

# Lägesrapport: Underlag för framtagning av standard för gränshastighets-skjutningar

Martin Nilsson



FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1350 anställda varav ungefär 950 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, bedömningen av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI  
Totalförsvarets forskningsinstitut  
Vapen och skydd  
147 25 Tumba

Tel: 08-555 030 00  
Fax: 08-555 031 00

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

# Lägesrapport: Underlag för framtagning av standard för gränshastighetsskjutningar



## Sammanfattning

Den hastighet då sannolikheten är 50% att en projektil perforerar ett givet mål kallas  $v_{50}$  och är ett mått som, kopplat till en ytvikt, används för att jämföra olika ballistiska skyddsmaterial. Ibland ifrågasätts nyttan av att fram  $v_{50}$ -värden men en viktig utgångspunkt är att det är ett mått på ett materials eller en materialkombinations ballistiska skyddsnivå – inte exempelvis ett fordonssystemets skyddsnivå.

Det finns idag ett antal relevanta standarder, framförallt MIL-STD-662F, STANAG 2920, STANAG 4164 och TOP 2-2-710. Alla använder samma kriterium för att avgöra om projektilen har perforerat målet -  $v_{50BL(P)}$ . Måttet  $v_{50BL(P)}$  kan, utöver att användas för att ranka material, användas för verkans- och sårbarhetsvärdering, framförallt för primär- och sekundärsplitter. Kopplat till statistiska metoder kan skjutförsöken som fastställer  $v_{50BL(P)}$  även ge spridningsmått och möjligheter att uppskatta hastigheten som ger till exempel 1% eller 0,001% sannolikhet för perforation.

Det finns studier som pekar på att valet av starthastigheten, det vill säga hastigheten för det första skottet, påverkar resultatet. Beteendet går att återskapa för en normalfördelad sannolikhet för penetration men i verkliga försök finns alltid en spridning hos anslagshastigheterna och den effekten dämpar ut påverkan av starthastigheten. Det troliga är alltså att inverkan från starthastigheten är liten eller försumbart. En viktig sak som dock talar för att konsekvent börja vid en lägre hastighet än den förväntade gränshastigheten är risken för 2-modsbeteende (så kallat "shatter gap").

Målen med statistisk databehandling av skjutförsök kan vara att utifrån ett skjutförsök fastställa de hastigheter där sannolikheten inte bara är 50% utan även 1% eller 0,1% eller att bekräfta eller förkasta hypoteser av typen: "Material A ger ett  $v_{50BL(P)}$  på 400 m/s och material B ger ett  $v_{50BL(P)}$  på 390 m/s. Är material A bättre än material B?". Ett antal författare har gjort ansatser att utvärdera skjutförsök statistiskt men det kan inte anses föreligga en vedertagen metod.

Fortsatt arbete bör inriktas på att bedöma konsekvenserna av de krav på mätningar och precision som ställs på skjutförsöken och att med analytiska metoder och simuleringar jämföra olika typer av  $v_{50BL(P)}$ -mått och olika statistiska metoder.



## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	3
Innehållsförteckning .....	5
1 Varför behövs en standard? .....	7
2 Vilka relevanta standarder finns idag? .....	9
2.1 MIL-STD-662F .....	9
2.2 STANAG 2920 .....	9
2.3 STANAG 4164 .....	10
2.4 TOP 2-2-710 .....	10
2.5 Andra relaterade standarder.....	11
3 Är v50BL(P) en relevant storhet eller finns det andra och bättre mått? .....	13
4 Vad skall mätas och noteras? .....	15
5 Hur skall starthastigheten och hastigheten för följande skott väljas? .....	21
6 Hur skall den statistiska databehandlingen ske? .....	29
7 Slutsatser, rekommendationer och fortsatt arbete.....	31
8 Referenser .....	33
Appendix I. Definitioner enligt MIL-STD-662F.....	35
Dokumentdata .....	44
Document data.....	45





## 1 Varför behövs en standard?

Den hastighet då sannolikheten är 50% att en projektil perforerar ett givet mål kallas  $v_{50}$  och är ett mått som, kopplat till en ytvikt, används för att jämföra olika ballistiska skyddsmaterial. Det är därför av stor vikt att alla som använder eller producerar resultat från gränshastighetsskjutningar är överens om vad dessa betyder. Försök betingar oftast en stor kostnad och det är viktigt att varje försök ger resultat som fullt ut går att jämföra med andra undersökningar och att resultaten kan jämföras över tiden för att exempelvis kontrollera inverkan av miljö på egenskaperna hos skyddsmaterial eller för att undersöka skillnader mellan ammunitionsbatcher eller -fabriker. För en grundlig diskussion om hot- och prestandadatabaser och jämförelser över tid se Ottosson [1].

Några saker som behöver utredas är:

1. Hur skall  $v_{50}$  bestämmas?
2. Hur väljs starthastighet och hastighet för påföljande skott?
3. Påverkas resultatet av hur starthastigheten väljs?
4. Hur ska resultaten bearbetas statistiskt för att extrahera maximalt med information och hur ska osäkerheter i skattningar av  $v_{50}$  kunna redovisas?
5. Vilka krav skall ställas på försökets genomförande och dokumentation efter försöket?

Behovet av standardiserad provning framhävs i ISO 9001:2000 och denna rapport är en del i framtagandet av en SOP (Standard Operating Procedure) för hur alla delar och moment ett skjutförsök ska utföras vid FOI.



## 2 Vilka relevanta standarder finns idag?

### 2.1 MIL-STD-662F

Den viktigaste standarden är MIL-STD-662F, ”V<sub>50</sub> ballistic test for armor”, fastställd av amerikanska försvarsdepartementet. MIL-STD-662F kan betraktas som en meta-standard avsedd att användas av den som ska specificera krav vid beställning av gränshastighetskjutningar. Den innehåller sammanställningar av vad som ska registreras under ett försök och definitioner av viktiga begrepp, se Appendix I. Den viktigaste definitionen är perforationskriteriet som styrs av vittnesplåten. Vittnesplåten ska vara 0,51 mm (för transparent pansar ska vittnesplåten vara 0,05 mm) och tillverkad aluminium av kvalitéerna 2024-T3, 2024-T4 eller 5052 och placerad 150 mm bakom pansaret bakre yta. Hål, orsakade av projektil, projektilrester eller utstött material från pansaret, som tillåter ljus att passera genom vittnesplåten ska medföra att resultatet av försöket klassas som en fullständig penetration (CP) – alla andra fall klassas som partiell penetration (PP). Perforationskriteriet ger att den skyddsförmåga som bestäms är gränshastigheten v50BL(P) (ballistic limit (protection)).

