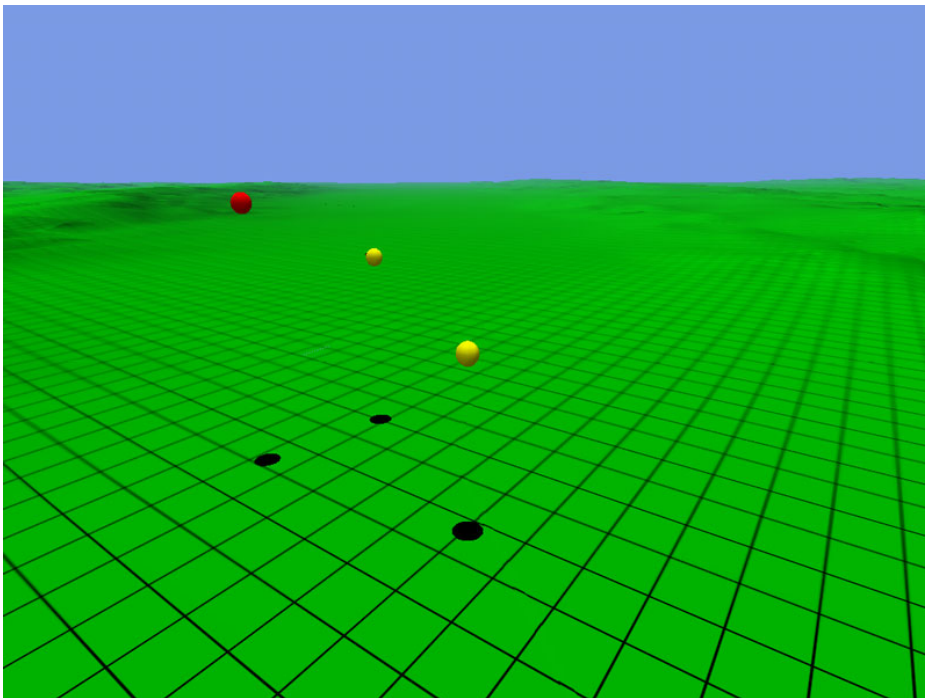


Patrik Lif

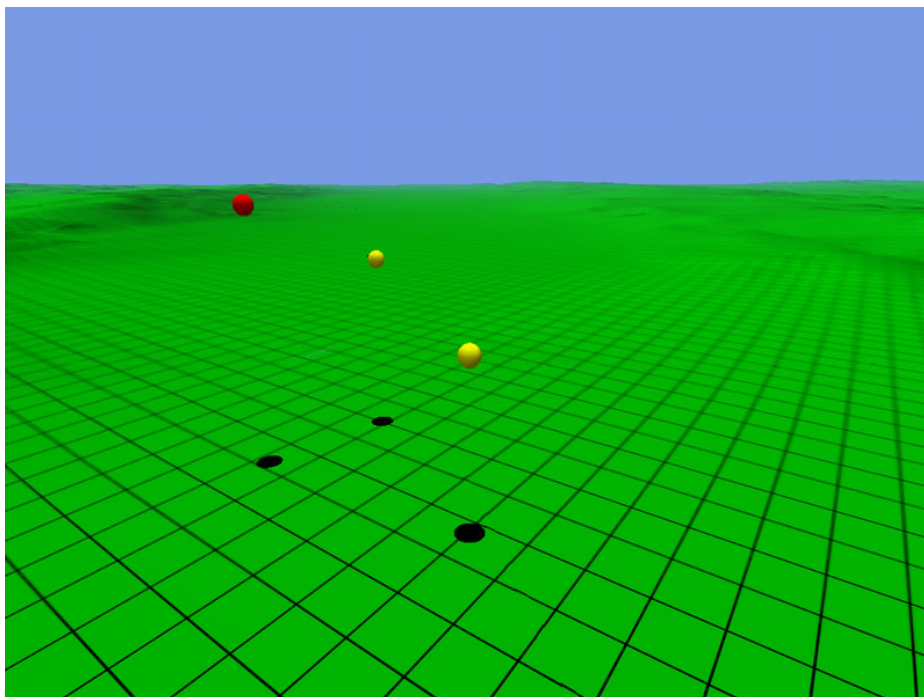
## Användande av 2D/3D





Patrik Lif

## Användande av 2D/3D



|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>Utgivare</b><br>Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI<br>Ledningssystem<br>Box 1165<br>581 11 Linköping  | <b>Rapportnummer,</b><br>FOI-R--1494--SE                       | <b>Klassificering</b><br>Användarrapport |
|  | <b>Forskningsområde</b><br>8. Människa och teknik              |  |
|  | <b>Månad, år</b><br>December 2004                              | <b>Projektnummer</b><br>E7912            |
|  | <b>Delområde</b><br>81 MSI med fysiologi                       |  |
|  | <b>Delområde 2</b>   |  |
| <b>Författare/redaktör</b><br>Patrik Lif   | <b>Projektledare</b><br>Katarina Undén                         |  |
|  | <b>Godkänd av</b>  |  |
|  | <b>Uppdragsgivare/kundbeteckning</b><br>FMV                    |  |
|  | <b>Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig</b><br>Patrik Lif |  |
| <b>Rapportens titel</b><br>Användande av 2D/3D   |  |  |
| <b>Sammanfattning (högst 200 ord)</b><br>Det viktigaste att tänka på vid val av teknik och presentationsform är uppgiftens karaktär och den miljö som operatören befinner sig i. En stridspilots arbetssituationer skiljer sig naturligtvis markant åt från en stabs, och presentationen måste således anpassas därefter. Valet mellan 2D/3D styrs till stor del av operatörens uppgift, t.ex. om det handlar om övergripande situationsmedvetande eller metrisk bedömningar mellan objekt.<br><br>En annan viktig poäng är att skilja mellan möjligheten till användandet av teknik och om denna teknik bidrar till förbättringar operativt. Frånsett de rent tekniska möjligheterna så måste både uppgiften/uppdraget, samt perceptuella frågeställningar som hur 3D bilden uppfattas från olika vinklar, symbolutformning utredas. Forskningen kring 3D är idag högaktuell både militärt och civilt, då tekniken innebär att det går att implementera operativt (främst perspektivpresentation), men kunskap om gränssnittets utformning ofta är bristfällig. För att kunna utnyttja tekniken kring 3D krävs ökade kunskaper och förståelse för människan i systemet. Teknik och människa utgör systemet och båda delarna måste noga beaktas, både vid framtagning av nya system och vid uppgraderingar av befintliga system. |  |  |
| <b>Nyckelord</b><br>3D, 2D, perspektivpresentation, symboler   |  |  |
| <b>Övriga bibliografiska uppgifter</b>   | <b>Språk</b> Svenska   |  |
| <b>ISSN</b> 1650-1942  | <b>Antal sidor:</b> 21 s.                                      |  |
| <b>Distribution enligt missiv</b>  | <b>Pris:</b> Enligt prislista                                  |  |

