



# Värdering vapen och skydd, verkan, sårbarhet och risk

Sammanfattande projektredovisning 2014

MATS HARTMANN, PERNILLA MAGNUSSON



Mats Hartmann, Pernilla Magnusson

# Värdering vapen och skydd, verkan, sårbarhet och risk

Sammanfattande projektredovisning 2014

|                        |                                                                                                          |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Titel                  | Värdering vapen och skydd, verkan, sårbarhet och risk, Sammanfattande projektredovisning 2014            |
| Title                  | Assessment of weapons, protection, vulnerability, lethality and risk, summarized project activities 2014 |
| Rapportnr/Report no    | FOI-R--3989--SE                                                                                          |
| Månad/Month            | December                                                                                                 |
| Utgivningsår/Year      | 2014                                                                                                     |
| Antal sidor/Pages      | 34 p                                                                                                     |
| ISSN                   | 1650-1942                                                                                                |
| Kund/Customer          | Försvarsmakten                                                                                           |
| Forskningsområde       | 11. Vapen, Skydd och säkerhet                                                                            |
| FoT-område             | Vapen och skydd                                                                                          |
| Projektnr/Project no   | E20561                                                                                                   |
| Godkänd av/Approved by | Torgny Carlsson                                                                                          |
| Ansvarig avdelning     | Försvars- och säkerhetssystem                                                                            |

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

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

## Sammanfattning

Forsknings- och teknikutvecklingsprojektet ”Värdering vapen och skydd, verkan, sårbarhet och risk” eller allmänt kallat ”verkansvärdering”, har bedrivits på uppdrag av Försvarsmakten under 2014. Projektet är kunskapsuppbyggande och -bevarande inom ett brett spektrum av verksamheter där alla syftar till att förbättra möjligheterna att värdera olika systems prestanda ur ett verkans- och sårbarhetsperspektiv. Utöver detta har även teknisk prestanda för vapen och ammunition som kan tänkas utgöra ett hot mot svensk personal och materiel engagerade i utlandsuppdrag och vid försvar av Sverige sammanställts.

Rapporten redovisar de verksamheter som bedrivits inom projektet under året. Dessutom ges även en sammanställning över andra projekt som utnyttjat den kunskap som verkansvärdering utvecklar, vidmakthåller och tillgängliggör.

Nyckelord: värdering, prestanda, vapen, skydd, stridsdel, risk, verkan, verkansvärdring, hot, ammunition, sårbarhet, överlevnad

## Summary

The R&T project "Värdering vapen och skydd, verkan, sårbarhet och risk", commonly referred to as "verkansvärdering", has been running during 2014. The project has produced a foundation of knowledge in a wide range of activities; all aimed to improve the assessment of various systems' performance with a focus on weapons effect's and target vulnerability. In addition, technical data of weapons and munitions that may pose a threat to Swedish personnel and equipment engaged in foreign missions and in the defence of Sweden has been compiled.

This report provides a brief description of the activities carried out within the project during the year. It also includes presentations of other projects that exploited the knowledge that the R&T project developed, maintained and made available.

Keywords: assessment, performance, weapon, protection, warhead, risk, efficiency, vulnerability, lethality, threats, ammunition, survivability

## Innehållsförteckning

|          |                                                                |          |
|----------|----------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>Inledning</b>                                               | <b>8</b> |
| 1.1      | Övergripande frågeställningar.....                             | 8        |
| 1.2      | Årsrapporten .....                                             | 8        |
| <b>2</b> | <b>Genomförd verksamhet</b>                                    | <b>9</b> |
| 2.1      | Människans sårbarhet.....                                      | 9        |
| 2.1.1    | Penetration.....                                               | 9        |
| 2.1.2    | Tryck .....                                                    | 9        |
| 2.2      | Hotdatabas.....                                                | 10       |
| 2.3      | Initiering av medförd ammunition.....                          | 11       |
| 2.4      | Hydrodynamisk stöt .....                                       | 11       |
| 2.5      | Skadekriterier för komponenter.....                            | 11       |
| 2.6      | Tryckmodellutveckling.....                                     | 11       |
| 2.6.1    | Litteraturstudie tryck.....                                    | 13       |
| 2.7      | Handbok verkansvärdering .....                                 | 13       |
| 2.8      | Skapande av målbeskrivningar till AVAL .....                   | 15       |
| 2.8.1    | Lastbil.....                                                   | 15       |
| 2.8.2    | Generisk flygbas .....                                         | 16       |
| 2.9      | Direktstöd till Försvarsmaktens studier.....                   | 16       |
| 2.9.1    | Skydd av flygvapnets baser och anläggningar .....              | 16       |
| 2.9.2    | Ammunitionsstudien.....                                        | 17       |
| 2.10     | Litteratursammanställning krattrar i mark .....                | 17       |
| 2.11     | Inledande litteraturstudie Integrated Survivability .....      | 17       |
| 2.12     | Verkanssimuleringar för granatkastare .....                    | 18       |
| 2.13     | Referenshandbok splittergenerering och splitterballistik ..... | 19       |
| 2.14     | SWERISK.....                                                   | 19       |
| 2.15     | Deltagande i möten, kurser och konferenser.....                | 19       |
| 2.15.1   | PASS.....                                                      | 19       |
| 2.15.2   | MABS.....                                                      | 19       |
| 2.15.3   | CB-lära .....                                                  | 20       |
| 2.15.4   | Gripenfrukost .....                                            | 20       |
| 2.15.5   | Luftvärnsseminarium.....                                       | 20       |
| 2.15.6   | Short course penetration mechanics .....                       | 21       |
| 2.15.7   | Ballistiska skydd.....                                         | 21       |
| 2.15.8   | Diskussioner om värdering av markplattformars prestanda .....  | 21       |
| 2.15.9   | SgBs.....                                                      | 21       |
| 2.15.10  | AG Verkan och Skydd.....                                       | 21       |
| 2.15.11  | AVAL user group meeting.....                                   | 21       |
| 2.16     | Internationella samarbeten .....                               | 21       |
| 2.16.1   | Diskussionsmöte med FFI .....                                  | 21       |
| 2.16.2   | RECONASS .....                                                 | 22       |

|          |                                                                            |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.16.3   | CANESE, informationsutbytesavtal med Nederländerna och Kanada .....        | 22        |
| 2.16.4   | European Working Group Non-Lethal Weapons (EWG NLW) ...                    | 22        |
| 2.16.5   | DEA .....                                                                  | 22        |
| <b>3</b> | <b>Kompetensanvändning i andra projekt</b>                                 | <b>23</b> |
| 3.1      | Stöd till FHS-student med simulering av verkan mot fartygskoncept          | 23        |
| 3.2      | AVAL förvaltningsuppdrag .....                                             | 23        |
| 3.3      | Försvarsmaktens studie "Skydd av flygvapnets baser och anläggningar" ..... | 24        |
| 3.4      | Diskussioner om nationell ballistikkompetens .....                         | 25        |
| 3.5      | Tryckverkan mot människan .....                                            | 26        |
| 3.6      | Risk för eget flygplan vid bombfällning .....                              | 26        |
| 3.7      | Nytt eldhandvapen .....                                                    | 26        |
| 3.8      | Riskområden runt Avslagare 40C .....                                       | 27        |
| 3.9      | Sjömålsrobot .....                                                         | 27        |
| 3.10     | VASA-kanon .....                                                           | 27        |
| 3.11     | Stöd till FMV .....                                                        | 28        |
| 3.12     | Preliminär systemsårbarhetsanalys för aktiva skyddssystem .....            | 29        |
| 3.13     | KLOTZ .....                                                                | 29        |
| 3.14     | NATO .....                                                                 | 29        |
| 3.15     | Stryktålighet fartyg .....                                                 | 30        |
| 3.16     | SUBCOP .....                                                               | 30        |
| 3.17     | Värderingsmetodik .....                                                    | 31        |
| <b>4</b> | <b>Referenser</b>                                                          | <b>32</b> |



# 1 Inledning

Projektet ”Värdering vapen och skydd - verkan sårbarhet och risk”, vanligen förkortat till ”Verkansvärdering”, är ett FoT-projektet inom ramen för Försvarsmaktens samlingsbeställning. År 2014 är det första av tre som planerats enligt FoT-planen [1].

Projektets syfte har varit att förse Försvarsmakten med underlag, verktyg och metoder inom områdena verkans- och sårbarhetsvärderingar samt riskanalyser. Dessa utnyttjas t.ex. vid analyser och värderingar av egna vapensystems och plattformars prestanda inför, under och efter anskaffning samt av främmande systems egenskaper. Även handhavandeinstruktioner kan baseras på t.ex. de risk- och verkansområden som värderingar kan ge som resultat. Från och med 2014 hanterar projektet även värdering av anläggningar i form av allt från observationsplatser till camper, flygbaser och bergrum samt ammunitionsförvaring i närhet av camper.

Projektet har kontinuerligt tagit fram, dokumenterat, förbättrat och underhållit relevanta metoder och verktyg, t.ex. genom att vissa beräkningsmodeller har setts över och förbättrats för att öka kvaliteten på värderingarna. Förbättringsarbetet har även inkluderat viss försöksutrustning som utnyttjas för att bestämma t.ex. skydds- eller verkansförmåga.

Projektet har vidareutvecklat förmågan att värdera människan inom ramen för såväl verkan, sårbarhet och risk och har samverkat inom området med relevanta avnämare (t.ex. traumaenheten vid KI, Försvarsrelaterad medicin samt skyddskompetensen på FMV).

## 1.1 Övergripande frågeställningar

Problemställningarna som projektet skall hantera utgörs av [1]:

1. Hur ska man värdera vapensystems verkan i olika typer av mål?
2. Vilken funktionsförändring inträder hos ett mål som utsatts för en viss typ eller kombinationer av olika typer av vapenverkan?
3. Vilka vapen/ammunitionssorter/typiska IED-utformningar kan tänkas utgöra hot mot svensk personal och materiel och vilka tekniska prestanda har dessa?
4. Hur ska risker i samband med vapeninsatser analyseras?
5. Hur ska man förbättra möjligheterna att analysera vapenverkan mot människan?
6. Hur bör riskanalyser och riskberäkningar utföras för vapensystem?
7. Hur ska funktionen hos anläggningsskydd kunna provas och beräknas?

## 1.2 Årsrapporten

Årsrapporten sammanfattar kortfattat de aktiviteter som genomförts inom ramen för projektet. Utöver det redovisas även exempel på aktiviteter där den kompetens projektet ansvarar för att vidmakthålla och vidareutveckla faktiskt kommer till nytta, utanför projektet.

## 2 Genomförd verksamhet

I detta kapitel redovisas kortfattat huvuddelen av de verksamheter som skett inom projektets ram.

### 2.1 Människans sårbarhet

Inom området människans sårbarhet har fokus under året varit dels uppbyggnad av kompetens inom tryckverkan mot människan och dels på verkan från finkaliberprojektiler genom samarbete med Kanada och Nederländerna.

#### 2.1.1 Penetration

För att uppskatta skadesannolikhet hos människor utsatta för splitter kan så kallade vittnespaket användas. Dessa utvärderingsmetoder är primärt avsedda för normala metalliska splitter, men för att utvidga kunskapsområdet har träsplitter skjutits mot delar av vittnespaket. Kompetensen har även använts vid deltagandet i personalskadeutvärderingen i VASA-försöken, se kap. 3.10.

##### 2.1.1.1 Träsplitters penetrationsförmåga

Trästickor bildade som sekundärsplitter bakom exempelvis en trävägg kan penetrera kroppen och ge upphov till livshotande skador. Detta är kunskap som funnits sedan träskeppens tid men data på tröskelhastighet för genomslag kopplat till moderna värderingsmetoder saknas. För att ta reda på hur penetrativt ett träsplitter är undersöktes genomslagshastigheter för rundstavar av björk i 1 mm aluminiumplåt. Genomslag av 1 mm aluminiumplåtar i flera lager, så kallade vittnespaket, är ett väl använt mått för att beräkna letaliteten från moderna fragmenterande verkanseffekter.

