



Riskavståndsberäkningar

Artilleri och granatkastare

MATS HARTMANN, SOFIA HEDENSTIERNA

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
Försvars- och säkerhetssystem
164 90 Stockholm

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

www.foi.se

FOI-R--3158--SE Underlagsrapport
ISSN 1650-1942 Februari 2011

Försvars- och säkerhetssystem

Mats Hartmann, Sofia Hedenstierna

Riskavståndsberäkningar

Artilleri och granatkastare

Titel	Riskavståndsberäkningar – artilleri och granatkastare
Title	Risk-estimate distance computations - artillery and mortars
Rapportnr/Report no	FOI-R--3158--SE
Rapporttyp Report Type	Underlagsrapport Base data report
Sidor/Pages	17 p
Månad/Month	Februari
Utgivningsår/Year	2011
ISSN	ISSN 1650-1942
Kund/Customer	FMV
Projektnr/Project no	E26446
Godkänd av/Approved by	Patrik Lundberg

FOI, Totalförsvarets Forskningsinstitut	FOI, Swedish Defence Research Agency
Avdelningen för Försvars- och säkerhetssystem	Defence & Security, Systems and Technology

164 90 Stockholm

SE-147 25164 90 Stockholm

Sammanfattning

FOI har av FMV fått i uppdrag att ta fram riskavstånd för fyra olika vapensystem. Huvudsyftet var att med hjälp av simuleringar i AVAL skapa en tabell med riskavstånd för egen personal och civila vid eldgivning med:

- 8 cm granatkastare m/84 med 8 cm svinggr m/80
- 12 cm granatkastare m/41 med 12 cm svinggr m/86
- 15,5 cm haubits 77B med 15,5 cm sgr m/54
- 15,5 cm haubits 77B med 15,5 cm sgr m/77

Riskavstånden bestämdes för 10 % respektive 0,1 % sannolikhet för skada i två olika nivåer – allvarlig och lätt.

De resulterande riskavstånden från analysen varierade mellan 0 m och 245 m beroende av vapenslag, avstånd och skyddsnivå samt val av spridning och bekämpningsfall.

Riskavstånden för en enskild granat med träffpunktsspridning var mycket lägre än vad som återfinns i andra motsvarande publicerade tabeller. Genom att antingen anta noll träffpunktsspridning eller att öka antalet granater till ett reellt bekämpningsfall ökades det beräknade riskavståndet. För att gå vidare med arbetet att ta fram en riskavståndstabell behöver man således bestämma vilken typ av bekämpningsfall (antal granater och spridning) som avses.

Nyckelord: riskavstånd, artilleri, granatkastare, AVAL, skadenivåer

Summary

FOI has been commissioned by FMV to develop risk-estimate distances for four different weapon systems. The main aim is to use the program AVAL to generate tables with risk-estimate distances for friendly soldiers and civilians in the case of danger close actions with

- 8 cm mortar m/84 with svinggr m/80
- 12 cm mortar m/41 with 12 cm svinggr m/86
- 15,5 cm howitzer 77B with 15,5 cm sgr m/54
- 15,5 cm howitzer 77B with 15,5 cm sgr m/77

The risk-estimate distances were generated for the 0,1 % and 10 % probability of severe and non-severe injury respectively.

The resulting risk-estimate distances varied between 0 m and 245 m depending on the weapon system, distance and protection level as well as the choice of impact dispersion and number of missiles in the mission.

The resulting risk-estimate distances for a single grenade with dispersion were much lower than comparable distances in other publications. By either assuming zero dispersion for a single grenade or by increasing the number of grenades used the computed risk-estimate distances were increased. In order to generate a realistic risk-estimate distance table for the Swedish Armed Forces, it has to be decided what type of fire mission scenario that should be used as input to the AVAL simulations.