|   |   |                                   |
|---|---|-----------------------------------|
| <b>Issuing organization</b><br>FOI – Swedish Defence Research Agency<br>Command and Control Systems<br>P.O. Box 1165<br>SE-581 11 Linköping   | <b>Report number, ISRN</b><br>FOI-R--1494--SE                   | <b>Report type</b><br>User report |
|   | <b>Programme Areas</b><br>8. Human Systems                      |                                   |
|   | <b>Month year</b><br>November 2004                              | <b>Project no.</b><br>E7912       |
|   | <b>Subcategories</b><br>81 Human Factors and Physiology         |                                   |
|   | <b>Subcategories 2</b>  |                                   |
| <b>Author/s (editor/s)</b><br>Patrik Lif  | <b>Project manager</b><br>Katarina Undén                        |                                   |
|   | <b>Approved by</b>  |                                   |
|   | <b>Sponsoring agency</b>  |                                   |
|   | <b>Scientifically and technically responsible</b><br>Patrik Lif |                                   |
| <b>Report title (In translation)</b><br>The use of 2D/3D  |   |                                   |
| <b>Abstract (not more than 200 words)</b><br>It is today possible to use 3D presentations in airplanes and in MOUT situations, but the main question is if the new possibility helps soldiers in the field. In the choice between 2D and 3D, it is necessary to take into account the operators assignment and the working surrounding. Of course, the situation is very different between a fighter pilot and a member of a staff in a command and control situation. If the assignment is to get an overall situational awareness the choice will probably be 3D, but if the assignment is metric estimation, the choice will be a 2D presentation. It is necessary to take both technical and human abilities and limitations into account when building or updating a system. |   |                                   |
| <b>Keywords</b><br>3D, 2D, depth cues, symbols  |   |                                   |
| <b>Further bibliographic information</b>  | <b>Language</b> Swedish   |                                   |
| <b>ISSN</b> 1650-1942   | <b>Pages</b> 21 p.  |                                   |
|   | <b>Price acc. to pricelist</b>                                  |                                   |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1</b>   | <b>SYFTE .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>2</b>   | <b>INLEDNING .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>Grundläggande förklaringar av begrepp .....</b>                               | <b>6</b>  |
| 2.1.1      | 2D presentation .....  | 6         |
| 2.1.2      | 3D perspektivpresentation: .....   | 7         |
| 2.1.3      | 3D stereoseende: .....   | 7         |
| 2.1.4      | Vinklar .....  | 7         |
| <b>3</b>   | <b>3D STEREOSEENDE OCH MULTILAYER DISPLAY.....</b>                               | <b>7</b>  |
| <b>3.1</b> | <b>Två-vy displayer .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>3.2</b> | <b>Display med kontroll för huvudrörelser .....</b>                              | <b>8</b>  |
| <b>3.3</b> | <b>Fler-vy display .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>3.4</b> | <b>Multi Layer Display.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>4</b>   | <b>SYMBOLER.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Storlek på alfanumeriska tecken .....</b>                                     | <b>10</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Symbolidentifikation .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>4.3</b> | <b>Symbolorientering .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>4.4</b> | <b>Symbicons – en kombination av symbol och icon .....</b>                       | <b>11</b> |
| <b>5</b>   | <b>EXEMPEL PÅ FORSKNINGSPROJEKT PÅ FOI MSI INOM 2D/3D.....</b>                   | <b>11</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Kognitiv Lägespresentation .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Verktøget CoMap .....</b>   | <b>12</b> |
| 5.2.1      | A) Verktøgsfält .....  | 12        |
| 5.2.2      | B) 2D - minikarta .....  | 13        |
| 5.2.3      | C) 2D/3D-presentationssyta .....   | 13        |
| 5.2.4      | Funktionalitet .....   | 13        |
| <b>5.3</b> | <b>MOUT.....</b>   | <b>14</b> |
| 5.3.1      | Allmän diskussion MOUT .....   | 15        |
| <b>5.4</b> | <b>Informationspresentation under belastning .....</b>                           | <b>15</b> |
| 5.4.1      | Studier med statisk presentation .....   | 16        |
| 5.4.2      | Studier med dynamisk presentation .....  | 17        |
| <b>5.5</b> | <b>Sammanfattning av informationspresentation vid MOUT och i flygfallet.....</b> | <b>19</b> |
| <b>6</b>   | <b>REKOMMENDATIONER .....</b>  | <b>19</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Symbolutformning.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>6.2</b> | <b>Val av 2D alternativt 3D presentation i flygfallet och MOUT .....</b>         | <b>19</b> |

|           |                               |           |
|-----------|-------------------------------|-----------|
| <b>7</b>  | <b>SAMMANFATTNING</b> .....   | <b>20</b> |
| <b>8</b>  | <b>REFERENSER</b> .....       | <b>20</b> |
| <b>9</b>  | <b>TILLKÄNNAGIVANDE</b> ..... | <b>21</b> |
| <b>10</b> | <b>KONTAKTPERSON</b> .....    | <b>21</b> |

# 1 Syfte

Syftet med detta dokument är att förklara grundläggande skillnader mellan 2D, 3D pictorial och 3D stereoskopi med huvudsaklig inriktning på 2D och 3D pictorial, utifrån forskning på FOI MSI och internationellt. Användande av symbolik och alfanumeriska tecken inkluderas och diskuteras avseende 2D och 3D symbolik. Syftet är också att ge råd och riktlinjer för användandet av 2D respektive 3D, samt symbolanvändande. Beskrivningar och förklaringar är övergripande och i vissa fall förenklade då syftet är att ge en övergripande bild och inte en vetenskaplig detaljerad förklaring. För vidare information se kontaktperson (rubrik nr. 10) och referenslitteratur.

## 2 Inledning

Idag används 3D grafik i allt större utsträckning, vilket i sig inte behöver innebära att presentationen blir bättre. Teknikutvecklingen går mycket fort, men forskning om hur denna teknik skall användas på bästa sätt för att människor ska kunna tillgodogöra sig det som presenteras med hjälp av olika tekniker har inte haft samma utveckling. Även om vi har möjlighet att presentera grafik med olika tekniker så kvarstår frågan om hur vi ska använda tekniken. Vilken presentation är lämplig? Sannolikt behövs metoder och tekniker såsom uppgiftsanalys användas för att tydliggöra i vilka situationer ett gränssnitt bör vara 2D respektive 3D?

Fokus i denna rapport är gränssnitt och människans förmåga att tillgodogöra sig presenterad information, inte på tekniken i sig. Olika tekniker kommer att nämnas, men en noggrann beskrivning av dessa ligger inte inom ramen för detta dokument.

2D presentation används idag operativt inom försvaret medan den privata spelmarknaden i stort helt gått över till 3D perspektiv. Fördelen med 3D perspektiv är mycket tydlig vid första anblick, t.ex. genom möjligheten att vrida och vända en husmodell eller en kartbild. Information i ytterliggare en dimension medges på ett sätt som annars skulle kräva två 2D bilder som sedan tolkas som en enhet. På detta sätt är 3D perspektiv överlägsen den traditionella 2D presentationsformen.

När det gäller presentation inom försvaret ställer detta ofta speciella krav på presentationen som inte gäller för den privata användaren. Den militära operatören arbetar ofta under stor tidspress och kan tvingas fatta livsavgörande beslut, vilket till stor del skiljer sig från den privata användaren som i normalfallet inte fattar beslut av den typen. Resultatet av bristfälligt gränssnitt i privatfallet leder ofta till frustration medan det i det militära fallet kan leda till dåliga beslut som kan få ödesdigra konsekvenser, t.ex. en flygförare skall i första hand flyga och använder sig av en kartbild för att orientera sig. Är 3D perspektiv att föredra framför den traditionella 2D kartan i detta fall? Svaret på den frågan är inte enkelt trots att spelindustrin visar att orientering i en miljö med 3D grafik är överlägsen 2D grafik. Spelindustrin använder sig t.ex. ofta av musen för att kunna rotera en person runt i den virtuella 3D världen medan en flygförare i en verklig situation inte har denna möjlighet eller tid.

### 2.1 Grundläggande förklaringar av begrepp

#### 2.1.1 2D presentation

Information t.ex. från en traditionell kartbild på papper eller en elektronisk, vilka ofta presenteras med en vakt ovanifrån.



### 2.1.2 3D perspektivpresentation:

Ett objekt eller kartbild som använder sig av visuella ledtrådar ('pictorial cues'), som linjärt perspektiv, välkänd storlek, interposition, textur, skuggning med mera för att ge en uppfattning av 3-dimensionalitet. 'Pictorial cues' har fått sitt namn därför att konstnärer sedan renässansen använt sig av dessa tekniker för att skapa djup i sina konstverk (Bruce, Green, & Georgson, 1997).

### 2.1.3 3D stereoseende:

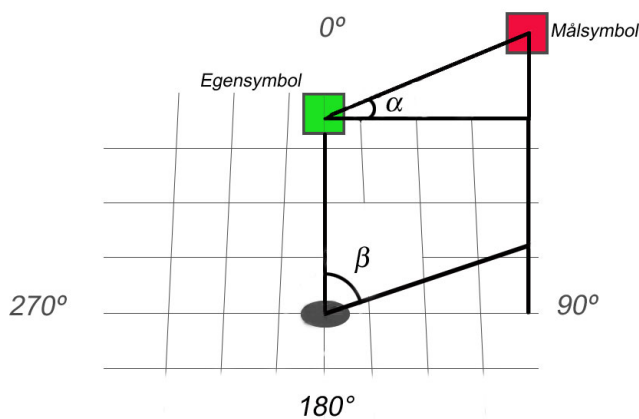
Presentation av 3D skapas genom användande av stereoglasögon, autostereo (förklaras närmare nedan) eller andra tekniker som skapar en stereobild.