I studien sköts trästavar av diametern 8 mm med tre olika längder motsvarande en massa på 1,1 g, 5,3 g samt 8,4 g för att hitta tröskelhastigheten för genomslag som funktion av anslagsenergi per area. Stavarna sköts med hjälp av tryckluft och hastigheten mättes ur höghastighetsfilm.

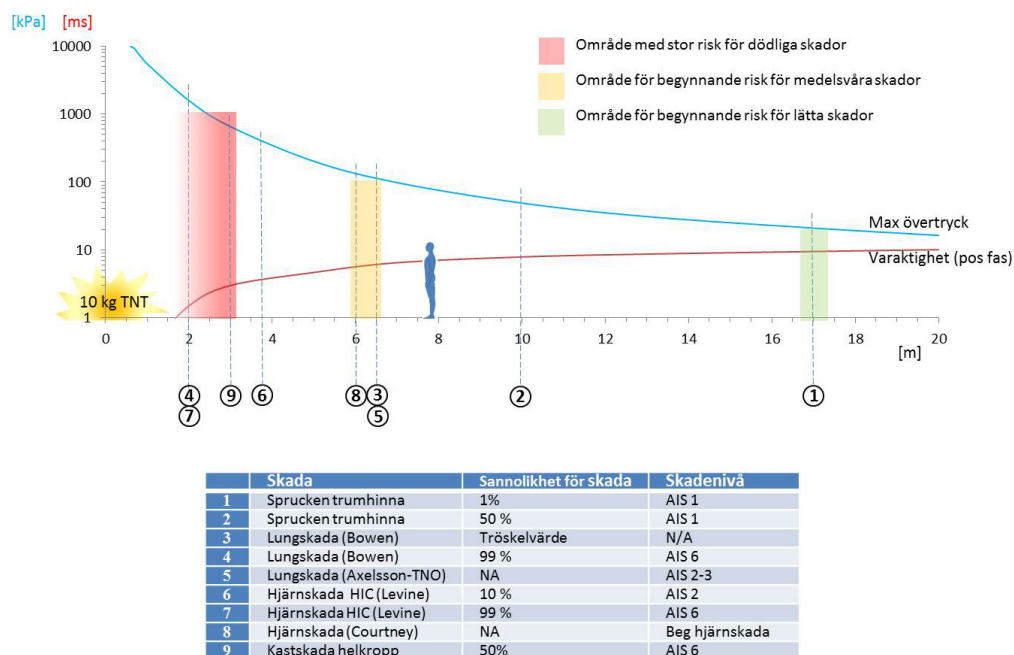
Försöksresultaten redovisas i en separatrapport med planerad utgivning 2015.



Figur 1. Genomslag av rundstav i 1 mm aluminiumplåt för två olika splittermassor. Rundstavarnas hastighet var nära gränshastigheten då de fastnade i målplåten.

#### 2.1.2 Tryck

Plötsliga tryckförändringar i form av luftstöt vågor från detonationer kan orsaka allvarliga skador på människan. Luftfyllda organ som öron och lungor är känsligast och skadas vid relativt låg belastning men vid höga belastningar kan skador till exempel orsakade av att kroppen kastas iväg uppstå, för exempel se Figur 2. En rapport [2] om kunskapsläget inom området är framtagen och har delvis genomförts inom projektets ram.



Figur 2. Exempel på riskområden för oskyddad person vid exponering för 10 kg trotyl. AIS (Abbreviated Injury Scale) beskriver skadenivåer där 1 är lätt skada och 6 innebär mycket stor sannolikhet för död.

För att experimentellt kunna genomföra utvärdering av de skadliga effekterna av en luftstötstång planeras också att ta fram utrustning och analysverktyg för att kunna genomföra utvärderingar enligt Axelsson-Yelvertons metod [3]. Metoden är anpassad till att kunna användas även vid komplexa luftstötstångar och är därför tillämpbar både vid försök i frifält och i slutna utrymmen.

## 2.2 Hotdatabas

Hotdatabasen samlar prestandabeskrivningar för ammunition (främst finkaliber och splittersimulatorer) som kan utgöra hot mot svensk trupp och materiel. Gränshastigheten, ofta kallad  $v_{50}$ , för en kombination av ballistiskt skydd och hotprojektil är den hastighet vid vilken det är lika stor sannolikhet för perforation av skyddet som för att skyddet stoppar projektilen. Denna gräns är statistisk med en övergång mellan låg sannolikhet för perforation till hög sannolikhet för perforation. Gränshastighetsskjutningar syftar till att fastställa gränshastigheten  $v_{50}$  och i vissa fall även den statistiska funktionens standardavvikelse. Ett flertal standarder för ballistisk provning förekommer. Exempel på vanligt använda internationella standarder för gränshastighetsskjutningar är NATO-standarderna STANAG 2920<sup>1</sup>, STANAG 4164<sup>2</sup>, samt de amerikanska MIL-STD-662F<sup>3</sup> och TOP 2-2-710<sup>4</sup>.

Denna typ av data är relevant under lång tid, förutsatt att den är framtagen under kontrollerade former och av hög kvalitet. Databasen har under året utökats med ytterligare experimentella resultat och även med prestanda för viss svensk ammunition för att underlätta jämförelser [4].

<sup>1</sup> "Ballistic test method for personal armour materials and combat clothing", NATO Standardization Agency, STANAG 2920 (Edition 2), NATO Unclassified, 2003.

<sup>2</sup> "Test procedures for armour perforation tests of anti-armour ammunition", NATO Standardization Agency, STANAG 4164 (Edition 2), NATO Unclassified, 1998.

<sup>3</sup> "V50 ballistic test for armor", U. S. Department of Defense, MIL-STD-662F, 18 December 1997

<sup>4</sup> "Ballistic tests of armor materials", US Army Test and Evaluation Command, TOP 2-2-710, 1984. TOP 2-2-710 kan ses som en meta-standard, det vill säga en standard för att skriva standarder.

FOI:s processer för Ballistisk provning certifierades 2013 av DNV CERTIFICATION AB och genomgick revision 2014 och uppfyller kraven i standarden för ledningssystem: ISO 9001:2008. Certifikatet har Nr. 98137-2011-AQ-SWE-SWEDAC [5].

Inom samma verksamhetsområde har aktiviteter genomförts för att testa vittnesplåtar [6], utrustning [5, 7], beräkna ytterballistik inklusive snedställning av projektil [8] och luftbromsning hos projektiler med låg densitet [9]. Den statistiska beräkningen av  $v_{50}$ , som delvis saknade dokumentation, har dokumenterats [10].

## 2.3 Initiering av medförd ammunition

Arbetet med initiering av medförd ammunition, som berör både ammunition i t.ex. fordon och fartyg samt ammunition förvarad i förråd, har varit vilande under större delen av året. Arbetet har återupptagits under hösten.

## 2.4 Hydrodynamisk stöt

En litteraturstudie av fenomenet hydrodynamisk stöt (eng. hydraulic ram) påbörjades under hösten 2014. Syftet är en ökad kompetens om fenomenet för att därefter kunna avgöra om befintliga modeller för enkla och snabba beräkningar är bra nog eller om de behöver förbättras.

## 2.5 Skadekriterier för komponenter

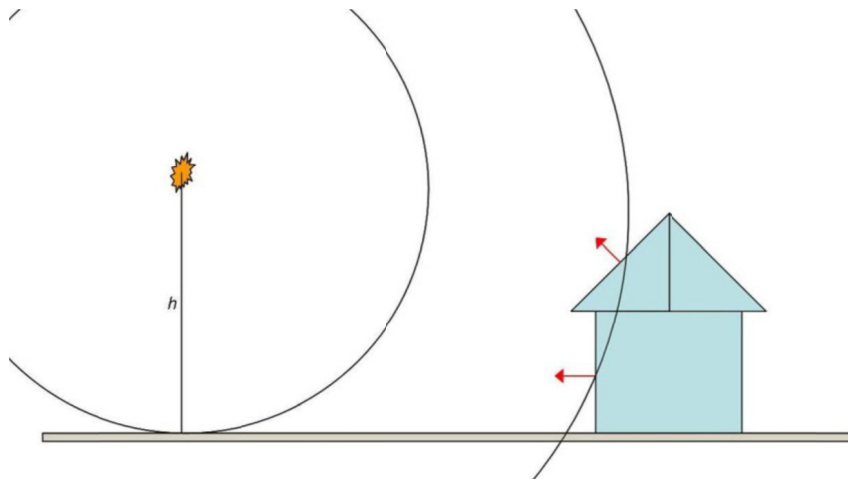
Arbetet med metoder för att ansätta skadekriterier för komponenter har långsamt gått framåt under året. Detta genom en pågående analys på inverkan av strålgångsberäkning med oändligt smal stråle jämfört med en fysisk projektils förmåga att träffa objekt nära skottlinjen. Det antas att detta är en av orsakerna till den bristfälliga överensstämmelsen mellan simuleringar och experiment som tidigare presenterats i Journal of Battlefield Technology [11] och senare förbättrats genom användning av flera parallella strålar [12]. Medlemmar i kompetensgruppen deltar i det internationella vetenskapliga samfundet som granskare av artiklar.

## 2.6 Tryckmodellutveckling

För att kunna beräkna verkan av stridsdelar som verkar genom tryck behövs en därför avsedd modell. Tryckbelastningar är dock mycket komplexa och för hög upplösning krävs avancerade modeller. En tryckmodell som är tillräckligt enkel och noggrann för värderingsverktyg har efterfrågats under flera år, då den som idag används i verktyget AVAL har flera brister. Modellen ska ge belastningar uttryckt i SI-enheter och vara jämförbar med experimentella och numeriska resultat, något som saknas i t.ex. AVAL idag.

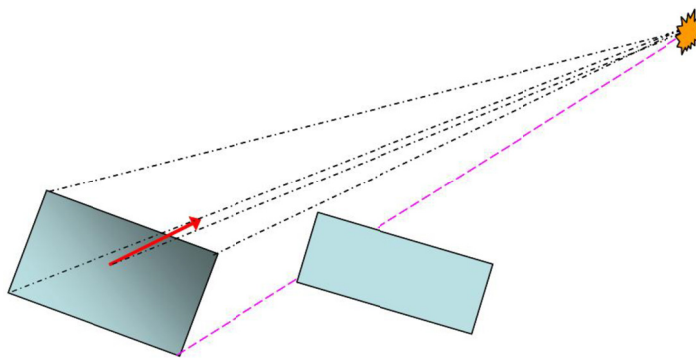
Den nu tänkta modellen som delvis finns programmerad för jämförelser med experimentella data är grovt sett indelad i två huvudfenomen, stöt respektive kvasi-statiskt övertryck.

Stötfenomenet är tänkt att baseras på empiriska ekvationer, liknande de som används i t.ex. ConWep [13] eller BEC [14]. Modellen måste kunna skilja mellan sfärisk och hemisfärisk utbredning beroende på brisadhöjd och avstånd till objektet som ska utsättas för belastningen, se Figur 3.



Figur 3. Exempel på detonationsläge i förhållande till målobjekt.

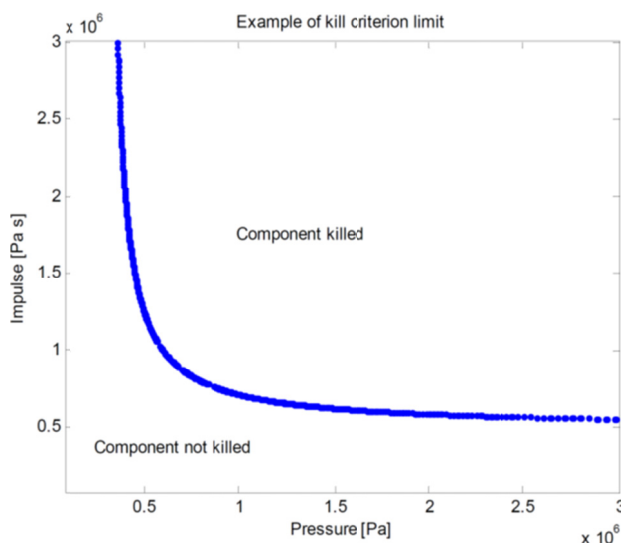
I de fall detonationen sker inuti ett mål antas enbart sfärisk utbredning utan reflektioner. För att få rimliga resultat i stötfenomenet måste även skuggningseffekter kunna hanteras, se Figur 4.