Standarden är avsedd att användas för att bestämma skyddsförmågan för metalliska och icke-metalliska material och kompositmaterial mot finkaliberprojektiler. Tillämpningarna är provning och utveckling av kroppsskydd, skydd i och på flygplan och fartyg, transparenta skydd, taktiska befästningar, ögon- och ansiktsskydd, rymdtillämpningar och skydd för lätta och tunga stridsfordon och strukturer. I standarden ges inga riktlinjer för antal skott eller hastighetsspann utan detta ska bestämmas av beställaren med ledning av TOP-2-2.710. I MIL-STD-662F finns också tabeller över hastighet som funktion av avstånd för ett antal vanliga fin- och mellankaliberprojektiler.

### 2.2 STANAG 2920

NATO/PfP-standardens STANAG 2920 är framförallt avsedd att användas för att prova skyddsnivån hos personliga skydd, exempelvis skyddsvästar, skyddsglasögon och hjälmar. De projektiler som avses användas är finkaliberprojektiler, flechetter eller olika splitter- och flechettsimulatorer. Standarden innehåller också ett antal krav på registreringar och provförhållanden som måste uppfyllas. Standarden omfattar både försök med och utan backingmaterial men i denna rapport utelämnas helt försök med backingmaterial.

Kriterier för perforation överensstämmer med MIL-STD-662F med skillnaden att vittnesplåten ska bestå av en nominellt 0,5 mm tjock aluminiumplåt (AlCuMg-legering med sammansättning enligt ISO 209-1 med minsta draghållfasthet av 440 MPa) eller en detektor som registrerar projektiler med tillräcklig rörelsemängd för att slå igenom en sådan plåt. Aluminium av kvalité 5052, som tillåts enligt MIL-STD-662F, är inte en AlCuMg-legering enligt ISO 209-1.

Standarden innehåller även ritningar och måttkrav på FSP<sup>a</sup> i kalibrarna 5,56 – 7,62 – 12,7 och 20 mm. Det skall betonas att den tidigare standarden för FSP, MIL-P-46593A är indragen sedan 1 juni 1996. Utöver FSP innehåller standarden även mått och ritningar på andra

---

<sup>a</sup> Enligt definition från MIL-STD-662F avses med FSP (Fragment Simulating Projectile) enbart cylindrar med avfasningar som bildar en mejselformad spets.

splittersimulatorer (stålcylindrar, -kolor, -kuber, -parallelepipeder och -flechetter) och anordningar för inspanning av provobjekt.

Utöver metoder för att fastställa  $v_{50BL(P)}$  beskrivs även 2 andra gränshastighetsmått,  $v_0^b$  och  $v_{LP/vLNP}$ . Måttet  $v_0$  använder restenergi eller reströrelsemängd för att extrapolera fram den anslagshastighet då dessa är 0. Proving av  $v_{LP/vLN}$  syftar till att hitta omslaget mellan CP (fullständig penetration) och PP (partiell penetration). Enligt standarden krävs minst 14 skott och att gapet mellan lägsta CP och högsta PP är mindre än 10 m/s.

Resultatet från  $v_0$ -försök går inte att koppla till en sannolikhet men  $v_{LP/vLNP}$ -måttet är ett  $v(P<50\%)$ -mått, det vill säga ger lägre sannolikhet för penetration än  $v_{50BL(P)}$ .

### 2.3 STANAG 4164

STANAG 4164 är avsedd att användas för att fastställa försöksprocedurer med målet att bestämma förmågan hos pansarbrytande ammunition att perforera pansar. Krav på försök och registreringar och definitioner överensstämmer i det stora hela med MIL-STD-662F och STANAG 2920 med skillnaden att STANAG 4164 föreskriver annat avstånd mellan pansarets bakre yta, 300 mm istället för 150 mm, och vittnesplåten och att STANAG 4164 föreskriver statistiska metoder för att hantera alltför stor mixad zon. Till skillnad från med MIL-STD-662F och STANAG 2920 används alltså alla resultat i beräkningen av  $v_{50}$ .

### 2.4 TOP 2-2-710

TOP 2-2-710 beskriver metoder för att uppskatta fordonspansars skyddsförmåga mot angrepp från KE-projektiler och landminor. Standarden beskriver Bruceton-metoden (upp-och-ner) och Langlie-metoden (intervallhalvering) och olika typer av  $v_{50BL(P)}$  som kan användas, se tabell 1, och tar också upp metoder som kan användas för pansar med andra beteende (ej normalfördelat).

I standarden finns även en sammanställning av tre förekommande perforationskriterier:

- Army.
  - Fullständig penetration (CP) sker om ljus kan passera genom hål eller sprickor i pansarmodulen eller om projektilen fastnat i pansarmodulen och kan ses från baksidan.
- Navy.
  - Fullständig penetration (CP) sker om hela eller större delen av projektilen har passerat genom pansarmodulen. Navy-kriteriet har bäring på större stridsdelar, exempelvis granater.
- Protection.
  - Protection är det kriterium som används i MIL-STD-662F, STANAG 2920 och STANAG 4164, det vill säga för att bestämma  $v_{50BL(P)}$ . Vittnesplåten ska

---

<sup>b</sup> Detta  $v_0$  ska inte förväxlas med  $v(P=0)$ , det vill säga den hastighet då sannolikheten för penetration är 0.

vara 0,4 mm aluminiumplåt av kvalitet 5052-H36 eller 0,5 mm 2024-T3.

Standarden föreslår också beteckningar för att bättre kvantifiera skadan på projektil och pansar etcetera.

## 2.5 Andra relaterade standarder

Europastandarden EN 1063 behandlar ballistisk provning av säkerhetsglas. Kriterierna för perforation är helt skilda från MIL-STD-662F, STANAG 2920, STANAG 4164 och TOP 2-2-710. I de militära standarderna är skadan på vittnesplåten styrande för om projektilen ska anses ha perforerat pansaret eller inte men i EN 1063 finns två icke-perforationskriterier som båda ger en godkänd produkt:

1. Ingen perforation av glasmaterialet av projektil eller delar av projektilen och ingen perforation av vittnesplåten av utstött material från glasmaterialet ger ett godkänt resultat med kommentarer "NS" (no splinters), det vill säga "inga splitter".
2. Ingen perforation av glasmaterialet av projektil eller delar av projektilen men perforation av vittnesplåten av utstött material från glasmaterialet ger ett godkänt resultat med kommentarer "S" (splinters), det vill säga "splitter".

Vittnesplåten enligt EN 1063 ska vara 0,02 mm tjock och ha en ytvikt av 54 g/m<sup>2</sup>.

Europastandarderna EN 1522 och EN 1523 behandlar ballistisk provning av fönster-, dörr- och jalousikonstruktioner. Perforationskriterierna är desamma som i EN 1063.