### 2.1.4 Vinklar

I den akademiska världen används begreppen azimuth och elevation för att beskriva vinklar horisontalt och vertikalt. Motsvarande begrepp i flygsammanhang är vertikal och horisontell bäring. Azimut är vinkeln  $\alpha$  i höjdlid, och vinkeln  $\beta$  är relationen mellan egen- och målsymbol horisontellt (Figur 1).

Azimut: Vinkel horisontalt.

Elevation: Vinkel vertikalt.



**Figur 1.** Figuren beskriver relationen mellan egensymbol och målsymbol där  $\alpha$  är elevationsvinkel och  $\beta$  är azimut vinkeln. Dvs. höjdvinkel respektive vinkel horisontellt.

## 3 3D Stereoseende och Multilayer display

3D stereoseende är ett expansivt teknikområde som här endast beskrivs övergripande. Tekniken utvecklas snabbt, vilket innebär att utvärdering av dessa produkter ännu inte skett i speciellt stor utsträckning.

3D med stereoseende kan tekniskt åstadkommas på flera olika sätt varav två kommer att nämnas här:

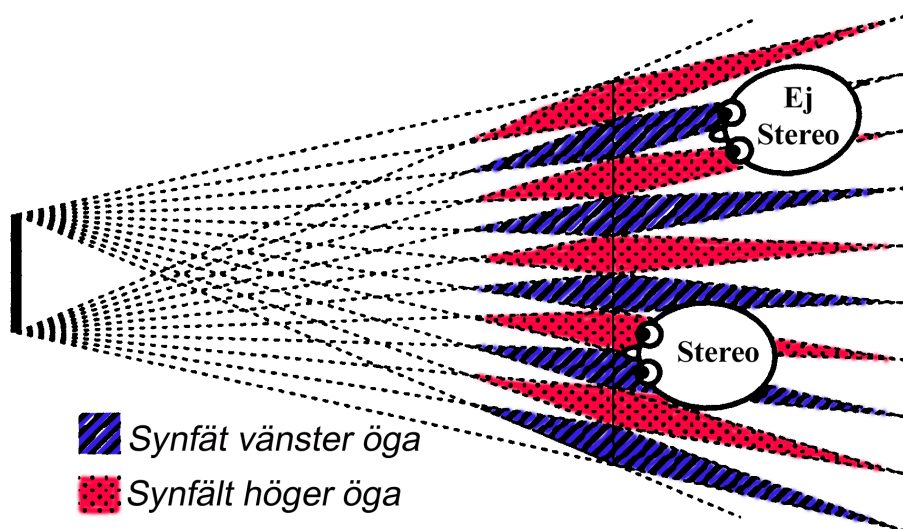
- 3D stereo med glasögon
- autostereo displayer

3D displayer som kräver att användaren använder glasögon för att skapa en stereobild är relativt välkända och bygger på att två bilder presenteras, som sedan med glasögonns hjälp presenteras för vänster respektive höger öga. En stor nackdel med denna teknik är just användandet av glasögon som i sig kan påverka kommunikationen med andra personer. Den andra mindre kända tekniken och minst utvärderade, är det som kallas autostereo displayer. Beträktaren behöver inte glasögon vilket i många sammanhang kan vara en fördel. Det finns tre olika typer av autostereo displayer (Dodgson, Moore, & Lang, ):

- två-vy displayer
- displayer med kontroll för huvudrörelser, oftast 2-vyer
- fler-vy displayer med tre eller flera vyer

### 3.1 Två-vy displayer

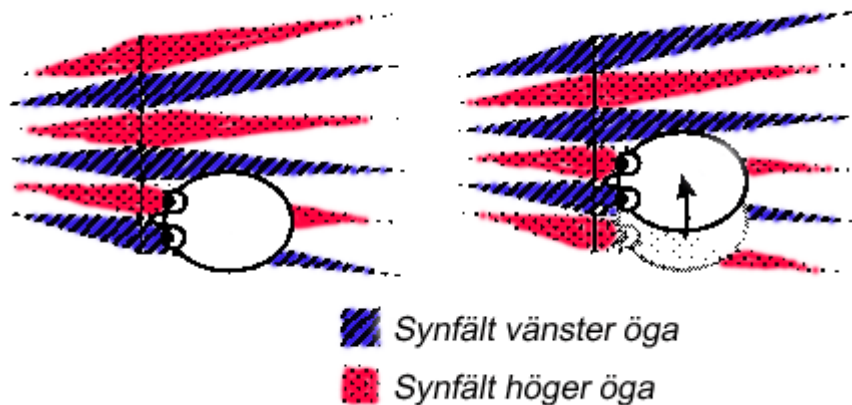
Två bilder genereras som är avsedda för betraktarens vänstra respektive högra öga. Om personen står på rätt avstånd i rätt position så kommer denna att kunna se en stereoskopisk bild. Nackdelen med denna typ av display är att sannolikheten är 50 % för att betraktaren står på fel position och till följd av detta ser en felaktig bild (Figur 2). Även rörelse framåt eller bakåt ökar risken för att bilden inte blir stereoskopisk.



Figur 2. Två-vy display.

### 3.2 Display med kontroll för huvudrörelser

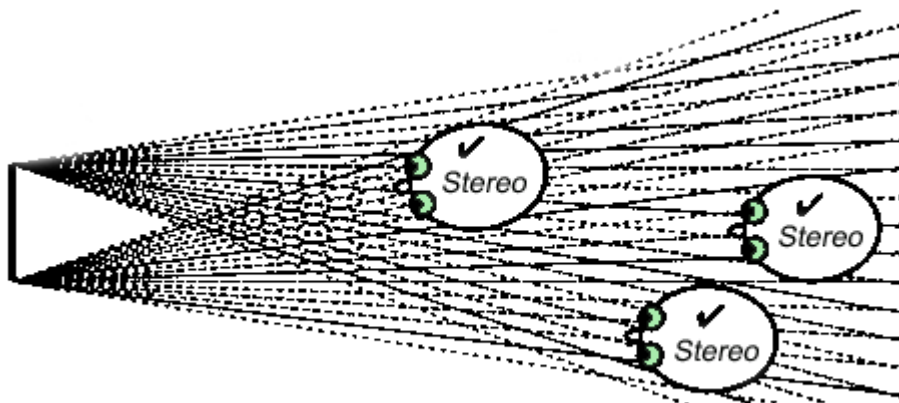
Med hjälp av en enhet ('head-tracker') som känner av huvudrörelser kan de två bilderna kontrolleras så att de representeras i vänster respektive höger öga (Figur 3). Head-trackern måste fungera utan att användaren har glasögon eller annan utrustning då det vore meningslöst att byta de traditionella 3D glasögonen mot annan utrustning som även den kräver glasögon. En stor begränsning är att de flesta 'head-trackers' endast registrerar huvudrörelser för en person.



**Figur 3.** Display med kontroll för huvudrörelser.

### 3.3 Fler-vy display

En fler-vy display är en typ av LCD display där en stor fördel är att betraktaren kan se en 3D bild så länge han befinner sig inom ett visst område utan att huvudrörelser behöver registreras med en sk 'head-tracker' (Wilson, 2000). Personen kan röra huvudet och se objekt från olika betraktelsevinklar. En annan stor fördel är att tekniken gör det möjligt för flera betraktare att se 3D bilden från olika positioner (Figur 4).