Figur 4. Exempel där del av yta är skuggad av en komponent närmare detonationspositionen.

I den nya tryckmodellen ska det kvasi-statiska övertrycket baseras på hur mycket gas och värmeenergi som skapas då sprängämnet reagerar. Genom detta och rummets volym kan ett nytt tryck beräknas. I de fall det finns ventilationsöppningar till andra rum eller till fri utomhusrymd ska modellen kunna fördela trycket över tiden så länge det finns någon tryckskillnad kvar mellan rummen.

Genom att belastningen ges som tryck ( $P$ ) och impuls ( $I$ ) ges möjlighet att bedöma skador hos tryckbelastade objekt genom så kallade  $PI$ -kurvor, se Figur 5, eller specialmodeller för t.ex. människans sårbarhet.



Figur 5. Exempel på PI-kurva. Kurvan beskriver att man samtidigt måste nå ett tillräckligt högt tryck och tillräckligt hög impuls för att komponenten ska skadas.

Några frågor kvarstår fortfarande att ta ställning till, t.ex. hur tryckfördelning och variation över en stor yta ska hanteras. När modellen bedöms färdig kommer den redovisas i en rapport.

### 2.6.1 Litteraturstudie tryck

En översiktlig litteraturstudie med fokus på vilken typ av skadekriterier och modeller som finns för människor och materiel samt hur tryck kan modelleras på enkla sätt har genomförts och publicerats i en FOI-intern rapport sent 2013 [15]. Rapporten sammanfattar mycket kortfattat innehållet i referenserna för att senare kunna vara en utgångspunkt då specifik kunskap söks.

Då modellen för stötfenomenet är tänkt att baseras på empiriska ekvationer, liknande de som används i t.ex. ConWep eller BEC, är det av stor vikt att säkerställa att resultaten från dessa inte allt för mycket avviker från experimentellt framtagna resultat. En genomgång av litteratur med experimentell data och jämförelser med nuvarande modell för stötfenomenet pågår. Litteraturstudien syftar till att klargöra vilken inverkan olika fenomen har samt vilka fenomen modellen i nuläget inte tar hänsyn till.

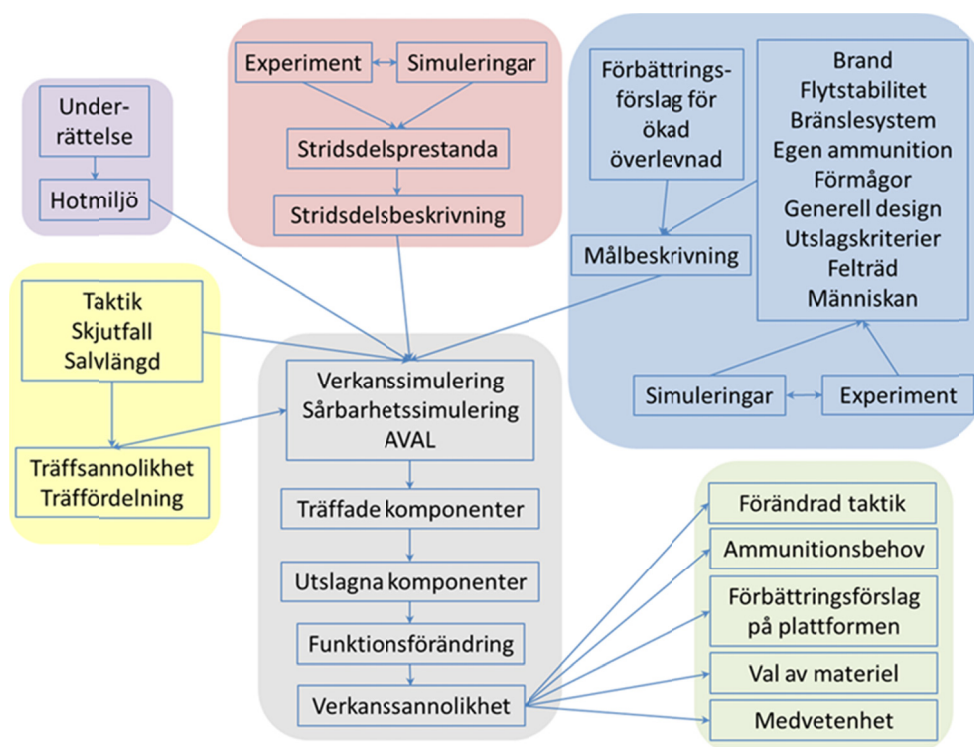
I den pågående litteraturstudien ingår även bl.a. att leta upp värden på trotylekvivalensfaktorer för olika explosivämnen samt en korrektionsfaktor för stridsdelars laddningsstorlek i form av en empirisk ekvation som tar hänsyn till den relativa andelen energi som åtgår för fragmentering av stridsdelar och acceleration av fragment.

## 2.7 Handbok verkansvärdering

Den tredje versionen av Handbok verkansvärdering har givits ut [16]. Handbok verkansvärdering syftar till att försöka beskriva olika typer av värderingsmetoder, begrepp och samla exempel på hur värderingar kan genomföras. Fokus för denna handbok är värdering av vapeninducerade effekter i olika mål, kallat ”verkansvärdering” eller kortare ”värdering”.

Värdering och värderingsmetodik som begrepp förekommer i många sammanhang inom organisationer som Försvarsmakten, FOI och FMV. Det är inte alltid självklart vad som avses och vilken typ av verksamhet som förväntas då de olika myndigheterna stundtals använder samma begrepp, men med olika innerbörd.

Värderingskompetens är en viktig del i kedjan för att kvantifiera och presentera nyttan av mer grundläggande tekniker eller forskningskoncept, både avseende verkan och skydd, på en plattforms- eller systemnivå. Utgående från kunskap om verkan av stridsdelar och värderingsmetoder kan exempelvis bedömningar av risk för egen personal samt tredje part i samband med vapeninsatser genomföras. En utökad kunskap om värderingar och värderingsverktyg kan utnyttjas som stöd vid t.ex. materielanskaffning och materielutveckling, avvägningar av vilken materiel som är lämplig i olika stridsmiljöer, studier, utbildning och föreskrifter gällande användningssätt av vapenmateriel samt taktiskt uppträdande. Att samla begrepp och metoder i denna handbok bör göra det möjligt att arbeta mer strukturerat med värderingar och samtidigt kan handboken utgöra en kompetensgrund för ny personal inom området. Figur 6 ger ett exempel på komplexiteten i det som verkansvärdering försöker samla i en verksamhet.



Figur 6. De kunskapsområden som innefattas i verkansvärdering

Rapporten har tidigare utgivits som memo i två versioner [17, 18]. Den första versionen ansågs vara för omfattande och på en annan nivå än den som är relevant för de som arbetar med värderingar, vilket ledde till att den andra versionen blev kraftigt omarbetad och i många fall reducerad. Från den andra versionen har framförallt bilagorna utökats med exempel och kortare sammanfattningar av utförda arbeten.

Handboken är tänkt att utökas och vidareutvecklas löpande för varje ny utgåva och respektive utgåva bör betraktas som en lägesbeskrivning. Det kommer antagligen ta ytterligare några utgåvor innan ett lämpligt format är hittat för alla sorters information.

Rapporten ger en bild om vilken typ av information som är tänkt att återfinnas i handboken. Arbetet med handboken kommer att fortsätta kommande år. Senare versioner kommer att kompletteras med mer detaljerade redovisningar för att beskriva hur värdering i olika verktyg eller med olika metoder praktiskt genomförs och används.

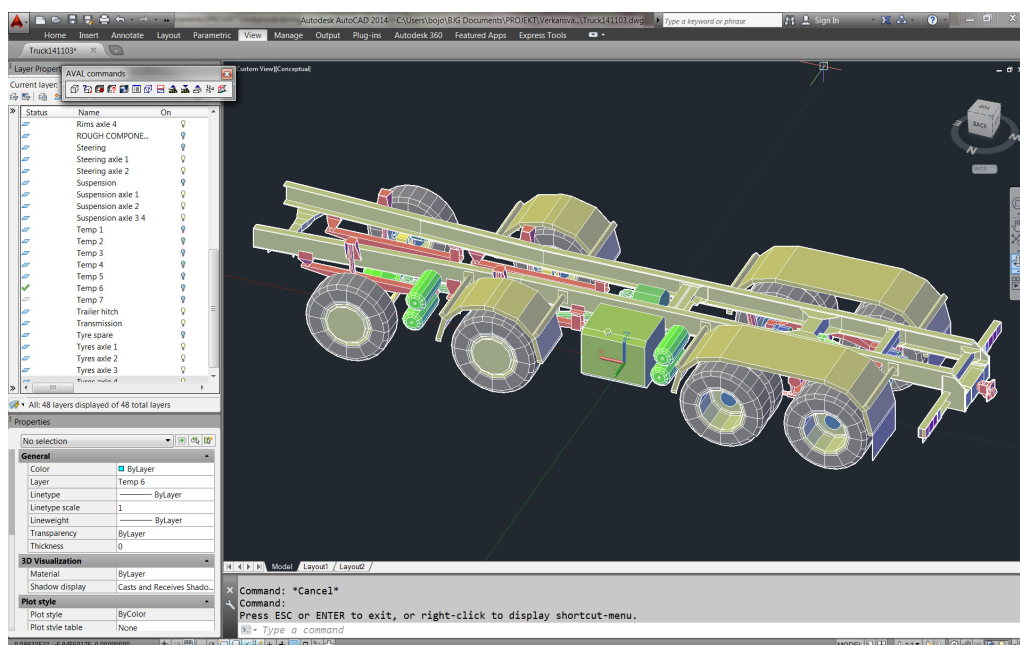
## 2.8 Skapande av målbeskrivningar till AVAL

### 2.8.1 Lastbil

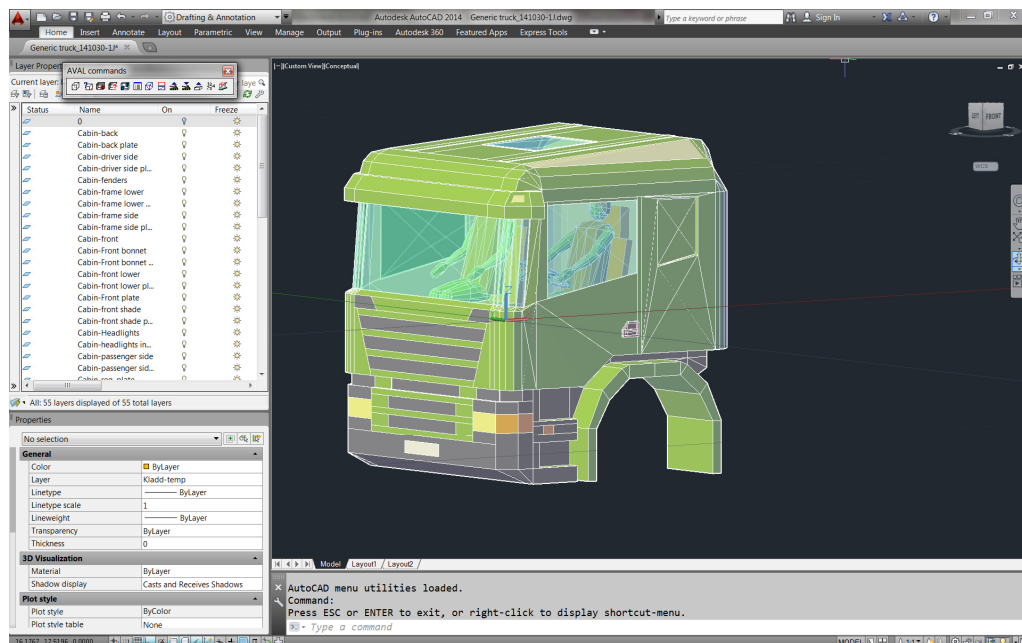
För att lära ny personal att skapa målbeskrivningar till AVAL har ett arbete påbörjats med att skapa en oskyddad generisk lastbil, av svenskt snitt (d.v.s. en kombination av Volvo och Scania). Denna lastbil ska senare kunna modifieras för att bli splitterskyddad och i alla former kunna användas i simuleringar där lastbilar behövs.