### 3 Är v50BL(P) en relevant storhet eller finns det andra och bättre mått?

En viktig utgångspunkt är att v50BL(P) är ett mått på ett materials eller en materialkombinations ballistiska skyddsnivå – inte exempelvis ett fordonssystems skyddsnivå. Måttet v50BL(P) är dock användbart för verkans- och sårbarhetsvärdering framförallt för primär- och sekundärsplitter. Som görs i STANAG 4164 kan även v50BL(P) användas för att värdera stridsdelar.

Kopplat till statistiska metoder kan skjutförsöken som fastställer v50BL(P) även ge spridningsmått och möjligheter att uppskatta hastigheten som ger till exempel 1%, 0,01% eller 0,001% sannolikhet för perforation.

I litteraturen går det att finna ett stort antal olika metoder att beräkna v50BL(P) även utan att använda statistiska metoder, tabell 1. Värdena i tabell 1 tolkas som att försöket ska fortsätta till dess att 1 CP och 1 PP inom ett hastighetsområde av 15 m/s uppnåtts. Om den mixade zonen är större än 15 m/s, det vill säga skillnaden mellan högsta hastighet vid PP och lägsta hastighet vid CP är mer än 15 m/s är försöket ogiltigt.

**tabell 1. Beräkningsmetoder [2-4].**

<b>Typ av v50BL(P)</b>	<b>Hastighetsområde</b>
1 PP och 1 CP	15 m/s
2 PP och 2 CP	18 m/s
3 PP och 3 CP	27 m/s
3 PP och 3 CP	38 m/s
3 PP och 3 CP	46 m/s
3 PP och 3 CP	50 m/s
5 PP och 5 CP	38 m/s
5 PP och 5 CP	46 m/s
5 PP och 5 CP	Obegränsat <sup>c</sup>
7 PP och 7 CP	46 m/s
7 PP och 7 CP	Obegränsat

<sup>c</sup> Denna typ ska användas om den mixade zonen är för stor för att tillåta användning av 5 CP + 5 PP inom 38 m/s eller 46 m/s.





#### 4 Vad skall mätas och noteras?

Med utgångspunkt i kraven från MIL-STD-662F kompletterad med krav från STANAG 2920 och STANAG 4164 erhålls en lista på mätningar och noteringar enligt tabell 2. Posternas numrering (A-S) överensstämmer med MIL-STD-662F och X1-X7 är tillägg från STANAG 2920 och 4164.

**tabell 2. Förslag till mätningar och noteringar.**

Post	Rubrik och förklaring
A	<u>Leverantör</u> Det företag eller den myndighet som utfört provningen.
B	<u>Försöksplats</u>
C	<u>Beställningsnummer</u>
D	<u>Partinummer och kvantitet</u>
E	<u>Specifikationsnummer</u>
F	<u>Beskrivning av pansarmaterialet</u> Målet ska beskrivas tillräckligt noga för att andra skall kunna inskaffa eller konstruera det på sådant sätt att försöken kan upprepas med ett identiskt mål. Beskrivningen måste innehålla tillräckligt detaljerad information om ingående material och dimensioner. Om mer än ett material används måste det sätt på vilket de användes tillsammans beskrivas. Referenser till andra studier eller dokument där materialets mekaniska och kemiska egenskaper provas bör göras.
G	<u>Beteckning för varje mål</u>
H	<u>Temperatur och luftfuktighet vid provplatsen</u>
I	<u>Datum</u>
J	<u>Personal som utförde försöken och eventuella observatörer.</u>
K	<u>Använt vapen</u> Kaliber, modellbeteckning, serienummer och eventuellt kort beskrivning
L	<u>Använd projektil</u> Beteckning, tillverkare, tillverkningsår, batchnummer. Referenser till andra studier eller dokument där projektilens mekaniska egenskaper eller kemiska sammansättning provats eller studier av anslagshastighet som funktion av avstånd.
M	<u>Projektillmassa, gram</u>

<b>Post</b>	<b>Rubrik och förklaring</b>
N	<u>Typ av drivladdning</u> Typ av krut och metod för att hålla små mängder krut på plats i hylsan.
O	<u>Massa hos drivladdningen vid varje försök.</u>
P	<u>Anslagshastigheter</u> Alla uppmätta hastigheter noteras i den ordning de genomfördes. Med hjälp av den uppmätta hastigheten och uppgifter om luftbromsning och avstånd från hastighetsmätare till mål beräknas anslagshastigheten. Den metod och de konstanter som använts för att beräkna luftbromsningen redovisas. De anslagshastigheter som använts för att beräkna v50BL(P) markeras i protokollet. Högsta hastigheten vid ofullständig penetration och lägsta hastighet vid partiell penetration, spridning mellan lägsta och högsta hastighet använd vid beräkning av v50BL(P) redovisas separat.
Q	<u>Karaktäristik hos vittnesplåten efter skott</u> Efter skott ska vittnesplåten inspekteras och fullständig (CP) eller partiell penetration (PP) noteras.
R	<u>Beräknad v50BL(P)</u>
S	<u>Anmärkningar</u> Relevanta anmärkningar om utförandet av försöken eller materialets beteende.
X1	<u>Provserienummer</u> Varje provserie ska ha ett för utföraren unikt provserienummer.
X2	<u>Inspänning av målet</u> Den metod med vilken målet inspänns måste tydligt beskrivas i försöksrapporten.
X3	<u>Lokalisering av anslagpunkter</u> När försöket är genomfört måste målet inspekteras för att garantera att inga anslag har skett i ett område där målet redan varit skadat. Om detta inte går att genomföra måste skälen till detta anges i rapporten.
X4	<u>Projektilrotation</u> Räffelstigning hos det använda vapnet.  När finkaliberprojektiler används och avstånd simuleras bör den rotationshastigheten som förväntas enligt skjuttabeller användas. Om den förväntade rotationshastigheten inte kan uppnås är det önskvärt att rotationshastighet registreras och noteras i försöksrapporten.

<b>Post</b>	<b>Rubrik och förklaring</b>
X5	<u>Målsnedställningsvinkel</u> Målsnedställningsvinkeln, mätt som vinkeln mellan projektilens hastighetsvektor och målets normal, ska mätas och noteras i försöksrapporten.
X6	<u>Projektilsnedställningsvinklar (tipp och gir)</u> Projektilsnedställningsvinklar, mätt som vinkeln mellan projektilens centrumaxel och projektilens hastighetsvektor, ska mätas och noteras i försöksrapporten. Tipp är alltid projektilsnedställningsvinkeln i det plan som spänns upp av målets normalvektor och projektilens hastighetsvektor och gir vinkeln i ett plan ortogonalt mot detta plan. En målsättning bör vara att även registrera vinkelhastigheten och extrapolera i tiden till anslagstidpunkten.
X7	<u>Data för vittnesplåt</u> Tillgängliga data för vittnesplåten. Beteckning och tjocklek ska redovisas, batchnummer, tjocklek, data rörande hållfasthet bör redovisas.