**Figur 4.** Fler-vy display.

### 3.4 Multi Layer Display

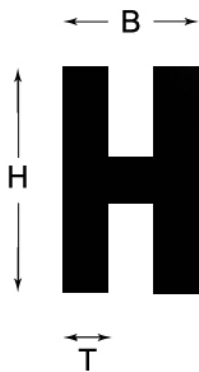
Multi layer display är en ny teknik som kan presentera information i flera lager, genom en LCD skärm som inkluderar två presentationsytor där den ena rent fysiskt är placerad framför den andra. Tekniken medger inte stereoskopiskt seende som beskrivits ovan, men möjliggör till skillnad från traditionella LCD displayer presentation i djupplanet. Rent tekniskt fungerar lösningen bra men effekterna av presentation i två lager är relativt oprövade. Ett användningsområde kan vara att presentera en kartbild i det bakre planet och prioriterad symbolik som snabbt ska upptäckas i det främre planet. Displayen har visat sig vara effektiv vad gäller att följa mål på en taktisk indikator samtidigt som en andra uppgift ska utföras (Bolia, Nelson, Gardner, Vidulich, & McLaughlin, 2003). Tekniken är dessutom lovande när det gäller fönsterhantering och menyhantering i Windows (Kooi, 2001).

## 4 Symboler

Symbolers och alfanumeriska teckens kvalitet vad gäller informationsöverföring är beroende av flera faktorer såsom, kontrast, ljusstyrka, utformning, och dessutom är naturligtvis operatörens arbetsmiljö av största vikt. Faktorer i miljön som kan ha signifikant betydelse är G-kraftspåverkan, omgivningsljus och vibrationer. Andra faktorer som bör tas med i bedömningen för visualisering av symboler/tecken är hur viktig informationen är och om det är stationär text på en plats på skärmen eller t.ex. rullande text eller tecken som rör sig i en bana på skärmen. Nedan diskuteras endast storlek på tecken/symboler, identifikation av 3D symboler och bedömning av färdriktning hos 3D symboler.

### 4.1 Storlek på alfanumeriska tecken

Rekommendationer för storleken på ett alfanumeriskt tecken varierar som nämnts ovan av situationen och ljuförhållanden. På ett avstånd av 70 cm (stämmer bra överens med avståndet mellan flygförare och HDD i JAS 39 Gripen) bör tecken ha en höjd mellan 2,5 och 7,6 mm. Även relationen mellan höjd och bredd har betydelse och likaså avståndet mellan linjer inom tecknet. För ett tecken på 5 mm (lämpligt värde under förhållanden där ljusnivåer kan variera och även andra faktorer kan påverka) bör relationen mellan höjd och bredd vara 5:3 (Figur 5). Även om symbolers storlek inte direkt diskuteras här så är storlek och relationer hos tecken en bra fingervisning även för visualisering av symboler.



**Figur 5.** Relationer hos ett alfanumeriskt tecken med höjden (H) 5 mm, bredden (B) 3 mm, linjebredd (T) 1 mm och avståndet mellan linjerna i tecknet är 1 mm.

### 4.2 Symbolidentifikation

Idag används en rad streckliknande symboler i JAS 39 som i flera fall är svåra att identifiera då symboliken är för liten och för komplex. På samma sätt är Natostandarden problematisk då även den ofta är komplex och består av både linjer och alfanumeriska tecken. Om symbolik skall transformeras från 2D till 3D måste en ny standard arbetas fram. De komplicerade 2D symbolerna kan inte presenteras i 3D som de ser ut idag. Forskning inom 3D som bedrivits på FOI MSI har visat att identifikation av symboler (sfär, kub, pyramid och två piltyper) är problematisk, och då speciellt identifikationen av pilarna. Den enda symbol som kan identifieras utan problem är sfären, då den ser lika ut oberoende av betraktelsevinkel. Övriga symboler förorsakar problem, beroende av betraktelsevinkel (Andersson & Alm, 2003).

### 4.3 Symbolorientering

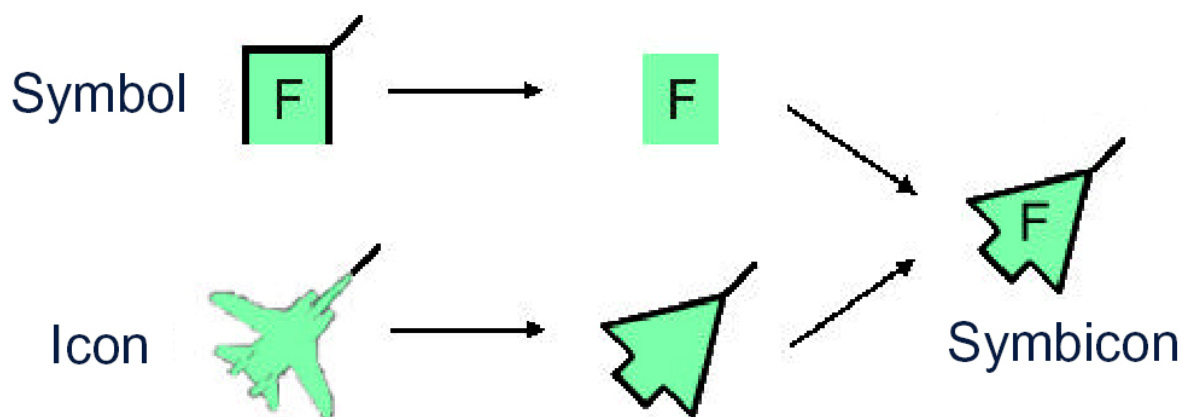
Bedömning av orienteringen hos en symbol, dvs. en målsymbols färdriktning är mycket svår under statistiska förhållanden. Speciellt svårt är det att bedöma riktningen hos pilsymboler (som

har en inbyggd riktningskomponent) till skillnad från sfär, kub och pyramid som har tilläggsinformation i form av fartvektorer (Alm & Andersson, 2001).

#### 4.4 Symbicons – en kombination av symbol och icon

På 2D kartor används abstrakta ofta svårlästa symboler och vid 3D presentationer används ofta realistiska små ikoner av flygplan eller fartyg. Ikoner är realistiska och liknar i någon form det avbildade objektet medan symboler saknar koppling till verkligheten och är därför abstrakta och har ofta tillhörande alfanumeriska tecken. Även om de realistiska ikonerna ser attraktiva ut för många så har forskning visat att symboler identifieras fortare och mer korrekt och att identifikation av 3D ikoner (som även forskning på FOI MSI kommit fram till, se ovan) är riktningsberoende (Smallman, John, Oonk, & Cowen, 2000). Därför är 2D symboler att föredra framför 3D ikoner.

För att använda de bästa egenskaperna hos symboler respektive ikoner så har ett förslag på symbolbibliotek som kallas Symbicons (Figur 6) tagits fram av en amerikansk forskargrupp (Smallman, John, Oonk, & Cowen, 2001; Smallman, Oonk, John, & Cowen, 2001).



**Figur 6.** Genom att kombinera och förenkla abstrakta symboler med mer realistiska ikoner kan en typ av symbol som benämns Symbicon erhållas.

I en studie jämfördes symbicons med traditionella 2D symboler och 3D ikoner avseende att namnge plattformens namn, klassificering av plattform, azimut och hot tillhörighet. Resultaten visar att namngivande av plattform var snabbare med symbicon än 3D ikoner och lika snabb som namngivande av 2D symboler. Vid klassificering av plattformen identifierades symbicons marginellt snabbare än 2D symboler och 3D ikoner. Vad gäller riktningsbedömning (azimut) och hot tillhörighet upptäcktes inte några skillnader.

Symbicons är ett lovande alternativ till spretiga abstrakta 2D symboler och även till realistiska ikoner som är allt för svåra att identifiera beroende på riktning.

## 5 Exempel på forskningsprojekt på FOI MSI inom 2D/3D

Forskning kring 2D och 3D användande fortgår på FOI MSI i flera olika projekt. Här beskrivs mer utförligt innehållet i två av dessa projekt. Projekten exemplifierar hur 2D/3D kan användas i den svenska försvarsmakten för att lösa reella problem. Det första projektet Kognitiv Lägespresentation, med slutår 2004 har bl.a. samarbetat med armén med fokus på MOU (Militär Operation i Urban Terräng). En längre beskrivning av projektet finns att tillgå i den slutrapport som är under bearbetning. Här beskrivs en del av verksamheten med

forskningsverktyget CoMap. Det andra projektet, Informationspresentation under belastning, med slutår 2003 har huvudsakligen arbetat med flyginriktade frågeställningar.