Målbeskrivningens geometri skapas i AutoCAD med hjälp av tilläggsmodulen AVALCAD. Arbetet med att ta fram lastbilens geometri pågår och Figur 7 och Figur 8 visar aktuell status för lastbilens chassi respektive hytt. För geometrin återstår i huvudsak att sätta samman chassi och hytt och att konstruera motor och växellåda samt att färdigställa styr-, broms-, hydraulik-, bränsle- och elsystem. En påbyggnad för att kunna förse lastbilen med exempelvis flak eller containrar skall också konstrueras.

Nästa steg i skapandet av målbeskrivningen är bl.a. att tillföra utslagskriterier för olika vitala delar samt felträdshändelser för lastbilens olika system där även förare och passagerare ingår.



Figur 7. Chassi till generisk lastbil skapad i AutoCAD med tilläggsmodulen AVALCAD.



Figur 8. Hytt till generisk lastbil skapad i AutoCAD med tilläggsmodulen AVALCAD.

## 2.8.2 Generisk flygbas

Den generiska flygbasen är tänkt att användas för att samla alla typer av objekt projektet ska kunna hantera, från enskild soldat till fordon, ammunitionsförråd och anläggningar på systemnivå. Under året har arbetet fokuserats på att stödja Försvarmaktsstudien ”Skydd av flygvapnets baser och anläggningar” med hemliga basutformningar, varför ingen generisk bas har kunnat skapas. Behovet kvarstår dock och efter arbetet med baserna till studien har en mängd lärdomar dragits om hur framförallt vägar och banor bör delas i mindre delar för en lämplig resultatredovisning.

## 2.9 Direktstöd till Försvarmaktens studier

### 2.9.1 Skydd av flygvapnets baser och anläggningar

Projektet har samarbetat med Försvarmaktens studiebeställning till FOI. Inom ramen för projektet har metoder för sammanställning av simuleringsresultat tagits fram, för att på ett lättillgängligt och kortfattat sätt kunna beskriva simuleringsresultat mot hel flygbas där mer än 500 individuella resultatposter redovisas.

Den framtagna metoden består i två delar, en där förband och tillhörande materiel redovisas separat och ett medelantal utslagna av ett totalt antal personer, fordon eller motsvarande anges. Den andra metoden är grafisk och baseras på en bild från AVAL där olika skador visas med färgkodning [19].

Projektet har även breddat kompetensen genom att förbereda och genomföra simuleringar med AVAL samt att sammanställa resultaten därav, med flygbassimuleringarna som applikationsexempel. Först gjordes detta för verkan mot enskilda objekt [20] och därefter även för hela baser. Det faktiska simuleringsarbetet och arbetet med att skapa flygbasmodellerna har dock finansierats av studieuppdraget.

## 2.9.2 Ammunitionsstudien

Medverkan i Försvarsmaktens ammunitionsstudie har skett på två sätt, genom presentation av värderingsverksamheten på ett studiemöte (under slutet av 2013, 26/11) och genom aktivt arbete inom ramen för studien som direktstöd till Försvarsmakten.

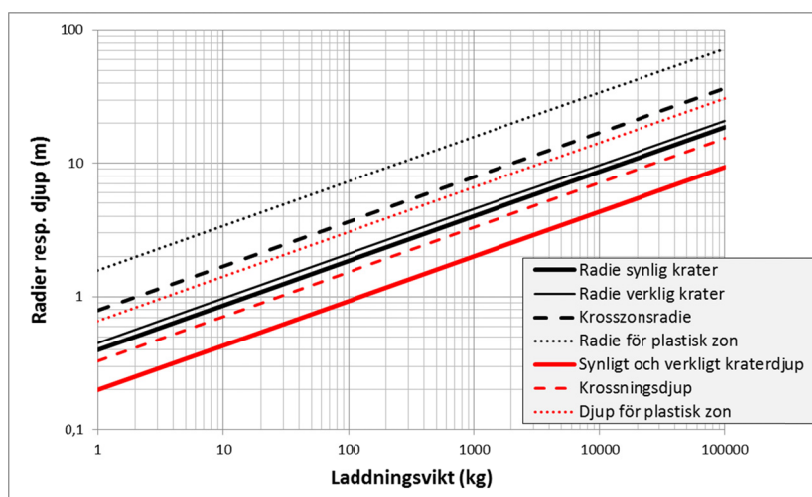
## 2.10 Litteratursammanställning kratrar i mark

Vid detonation av explosivämne på eller i marken kan en krater uppkomma i marken och påverkan kan ske på intilliggande konstruktioner. Att kunna bedöma omfattningen av dessa skador är viktigt t.ex. om detonationen sker på eller under en belagd markyta, exempelvis en rullbana på ett flygfält, varvid skador kan uppkomma på beläggningen som då måste repareras.

I [21] redovisas enkla samband för bedömning av skadornas utbredning. Sambanden är baserade på uppgifter hämtade i litteratur om experimentella undersökningar men även beräkningsanvisningar i handböcker.

Baserat på litteraturuppgifter om experiment och beräkningar har enkla samband tagits fram för beräkning av dels kraterdimensioner för laddningar på marken och dels kraterdimensioner och radier för skadad beläggning för laddningar under mark.

I Figur 9, ur [21], redovisas ett antal dimensioner för fallet laddning på markmaterialet torr sand utan beläggning.



Figur 9. Dimensioner av kratrar vid detonation på mark, för markmaterial torr sand [21].

## 2.11 Inledande litteraturstudie Integrated Survivability

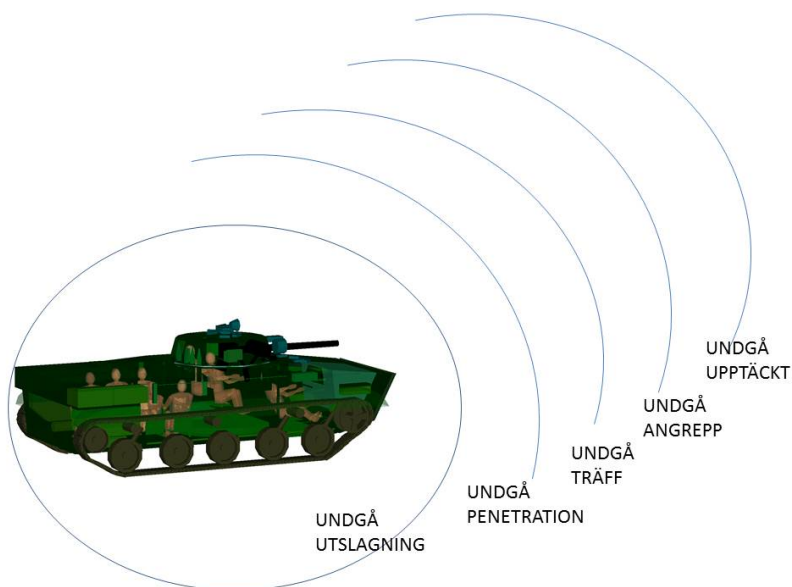
Integrated survivability är systemteknisk metodik för att nå optimal överlevnadsförmåga som möjliggör genomförandet av uppdrag i en hotfull miljö [22]. Kostnader i form av både vikt och ekonomi är möjligt att inkludera som gränssättande parametrar.

Integrated survivability är överlevnad på en hög systemnivå för system av system. I det lägre spannet av system av system finns fordon eller andra plattformar och i den övre delen finner vi anläggningar som t.ex. flygbas, camp etc. och även hela förband vid större insats eller mission.

Överlevnaden hos militära plattformar och civil infrastruktur under konventionella och asymmetriska hot beror av en mix av hot, skyddsteknologier, taktik och träning av inblandad personal. Nyckeln till att lyckas med att uppnå överlevnad under dessa

förutsättningar är att optimera systemet som helhet och inte separat inom olika områden. Detta tar sin början i systemkrav och en förståelse för hoten och dess förmågor [23].

En inledande litteraturstudie om metoder för att arbeta med integrated survivability har publicerats [24]. Figur 10 ger ett exempel på de flesta områden som måste hanteras gemensamt när man arbetar med överlevnad på högre nivåer. Delar av arbetet har likheter med den värderingsmetodikstudie som pågår, se kap. 3.17, även om den inte är avgränsad till överlevnadsbegreppet.



Figur 10. En variant av skyddslöken med ett pansarskyttefordon som exempel på plattform, utformningen är baserad på [25].

Om man lyckas med något enstaka av de överlevnadssätt som illustreras i Figur 10 överlever fordonet i tillräcklig omfattning för att fortsätta med uppdraget. Normalt räcker inte ett lager för att säkerställa överlevnaden utan plattformen behöver olika nivåer av förmåga i de olika lagren för att dessa tillsammans ska ge en tillräcklig överlevnadsförmåga. I vissa fall kan även olika delar motverka varandra, t.ex. kan manöverförmågan minska om ett tungt ballistiskt skydd tillförs samtidigt som risken att träffas ökar på grund av att man inte längre kan väja undan för ett inkommande hot.

Integrated survivability behandlar överlevnad på en högre nivå än projektets egentliga fokus som är interaktionen mellan stridsdel och mål, d.v.s. i princip de två eller möjligen tre inre lagren i skyddslöken som den presenteras i Figur 10, och målets funktionsförändring till följd av interaktionen. Trots detta är det värdefullt att studera de högre nivåerna då man genom detta kan sätta projektets kompetens i den kontext där den verkligen kan göra nytta, d.v.s. att få personal och materiel att överleva hotsituationer och vapensystem att ge verkan trots att motståndaren gör allt för att överleva sina hotsituationer. Inom ramen för ett tidigare projekt har diskussionsspel provats för att samla olika kompetensområden för att gemensamt uppnå överlevnad i några typscenarier [26, 27].

## 2.12 Verkanssimuleringar för granatkastare

Efter en förfrågan från Markstridsskolan (MSS) i Skövde genomfördes några verkanssimuleringar för granatkastare mot truppmål [28]. Simuleringarna kan ses som en komplettering till tidigare genomförda simuleringar [29] och genomfördes framförallt för att säkerställa att projektet fortfarande hade kompetens att göra den här typen av simuleringar. Samtidigt blev det en naturlig kontaktpunkt till MSS och diskussionerna vid

resultatpresentationen på MSS handlade till stor del om de behov av verkanssimuleringar som finns för framtiden. Det finns önskemål om en moderniserad version av de gamla verkansrapporterna för artilleri och granatkastare [30, 31].

## **2.13 Referenshandbok splittergenerering och splitterballistik**

Sent under 2014 inkom Försvarmakten med ett tilläggsuppdrag till pågående projekt [32]. Detta tilläggprojekt har som mål att under 2014 dokumentera algoritmer och metoder för att förenklat och snabbt beräkna splittergenerering och splitterballistik. De förenklade beräkningarna är främst avsedda för riskanalyser bland annat för Försvarmaktens användning av splitterstridsdelar.

## **2.14 SWERISK**

Riskvärderingsverktyget SWERISK skapades inom ramen för ett uppdrag från Swedec och transferprojekt som avslutades 2013 [33]. Diskussioner har under året förts om hur verktyget fortsatt ska finansieras. I brist på annan finansiering har projektet säkerställt att verktyget fortlever. En ny användarhandledning är utgiven [34] men ingen ny funktionalitet har tillförts.