**tabell 3. Förslag på krav på mätningar enligt tabell 2.**

<b>Post</b>	<b>Krav</b>
H	<u>Temperatur och luftfuktighet vid provplatsen</u> Temperaturen och den relativa luftfuktigheten hos försöksplatsen, målet och backingmaterial skall mätas var 5:e minut under försöksserien med hjälp av en utrustning med en noggrannhet av $\pm 1^\circ\text{C}$ för temperatur och $\pm 3\%$ för relative luftfuktighet.
M	<u>Projektilmassa, gram</u> Mätningar av massa och dimensioner för projektiler görs på varje batch av projektiler. I skjutprotokollet görs en referens till det dokument som innehåller dessa uppgifter.
O	<u>Massa hos drivladdningen vid varje försök.</u> Uppmätt massa från undersökning av projektilbatchen (endast för hylsad ammunition) eller uppmätt krutmassa för splittersimulatorer och omladdad ammunition.
P	<u>Anslagshastigheter</u> Hastigheten ska mätas med en precision av $\pm 0,2\%$ .

---

**Post    Krav**

---

**R    Beräknad v50BL(P).**

Det antal fullständiga/partiella penetrationer (CP/PP) och tillåtet hastighetsintervall ska anges av beställaren (intern eller extern). I de fall där beställaren inte angett kraven ska 3 fullständiga och 3 partiella penetrationer inom ett största intervall av 27 m/s användas. Om den mixade zonen är för stor ska 5 fullständiga och 5 partiella penetrationer inom ett största intervall av 38 m/s eller, som tredje alternativ, 7 fullständiga och 7 partiella penetrationer inom ett obegränsat intervall användas.

---

**Q    Karaktäristik hos vittnesplåten efter skott**

För att bestämma om målet perforerats eller inte (CP/PP) hålls vittnesplåten mot en ljuskälla. Om ljus kan passera genom intrycket i vittnesplåten ska resultatet anses vara en fullständig penetration (CP).

Vittnesplåten ska bestå av en nominellt 0,5 mm tjock aluminiumplåt<sup>d</sup> (AlCuMg-legering med sammansättning enligt ISO 209-1 med minsta draghållfasthet av 440 MPa) eller en detektor som registrerar projektiler med tillräcklig rörelsemängd för att slå igenom en sådan plåt. Vittnesplåten skall placeras<sup>e</sup> 150±10 mm bakom provets bakplan och vara så stor att projektilen och alla splitter träffar den.

Om det provade pansaret är av ett optiskt genomskinligt material ska vittnesplåten vara 0,05 mm tjock.

Om det provade pansarmaterialet är del av en hjälm ska vittnesplåten placeras 50 mm bakom anslagspunkten och anpassas i storlek så att den får plats inne i hjälmen.

---

---

<sup>d</sup> MIL-STD-662F tillåter aluminium av kvalitéerna 2024-T3, 2024-T4 eller 5052. 5052 är inte en AlCuMg-legering enligt ISO 209-1.

<sup>e</sup> Både MIL-STD-662F och STANAG 2920 använder avståndet 150 mm medan vittnesplåten enligt STANAG 4164 skall placeras 300 mm bakom pansarmålet.

---

**Post    Krav**

---

**X3    Lokalisering av anslagspunkter**

För alla pansarmaterial eller konstruktioner gäller att:

1. Ett anslag ska anses vara godkänt om en splittersimulator eller projektil med attackvinkel inom tillåtna gränser träffar en del av målet som saknar stöd med en specificerad anslagsvinkel och ett avstånd av minst fem<sup>f</sup> projektildiametrar från tidigare träffar eller störda områden<sup>g</sup> från tidigare träffar eller sprickor eller från en kant hos målet.

För keramkompositpansar gäller dessutom:

1. Godkänd träff (centrumplatta) – En godkänd träff i centrumplattan hos ett keramkompositpansar är en träff inom en radie av 25 mm (1 tum) från mitten av den oskadade plattan.
2. Godkänd träff (angränsande platta) – En godkänd träff i en angränsande platta är en rättvis träff enligt punkt 1 i en platta angränsande till en platta som tidigare har belastats med en rättvis träff enligt punkt 1.
3. Godkänd träff (skarv) – En godkänd träff på en skarv är en träff inom 3,8 mm (0,15 tum) från en skarv mellan två plattor men belägen minst 12,7 mm (0,5 tum) från en skärningspunkt mellan tre eller fler plattor.

Anslag som inte uppfyller kraven enligt ovan ska exkluderas från beräkningen av v50BL(P) och skälet skall noteras i provprotokollet.

---

**X5    Målsnedställningsvinkel<sup>h</sup>**

Målsnedställningsvinkel ska mätas med en noggrannhet av 0,5°.

---

---

<sup>f</sup> MIL-STD-662F kräver minst två projektildiametrar och STANAG 2920 kräver minst fem projektildiametrar mellan tidigare träffar eller störda områden från tidigare träffar eller sprickor eller från en kant hos målet.

<sup>g</sup> Vissa material kan uppvisa så stort deformationshårdnande att området nära tidigare träff uppvisar förbättrade egenskaper.

<sup>h</sup> STANAG 4164 kräver  $\pm 3$  mil, det vill säga milliradianer. 3 mrad = 0,54°. STANAG 2920 kräver  $\pm 1^\circ$ .

---

**Post    Krav**

---

X6    Projektilsnedställningsvinkel (tipp och gir)<sup>i</sup>

Projektilsnedställningsvinkel ska mätas med en noggrannhet av 0,5° med ett system som inte bidrar till projektilinstabiliteten. Projektiler med en projektilsnedställningsvinkel större än 5° för splittersimulatorer respektive 3° för finkaliberprojektiler och flechetter som resulterar i partiella penetration (PP) ska inte användas i beräkningen av v50BL(P).

---

---

<sup>i</sup> MIL-STD-662F ställer krav på högst 5°, STANAG 5° för splittersimulatorer och 3° för finkaliberprojektiler och flechetter och STANAG 4164 högst 1°.

## 5 Hur skall starthastigheten och hastigheten för följande skott väljas?

Det finns studier som pekar på att valet av starthastigheten, det vill säga hastigheten för det första skottet, påverkar resultatet. I Cunniffs studie [5] genomförs en simulering av skjutförsök där initialhastigheten varierades och CP hela tiden genererade en hastighetssänkning av 15 m/s och PP en ökning av 15 m/s. Sannolikheten för CP grundades sig på en modifierad Weibullfördelning som anpassats till en experimentellt framställd datamängd.