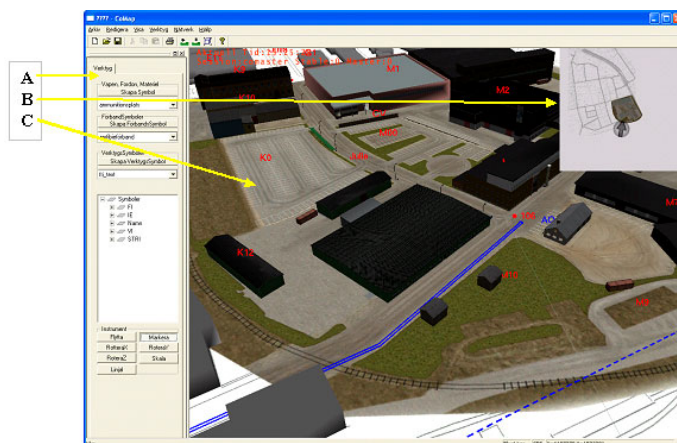
## 5.1 Kognitiv Lägespresentation

I takt med att Försvarsmakten får ett ökat internationellt deltagande, allt oftare i urban miljö, ökar behovet av en flerdimensionell representation av den aktuella miljön. Lägesbilden får dock inte bli för komplex. Det är därför viktigt att undersöka vilken information som behövs, samt hur den på bästa sätt ska representeras i lägesbilden. Forskning visar att 2D leder till bättre prestation för vissa uppgifter medan 3D leder till bättre prestation för andra uppgifter (Andersson & Alm, 2003; Bemis, Leeds, & Winer, 1988; Ellis, McGreevy, & Hitchcock, 1987; John, Cowen, Smallman, & Oonk, 2001; John, Smallman, Bank, & Cowen, 2001). Det är inte enkelt att säga när 2D eller 3D ska användas. En tumregel är att 2D är bra för metriska bedömningar medan 3D är bra för att få en högre grad av övergripande situationsmedvetande, SA (Haskell & Wickens, 1993). SA genereras över tid (Endsley, 1995) och är en viktig del i dynamiskt beslutsfattande.

Vid Militära Operationer i Urban Terräng, MOUT, kan det vara svårt att skapa sig god SA. Hot kan komma från nära håll såväl som uppifrån. Fiender kan gömma sig bakom byggnader och det kan finnas krypskyttar i fönster eller på tak. Insatsledaren behöver därför stöd för att kunna fatta bra beslut. Det är dock oklart var och hur detta stöd ska presenteras. Det finns alltså ett behov av att undersöka hur informationen ska presenteras, dvs. i 2D eller 3D, för att på bästa sätt stödja beslutsfattaren i sitt arbete. För att undersöka vilken effekt 3D har på beslutsfattande i komplexa situationer har ett forskningsverktyg utvecklats inom ramen för projektet Kognitiv Lägespresentation. Verktöget kan återge en lägesbild i både 2D och 3D och kallas CoMap (Cognitive Map).

## 5.2 Verktöget CoMap

Forskningsverktyget CoMap består av tre delar (Figur 7): A) ett verktygsfält, B) en 2D-minikarta och C) 2D/3D-presentationsyta.



Figur 7. CoMap; A. Verktögsfält, B. 2D-minikarta, C. 2D/3D-presentationsyta.

### 5.2.1 A) Verktögsfält

I verktygsfältet finns menyer med olika typer av symboler som går att placera i 2D/3D-presentationsytan samt ett antal knappar för att kunna hantera symbolerna. Symbolerna är uppdelade i tre grupper, 1) Verktøy, Fordon, Material, 2) Förbandssymboler och 3)

Verktgssymboler. Var och en av de tre grupperna har en meny där det är möjligt att välja och placera ut önskad symbol.

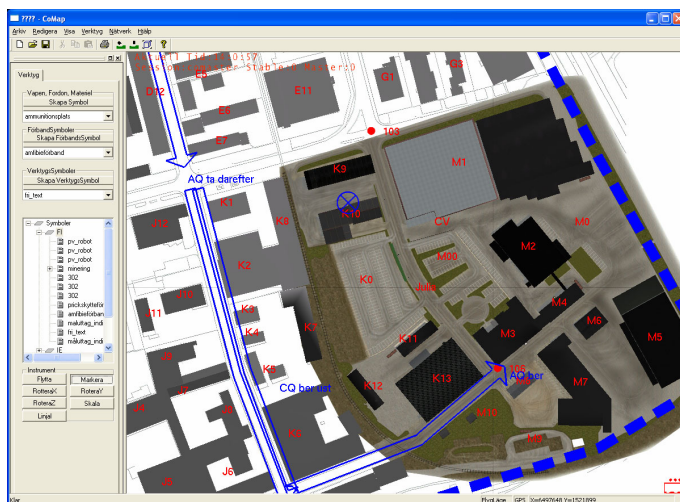
De symboler som placeras ut i 3D-vyn visualiseras även i verktgsfältet. Symbolerna återfinns under det oleat som är markerat vid det tillfälle symbolen placeras ut i 3D-vyn. Det är möjligt att skapa och arbeta med flera olika oleat samtidigt samt att spara aktuell lägesbild.

### 5.2.2 B) 2D - minikarta

Minikartan har som uppgift att vara ett orienteringsstöd för användaren. En pil i minikartan visar hela tiden användarens position i 2D/3D-presentationsytan samt i vilken riktning användaren tittar. Det går inte att interagera med minikartan.

### 5.2.3 C) 2D/3D-presentationsyta

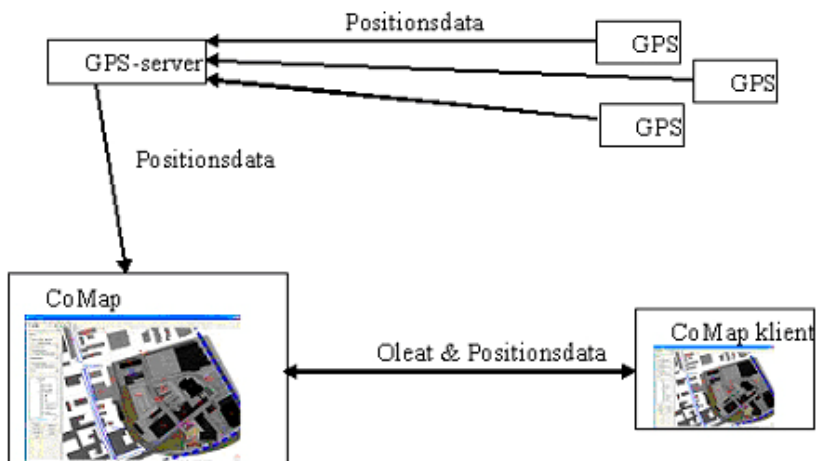
2D/3D-presentationsytan i CoMap kan antingen utgöras av en 2D-karta eller en 3D-karta över ett insatsområde. Användaren kan placera ut symboler och arbeta med verktuget i såväl 2D som 3D. I 2D-kartan kan användaren zooma in och ut och förflytta sig upp, ner, åt höger eller åt vänster. Detta kan även åstadkommas i 3D-kartan, skillnaden är att i detta läge kan användaren även steglöst förflytta sig i höjded (Z-led) för att få överblick. Användaren kan alltså i 3D-kartan betrakta insatsområdet från luften, från en specifik byggnad eller från valfri position på marken. Exempel på hur 2D-kartan ser ut illustreras i figur 8.



Figur 8. CoMap inställt att arbeta i 2D.

### 5.2.4 Funktionalitet

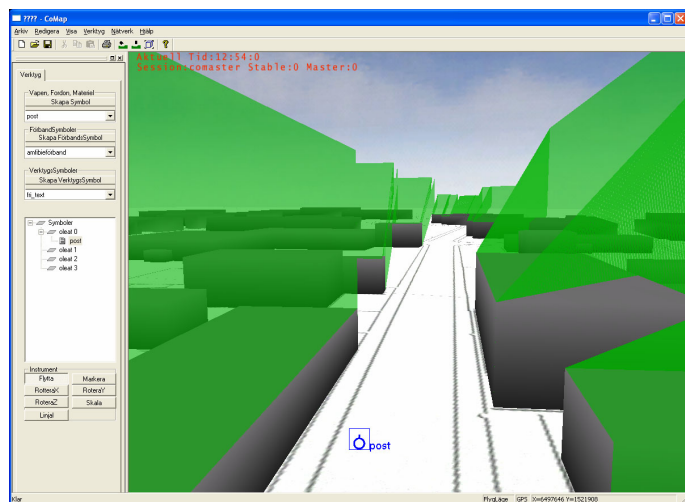
CoMap har även funktionalitet för GPS-följning, dvs. det är möjligt att visualisera soldaters och fordons geografiska position i realtid, se figur 9.