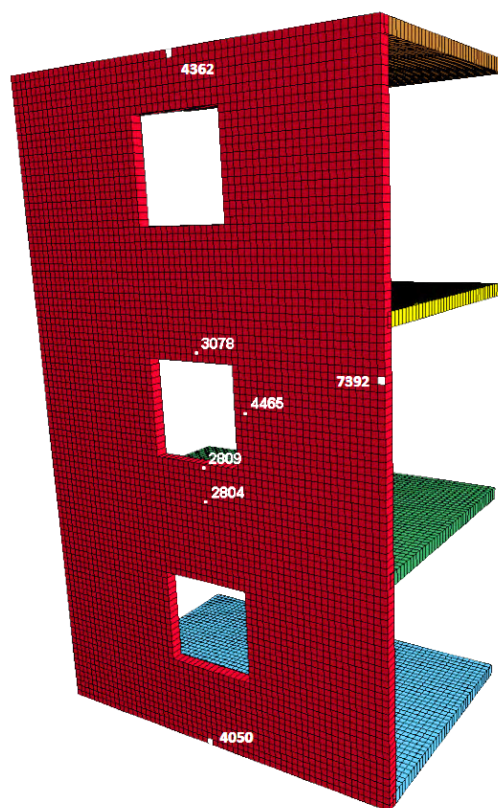
## **2.15 Deltagande i möten, kurser och konferenser**

### **2.15.1 PASS**

Två projektmedlemmar deltog på PASS, Personal Amour System Symposium, i Cambridge under september. PASS omfattar presentationer, posters och företagspresentationer inom området personlig skyddsutrustning för militära tillämpningar. Bidragen relaterar oftast till projektilskydd i form av hjälmar och kroppsskydd och behandlar sårbarhet, utvärderingsmetoder, skyddsteknologier, design etc. Under senare år har även verkan/utvärdering avseende tryck från detonationer ingått som en betydande del.

### **2.15.2 MABS**

MABS står för Military Aspects of Blast and Shock och är en internationell konferensserie som återkommer vartannat år. Den huvudsakliga inriktningen är grundläggande stötfenomen i luft, men även tillämpningar rörande konstruktioners respons ingår. Såväl experimentella som numeriska studier presenteras. Vid årets MABS-konferens, som var den 23:e i ordningen, deltog en projektmedlem och presenterade ett arbete om betongstrukturers respons vid explosionsbelastning [35]. Figur 11 visar ett exempel på en modellerad byggnadsdel.



Figur 11. Del av byggnadsfasad med anslutande bjälklag som studerats [35] med LS-DYNA för bestämning av väggens utböjning vid luftstötstångsbelastning. Beräkningsresultaten har jämförts med tidigare genomförda experiment.

### 2.15.3 CB-lära

En projektmedlem deltog i grundkurs i CB-lära (Central- och Batteriplatslära vilken till största del handlar om ytterballistik) på Artilleriets Stridsskola under maj och juni. Kursdeltagandet ger en bra grund för fortsatta diskussioner om nationellt vidmakthållande av ballistikkompetens, se även kap. 3.4.

### 2.15.4 Gripenfrukost

Projektet medverkade vid ett informationsmöte 16/9 på Tre Vapen för att berätta om möjligheterna att värdera Gripens beväpnings verkan i dess mål och därmed även generellt lyfta beväpningsfrågan och sprida information om värdering och verktyget AVAL.

Som en följd av mötet förs fortsatta diskussioner om Gripens beväpning [36] med krigsförbandsansvarig för stridsflyg.

### 2.15.5 Luftvärnsseminarium

Inom ramen för ett angränsande FoT-projekt har ett seminarium arrangerats (23-24/10 på LV 6 i Halmstad) där FOI:s olika delar presenterar verksamheter som kan nyttjas inom luftvärnsområdet. Projektet deltog med en presentation om karaktärisering av splitterstridsdelar samt en om värdering av stridsdelar med fokus på splitterstridsdelar.

### 2.15.6 Short course penetration mechanics

En projektmedarbetare har deltagit i en kurs om penetrationsmekanik på Southwest Research Institute, San Antonio USA. Kursen har ett fokus på fundamentala principer men behandlar även mer specifikt materialrespons och datormodellering m.m.

### 2.15.7 Ballistiska skydd

En projektmedarbetare deltog i en kurs om ballistiskt skydd på IBD (Deisenroth engineering) ordnad av FMV. I kursen diskuterades olika typer av moderna passiva och aktiva skyddslösningar och till viss del även olika typer av hot.

### 2.15.8 Diskussioner om värdering av markplattformars prestanda

Tillsammans med FMV och Försvarsmakten har diskussioner inletts angående markplattformars skydds- och verkansprestanda. Projektet har deltagit i en resa tillsammans med FMV till en möjlig leverantör av data och försöksmateriel. Diskussionerna har direkta eller indirekta kopplingar till ammunitionsstudien, se kap. 2.9.2, SgBs, se kap. 2.15.9, AG Verkan och skydd, se kap. 2.15.10 samt till förra årets stöd till Markstridsskolan och FMV [37].

Arbetsgruppen Verkan och Skydd föreslår även att modeller för såväl egna som hotplattformar med tillhörande vapen och ammunition ska byggas upp och kontinuerligt förvaltas och värderas med AVAL.

### 2.15.9 SgBs

Samverkansgrupp Ballistisk skydd har varit vilande under ett antal år, men under 2014 har några första steg tagits för att återuppta regelbundna möten mellan Försvarsmakten, FMV och FOI.

### 2.15.10 AG Verkan och Skydd

Projektets kompetens har presenterats för arbetsgrupp verkan och skydd där Försvarsmakten, FMV och FOI deltar.

### 2.15.11 AVAL user group meeting

Projektet deltog vid årets *AVAL user group meeting*, arrangerat av BAE Systems Hägglunds i Örnsköldsvik. Vid mötet presenteras pågående arbeten med AVAL, utvecklingen av AVAL samt diskuteras möjligheter och svårigheter med värdering av vapenverkan och sårbarhet. Från FOI:s sida presenterades ett förslag på arbetssätt för att med befintlig funktionalitet i AVAL kunna simulera så kallat bar-armour och dess möjlighet att ge skydd mot vissa pansarvärnsvapen.

## 2.16 Internationella samarbeten

### 2.16.1 Diskussionsmöte med FFI

Ett möte genomfördes i Stockholm med FFI (Forsvarets Forskningsinstitut, Norge) där verkansvärdering och framförallt splitterstridsdelar behandlades [38].

### 2.16.2 RECONASS

Projektet samfinansierar tillsammans med EU-kommissionen projektet RECONASS som syftar till att utveckla ett system för att snabbt kunna bestämma och bedöma skadorna på en byggnad efter en explosion eller jordbävning. Skadornas omfattning mäts genom sensorer i byggnaden och genom övervakning från luften, och de uppmätta signalerna kopplas samman till en bedömning av riskerna för t.ex. ras eller ytterligare skador. Systemet är tänkt att användas för att bättre kalkylera riskerna vid räddnings- och evakueringsarbete efter en incident.

Projektet RECONASS pågår 2014 – 2017, och under 2014 har projektet främst undersökt och sammanställt slutanvändarbehov och tekniska möjligheter. FOI har planerat för de explosionstester som kommer att utföras under 2015 och 2016 inom projektet. Förutom de vetenskapliga resultaten avseende skador på byggnader vid explosioner, som kan användas i verkan- och sårbarhetsvärdering, kan projektresultaten ur ett försvarsmaktsperspektiv även komma till nytta som snabb skadebedömning vid insats eller räddningsarbete,

Under 2014 har RECONASS publicerat rapporter om ”*User requirements*” och ”*Full specification set for the RECONASS system*”, samt hållit en inledande workshop med den slutanvändargrupp som är knuten till projektet. Detta kommer att vara underlag för det fortsatta arbetet.

### 2.16.3 CANESE, informationsutbytesavtal med Nederländerna och Kanada

CANESE Small Arms är ett samarbetsavtal mellan FOI Sverige, DRDC Kanada och TNO Nederländerna gällande eldhandvapensystem.

Under december kommer en person medverka i ett möte om IED-hot inom ramen för CANESE-samarbetet.

### 2.16.4 European Working Group Non-Lethal Weapons (EWG NLW)

EWG-NLW har haft ett möte under hösten 2014 där bidragen till nästa års symposium om icke-dödliga vapen valdes ut. Symposiet kommer att hållas 18-20 maj 2015. För mer information hänvisas till symposiets hemsida:

<http://www.non-lethal-weapons.com/sy08index.html>

### 2.16.5 DEA

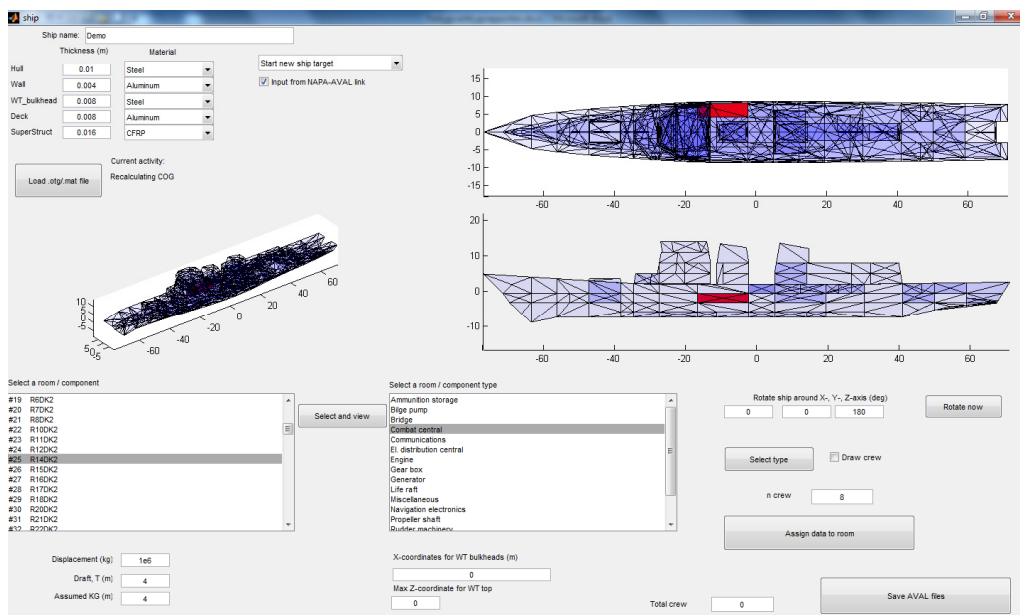
Inom ramen för ett samverkansavtal med USA har möte genomförts där visst utbyte av data och kunskap rörande pansarbrytande ammunition och motmedel samt värdering genomförts. Mötet genomfördes i samverkan med andra FoT-projekt och FMV.

### 3 Kompetensanvändning i andra projekt

Syftet med FoT-projekteten är att vidareutveckla och bevara kompetens inom sina respektive områden. Nyttan med dessa projekt syns därför tydligast när den bevarade och nyframtagna kompetensen faktiskt kommer till användning, men då sker det normalt sett i andra projekt och uppdrag. Detta kapitel redovisar kortfattat huvuddelen av de verksamheter utanför FoT-projektet där personal med värderingskompetens ger väsentliga bidrag. I vissa fall genomförs arbeten med uppdragsgivare utomlands vilket då bidrar till FOI:s förmåga att utveckla och vidmakthålla kompetens, beräkningsverktyg och personalredundans.

#### 3.1 Stöd till FHS-student med simulering av verkan mot fartygskoncept

Som stöd till Henrik Jonssons masteruppsats i Militärteknik på Försvarshögskolan [39] har simuleringar genomförts. Uppsatsen behandlar hur klassningssällskapens regelverk kan bidra till att värdera ett örlogsfartygs överlevnad vid ett angrepp. En fiktiv hotmiljö definierades och ett antal olika fartygskoncept skapades med hjälp av ett tidigare framtaget verktyg [40], se även Figur 12, med olika varianter av ballistiskt skydd, redundans och generalarrangemang. Dessa testades simuleringsmässigt i AVAL och simuleringsresultaten ligger till grund för delar av slutsatserna i uppsatsen [39].



Figur 12. Verktöglayout för att skapa fartygskoncepten.