Beteendet går att återskapa även för en normalfördelad sannolikhet för penetration. Under antagandena enligt tabell 4 erhålls ett resultat enligt figur 1, figur 2, figur 3 och figur 4. Det  $v_{50}$  som beräknas är  $v_{50}(6/40)$  vilket innebär att skjutningen avslutas när 3 CP och 3 PP inom ett intervall av 40 m/s uppnåts.  $v_{50}$  är ett aritmetiskt medelvärde av dessa 6 hastigheter.

**tabell 4. Antaganden vid Monte Carlo-simuleringar.**

Storhet	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
$v_m$ [m/s] (väntevärde för den underliggande normalfördelningen)	1000	1000	1000	1000
$K$ [m/s] (standardavvikelse för varje avlossat skott)	0	0	20 <sup>j</sup>	5
$v_{start}$ [m/s]	900 till 1100 i steg om 1	900 till 1100 i steg om 1	900 till 1100 i steg om 1	900 till 1100 i steg om 1
$n$ (antal försök för varje $v_{start}$ )	10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>
$\Delta v_1$ [m/s] (hastighetsändring så länge alla utfall är samma, det vill säga enbart CP eller enbart PP)	15	51 <sup>k</sup>	51 <sup>k</sup>	51 <sup>k</sup>

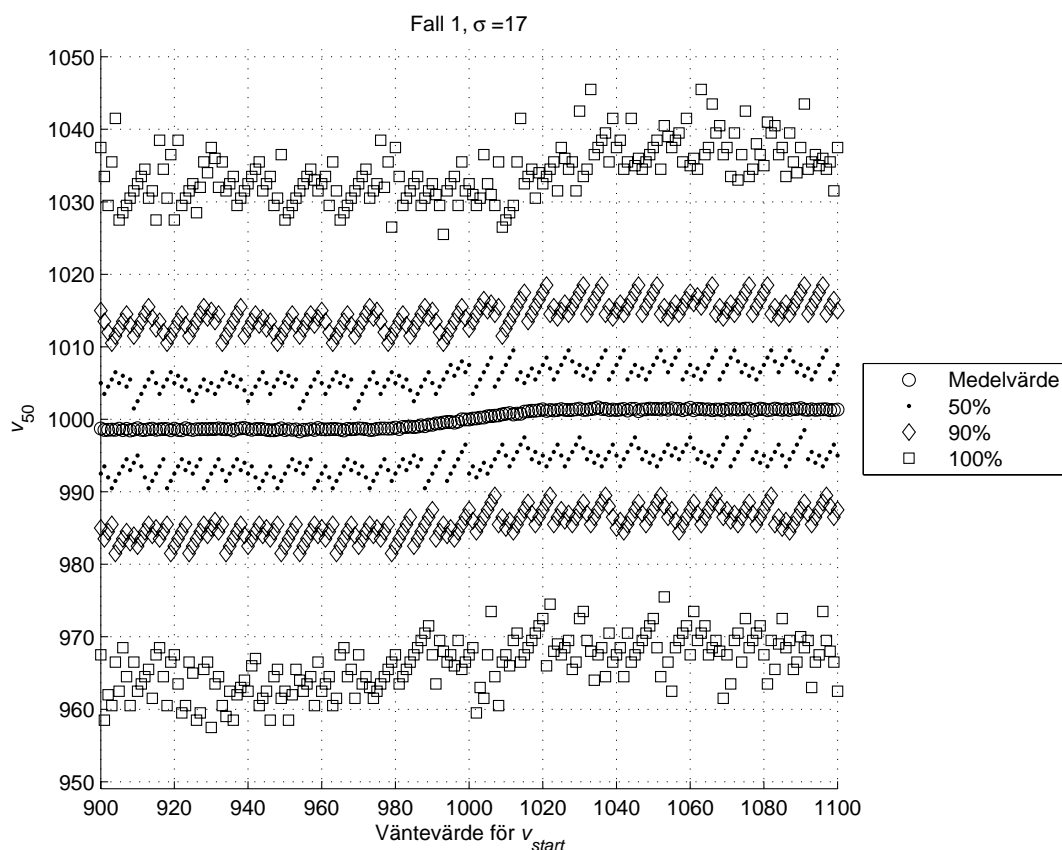
<sup>j</sup> Denna siffra kommer från en kort serie med finkaliberammunition.

<sup>k</sup> Denna siffra kommer från STANAG 4164 där rekommendationen för  $\Delta v_1$  är  $3\sigma$ . I brist på experimentella data skall den underliggande standardfördelningen,  $\sigma$ , antas vara 17 m/s.

Storhet	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
$\Delta v_2$ [m/s] (hastighetsändring efter ändring av utfall, det vill säga när resultat består av både CP och PP)	15	17 <sup>1</sup>	17 <sup>1</sup>	17 <sup>1</sup>

Det första fallet är ett fall liknande den simulering som gjordes av Cunniff [5]. I figur 1 plottats medelvärdet av de giltiga  $v_{50}$  som erhållits från simuleringen som funktion av väntevärdet hos starthastigheten,  $v_{test}$ . Utöver medelvärdet redovisas även percentiler. Dessa ska tolkas som att 50% av utfallen ligger mellan motsvarande symboler (·) och detsamma gäller för 90% (◇) och 100% (□).

I den första serien simuleringar användes värdet 17 m/s för underliggande standardavvikelse  $\sigma$ .