Keywords: risk-estimate distances, artillery, AVAL, mortar, howitzer, injury levels

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
2	Metod	9
2.1	Stridsdelsbeskrivningar	9
2.1.1	81 mm m/86	9
2.1.2	120 mm m/80	9
2.1.3	155 mm m/54	9
2.1.4	155 mm m/77	9
2.2	Vapenbeskrivningar och träffpunktsspridning	9
2.2.1	8 cm mm grk m/86	10
2.2.2	12 cm grk m/41	11
2.2.3	155 mm haub 77B.....	11
2.2.4	Bekämpningsfall med 5 pjäser av 15,5 cm haubits 77B och sgr m/54	12
2.3	Scen och målbeskrivning	12
2.3.1	Mål	12
2.3.2	Skyddsutrustning	13
2.3.3	Skadenivåer	13
2.4	Resultatutvärdering	13
3	Resultat	14
3.1	Civil oskyddad person.....	14
3.2	Soldat med vinteruniform, hjälm och skyddsväst.....	14
3.3	Bekämpningsfall med 5 pjäser av 15,5 cm haubits 77B och sgr m/54	15
4	Diskussion	16
5	Referenser	17

1 Inledning

I arbetet med utveckling av Skjutreglemente för Artilleri och Granatkastare har det under en längre tid funnits behov av en metodik för hantering av riskavstånd i strid. FOI har av FMV fått i uppdrag att ta fram riskavstånd för fyra olika vapensystem. Metodiken för att ta fram riskavstånd ska vara spårbar och interoperabel. Det slutliga målet med arbetet är även att skapa underlag inför ett eventuellt nytt oplatskort.

Denna rapport redovisar resultaten från den andra av två delar ingående i FMV:s beställning[1]. Den första delen, vilken är redovisad i [2], beräknar riskavstånd från de aktuella granaterna med programmet SWERISK^a. SWERISK beräknar medelriskavstånd från en statisk granats detonationspunkt, d.v.s. ingen hänsyn till vapensystemets spridning som funktion av avståndet. I denna del av studien används verkans- och sårbarhetsverktyget AVAL^b, med vilket hänsyn har tagits till vapnets spridning beroende av avstånd. För att få jämförbara resultat mellan studierna användes i möjligaste mån samma ingångsdata till AVAL som i den tidigare SWERISK studien.

Huvudsyftet med denna studie var att med hjälp av simuleringar i AVAL skapa en tabell med riskavstånd för egen personal och civila vid eldgivning och den resulterande risktabellen ska motsvara exempel ur NATO:s tabeller [3], se Figur 1. I denna anges riskavstånd för 10 % respektive 0,1 % sannolikhet för en allvarlig skada eller död för stående soldater med vinteruniform och hjälm samt med vinteruniform, skyddsväst och hjälm.

De vapensystem som inkluderats är:

- 8 cm granatkastare m/84 med 8 cm svinggr m/80
- 12 cm granatkastare m/41 med 12 cm svinggr m/86
- 15,5 cm haubits 77B med 15,5 cm sgr m/54
- 15,5 cm haubits 77B med 15,5 cm sgr m/77

^a SWERISK är ett riskavståndsberäkningsverktyg utvecklat av FOI på uppdrag av SWEDEC. Den initiala utvecklingen syftade till att skapa ett fältmässigt verktyg användbart vid ammunitionsröjning.

^b AVAL - Assessment of Vulnerability And Lethality, ett svenskutvecklat verktyg för värderingar av vapens verkan och måls sårbarhet. AVAL ägs av Försvarmakten och förvaltas av FOI.

2. Surface-to-surface Risk-estimate Distances

- a. Danger close is usually 600 meters for canon and mortars and 750 meters for naval gunfire. The creeping method of adjusting surface-to-surface fires (no adjustment greater than 100 meters) will be used during danger close missions.
- b. Cannon risk-estimates were calculated using the following assumptions.
 - (1) Gun Target Line is perpendicular to the FLOT.
 - (2) An observer has adjusted the fires onto the target. Unadjusted FFE fires may entail greater risk.
 - (3) The friendly troops are standing unprotected in the open, in winter clothing and helmet, and on a line perpendicular to the line of fire.

Note: Friendly forces outside the PI distance may still be subject to weapons fragments, but at a lower risk. Commanders and fire supporters must carefully weigh the choice of ordnance and the accuracy and proficiency of the firing unit in relation to the risk of fratricide. Taking steps to protect friendly Soldiers (e.g. prone, behind cover) can reduce the risk.