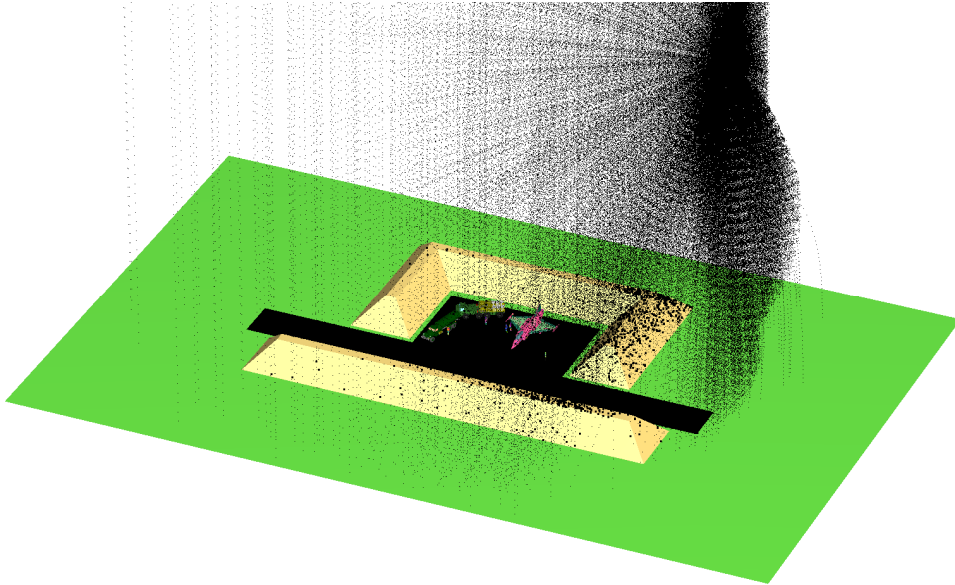
#### 3.2 AVAL förvaltningsuppdrag

Genom att verktyget AVAL, Assessment of Vulnerability And Lethality, används i många av de värderingsarbeten som genomförs stöttar dessa projekt förvaltningsuppdraget genom att definiera behov av ny eller förbättrad funktionalitet samt genom att hitta felaktigheter i koden.

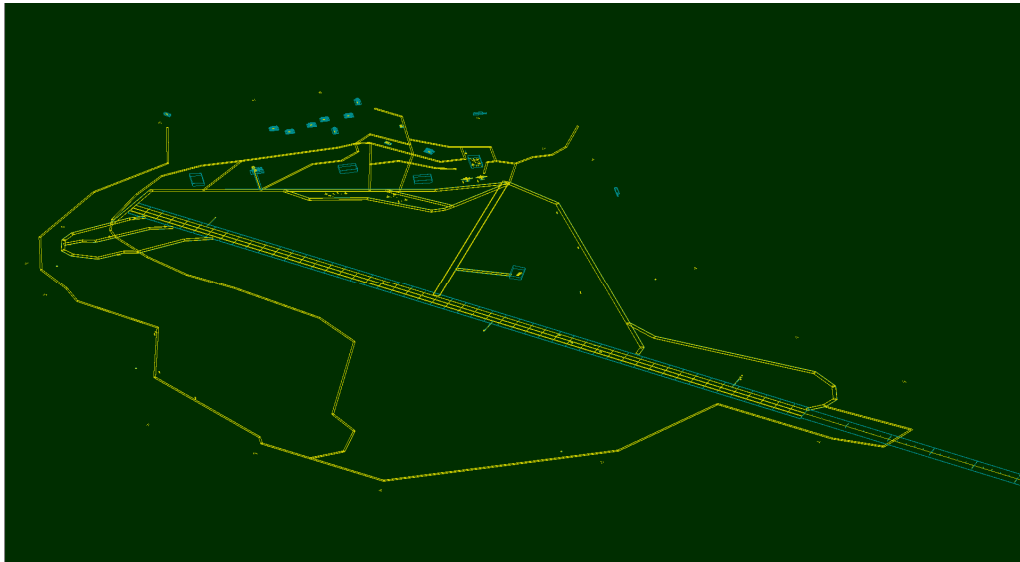
Att AVAL används och hur samt att information om detta sprids till mottagare inom Försvarsmakten och FMV utgör även en del i den informationsspridning om AVAL som beskrivs i IML:s beslut [41] om att AVAL ska utgöra det huvudsakliga verktyget för värderingar av detta slag.

### 3.3 Försvarsmaktens studie ”Skydd av flygvapnets baser och anläggningar”

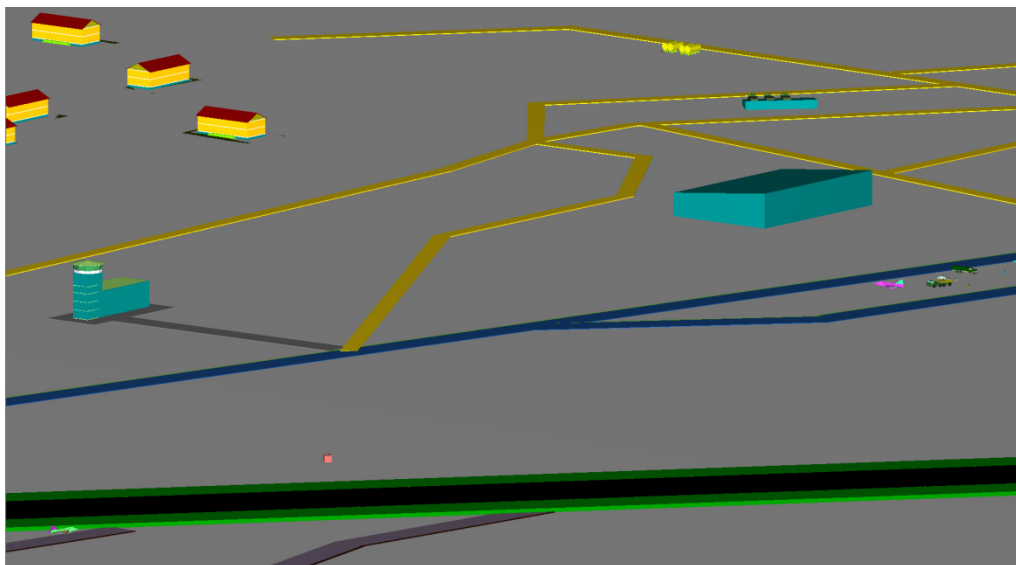
Till studien ”Skydd av flygvapnets baser och anläggningar” har projektets kompetens bland annat använts för att skapa modeller av flygbaser [42, 43] baserat på Försvarsmaktens underlag [44]. Dessa har sedan använts för simuleringar av bekämpning av flygbaserna och resultaten av dessa simuleringar [45] har utnyttjats av studiegruppen för vidare arbete. Figur 13 - Figur 16 visar exempel på flygbasmodeller och enskilda simuleringar.



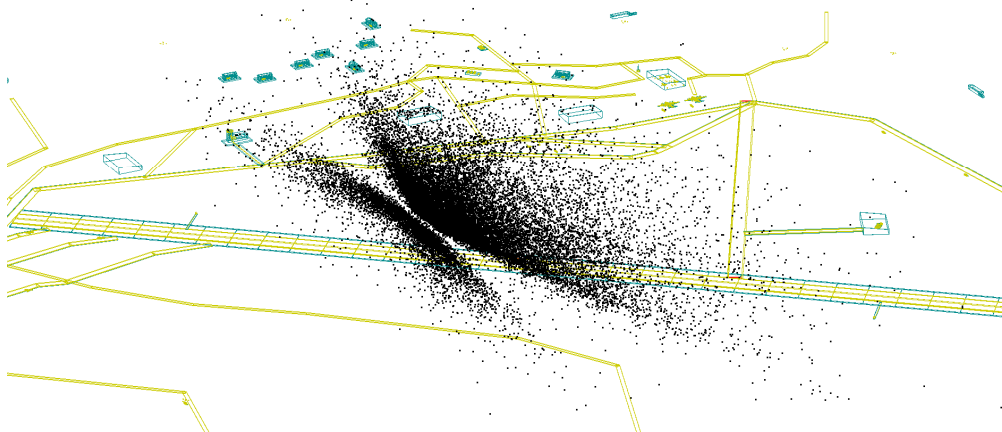
Figur 13. Exempel på simulering av splitterstridsdel mot en öppen uppställningsplats. Denna typ av simuleringar genomfördes i ett första steg av flygbasvärderingarna där delobjekt studerades separat.



Figur 14. Exempel på hel flygbas i AVAL.



Figur 15. Närbild på del av flygbasen, här med en annan färgsättning än i Figur 14.



Figur 16. Exempel på splitterspridning från en stridsdel på flygbasen.

De olika flygbasutformningarna har olika grad av redundans, ballistiskt skydd och geometrisk spridning av t.ex. flygplan och personal. Två typer av baser har studerats, en huvudbas och en spridnings bas. Luftvärn ingår i simuleringarna genom att mängden inkommande stridsdelar minskats med ökande prestanda hos luftvärnet.

### 3.4 Diskussioner om nationell ballistikkompetens

I samvekan med andra kompetensgrupper inom FOI har diskussioner skett med FMV om ett återtagande och samlande av kompetens gällande inner-, yttre- och slutballistik för indirekt eld. Ballistikkompetensen ska vara långsiktig och kunna användas både för utbildningar och tekniska utredningar[46]. Ett önskemål relaterat till detta är en moderniserad version av de gamla verkansrapporterna för artilleri och granatkastare [30, 31].

### 3.5 Tryckverkan mot människan

En skannande studie [2] avseende människans tålighet mot luftstöt vågor (detonationstryck) är genomförd på uppdrag av Fortifikationsverket, se kap. 2.1.2. Arbetet har också delvis genomförts inom värderingsprojektet.

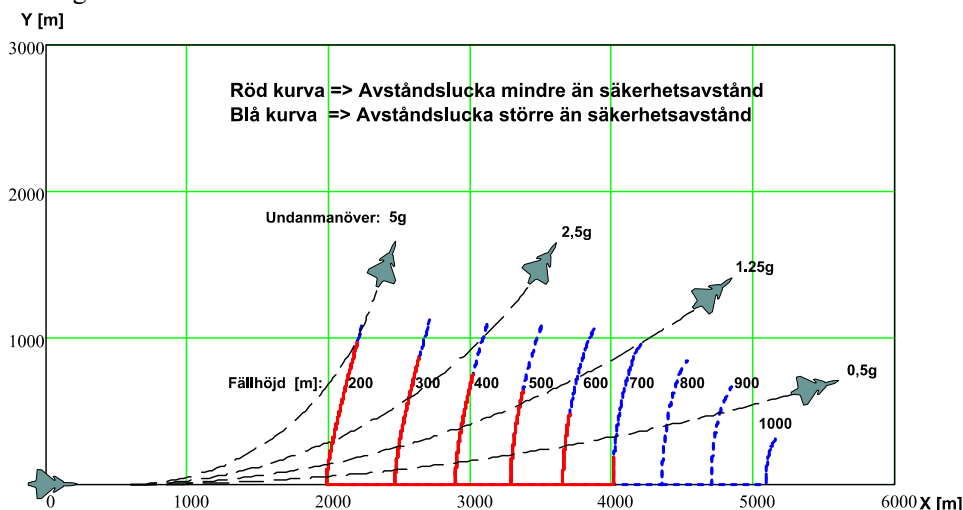
### 3.6 Risk för eget flygplan vid bombfällning

I ett tidigare arbete [47] analyserades risken för att JAS kunde få splitterskador vid planfällning av bomber i Mk80-serien och SDB (Small diameter bomb). I rapporten föreslogs även lämpliga undanmanövrer för att undgå risken att träffas av splitter från bomben, som antogs detonera vid nedslaget.

Undanmanövern bestämdes enbart utgående från att flygplanet inte skulle flyga in i den volym som bildades av alla splitterbanor. I rapporten [47] konstaterades att vid fällning på hög höjd så hade flygplanet redan passerat då splittret träffade flygbanan. Efter diskussioner mellan FMV, TU JAS och FOI erhöll FOI ett uppdrag från FMV att närmare analysera detta förhållande.

