Modellbeskrivelse, FFI/RAPPORT-2000/04739 (Begrenset)
- (8) Teleplan (1998), KOSTMOD ver 3.0 Brukerdokumentasjon, Teleplan-rapport nr 96026/78/PH2-8
- (9) Halck Ole Martin, Stridslogg 2.0; et hjelpeverktøy for stridsanalyser og kartspill - Beskrivelse og brukerveiledning, FFI/NOTAT-99/03062
- (10) Larsen Øystein Gran, Brukerveiledning for MUNGO, FFI/NOTAT-2000/06409
- (11) Lysfjord Solveig, MINOS VERSJON 2.0 – Brukerveiledning, FFI/RAPPORT-95/03091
- (12) Mosbye Karl, Beskrivelse av DYNACOM - En modell for stridsutfallsberegning av hærstrid på bataljonsnivå, FFI/RAPPORT-2000/01186
- (13) Stian I. Betten, Tony Kråkenes, Horace user manual FFI/NOTAT 2000/03330
- (14) Sørheim Jørn, Brukerveiledning for STASIM FFI/NOTAT-97/02604
- (15) Østreng Hugo, Aastorp Ketil Hæravdelingens stridsevne og deres forflytning med kjøretøyer, FFI/NOTAT-2000/04449, (Begrenset)
- (16) Halsør Marius, Eide Morten, SIMBA - Brukerveiledning, FFI/RAPPORT-2000/2710, (Under utgivelse)

- (17) Grotmol Øyvind, Braathen Sverre, Modell for flerscenario strukturoptimering - Brukerveiledning, FFI/NOTAT-2000/04743
- (18) Bakken Bjørn Tallak, Avdømming av landstrid i MUNGO - brukerveiledning, FFI/RAPPORT-2000/03435 (Under utgivelse)
- (19) Lorentzen Rolf J, Bakken Bjørn Tallak Ground combat evaluation model for Mungo - technical documentation , FFI/NOTAT-2000/03436, Kjeller (Under utgivelse)
- (20) Mosbye Karl, DYNACOM - Brukerveiledning(2000): FFI/RAPPORT-2000/00711, Kjeller
- (21) Offerdal Rune, DYNACOM versjon 1.23 - Systemdokumentasjon, FFI/RAPPORT-2000/00710, Kjeller
- (22) Stian I. Betten, Tony Kråkenes, Analyse av stridshelikoptre i tre taktiske situasjoner ved hjelp av Horace, FFI/RAPPORT-2000/03329, (Konfidensielt)
- (23) Halsør Marius, Eide Morten, SIMBA - Dokumentasjon av kildekode, FFI/RAPPORT-2000/2710, (Under utgivelse)
- (24) Halsør Marius, Kvifte Lars, Skjold Arild, balanse mellom direktskytende og krumbane panserbekjempelsesvåpen - Simulering og modellering, FFI/RAPPORT-2000/0653, (Begrenset)
- (25) Karlsrud Øivind, Sannsynligheten for å ødelegge prioriterte mål - diskusjon av avgjørende faktorer, FFI/RAPPORT 99/03606, (Konfidensielt)
- (26) Karlsrud Øivind, Effekten av langtrekkende systemer i strukturskissene på FA00, FFI/RAPPORT-2000/03472, Kjeller (Konfidensielt)
- (27) Grundt Asbjørn, Virkningsmodeller for artilleri, FFI/RAPPORT-92/5021
- (28) Lysfjord Solveig, Grunnlagsdata for simuleringer på taktisk nivå - Datagrunnlag benyttet i prosjekt Hærens fremtidige panservern, FFI/NOTAT-94/02802, (Konfidensielt)
- (29) Lysfjord Solveig, Myran Martin, Dokumentasjon av DAVID - en database for tekniske data om panservern, FFI/NOTAT-93/5006 (Konfidensielt)
- (30) Jensvoll Audun, Eksperimentelt manøverspill 1, FFI/NOTAT-98/05928, (Konfidensielt)
- (31) Eggereide Bård, Øtrem Hugo, Halsør Marius, Sendstad Ole Jacob Analyse av strukturskisse D - radikal i FA00, FFI/RAPPORT-2000/03475, (Konfidensielt)

- (32) Ekroll Kristian, Eggereide Bård, Halsør Marius, Sendstad Ole Jacob, Analyse av strukturskisse A- tradisjonell i FA00, FFI/RAPPORT-2000/03476, (Konfidensielt)
  
- (33) Halck Ole Martin, Schjelderup Tor-Erik, Larsen Øystein Gran, Ytelsesvurdering av FS2000-strukturen i forsvar mot et territorielt angrep, FFI/RAPPORT-2000/03431, (Konfidensielt)



## FORDELINGSLISTE

**FFIS**
**Dato:** 25 januar 2001

RAPPORTTYPE (KRYSS AV)		RAPPORT NR.	REFERANSE	RAPPORTENS DATO	
<input checked="" type="checkbox"/> RAPP	<input type="checkbox"/> NOTAT	<input type="checkbox"/> RR	2000/04770	FFISYS/734/161.2	3 august 2001
RAPPORTENS BESKYTTELSESGRÅD			ANTALL EKS UTSTEDT	ANTALL SIDER	
UGRADERT			53	45	
RAPPORTENS TITTEL			FORFATTER(E)		
Modellgrunnlag for hærstrukturanalyser - Sluttrapport for Prosjekt 734 OPKOLA			LANGSÆTER Tor		
FORDELING GODKJENT AV FORSKNINGSSJEF:			FORDELING GODKJENT AV AVDELINGSSJEF:		

### EKSTERN FORDELING

### INTERN FORDELING

ANTALL	EKS NR	TIL	ANTALL	EKS NR	TIL
1		FO/FST	14		FFI-Bibl
1		FO/HST	1		Adm direktør/stabssjef
1		FSTS	1		FFIE
1		FSTS/H	5		FFISYS
1		DKN	1		FFIBM
1		DIV 6	1		FFIN
1		ARTINSP	1		Ragnvald H Solstrand, FFISYS
1		INFINSP	1		Bent Erik Bakken, FFISYS
1		INGINSP	1		Jan Erik Torp, FFISYS
1		KAVINSP	1		Bjørn Tallak Bakken, FFISYS
1		SBINSP	1		Sverre Braathen, FFISYS
			1		Fredrik Andreas Dahl, FFISYS
			1		Bård Eggereide, FFISYS
			1		Geir Enemo, FFISYS
			1		Ole Martin Halck, FFISYS
			1		Øyvind Karlsrud, FFISYS
			1		Tor Langsæter, FFISYS
			1		Stein Malerud, FFISYS
			1		Terje Nilsen, FFISYS
			1		Jonny Otterlei, FFISYS
			1		Tor-Erik, Schjelderup, FFISYS
			1		Ole-Jakob Sendstad, FFISYS
			1		Hans Olav Sundfør, FFISYS
			1		Marius Halsør, FFIBM
			1		Einar Østevold, FFIBM
					FFI-veven

FFI-K1

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