Item / System	Description	0.1% PI (meters/feet)			10% PI (meters/feet)		
		1/3 Rng	2/3 Rng	Max Rng	1/3 Rng	2/3 Rng	Max Rng
M224	60mm mortar	100m/ 328'	150m/ 492'	175m/ 574'	60m/ 197'	65m/ 213'	65m/ 213'
M252	81 mm mortar	165m/ 541'	185m/ 607'	230m/ 755'	75m/ 246'	80m/ 262'	80m/ 262'
M120/ M121	120 mm mortar	150m/ 492'	300m/ 984'	400m/ 1312'	100m/ 328'	100m/ 328'	100m/ 328'

Item / System	Description	0.1% PI (meters/feet)			10% PI (meters/feet)		
		1/3 Rng	2/3 Rng	Max Rng	1/3 Rng	2/3 Rng	Max Rng
M102/ M119	105mm Howitzer HE	175m/ 574'	200m/ 656'	275m/ 902'	85m/ 279'	85m/ 279'	90m/ 295'
M109/ M198/ M777	155mm Howitzer HE	200m/ 656'	280m/ 919'	450m/ 1476'	100m/ 328'	100m/ 328'	125m/ 410'
M109/ M198/ M777	155mm Howitzer DPICM	280m/ 919'	300m/ 984'	475m/ 1558'	150m/ 492'	180m/ 591'	200m/ 656'

106 FM 3-09.32/MCRP 3-16.6A/NTTP 3-09.2/AFTTP(I) 3-2.6 Dec 2007

Figur 1: Exempel på NATO-tabell från [3].

2 Metod

För att bestämma riskavstånd från siktpunkten för fyra olika vapensystem användes sårbarhetsanalysverktyget AVAL. Riskavstånden bestämdes för 10 % respektive 0,1 % sannolikhet för skada, två olika nivåer av skada – allvarlig och lätt – samt för dels oskyddade civilpersoner och dels soldater i skyddsutrustning. Även avstånden för 10 % respektive 0,1 % sannolikhet för träff togs fram då detta minimerar inverkan av val av skadekriterium.

För att resultaten ska vara jämförbara med resultaten från SWERISK-studien [2], simulerades samma granattyper och mål och bekämpningen utfördes med ett vapen och en granat åt gången, vilket inte är något typiskt taktiskt bekämpningsfall. Bekämpningen skedde från tre olika avstånd för respektive vapensystem, 1/3, 2/3 och 3/3 av maxräckvidden (D_{\max}).

2.1 Stridsdelsbeskrivningar

I AVAL skiljer man på beskrivning av verkansseffekt (stridsdel) och vapen. Vapendelen beskriver vapensystemets spridning och ballistik fram till målet medan verkansseffekten anger vad som sker vid träff i målet eller marken. De ballistiska egenskaperna hos stridsdelen anges således i vapenbeskrivningen och splinterprestanda anges i stridsdelsbeskrivningen.

Nedan ges en mycket kortfattad beskrivning av stridsdelarna som använts i simuleringarna, för utförligare information hänvisas till [4]. Samtliga granater har simulerats med ögonblicksbrisd mot marken.

2.1.1 81 mm m/86

Beskrivningen av granat 81 mm m/86 är baserad på utdata från Split-X. Uppgifterna har inte validerats mot experimentella resultat men en experimentell undersökning av granaten är planerad att genomföras under våren 2011.

2.1.2 120 mm m/80

Beskrivningen av granat 120 mm m/80 är baserad på utdata från Split-X. Den är tidigare använd i en studie från FMV [5] och är troligen jämförd med experimentella resultat, dock är underlaget inte väldokumenterat.

2.1.3 155 mm m/54

Granatbeskrivningen för 155 mm m/54 är baserad på utdata från Split-X. Uppgifterna är jämförda med experimentella resultat varvid god överensstämmelse konstaterades.

2.1.4 155 mm m/77

Beskrivningen av granat 155 mm m/77 är baserad på utdata från Split-X. Uppgifterna är jämförda med experimentella resultat varvid god överensstämmelse konstaterades.

2.2 Vapenbeskrivningar och träffpunktsspridning

För samtliga vapen utnyttjades AVAL:s funktion ”End phase”. I denna funktion anges data på träffspridning i längd och sida samt anslagsvinkel och anslagshastigheter direkt från skjuttabeller enligt Tabell 1. Genom att använda denna funktion behöver AVAL inte beräkna den ballistiska banan för varje granat vilket sparar beräkningstid. Då endast slutfasen av den ballistiska banan hanteras med givna spridningsmått ger atmosfärsdata ingen inverkan på resultaten.