Ett datorprogram utvecklades där hela förloppet simulerades från planfällning av GPB Mk82 tills splittren från detonationen passerat den aktuella flyghöjden. Avståndet mellan flygplan och splitter då splittret passerar flygbanan beräknades. Om detta avstånd var större än ett givet säkerhetsavstånd så betraktades flygbanan som ”säker” ur splittersynpunkt. Fällningshöjderna varierades från 200 m till 1000 m i steg om 100 m för fällningshastigheterna 250 m/s och 300 m/s.

Figur 17 [48, 49] visar var det tyngsta splittret med längst räckvidd passerar den aktuella flyghöjden. Flygplanet faller bomben i origo och påbörjar plansväng två sekunder efter fällning.



Figur 17. Riskområde vid fällhastighet 300 m/s och säkerhetsavstånd 100 m.

### 3.7 Nytt eldhandvapen

Till stöd för Försvarmaktens framtida anskaffning av nytt eldhandvapen har skjutförsök och databehandling genomförts för att bedöma skyddsförmågan hos motståndarens kroppsskydd och svenska finkalibersystems förmåga att slå igenom dessa.

Därutöver har värderingskompetens rörande mjukmålsverkan utnyttjats för att bedöma verkan i oskyddade mål av dagens finkalibersystem och ett antal alternativa kalibrar.

### 3.8 Riskområden runt Avslagare 40C

FMV skall införskaffa nya avslagarprojektiler till vapnet "Avslagare Amröj 40 mm" och uppdrog åt FOI att undersöka riskområdet för sex nya typer av projektiler [50]. Olika skjutförsök genomfördes med syftet att bestämma det riskområde som uppstår vid skjutning med vapnet, avseende projektilernas (eller splitter från projektilerna) beteende efter rikoschett. Med hjälp av en höghastighetskamera filmades försöken för att i efterhand kunna analysera rikoschettvinkel, anslagshastighet och andra beteenden hos projektilen/splittret. Med hjälp av detta beräknades även maximal räckvidd efter rikoschett. Resultaten från varje skott är listade tillsammans med en uppskattning om skottets maximala räckvidd utifrån rikoschettvinkel, hastighet och uppskattat luftmotstånd för mantelarean.

### 3.9 Sjömålsrobot

RBS 15 M och F skall ersättas med en ny sjömålsrobot kring 2020. Den nya roboten skall vara gemensam för marinen och flygvapnet. Detta innebär bland annat att den även skall ha viss förmåga att bekämpa markmål.

FOI medverkar i FMV:s kravställningsarbete på stridsdelen och arbetar med beskrivning av en stridsdel som skall användas som referens vid verkansvärdering av de alternativa robotlösningarna.

### 3.10 VASA-kanon

Vasamuseets vänner har genomfört ett projekt för öka kunskapen om verkan hos en 1600-tals bronskanon i form av en kopia av en av Vasa-skeppets kanoner. Som mål användes en replik av vasaskeppets egen skrovsida byggd i ek. Försöken genomfördes på Bofors Test Center (BTC) i Karlskoga med kanon och skrovsida placerade ungefär 30 m från varandra som visas i Figur 18.



Figur 18. Första skottet från Vasakanonen mot en replik av skeppets skrovsida i ek med vittnespaket för splittrvärdering uppställda bakom. Foto: Sofia Hedenstierna, FOI.

FOI bidrog med kompetens för att värdera verkan och skaderisken från träsplitter som bildas vid kanonkulans genomslag av en skrovsida i ek. För värderingen placerades vittnespaket av aluminiumplåt och ballistisk tvål bakom skrovsidan för att ge en

uppfattning av penetrationsförmågan hos träsplittren. Splitterhastigheter och splitterkonens form registrerades med höghastighetsfilm, se exempel i Figur 19.



Figur 19. Bild från höghastighetsfilm av kanonkulans genomslag av skrovsidan med splitterkonens hastighet och utformning. Höghastighetsfilmning: BTC. Till höger splitterverkan på vittnespaketet bakom skrovsidan. Foto: Sofia Hedenstierna, FOI.

## 3.11 Stöd till FMV

### 3.11.1.1 Pansarterrängbil 360

Vid försök avseende verifiering av minskydd hos Pansarterrängbil 360 uppstod en frågeställning om skadliga nackbelastningar hos föraren. Vid sprängningen öppnades förarluckan oavsiktligt och analysen genomförd av FMV T&E visade att föraren (i det här fallet Hybrid III krockdocka) hade slagit huvudet i luckan med en hastighet av 0,3 m/s om luckan varit stängd. FMV gav FOI i uppdrag att utreda om islaget kunnat orsaka nackskador hos föraren. Analysen visade att föraren med största sannolikhet hade klarat sig oskadd [51].

### 3.11.1.2 Metodik för skyddsverifiering

Metodik för skyddsverifiering är ett uppdrag från FMV som innehåller flera mindre uppgifter varav ”Inverkan av benställning vid utvärdering av fordons min-/IEDskydd” är en. Uppdraget syftar till att ge FMV förbättrad möjlighet att kravställa och värdera skyddsåtgärder för främst fordonssystem.

FMV tillämpar AEP-55 vol 2<sup>5</sup> i vilken det beskrivs hur utvärdering av fordonsminskydd ska genomföras. De tillämpade gränsvärdena baseras på verkan på människa och bland annat så värderas belastningen i underbenet. AEP-55 föreskriver en benställning som sällan förekommer i verkliga fordon varför en mer generell metod för utvärdering är önskvärd. Uppgiften avsåg att undersöka om det finns validerade modeller/ metoder för utvärdering oberoende av benställning. Metoder finns för bedömning av olika benställningar inom krocksäkerhetsutvärdering däremot finns inga validerade metoder specifikt för de belastningsförlopp som blir resultatet av en mindetonation. Rekommendationen [52] är att fortsätta använda AEP-55 men att komplettera med metoder från krockstandarder om benställningen avviker mycket från den i AEP-55 föreskrivna. En arbetsgrupp inom NATO STO (Science and Technology Organisation) HFM (Human Factors and Medicine) som tidigare arbetat med värderingsverktyg för minskyddade fordon kommer sannolikt att belysa problemet i en kommande arbetsgrupp.

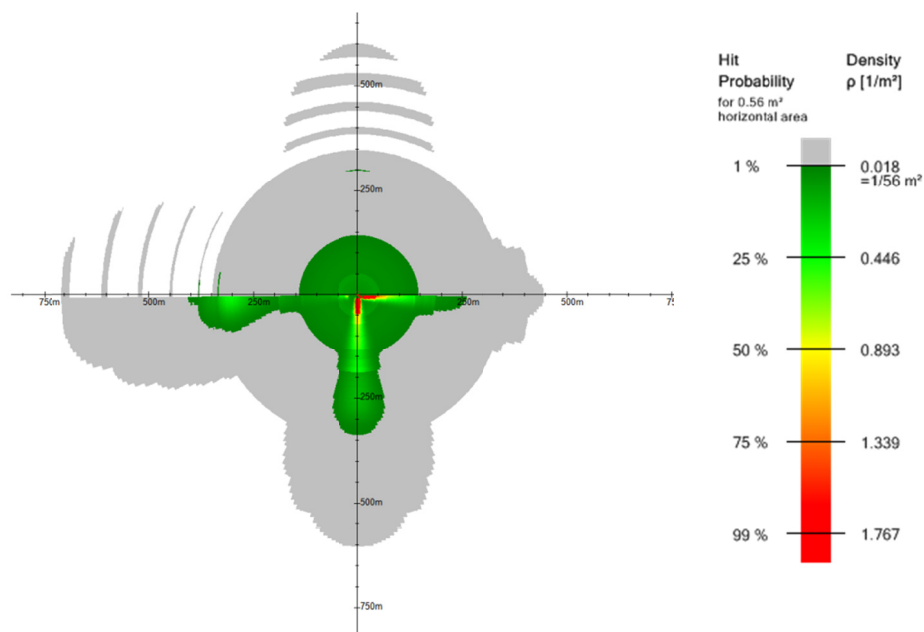
<sup>5</sup> NATO, AEP-55 vol 2, Procedures for evaluating the protection level of armoured vehicles, Volume 2, Mine threat, Edition C ver. 1

### 3.12 Preliminär systemsårbarhetsanalys för aktiva skyddssystem

Projektets grundkompetens har ingått i ett större arbete gällande möjliga sårbarheter hos aktiva skyddssystem när dessa utsätts för bekämpning som systemen själva inte nödvändigtvis är avsedda att motverka [53].

### 3.13 KLOTZ

FOI har under många år deltagit i arbete som bedrivs i den s.k. KLOTZ-gruppen som har deltagare från 8 länder. Arbetet syftar till att utveckla kunskaper och verktyg för att bestämma skador vid olycksexplosioner vid lagring av ammunition och att öka säkerheten. Bland annat har ett beräkningsverktyg KGETool (Klotz Group Engineering Tool) tagits fram som beräknar splittertäthet runt ett ammunitionsförråd efter en invändig explosion (se Figur 20). Deltagandet i KLOTZ-gruppen är en betydelsefull del i ett internationellt nätverk. Deltagandet ger tillgång till en mycket stor kunskapsbank med direkt tillämpning gentemot säkerhetsaspekter vid ammunitionslagring i Sverige och vid internationella insatser, men också andra näraliggande effekter t.ex. verkan av och skydd mot vapen. Detta innebär att kunskap och kompetens som tas fram inom projektet Värdering vapen och skydd, verkan, sårbarhet och risk kan samutnyttjas med kunskap och kompetens som tas fram inom KLOTZ-projektet.



Figur 20. Skärmbild från resultat av körning med KGETool. Till vänster visas splittertätheten på marken efter en invändig explosion i ett ammunitionsförråd av betong. Programmet kan bland annat hantera effekter av barrikader i olika riktningar runt ett ammunitionsförråd eller barrikader nära sårbara objekt, liksom effekter av olika marklutningar.

### 3.14 NATO

FOI har under flera år deltagit i arbetsgrupper inom Nato, bland andra gruppen för ammunitionssäkerhet, AC/326, med syfte att tillsammans med Nato-länder och andra PFP-länder ta fram standarder (STANAGS) och anvisningar (manualer) som säkerställer ammunitions säkerhet vid transport, hantering och lagring. Ett exempel är beskrivning av effekter och konsekvenser av vapenverkan som presenterats och som kontinuerligt

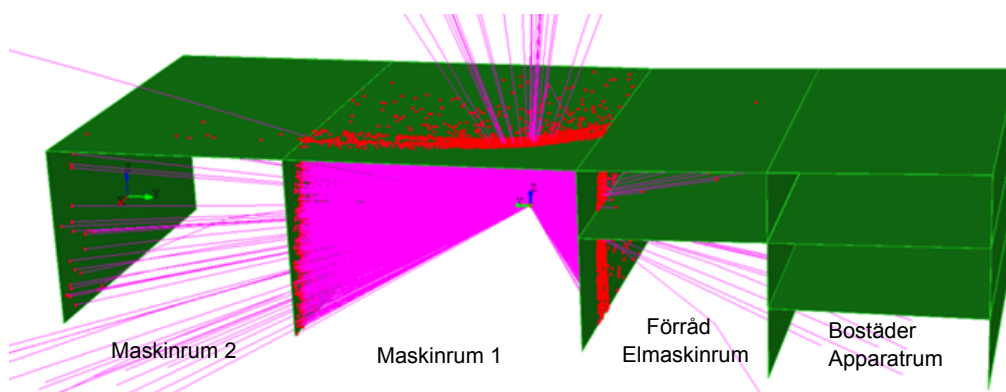
vidareutvecklas i dokument som AASTP-4 "Allied Ammunition Storage and Transport Publication on Explosives Safety Risk Analysis", vilket har många kopplingar till projektet.

### 3.15 Stryktålighet fartyg

När man projekterar ett örlogsfartyg behövs en enkel metod för att bedöma stryktåligheten för vapenverkan hos olika arrangemangslösningar. FOI har på FMV:s uppdrag föreslagit några verktyg för detta ändamål varav Split-X är ett som i vissa fall kan komplettera AVAL.