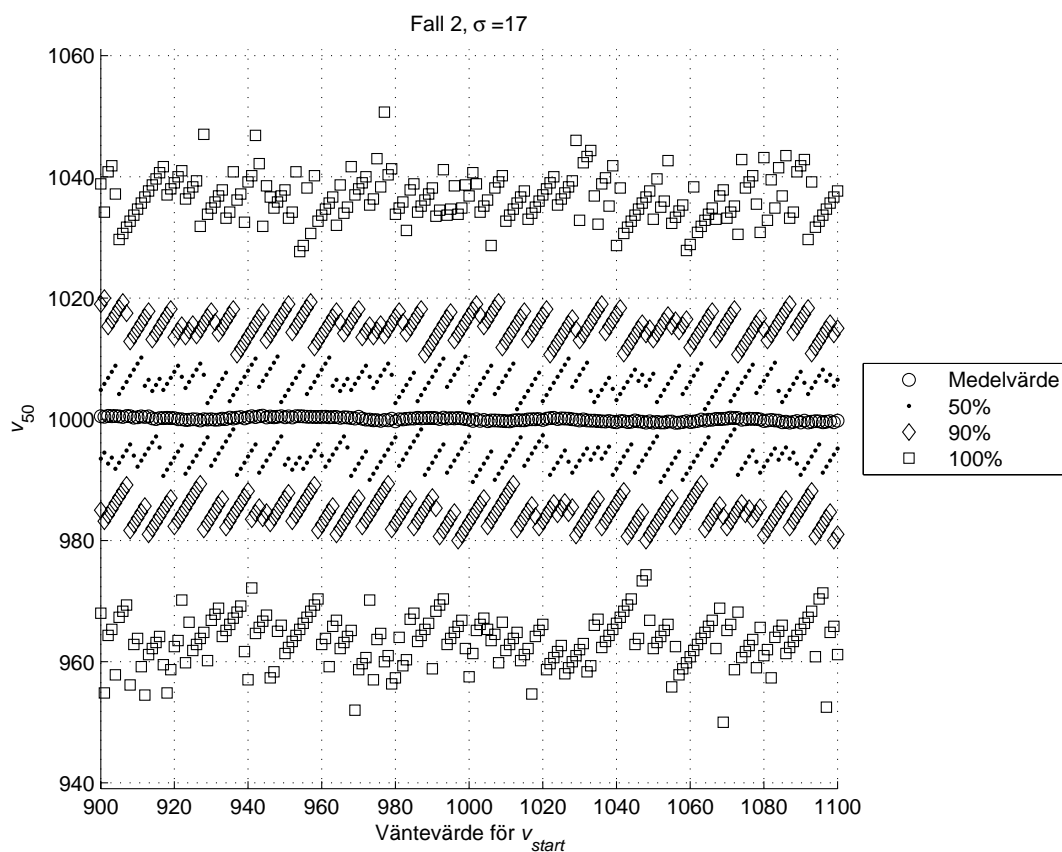


**figur 1. Resultat av Monte Carlo-simulering med antaganden enligt tabell 4, fall 1.**

<sup>1</sup> Denna siffra kommer från STANAG 4164 där rekommendationen för  $\Delta v_2$  är  $\sigma$ . I brist på experimentella data skall den underliggande standardfördelningen,  $\sigma$ , antas vara 17 m/s.

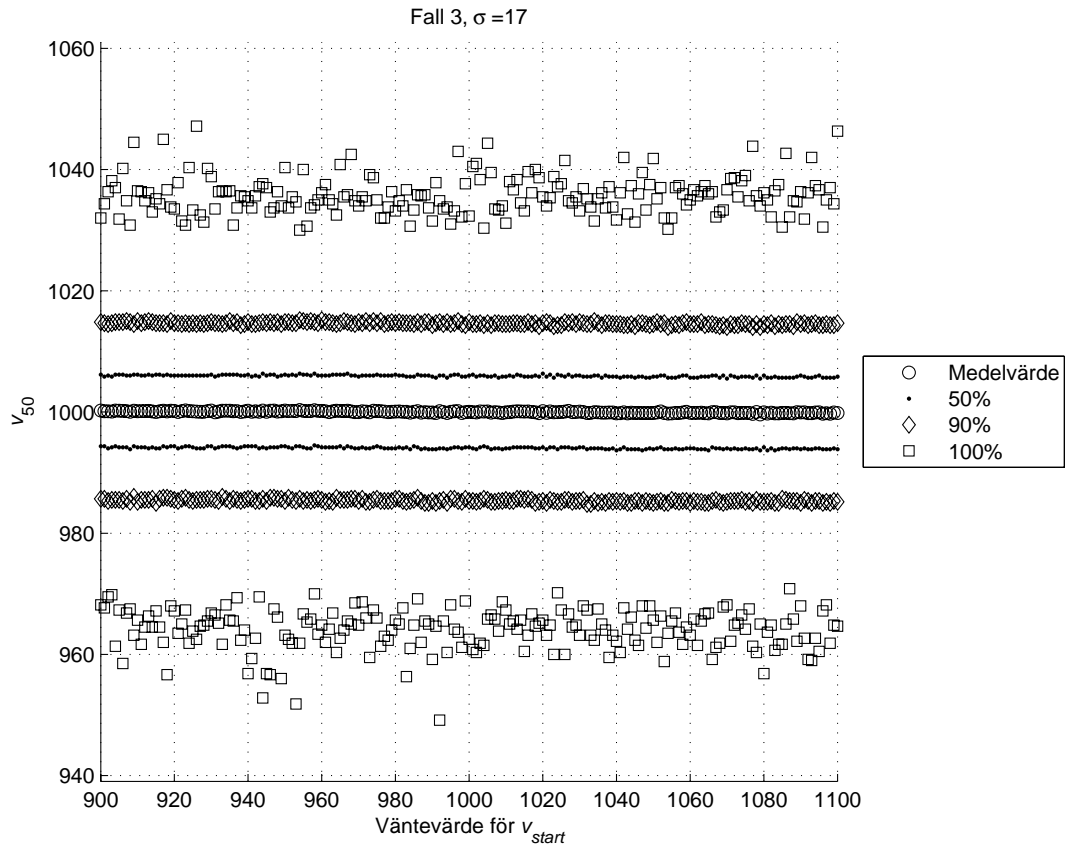


I fall 2 har en liten justering av hastighetssteget gjorts gentemot fall 1, se tabell 4. Resultatet blir att beroendet på resultatet från starthastigheten kraftigt minskar, figur 2.



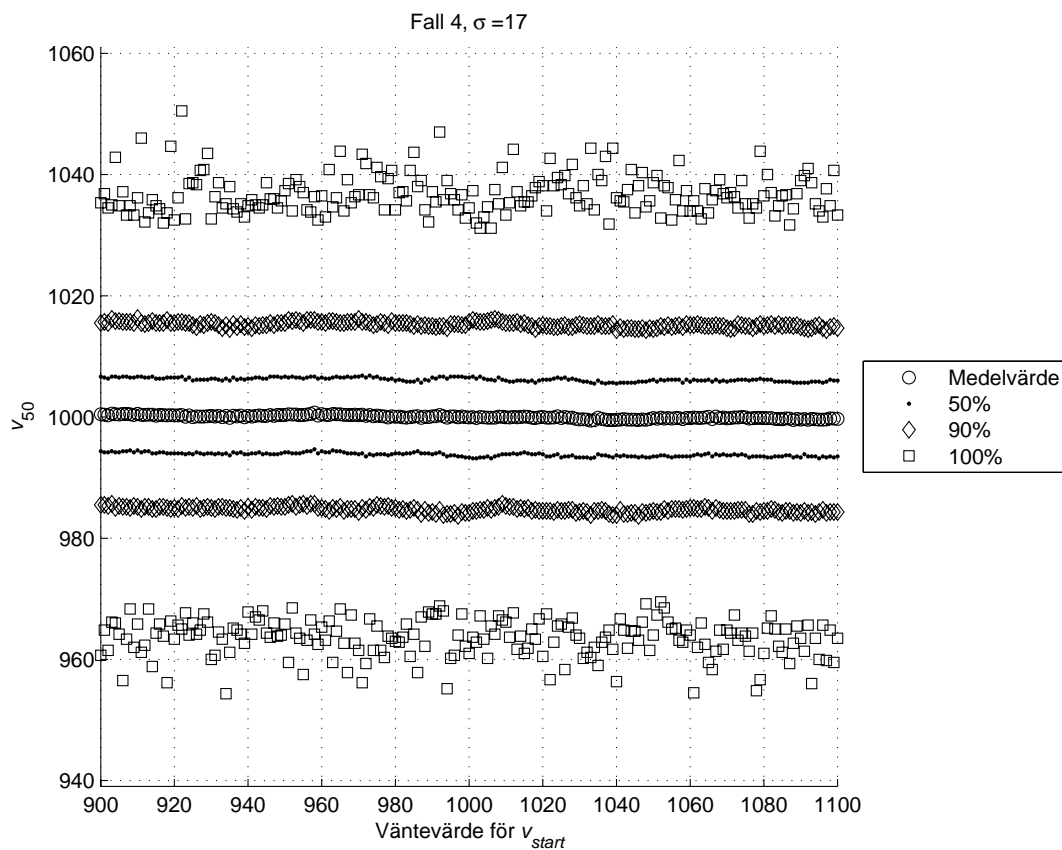
**figur 2. Resultat av Monte Carlo-simulering med antaganden enligt tabell 4, fall 2.**