Data angavs för alla tillgängliga laddningar utifrån publicerade skjuttabeller för respektive vapensystem [6-8]. Vid överföring från skjuttabell till indata i AVAL omvandlades vinkelmått från streck till radianer och spridningsmått från den 50 %-iga spridningen till en standardavvikelse. För att konvertera de 50 %-iga spridningsmått i längd och sida (L_{50} och B_{50}) till standardavvikelser σ_L och σ_B används ekvation (1) respektive ekvation (2) [9].

$$L_{50} = 1,34\sigma_L \quad (1)$$

$$B_{50} = 1,34\sigma_B \quad (2)$$

Tabell 1: Data för granat vid nedslag.

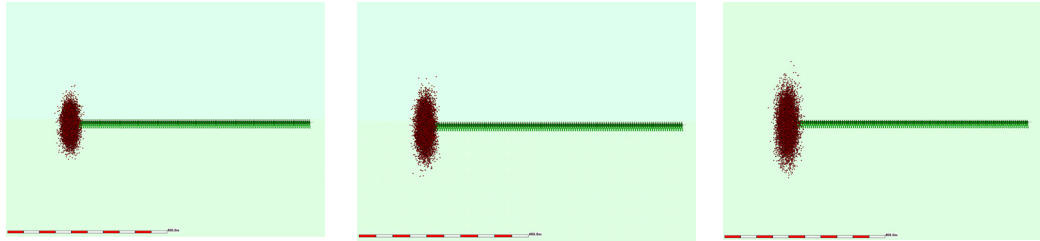
Skottvidd [m]	Nedslaghastighet [m/s]	Bantid [s]	Nedslagsvinkel [rad]	Rotationshastighet [rad/s]	Spridningsmått sida [m]	Spridningsmått längd [m]
Data för undergradsbanor						
Data för övergradsbanor						

Det är valfritt att ange data för antingen under- eller övergradsbanor eller att ge data för båda fallen. AVAL väljer en möjlig laddning för att nå uppgett skjutavstånd efter vald prioriteringsordning för undergradsbana alternativt övergradsbana.

För att utvärdera inverkan av vapenspridning på resulterande skyddsavstånd genomfördes även simuleringar utan vapenspridning för samtliga vapenslag. Dessa simuleringar utfördes för samtliga vapenslag för $2/3 D_{\max}$, då inverkan av skjutavståndet utöver spridningen är litet.

2.2.1 8 cm mm grk m/86

För 81 mm granatkastare med sprängvinggranaten m/86 har slutfasballistiska data hämtats från [7]. De valda skjutavstånden är 1900 m, 3900 m och 5800 m, vilket motsvarar $1/3D_{\max}$, $2/3D_{\max}$ och D_{\max} avrundat till närmsta hundratal, där D_{\max} är vapnets maximala räckvidd med denna granat. Endast data för övergradsbanor är angivna. Figur 2 illustrerar träffpunktsspridningen vid de tre olika skjutavstånden.

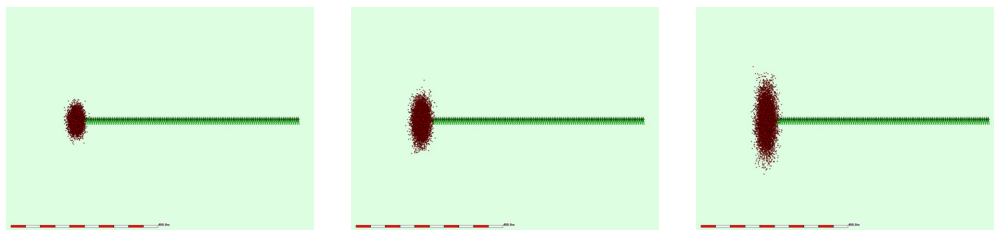


Figur 2: Träffpunktslägen för 8 cm grk m/86 på skjutavstånden 1900 m, 3900 m och 5800 m. Illustration från AVAL med linjen av soldater i grönt och röda markeringar för granaternas träffpunkter. Skalstocken i nederkant av bilderna är 400 m.

2.2.2 12 cm grk m/41

För 120 mm granatkastare med sprängvinggranaten m/86 har slutfasballistiska data hämtats från [6]. I detta fall har dock ballistikdata för granaten m/56 utnyttjats istället för de data som anges för m/86. Detta val är gjort efter förslag från Mj. Helge Nilsson, Artreg.

De valda skjutavstånden är 2000 m, 4000 m och 6000 m vilket motsvarar avrundade värden av $1/3D_{\max}$, $2/3D_{\max}$ och D_{\max} , där D_{\max} är vapnets maximala räckvidd med denna granat. Endast data för övergradsbanor är angivna. Figur 3 illustrerar träffpunktsspridningen vid de tre olika skjutavstånden.