Split-X är ett program för att beräkna splitteregenskaperna hos en stridsdel. Det används bland annat för att ta fram underlag till stridsdelsbeskrivningar för verkansberäkningar med bl.a. AVAL. I Split-X kan man i ett simulerat s.k. arenatest ställa upp rektangulära plåtar runt stridsdelen för att studera splitters utspridning och genomslagsförmåga vid detonation. Resultatet visas grafiskt men kan även fås i tabellform för noggrannare analyser. Härvid analyseras alltså enbart skrovstrukturens förmåga att stoppa splitter, för förenklade systemvärderingar av fartyg inklusive fartygens funktion finns även det verktyg som använts av Henrik Jonsson [39], se kap. 3.1

Arenafunktionen gör det möjligt att bygga en förenklad skrovbeskrivning bestående av rektangulära plåtar. Genom att simulera detonationen av en stridsdel och registrera splitterträffar och genomslag i de olika målplåtarna fås en grov uppskattning av splitterverkan i rummet där detonationen sker och även i angränsande rum, se exempel i Figur 21.



Figur 21. Simulerade splitterbanor från detonation av en sjömålsgranat i maskinrum 1 i ett fartyg. De violetta linjerna visar splitterbanorna och de röda punkterna splitterträffarna.

Som framgår av Figur 21 fångar däck och skotten upp huvuddelen av splittren. De splitter som penetrerar har tappat en stor del av sin hastighet och skadeförmåga.

### 3.16 SUBCOP

SUBCOP är ett EU-projekt som tittar på möjligheterna att använda icke-dödliga vapen på en människa misstänkt för att bära en självmordsbomb. Syftet är att uppnå en tydlig utslagning av den misstänktes förmåga men samtidigt minimera risken för onödigt skada på individen och tredje part. Detta har koppling till projektets kompetens inom människans sårbarhet samt FOI:s engagemang inom arbetsgruppen EWG-NLW, se även kap. 2.16.4, och dess nätverk av EU länder med aktivitet inom området icke-dödliga vapen.

### **3.17 Värderingsmetodik**

Två projektmedarbetare ingår i ett FOI-gemensamt projekt som syftar till att beskriva arbetsmetoder för att samla olika kompetenser i värderingar av hur olika tekniska, organisatoriska eller taktiska lösningar påverkar enskilda duellsituationer och större stridsförlopp. Arbetet startade sent under 2014 och beräknas vara klart runt årsskiftet 2014-2015.

## 4 Referenser

- [1] Försvarmakten, "Försvarmaktens FoT-plan 2014", H/C 21 100:80627, bilaga 1, 2013
- [2] Lars Svensson, "Människans tålighet mot luftstöt vågor, en förstudie", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--3905--SE, 2014
- [3] Håkan Axelsson och John T. Yelverton, "Chest Wall Velocity as a Predictor of Non-auditory Blast Injury in a Complex Wave Environment," presented at the 7th International Symposium of Weapons Traumatology and Wound Ballistics, Sankt Petersburg, Ryssland, 1994.
- [4] Patrik Appelgren, "Hotdatabas, Teknisk prestanda - Rapport 2014", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-RH--1481--SE, juni, 2014
- [5] Patrik Appelgren, "Metoder och försökuppställningar vid gränshastighetsskjutningar mot pansarplåt", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-D--0586--SE, 2014
- [6] Patrik Appelgren, "Gränshastighet för standardiserade vittnesplåtar - 1,1 g FSP mot 0,5 och 1,0 mm aluminiumplåt", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--3884--SE, 2014
- [7] Patrik Appelgren, "Kontroll av hastighetsramarna AVL B470 och AVL B471 - verifiering av mätbas mot referenssystem", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-D--0587--SE, 2014
- [8] Patrik Appelgren, "Planerings- och analysunderlag vid ballistisk provning. PRODAS-beräkningar av luftbromsning och projektilsnedställning för typisk försöksammunition, samt jämförelse med experimentella mätningar. Utgåva 1. ", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-D--0588--SE, 2014
- [9] Karl-Petter Sjösvärd och Patrik Appelgren, "Mätning av luftbromsning hos projektiler med låg densitet", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-D--0589--SE, 2014
- [10] Sara Leonardsson och Hanna Smedh, "Förklaring till MATLAB-kod för utvärdering av gränshastighet", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-D--0566--SE, 2014
- [11] Mats Hartmann och Pernilla Magnusson, "Component penetration kill criteria simulations," *Journal of Battlefield Technology*, vol. 15, p. 6, November 2012.
- [12] Mats Hartmann och Pernilla Magnusson, "Improved kill criteria simulations," presenterad vid *27th International symposium on ballistics*, Freiburg, Germany, 2013, pp. 536-546.
- [13] D. W. Hyde, "User's guide for microcomputer programs CONWEP and FUNPRO, applications of TM 5-855-1, "Fundamentals of protective design for conventional weapons", US Army corps of engineers, SL-88-1, 1988
- [14] M. Swisdak, "DDESB Blast effects computer version 6 User's manual and documentation", Department of Defense Explosives Safety Board TP 17 rev. 1, 2005
- [15] Mats Hartmann, "Översiktlig litteraturstudie - Tryck", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-D--0556--SE, 2013
- [16] Pernilla Magnusson, Mats Hartmann och Johan Gustafsson, "Handbok verkansvärdering, Arbetsutgåva 2014", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--3865--SE, 2014
- [17] Camilla Andersson, Anna-Lena Berg, MajBritt Hansson, Markus Karlsson och Pernilla Magnusson, "Handbok verkansvärdering - Ett första utkast", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI Memo 3583, 2011
- [18] Pernilla Magnusson och Mats Hartmann, "Handbok verkansvärdering - andra versionen", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI Memo 3583:2, 2013

- [19] Johan Gustafsson, "Stödverktyg till AVAL för indata- och resultathantering för stora scener (t.ex. baser och anläggningar)", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-D--0624--SE, 2014
- [20] Johan Gustafsson, "Studien skydd av flygvapnets baser och anläggningar. Stödverktyg för AVAL-simuleringar", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-D--0579--SE, 2014
- [21] Rickard Forsén, "Kraterdimensioner vid explosioner på eller i mark", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--3930--SE, 2014
- [22] Nicolas G. Law, "Integrated Helicopter Survivability," PhD Doctorial, Aeromechanical Systems Group, Cranfield University, 2011.
- [23] Nick J. Knorr, Ian R. Collinge, John R. Green och Peter Lloyd, "Integrated Survivability Modelling," presenterad vid *4th European Survivability Workshop*, QinetiQ Malvern Technology Centre, UK, 2008.
- [24] Pernilla Magnusson och Mats Hartmann, "Integrated survivability, inledande litteraturstudie", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut FOI-R--3988--SE, 2014
- [25] Heather Molitoris och Daniel Hicks, "System Engineering approach to assessing Integrated Survivability", US Army RDECOM-TARDEC 20296, 01 Aug 2009, 2009
- [26] Mats Hartmann, "Missionsanpassat skydd", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--2180--SE, December, 2006
- [27] Mats Hartmann och Staffan Harling, "Mission adaptable protection," presenterad vid *4th European Survivability Workshop*, QinetiQ Malvern Technology Centre, UK, 2008.
- [28] Mats Hartmann, "Verkanssimuleringar Granatkastare med 8 cm svinggr m/80, 8 cm MAPAM och 12 cm svinggr m/86", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-RH--1480--SE, Juni, 2014
- [29] Pernilla Magnusson, Sofia Hedenstierna, Bo Johansson och Mats Hartmann, "Verkanssimuleringar för bataljonsartilleri 2009", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-RH--0963--SE, 2009
- [30] Göran W. Weibull och Hugo Wiechel, "Verkan av artilleri- och granatkastareld i truppmål", FOA, Försvarets forskningsanstalt, FOA Rapport AH 20030-D8(D4,D5,D6), 1980
- [31] Göran W. Weibull och Hugo Wiechel, "Separatbilaga till Verkan av artilleri- och granatkastareld i truppmål", FOA, Försvarets forskningsanstalt, FOA Rapport AH 20030-D8(D4,D5,D6), 1980
- [32] Björn Wollentz, "Omförhandling samlingsbeställning inom MS 922", Försvarmakten, Högkvarteret, FM2013-3178:89, 2014-10-16,
- [33] Sara Leonardsson, Johan Pelo, Staffan Harling och Gustav Tolt, "SWERISK transferprojekt -slutrapport", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--3753--SE, 2013
- [34] Sara Leonardsson, Staffan Harling och Gustav Tolt, "Användarhandledning SWERISK 1.0", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--3924--SE, 2014
- [35] Peter Svantesson, "Simulations of the response of concrete structures subjected to air blasts," presented at the MABS 23, Oxford, UK, 2014.
- [36] Pernilla Magnusson, "Mötesanteckningar, Möte med PROD FLYG", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-2014-1867, 2014-11-05
- [37] Mats Hartmann och Pernilla Magnusson, "Värdering vapen och skydd, verkan, sårbarhet och risk 2013. Sammanfattande projektredovisning", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--3776--SE, december, 2013

- [38] Pernilla Magnusson, "Mötesanteckningar, Möte mellan FFI och FOI", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-2014-631, 2014-03-14, 2014
- [39] Henrik Jonsson, "Klassningssällskapens regelverk, ett möjligt verktyg för att skapa stryktålighet på örlogsfartyg?," Försvarshögskolan, 2014.
- [40] Mats Hartmann, "Semiautomatiskt fartygsverktyg för AVAL", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--3738--SE, 2013
- [41] Leif Nylander (C IML FM), Per Lodin (C IML FMV) och Rolf Arremark (C IML FOI), "C IML ställningstagande: Värderingsmodellen AVAL - specifika handlingsregler", IML, IML:07-029:1, 2009
- [42] Mats Hartmann, "Studien "Skydd av flygvapnets baser och anläggningar" Beskrivningar av huvudbas", FOI-RH--1515--SE, 2014
- [43] Bo Gilljam, "Studien "Skydd av flygvapnets baser och anläggningar" Beskrivningar av spridnings/beredskapsbas", FOI-RH--1516--SE, 2014
- [44] Tomas Larsson, "Ingångsvärden till FOI för flygbassimuleringar i AVAL inom ramen för studien skydd av FV baser och anläggningar", Försvarsmakten, Luftstridsskolan, H/S 09710:1056, 2014-06-11, 2014
- [45] Johan Gustafsson, Mats Hartmann och Bo Gilljam, "Studien skydd av flygvapnets baser och anläggningar. Sårbarhet hos flygbaser", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-RH--1524--SE, 2014
- [46] Sussanna Valldor och Lars-Göran Rutgersson, "Vidmakthållande av ballistikkompetens - specifika kriterier och verksamhetsåtagande FOI", FMV, Försvarets materielverk, 14FMV5683-1:1, 2014-06-04, 2014
- [47] Staffan Harling, "Risk för splitterskador vid vapeninsats med JAS 39", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--3615--SE, 2012
- [48] Staffan Harling, "JAS 39 – risk för splitterskador vid bombfällning. Förslag till taktiskt uppträdande", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--3868--SE, 2014
- [49] Staffan Harling, "JAS 39 - risk för splitterskador vid bombfällning", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI memo 5043, 2014
- [50] Sara Leonardsson, Melker Skoglund, Svante Karlsson och Magnus Lindström, "Test of risk area for M8570-105030 AVSLAG 40C AMRÖJ /S.", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--3875--SE, 2014
- [51] Lars Svensson, "Neck loads of the driver in the SRC 8a test", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, Memo 5029, 2014
- [52] Lars Svensson, "Inverkan av besättningens benställning vid utvärdering av fordons min/IED skydd", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-R--3952--SE, 2014
- [53] Erik Berglund, Lars Berglund, Mats Hartmann, Andreas Helte och John Ottosson, "Preliminär systemsårbarhetsanalys ADS", FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI-RH--1479--SE, Maj, 2014

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



FOI  
Totalförsvarets forskningsinstitut  
164 90 Stockholm

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

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