**Figur 9.** Design av GPS-positionering av symboler i CoMap

Positionsdata från GPS:er fästa på stridsfordon och soldater kan skickas via GSM-nätet till en GPS-server som samlar ihop informationen. CoMap hämtar informationen från GPS-servern och uppdaterar positionerna för de symboler som är kopplade till respektive GPS på fältet. Det finns även stöd för att koppla samman flera CoMap-klienter så att GPS-information och oleat kan utbytas.

CoMap har även funktionalitet för att visualisera enkla siktberäkningar. Funktionen skuggar, utifrån en utplacerad symbol i omvärlden, de delar av omvärlden som inte är synliga från symbolen, se Figur 10.



**Figur 10.** Illustration av enkel siktberäkning i CoMap. De områden som inte är synliga från postsymbolen är grönfärgade.

Utformningen av CoMap gör att det är enkelt att skapa nya symbolbibliotek, dvs. det är enkelt att byta ut ett militärt symbolbibliotek till ett som passar räddningstjänsten och polisen. Det är även möjligt att skapa symboler för att representera t.ex. NBC-olyckor.

### 5.3 MOUT

Som en del i utvecklingen av CoMap utvärderades verktyget under en MOUT-övning i Norrköping som arrangerades av MSS Kvarn i februari 2004. Syftet med deltagandet i



övningen var tvåfaldigt. Övningen var ett tillfälle att utvärdera CoMap med tilltänka användare av ett framtida ledningssystem som innehåller både 2D och 3D. Det var även en möjlighet att studera vilken nytta en befälhavare har av 2D- och 3D-information vid ledning av en militär övning i urban terräng. Fokus för fältstudien och utvärderingen låg på två olika moment, inbrytning i hus och dubbelsidig strid, vilka redovisas i detta kapitel.

### **5.3.1 Allmän diskussion MOU**

Befälen ansåg att CoMap var användbar trots att det inte är färdigutvecklat. Verktöget var till stor nytta under den dubbelsidiga striden då det användes för att stridsleda, följa och understödja striden. Med hjälp av CoMap kunde insatsområdet analyseras från ledningsrummet och kompanichefen kunde stöttas med detaljerade verkansberäkningar. Stf kompanichef framförallt arbetade med 2D-kartan (90% av tiden). Han hanterade själva verktöget och alla symboler i 2D och växlar till 3D-kartan i specifika situationer för att studera något i detalj, t.ex. för att göra en siktfältsanalys från ett tak eller för att ta fram möjliga framryckningsvägar. Stf kompanichef använde även 3D när han fick underrättelseinformation från fältet, dvs. han växlade från 2D till 3D för att exakt lokalisera informationen och få en bättre situationsuppfattning.

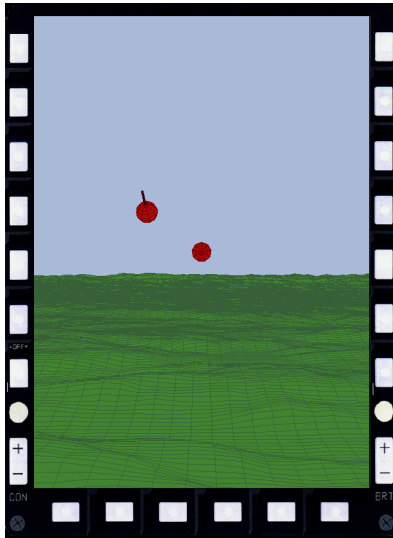
Erfarenheterna från veckan visar att både 2D och 3D-kartor är användbara. 2D kartan bör användas när det gäller att leda kompaniet på en övergripande nivå, dvs. följa de egna förbanden, lägga upp stridsplaner och predicera samanstöt. 3D kan med fördel användas när det gäller specifika situationer. Operatören byter då fokus från stridsledare till att gå in i en första persons situation. Det innebär att stf kompanichef tittar utifrån en position som en grupp soldater har. Analysen sker detaljerat utifrån deras position och inte utifrån ett övergripande stridsläge. Vad ser gruppen från deras position? Kan de bli beskjutna från en annan specifik position med direkt eller indirekt eld?

Rekommendationen utifrån dessa studier är att använda både 2D och 3D karta vid MOU på pluton och kompaninivå. För att vidare utveckla CoMap och dess funktionalitet behövs en grundlig uppgiftsanalys för denna typ av strid. CoMaps gränssnitt behöver förbättras för fältbruk och dessutom behöver fältförsöken kompletteras med mer kontrollerade laboriestudier. Potentialen hos forskningsverktöget CoMap bedöms som mycket bra, men utvecklingsarbete och mer kunskap på området är nödvändigt.

## **5.4 Informationspresentation under belastning**

En av de viktigare displayerna i ett stridsflygplans cockpit är Taktisk Indikator (TI). TI är en s.k. "Head Down Display" (HDD) vilket refererar till att flygföraren måste titta ner i cockpit för att avläsa den presenterade informationen. Informationen består av geografisk karta, flygposition, inmätta mål, vänner och fiender etc., allt färgkodat och presenterat i 2D-format (Figur 12).

Informationen på TI skulle kunna presenteras i det 3D-format som ges av perspektivinformation. (I analogi kan noteras att vissa flygplanstyper använder exempelvis infraröd kamerabild av omgivningen vilket ger en sorts 3D-format.) Figur 12 illustrerar perspektivpresentation på TI. 2D-formatet skulle antingen helt bytas ut eller utnyttjas enbart som tilläggsalternativ för specifika situationer, varför ett alternativ vore att ha möjlighet till växling mellan 2D och perspektivdefinierad 3D utifrån operativ användbarhet i flygsituationen.



**Figur 12.** Exempel på perspektivpresentation på TI med egensymbol centralt, målsymbol till vänster och perspektivförstärkande rutnät på mark.

En rad frågeställningar är förknippade med användandet av ett sådant 3D-format på TI. Vilka är de perceptuellt kritiska faktorerna för informationstolkningen? Hur ska 3D-symboler användas? Hur ska perspektivinformationen utformas för att under dynamiska förhållanden ge effektivt stöd? Vilka krav ställs för att optimera bedömning av riktning till målobjekts position i 3D?

Ett urval av sådana frågeställningar har studerats i laboratoriemiljö för såväl statisk som dynamisk presentation, i syfte att utröna utformningsfaktorer kritiska för effektiv informationstolkning och situationsmedvetande.

Studier av perspektivpresentation kan ha betoningen på att jämföra 2D med 3D-format och/eller undersöka 3D-formatets för- och nackdelar. I nedan angivna studier fokuseras på det senare. Detta inkluderar användning och jämförelser av monokulära djupledtrådar, definierat djup utan stereoskopiskt seende, som enligt flera andra studier med fördel kan användas vid 3D-presentation. Ett naturligt och enkelt exempel på sådan ledtråd är ocklusion, vilket innebär att ett nära objekt skymmer ett avlägset. Ett artificiellt exempel är förankring av objekt i marken genom vertikalt dragna pinnar från objekt till mark.

Den övergripande frågan är hur väl 3D-formatet kan ersätta dagens 2D med fokus på de för- och nackdelar perspektivinformationen ger. Kombinationen 3D och 2D i samma presentation, topografisk 3D-terräng med 2D-symbolik, är dessutom en tänkbar kombinationslösning. Tidigare har ofta slutsatser dragits utifrån experiment med statiska betingelser – betingelser utan rörelseinformation från den virtuella världen. Värdet av detta kan ofta ifrågasättas eftersom dynamiken i rörelseinformation har primärt stark effekt på vår uppfattningsförmåga och flygscenarier är i allra högsta grad dynamiska. Två övergripande studier undersökte därför både statisk och dynamisk presentation.