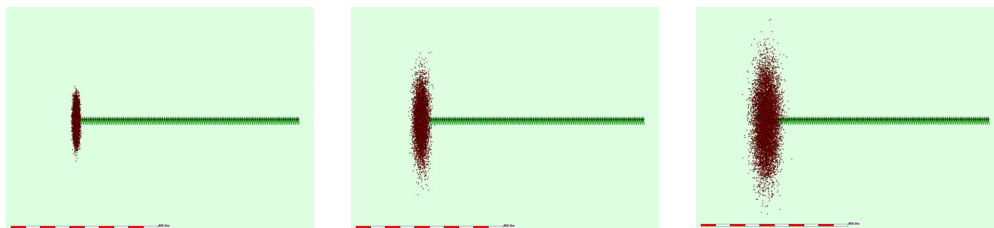


Figur 3: Träffpunktslägen för 12 cm grk m/41 på skjutavstånden 2000 m, 4000 m och 6000 m. Illustration från AVAL med linjen av soldater i grönt och röda markeringar för granaternas träffpunkter. Skalstocken i nederkant av bilderna är 400 m.

2.2.3 155 mm haub 77B

För haubits 77B används endast en uppsättning ballistiska data trots att två olika granater (m/54 och m/77) ingår i studien. De ballistiska data som använts gäller för kombinationen haub 77B med sgr m/54 [8] enligt förslag från Mj. Helge Nilsson, Artreg.

De valda skjutavstånden är 6000 m, 13000 m och 17000 m vilket motsvarar avrundade värden av $1/3D_{\max}$, $2/3D_{\max}$ och D_{\max} , där D_{\max} är vapnets maximala räckvidd med denna granat. Data för både under och övergradsbanor är angivna, AVAL har under simuleringarna i första hand hitta en passande undergradsbana med mellanstor laddning. Det finns även möjlighet att söka undergradsbana med minsta laddning. Figur 4 illustrerar träffpunktsspridningen vid de tre olika skjutavstånden.



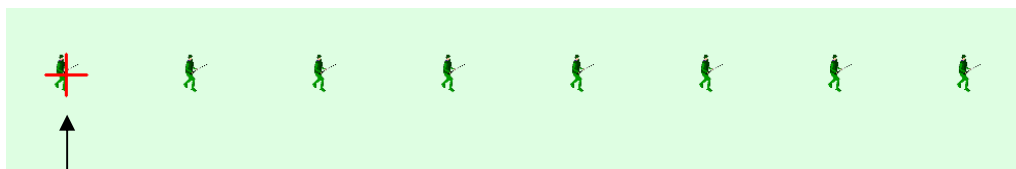
Figur 4: Träffpunktslägen för 155 mm haub 77B på skjutavstånden 6000 m, 13000 m och 17000 m. Illustration från AVAL med linjen av soldater i grönt och röda markeringar för granaternas brisadpunkter. Skalstocken i nederkant av bilderna är 400 m.

2.2.4 Bekämpningsfall med 5 pjäser av 15,5 cm haubits 77B och sgr m/54

För Haubits 77B med sgr m/54 simulerades även ett bekämpningsfall med 10 skott (5 st pjäser och 2 skott per pjäs) för att illustrera ett verklighetstroget scenario.

2.3 Scen och målbeskrivning

Vid utvärderingen av riskavstånd användes en scenbeskrivning i AVAL där målet i form av soldater/civila placerades ut i terrängen på givna avstånd från riktpunkten. Soldaterna/civila var placerade på en linje vinkelrätt mot skjutriktningen, se Figur 5. Den första soldaten stod i vapnets riktpunkt, d.v.s. medelträffpunkten, varefter ytterligare 120 soldater placerades med 5 m mellanrum till ett avstånd på totalt 600 m till höger från medelträffpunkten. Genom träffpunktsspridningen briserar hälften av granaterna till vänster om skottlinjen och den andra hälften till höger om skottlinjen vilket ger ett varierande avstånd till soldaterna. Terrängen var öppen och jämn utan skyddande föremål.



Figur 5: Soldater placerade på led med 5 m mellanrum, röda korset markerar medelträffpunkten och pilen illustrerar skjutriktningen. Soldaterna står vända mot riktpunkten trots att figuren visar motsatsen.