I fall 3 används mer realistiska förhållanden. Utfallet av hastighet för varje skjutet skott är kopplat till en normalfördelning hämtad från en experimentell serie. De mer realistiska antaganden gör att inverkan av starthastighet försvinner, figur 3.



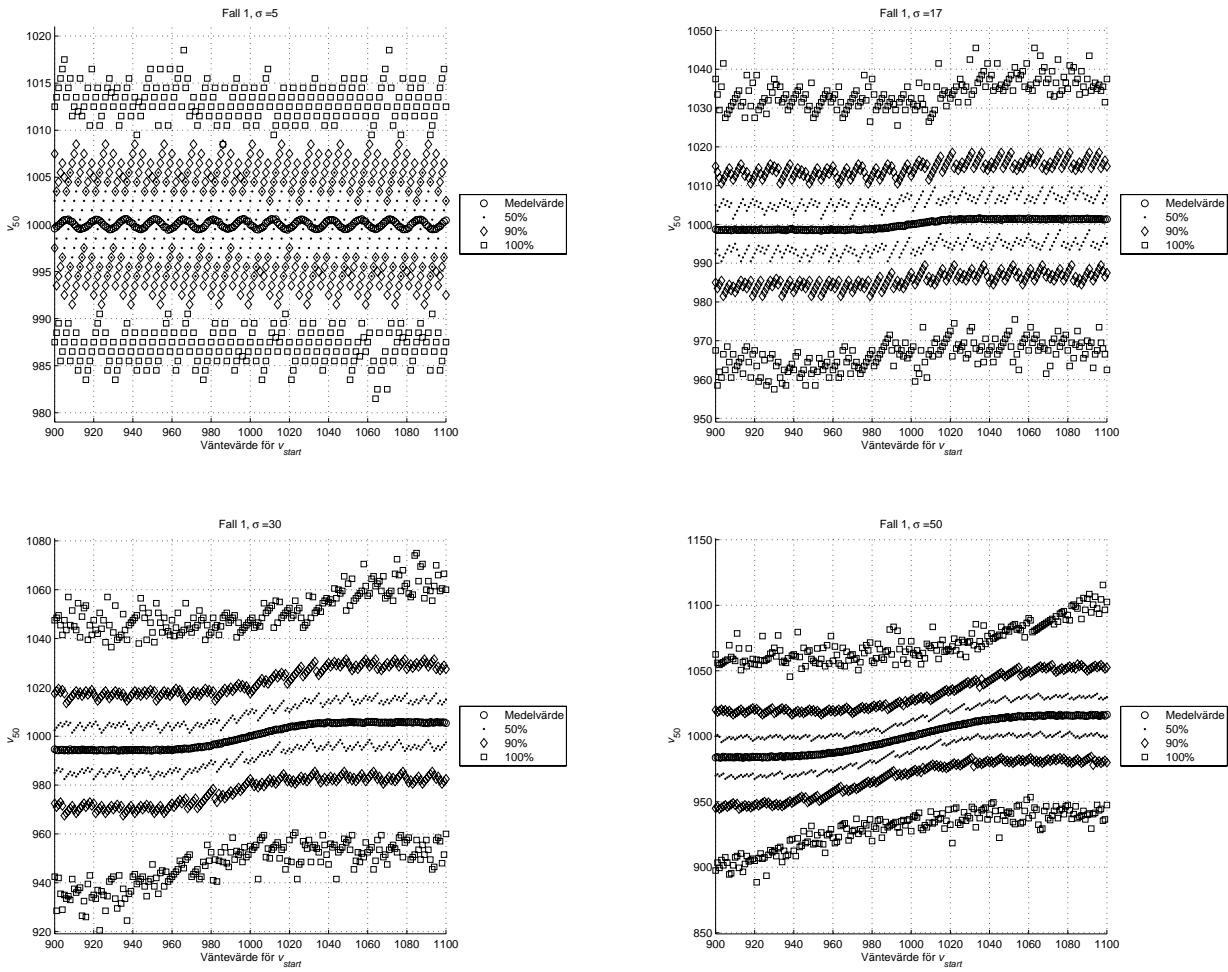
**figur 3. Resultat av Monte Carlo-simulering med antaganden enligt tabell 4, fall 3.**

I fall 4 minskas standardavvikelsen för utfallet av önskad hastighet. Även i detta fall är betydelsen av starthastighet mycket litet.