#### **5.4.1 Studier med statisk presentation**

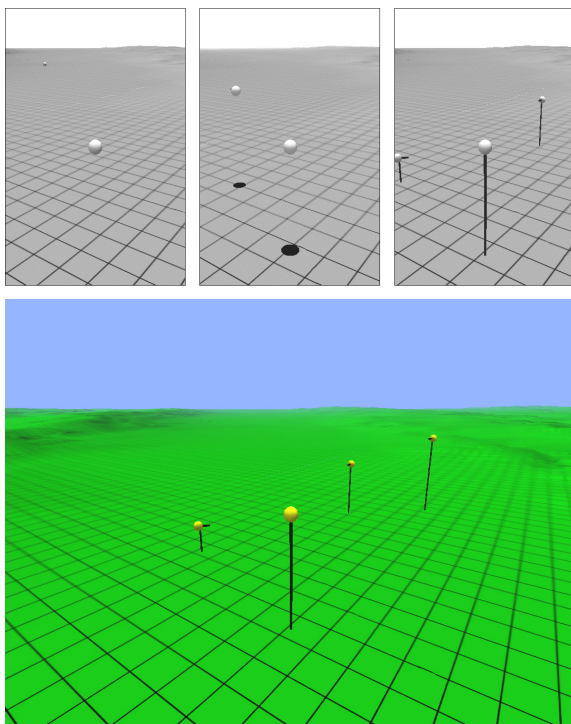
I en studie med statiska betingelser inkluderade två experiment (Andersson, 2001; Andersson, & Alm, 2002; 2003). I experiment 1 undersöktes förmågan att identifiera symboler av 3D-utformning och att bedöma symbolernas 3D-orientering. Symbolorienteringen varierades både

horisontellt (azimut) och vertikalt (elevation) för att få information om vilka vinklar som eventuellt var speciellt problematiska. Azimut och elevation analyserades separat, men med möjlighet till en sammanvägd bedömning. Symbolerna utgjordes av de tre enkla formerna sfär, kub och pyramid, alla med stömlinje i form av fartvektor, samt två mer komplexa med flygplansliknande drag. Svarsverktyget som användes inkluderade knappar vilka representerade de fem symbolerna för identifikation, och vinkelangivelsen angavs genom att en pil roterades för att ange symbolens 3D-orientering. Resultaten visar att de enkla formerna är att föredra vid identifiering. Korrekta bedömningar av objektens 3D-orientering visade sig vara svårt att utföra, med tillägget att de enkla formerna med inkluderad fartvektorlinje var något lättare vid vissa 3D-orienteringar än de komplexa symbolerna.

Experiment 2 undersökte förmågan att bedöma 3D-riktning från egenobjekt till målsymbol. Vinkelangivelsen angavs genom att en pil roterades i 3D-rymden för att peka i den upplevda riktningen från egen- till målsymbol. Resultaten visar att det i statiska bilder är mycket svårt att bedöma riktning och implicerar att det krävs ytterligare information i presentationen för att klara uppgiften.

#### 5.4.2 Studier med dynamisk presentation

Studien med dynamisk presentation omfattade fyra experiment (Alm & Lif, 2003; Alm, Lif, & Öberg, 2003). Två experiment undersökte relativ riktningssbedömning mellan egenobjekt och målsymbol med och utan artificiellt monokulära djupledtrådar i form av pinnar och skuggor i marken. Egensymbolen var centralt placerad i presentationen och tre målsymboler närmade sig från olika vinklar, Figur 13.



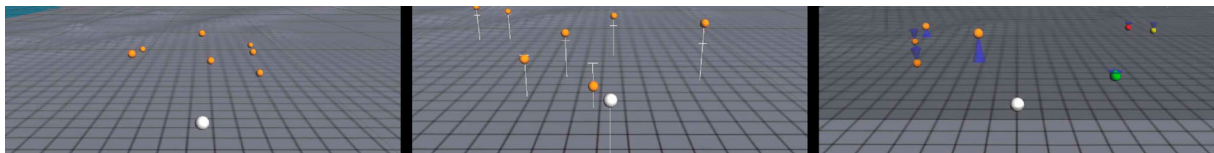
**Figur 13.** Perspektivpresentation med djupledtrådar.

Svar avgavs när en av symbolerna nådde förutbestämd position för bedömning varpå målsymbolen ändrade färg. I det första experimentet undersöktes bedömningar i

framförvarande sektor relativt egensymbol, med avseende på tillägg av pinnar alternativt skuggor i marken. Experiment två exkluderade skuggor i marken men undersökte om vinkelbedömningar i bakomliggande sektor gjordes annorlunda än bedömningar i framförvarande sektor.

Resultaten visar att (1) bedömningarna utfördes med bra noggrannhet (vilket inte var fallet vid statisk presentation i den första studien), (2) pinnar respektive skuggor i marken inte förbättrade prestationen, och (3) det fanns ingen skillnad mellan att använda pinnar alternativt skuggor i marken.

I ett tredje experiment undersöktes förmågan att utföra bedömningar som inte var absoluta, eller metriska, utan relativa. Uppgiften var att bedöma största alternativt minsta höjdskillnad mellan egenobjekt och målobjekt, med och utan artificiellt monokulära djupledtrådar. Symboler utan extra artificiell djupledtråd jämfördes med pinne i marken med tillhörande horisontell tvärslå vilken visade egenobjektets höjd, dessutom användes koner med tillhörande höjdlager (Figur 14).



**Figur 14.** Exempel på djupledtrådar använda i perspektivpresentationen i studie 2. Från vänster, sfärer utan extra monokulära djupledtrådar, sfärer med pinnar i marken och till höger sfärer med koner fästade till marken.

Egensymbolen var centralt placerad och sju målsymboler flög i riktning mot egensymbolen. Tre av de sju symbolerna blinkade vid en tidpunkt och försökspersonen kvitterade genom en knapptryckning när han/hon ansåg sig säker på vilken av de tre blinkande målsymbolerna som befann sig på största och minsta höjdskillnad. Egensymbolen var vit och ursprungsfärgen på målsymbolerna orange. I mittendisplayen med koner kan noteras att tre symboler ändrat färg till grön, röd och gul. Positionerna på de prioriterade hoten (ändrade färg) varierades mellan olika scenarion. Svar gavs genom att trycka på en färgkodad knapp som motsvarade målsymbolernas färger.

Den övergripande slutsatsen är att uppgiften styr huruvida det är nödvändigt att förstärka 3D presentationen med extra djupledtrådar. Vid mer integrerade uppgifter som kollisionsangivelse och riktningssbedömning förbättras inte bedömningarna med extra

djupledtrådar medan en förbättring sker vid en mer fokuserad uppgift med endast höjddimensionen att fokusera på. Detta innebär att det vid användning av perspektivpresentation är nödvändigt att tillämpa artificiell förstärkning (t.ex. pinnar i marken) vid vissa typer av uppgifter eller alternativt växla till en 2D-vy.

Resultaten visar att extra djupledtrådar förbättrar bedömningen och sänker reaktionstiden för uppgifter där endast höjd fokuseras och svar inte ges metriskt. Det fjärde experimentet undersökte förmågan att bedöma vilket av fem målobjekt som flög på kollisionskurs mot egenobjektet, med och utan pinnar i marken. De fem målsymbolerna närmade sig egensymbolerna i 15 sekunder varpå svar gavs på samma sätt som i tredje experimentet. Resultaten visar att de extra monokulära djupledtrådar inte förbättrar bedömningarna i denna mer komplex dynamiska situation.

### **5.5 Sammanfattning av informationspresentation vid MOUT och i flygfallet**

Användande av 2D eller 3D och även till viss del symbolutformande är som framgår ovan situationsberoende. Uppgiftens art är en övergripande och högst avgörande fråga. Valet av 2D eller 3D kommer att skilja sig åt om uppgiften är att bedöma avstånd från punkt A till punkt B eller om uppgiften är att få bra situationsuppfattning. Vidare finns det skillnader mellan användande i luftrummet och användande i MOUT fallet. På marken kan objekt relateras till hus, gator, en kyrka eller annat. Den typen av referenser saknas i luften. I luften kan symboler relateras till andra symboler relativt en kartbild (som kan vara i 3D) och djupledtrådar som pinnar eller skuggor i marken kan i vissa fall förstärka bilden medan den i andra fall endast klottrar ner. Vid val av presentation måste en förståelse för uppgift och situation först byggas upp, för att sedan göra val av 2D, 3D eller kombinerat 2D/3D.