2.3.1 Mål

Som målbeskrivning i scenen användes AVAL:s soldatbeskrivning. Figur 6 visar en soldat med hjälm och skyddsväst. Genom att i modellen ta bort skyddsförmågan i väst och hjälm kunde modellen användas som både soldat och civilperson. Även förmågan att bromsa eller stoppa projektiler togs bort för både kroppsdelar och skyddskläder för att dessa inte skulle skydda omkringstående soldater. Skyddsförmågan i skyddsutrustningen lades sedan på i efterbehandlingen av utdata genom att subtrahera en bestämd mängd energi motsvarande förlusten i skyddet från anslagsenergin. På detta sätt kunde även energi motsvarande en vinteruniform subtraheras vid träff. All skadeutvärdering i studien gjordes i efterbehandlingen.



Figur 6: Soldaten med skyddsväst och hjälm.

2.3.2 Skyddsutrustning

Soldaterna var utrustade med vinteruniform, hjälm och skyddsväst. I simuleringarna tas ingen hänsyn till om soldaten skadas eller inte och inte heller till skyddens prestanda. Detta hanteras i efterbehandlingen av resultatfilerna som beskriver egenskaper för alla splitter som träffar en del av en soldat.

För skyddsutrustningen uniform, hjälm och skyddsväst användes samma skyddsegenskaper som i SWERISK-studien [2]. Skyddet av uniformen motsvarar en energiförlust hos det genomträngande splittret med 5,65 J. Skyddet av hjälm och skyddsväst är båda ansatta till att motsvara 3,4 mm stål.

2.3.3 Skadenivåer

För att utvärdera om en människa är skadad eller inte användes i denna studie skadekriterier baserade på energinivåer. Skadenivån allvarlig eller lätt avgörs av hur hög anslagsenergi eller anslagsenergi/area det träffande splittret har.

För att resultaten av dessa simuleringar ska vara jämförbara med de genomförda i första delen av uppdraget [2] utvärderades samma skadenivåer. De nu utnyttjade skadenivåerna redovisas i Tabell 2. Med de utvärderingsverktyg som skapats för detta ändamål är det lätt att välja andra energinivåer om så önskas.

Tabell 2: Skadenivåer (utvärderade energinivåer).

Beskrivning	Gränsvärde	Enhet
Allvarlig skada	55	J
Icke allvarlig skada	$2,0 \cdot 10^5$	J/m ²
Träff	0	J

2.4 Resultatutvärdering

Vid efterbehandling av simuleringresultaten definierades gränsvärden för olika skadebeskrivningar enligt Tabell 2. För varje soldat analyserades de splitter som träffade soldaten avseende träffpunkt (skydd, uniform eller ansikte) och anslagsenergi eller anslagsenergi per ytmått. Vid träff av skydd och uniform subtraherades den mängd energi som åtgick för att penetrera skyddet/uniformen. Den resterande anslagsenergin jämfördes sedan med de valda gränsvärdena för beskrivna skadenivåer. Riskavståndet gavs av det minsta avstånd vid vilket inga ytterligare soldater träffades av ett splitter med energinivå över respektive gränsvärde. Samma metod användes för en civilperson utan skydd, då utan att subtrahera splitterenergin vid träff av skydd.

3 Resultat

Tabellerna nedan redovisar de beräknade riskavstånden för 0,1 % sannolikhet respektive 10 % sannolikhet att skadas för dels civil oskyddad person och dels soldat med vinteruniform, hjälm och skyddsväst. De skadenivåer som presenteras är ”allvarligt skadad” och ”icke allvarligt skadad” enligt definitionerna i Tabell 2. För civil oskyddad person är även riskavstånden för träff givna. De givna riskavstånden gäller vid beskjutning med en granat med träffpunktsspridning enligt skjuttabeller. Simuleringsdata, inkluderande indata, resultatfiler och utvärderingsprogram i Matlab, separatreddovisas [10].

3.1 Civil oskyddad person

Tabell 3 och Tabell 4 redovisar de beräknade riskavstånden för skadenivåerna ”allvarligt skadad”, ”icke allvarligt skadad” och träff för civil oskyddad person vid 0,1 % respektive 10 % sannolikhet. I tabellerna anges avstånden för avstånden $1/3D_{max}$, $2/3D_{max}$ samt D_{max} med träffpunktsspridning samt för $2/3 D_{max}$ utan spridning.

Tabell 3: Riskavstånd i meter där skadesannolikheten för civil oskyddad person understiger 0,1 % (allvarlig skada | icke allvarlig skada | träff).

Skjutavstånd	$1/3D_{max}$	$2/3D_{max}$	D_{max}	Utan spridning
81 mm m/86	75 90 120	70 90 120	80 95 125	65 95 125
120 mm m/80	145 190 200	135 180 190	150 180 210	65 90 125
155 mm m/54	205 205 205	180 180 190	180 180 205	125 140 155
155 mm m/77	195 195 200	175 195 205	190 195 200	160 170 195

Tabell 4: Riskavstånd i meter där skadesannolikheten för civil oskyddad person understiger 10 % (allvarlig skada | icke allvarlig skada | träff).

Skjutavstånd	$1/3D_{max}$	$2/3D_{max}$	D_{max}	Utan spridning
81 mm m/86	25 40 55	25 40 55	20 40 55	25 40 60
120 mm m/80	35 45 55	35 45 55	25 35 45	25 40 60
155 mm m/54	25 35 45	0 20 20	20 30 40	30 35 40
155 mm m/77	40 50 75	0 40 60	30 50 70	45 55 70

3.2 Soldat med vinteruniform, hjälm och skyddsväst

Tabell 5 och Tabell 6 redovisar de beräknade riskavstånden för skadenivåerna ”allvarligt skadad” och ”icke allvarligt skadad” för soldat med vinteruniform, hjälm och skyddsväst vid 0,1 % respektive 10 % sannolikhet. I tabellerna anges avstånden för avstånden $1/3D_{max}$, $2/3D_{max}$ samt D_{max} med träffpunktsspridning samt för $2/3 D_{max}$ utan spridning.

Tabell 5: Riskavstånd i meter där skadesannolikheten för soldat med vinteruniform, hjälm och skyddsväst understiger 0,1 % (allvarlig skada | icke allvarlig skada).

Skjutavstånd	$1/3D_{max}$	$2/3D_{max}$	D_{max}	Utan spridning
81 mm m/86	65 85	65 80	75 90	65 80
120 mm m/80	135 160	130 170	125 165	65 85
155 mm m/54	180 180	180 180	175 175	120 125
155 mm m/77	160 175	150 170	165 165	160 165

Tabell 6: Riskavstånd i meter där skadesannolikheten för soldat med vinteruniform, hjälm och skyddsväst understiger 10 % (allvarlig skada | icke allvarlig skada).

Skjutavstånd	$1/3D_{\max}$	$2/3D_{\max}$	D_{\max}	Utan spridning
81 mm m/86	25 35	25 30	20 30	25 30
120 mm m/80	35 40	30 35	20 25	25 35
155 mm m/54	25 30	0 0	10 25	25 30
155 mm m/77	35 45	0 0	20 35	45 50

3.3 Bekämpningsfall med 5 pjäser av 15,5 cm haubits 77B och sgr m/54

Riskavstånden för ett bekämpningsfall med 5 pjäser av 15,5 cm haubits 77B och sgr m/54 presenteras i Tabell 7 för 0,1 % respektive 10 % sannolikhet för de tre skadenivåerna allvarlig, icke allvarlig och träff.

Tabell 7: Riskavstånd i meter för ett bekämpningsfall med 5 st pjäser 15,5 cm haubits 77B och 2 skott sgr m/54 på $2/3 D_{\max}$ (allvarlig skada | icke allvarlig skada | träff).

	0,1 % civil	10 % civil	0,1 % soldat med skydd	10 % soldat med skydd
155 mm m/54	245 245 245	85 95 115	245 245 245	80 90 115

4 Diskussion

I denna studie har riskavstånden för ”icke allvarlig skada” och ”allvarlig skada” beräknats för dels civila och dels soldater med skyddsutrustning vid eldgivning med fyra olika vapensystem. Skadenivåerna är baserade på antagna kriterier av anslagsenergi alternativt anslagsenergi per ytenhet för de splitter som träffar soldaten. Vilket eller vilka gränsvärden som ska ligga till grund för nya reglementen för artilleri och granatkastare bör beslutas av Försvarsmakten, innan faktiska riskavstånd beräknas.