## **6 Rekommendationer**

En viktig del i presentationen är betydelsen av statiska respektive dynamiska förlopp. Situationsmedvetande byggs upp över tid, vilket innebär att dynamiska förlopp förbättrar förutsättningarna när det gäller att göra korrekta bedömningar. Forskningen som gjorts på FOI MSI har undersökt både statiska och dynamiska förlopp. Rekommendationer ges med avseende på symbolutformning, och val av 2D alternativt 3D presentation i flygfallet och MOUT.

### **6.1 Symbolutformning**

2D symboler bör vara ca 5 mm höga och 3 mm breda, beroende på situation. Undvik spretiga symboler med mycket streck och pinnar. Sträva efter förenklade former. I många fall kan tilläggsinformation framkomma om operatören så önskar. Ofta måste ett val göras mellan mycket information som klottrar ner displayen eller mindre information som ger en tydlig lägesbild men med mindre information. När det gäller 3D symboler så bör enkla former, som sfär, kub och pyramid användas. Undvik mer komplicerade former såsom realistiska flygplansmodeller. Ett bra alternativ kan vara Symbicons.

### **6.2 Val av 2D alternativt 3D presentation i flygfallet och MOUT**

En enkel tumregel är att 3D-format är att föredra vid uppgifter där situationen kräver bra övergripande lägesförståelse medan 2D-formatet passar bäst vid uppgifter som kräver metrisk bedömningar.

Det traditionella 2D-formatet är att föredra vid uppgifter som bedömningar av avstånd och höjd. Avstånd uppfattas naturligt utifrån en "God's-eye vy" (rakt ovanifrån) och höjdinformation uppfattas bäst från sidan. När uppgiften är att skapa en bra lägesförståelse är 3D presentation utmärkt och behöver inte förstärkas med monoklära djupledtrådar (t.ex. pinnar i marken). Vid fokuserade uppgifter, t.ex. endast relativ höjdbedömning, kan bedömningar i 3D omvärlden förbättras med monokulära djupledtrådar. Vilket format, 2D eller 3D, som är att föredra är således i hög grad situationsberoende.

Vid MOUT finns inte samma behov av att använda sig av djupledtrådar då symboler kan relateras till byggnader, gator m.m. i 3D miljön. Vid valet mellan 2D och 3D så är 2D att föredra när operatören är i behov att se hela kartan med avsikt att se avstånd mellan objekt i omgivningen. Detta gäller ofta en högre ledningsnivå som inte har behov av att förstå den faktiska lägesförståelsen på lägre nivå, t.ex. en grupp. Om operatören är i behov av att få en bra lägesuppfattning av en situation på lägre nivå kan han med fördel använda sig av 3D kartan för att analysera situationen. Behovet och nivån på ledning har således stor betydelse

för valet mellan 2D och 3D. En framkomlig väg kan vara (som CoMap) att integrera 2D och 3D i ett och samma system.

## 7 Sammanfattning

Det viktigaste att tänka på vid val av teknik och presentationsform är uppgiftens karaktär och den miljö som operatören befinner sig i. En stridspilots arbetssituationer skiljer sig naturligtvis markant åt från en stabs, och presentationen måste således anpassas därefter. Valet mellan 2D/3D styrs till stor del av operatörens uppgift, t.ex. om det handlar om övergripande situationsmedvetande eller metrisk bedömningar mellan objekt.

En annan viktig poäng är att skilja mellan möjligheten till användandet av teknik och om denna teknik bidrar till förbättringar operativt. Frånsett de rent tekniska möjligheterna så måste både uppgiften/uppdraget, samt perceptuella frågeställningar som hur 3D bilden uppfattas från olika vinklar, symbolutformning utredas. Forskningen kring 3D är idag högaktuell både militärt och civilt, då tekniken innebär att det går att implementera operativt (främst perspektivpresentation), men kunskap om gränssnittets utformning ofta är bristfällig. För att kunna utnyttja tekniken kring 3D krävs ökade kunskaper och förståelse för människan i systemet. Teknik och människa utgör systemet och båda delarna måste noga beaktas, både vid framtagning av nya system och vid uppgraderingar av befintliga system.

## 8 Referenser

- Alm, T., & Andersson, P. J. (2001). *Symbols and symbol relations in perspective aircraft displays*. Paper presented at the National Conference on Human Factors in Aviation - 2001, Linköping Institute of Technology, Sweden.
- Andersson, P., & Alm, T. (2003). Perception Aspects on Perspective Aircraft Displays. *Displays*, 24, 1-13.
- Bemis, S. V., Leeds, J. L., & Winer, E. A. (1988). Operator Performance as a Function of Type of Display: Conventional versus Perspective. *Human Factors*, 30(2), 163-169.
- Bolia, R. S., Nelson, W. T., Gardner, C. M., Vidulich, M. A., & McLaughlin, A. B. (2003). *A visual depth display for air battle managers: Effects of depth and transparency on performance and workload*. Paper presented at the Sixth International Australian Aviation Psychology Symposium, Melbourne, Australia.
- Bruce, V., Green, P. R., & Georgson, M. A. (1997). *Visual Perception* (3rd ed.). Hove: Psychology Press Taylor & Francis group.
- Dodgson, N. A., Moore, J. R., & Lang, S. R. (2000). *Multiview autostereoscopic 3D display*. Cambridge: University of Cambridge Computer Laboratory, UK.
- Ellis, S. R., McGreevy, M. W., & Hitchcock, R. (1987). Perspective traffic display format and airline pilot traffic avoidance. *Human Factors*, 29, 371-382.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37(1), 32-64.
- Haskell, I. D., & Wickens, C. D. (1993). Two- and Three-Dimensional Displays for Aviation: A Theoretical and Empirical Comparison. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(2), 87-109.
- John, M. S., Cowen, M. B., Smallman, H. S., & Onk, H. M. (2001). The Use of 2D and 3D Displays for Shape-Understanding versus Relative-Position Task. *Human Factors*, 43(1), 79-98.
- John, M. S., Smallman, H. S., Bank, T. E., & Cowen, M. B. (2001). *Tactical Routing Using Two-Dimensional and Three-Dimensional Views of Terrain* (Technical report 1849). San Diego: Pacific Science and Engineering.

- Kooi, F. L. (2001). *The case for transparent depth displays* ( TNO-TM 2001-A067/E). Soesterberg: TNO Human Factors, The Netherlands.
- Smallman, H. S., John, M. S., Oonk, H. M., & Cowen, M. B. (2000). *Track Recognition Using Two-Dimensional Symbols or Three-Dimensional Icons* (Technical report 1818 ). San Diego: Pacific Science and Engineering Group, Inc.
- Smallman, H. S., John, M. S., Oonk, H. M., & Cowen, M. B. (2001). 'Symbocons': *A hybrid symbology that combines the best of symbols and icons*. Paper presented at the Human Factors and Ergonomics Society 45th Annual Meeting.
- Smallman, H. S., Oonk, H. M., John, M. S., & Cowen, M. B. (2001). *Symbicons: Advanced Symbology for Two-Dimensional and Three-Dimensional Displays* (Technical report 1850). San Diego, CA: Spawar Systems Center.
- Wilson, A. (2000). Autostereoscopic system delivers 3-D images using cylindrical lenses. *Image Processing Europe, July/August*.

## **9 Tillkännagivande**

Tack till Björn Lindahl och Johan Hedström som hjälpt till med den tekniska beskrivningen av CoMap. De har för övrigt programmerat och skapat det faktiska systemet tillsammans med Peter Andersson på FOI MSI i Linköping. Tacksamhet riktas även till Katarina Undén som granskat rapporten och kommit med värdefulla förslag till förbättring.

## **10 Kontaktperson**

Patrik Lif  
Division of Command and Control Systems, Department of Man-System-Interaction  
FOI, Swedish Defence Research Agency  
P.o Box 1165  
SE-581 11 Linköping Sweden