Riskavstånden som beräknats i denna rapport varierar beroende på om hänsyn tagits till träffpunktsspridningen eller inte samt för simulering av en enskild granat eller ett bekämpningsfall med 10 granater. De riskavstånd som togs fram först gällde en enskild granat med träffpunktsspridning enligt FMV:s skjuttabeller. Detta resulterade i riskområden som var betydligt kortare än jämförbara avstånd i NATO-tabellen [3], Figur 1 samt i dagens oplatskort [11]. Då hänsyn tas till träffpunktsspridning vid eldgivning med endast en granat kommer avståndet mellan soldat och brisadpunkt variera mycket vilket minskar sannolikheten för skada. Spridningen i längd är dessutom normalt mycket större än spridningen i sida, varför avstånden mellan den reella träffpunkten och soldater placerade i sidled från riktpunkten i de flesta fall kommer att vara längre än riskavståndet som anges till riktpunkten, se Figur 2 - Figur 4.

För att minska inverkan av brisadpunktens läge i förhållande till soldaten kan man

1. antingen göra som i SWERISK där endast en stillaliggande granat utan spridning studeras [2] eller
2. genomföra ett bekämpningsfall med flera granater.

Med flera granater ökar arean där granater träffar och därmed sannolikheten att soldater träffas och eventuellt skadas. Detta sätt stämmer bättre överens med dagens oplatskort [11], där riskavstånd anges för bekämpning med upp till 5 artilleripjäser och 2 granatkastare.

I resultaten presenterades förutom en enkel granat med träffpunktsspridning även en granat utan spridning samt ett bekämpningsfall med flera pjäser och skott vilket ger en bild av hur detta inverkar på riskavståndet. Bekämpningsfallet med 10 granater gav avstånd i bättre överensstämmelse med dagens oplatskort och NATO:s tabell förutom på längsta skjutavståndet där NATO-tabellen har ungefär dubbla riskavståndet.

Vid simuleringar utan träffpunktsspridning minskar riskavståndet vid låga sannolikheter för träff och skada, vilket är en naturlig följd av den minskade träffytan. Om man däremot tittar på den högre sannolikheten 10 % ökar istället riskavståndet om man tar bort spridningen. Detta beror på att vid normal spridning är träffpunkterna för en enskild granat utspridda över målytan och sannolikheten för träff låg men utspridd i hela området. Utan spridning koncentreras träffpunkterna i riktpunkten och därmed ökar sannolikheten för träff och skada i närområdet medan den minskar på längre avstånd. Vid $2/3 D_{\max}$ verkar det som att minskad träffsannolikhet pga spridning i längd överskuggar det ökade riskavståndet orsakat av spridning i sida. Där hamnar sannolikheten för allvarlig skada under 10 % för hela målområdet dvs. även i riktpunkten.

Baserat på resultaten från denna studie bör en diskussion inledas om hur Försvarsmakten vill utvärdera riskavstånden avseende spridning, taktiskt relevanta bekämpningsfall och skadenivåer.

5 Referenser

1. FMV, *FMV Beställning 359754-LB816761*. 2010.
2. Harling, S., *Riskavståndsberäkningar 81, 120, och 155 mm spränggranater med Swerisk*, **FOI-R--3133--SE**, 2010.
3. *JFIRE MULTI-SERVICE TACTICS, TECHNIQUES, AND PROCEDURES FOR THE JOINT APPLICATION OF FIREPOWER*, **FM 3-09.32/MCRP 3-16.6A/NTTP 3-09.2/AFTTP(I) 3-2.6**, Dec 2007
4. Hartmann, M. and Harling, S., *Stridsdelsbeskrivningar för AVAL - 8 cm svinggr m/80; 12 cm svinggr m/86; 15,5 cm sgr m/54 och 15,5 cm sgr m/77*, **FOI-RH--1080--SE**, 2011.
5. Lövgren, P., *Underhandsresultat från arbete Utvärdering av risk för skada vid skjutning med 120 mm Sving m/86*, **FMV 31299/2007**, 2007.
6. *12 cm granatkastare m/41D, Skjuttabeller*, **M7780-000960**, 1982.
7. *8 cm grk m/29 och m/84, Skjuttabeller, Ändringstryck 1*, **M7780-001930**, 1986.
8. *15,5 cm haubits 77B Skjuttabeller, utgåva 2*, **M7780-005551**, 2004.
9. *Skjutlära för Armén*, **M7742-168012**, 1986.
10. Hartmann, M. and Hedenstierna, S., *Separatbilaga till Riskavståndsberäkningar - Artilleri och granatkastare*, **FOI-RH--1081--SE**, 2011.
11. Försvarsmakten, *OPLATSKORT UTGÅVA 2008*, **19100:80091**, Artilleriregementet A9, 2008.