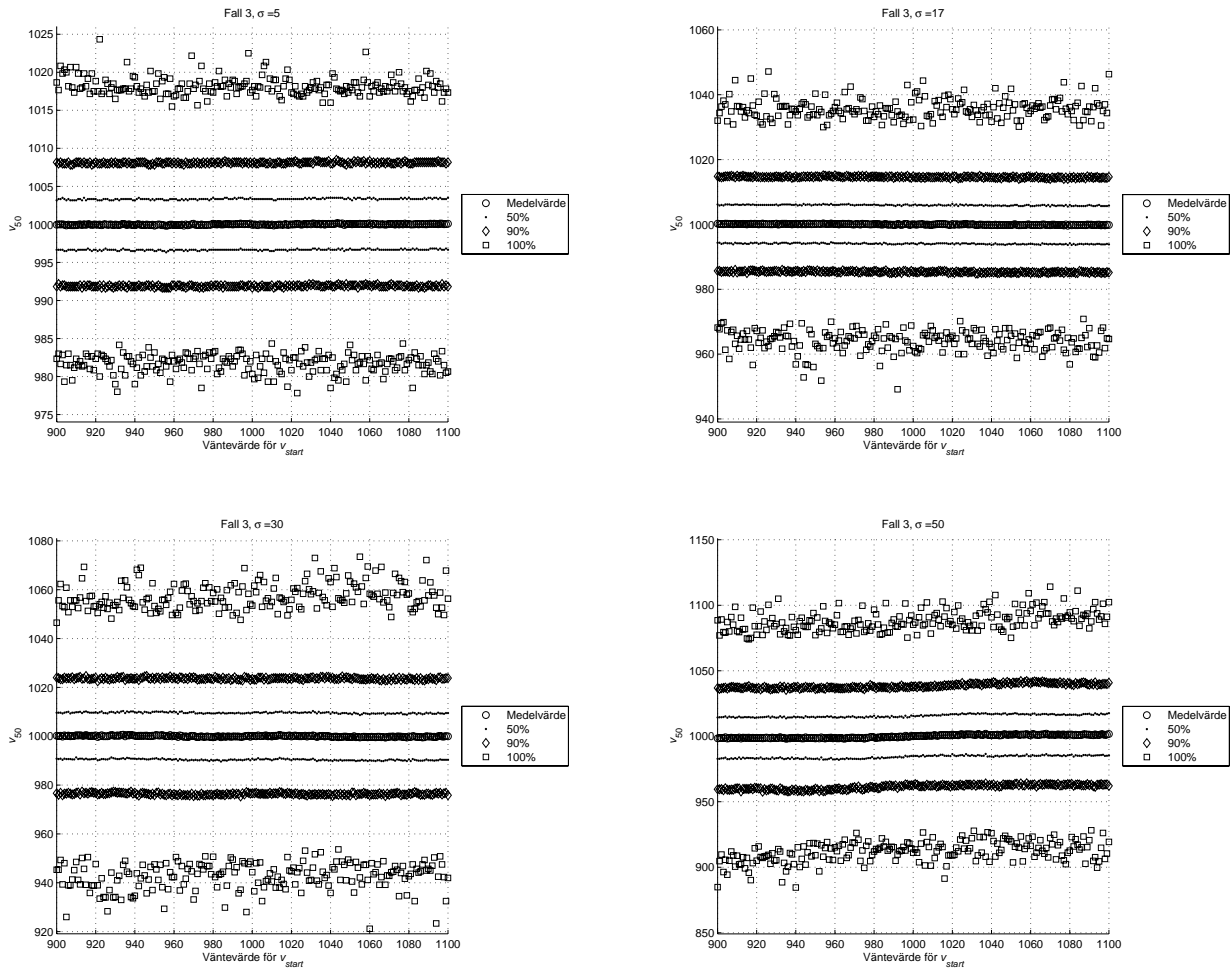
**figur 4. Resultat av Monte Carlo-simulering med antaganden enligt tabell 4, fall 4.**

En rimlig hypotes är att det finns ett samband mellan påverkan på resultatet från förhållandet mellan den underliggande standardavvikelsen,  $\sigma$ , och hastighetssteget,  $\Delta v$ . I figur 5 visas resultatet av Monte Carlo-simuleringar av fall 1 enligt tabell 4 med fyra olika underliggande standardavvikelser,  $\sigma = \{5, 17, 30, 50\}$ . Observera att hastighetssteget,  $\Delta v$ , är enligt tabell 4.



figur 5. Resultat av Monte Carlo-simulering med antaganden enligt tabell 4, fall 1, för fyra olika underliggande standardavvikelser,  $\sigma = \{5, 17, 30, 50\}$ .

Som kan ses av figur 5 finns ett samband mellan underliggande standardavvikelse och starthastighetens påverkan på resultatet för fall 1.



figur 6. Resultat av Monte Carlo-simulering med antaganden enligt tabell 4, fall 3, för fyra olika underliggande standardavvikelser,  $\sigma = \{5, 17, 30, 50\}$ .

För fall 4 finns endast obetydlig påverkan från starthastigheten på resulterande  $v_{50}$  för underliggande standardavvikelser mindre än eller lika med 30 m/s. För värdet 50 m/s för underliggande standardavvikelse finns en liten påverkan från starthastighet på resulterande  $v_{50}$ .

Slutsatsen är alltså att det finns en inverkan på resultatet av en gränshastighetsskjutning från starthastigheten, det vill säga initialgissningen, men att den effekten endast har en påverkan på försök med stor underliggande standardavvikelse.

En viktig sak som dock talar för att konsekvent börja vid en lägre hastighet än den förväntade gränshastigheten är risken för 2-modsbeteende (till exempel "shatter gap") [2, 6]. Ett tänkbart förlopp vid "shatter gap" är att projektilen vid låga hastigheter perforerar målet som en stelkropp. Ytterligare höjning av hastigheten resulterar i att projektilen splittras vid anslag med reducerad penetrationsförmåga som följd. Vid ytterligare höjning av anslagshastigheter kommer även den splittrade penetratoren att ha tillräcklig energi för att perforera. Sannolikheten för fullständig penetration kan alltså passera 50% tre gånger men endast den lägst gränshastigheten är av skyddstekniskt intresse.

MIL-STD-662F rekommenderar att starthastigheten sätts cirka 30 m/s under förväntad v50BL(P) om provning syftar till acceptansprovning av standardiserade material och vid förväntad v50BL(P) för andra försök. STANAG 2920 lämnar inga rekommendationer om starthastighet. STANAG 4164 rekommenderar att starthastigheten sätts till det förväntade värdet på v50BL(P).

Vad gäller valet av hastigheter efter första skottet finns i princip två filosofier: Langlie-metoden och Bruceton-metoden. Langlie-metoden är en intervallhalveringsmetod och Bruceton den "upp-och-ner-metod" som vanligtvis används och som praktiserades i Monte Carlo-simuleringen ovan. MIL-STD-662F använder upp-och-ner-metoden och för påföljande skott rekommenderas att steget upp eller ner sätts till 15 eller 30 m/s för det andra skottet och minst 15 m/s för följande till dess att 1 CP och 1 PP har uppnåtts. Efter det används steget 15 m/s. I STANAG 2920 görs inga rekommendationer om hastighetsändringen. STANAG 4164 tillåter användandet av både Langlie- och Bruceton-metoderna men det kan anas att Langlie-metoden är att fördrö vid gränsvinkelskjutningar och Bruceton vid gränshastighetskjutningar. STANAG 4164 rekommenderar att fram till dess att det första bytet av utfall sker, det vill säga så länge antingen enbart CP eller PP erhållits, ska hastigheten ändras med  $3\sigma$  (standardavvikelse). Efter det minst att 1 CP och 1 PP erhållits ska hastighetsändringen ske i steg av  $1\sigma$ . Om ingen information om standardavvikelsen föreligger ska 17 m/s ansättas som standardavvikelse.

## 6 Hur skall den statistiska databehandlingen ske?

Målen med statistisk databehandling kan vara:

1. Att utifrån ett skjutförsök fastställa de hastigheter där sannolikheten inte bara är 50% utan även 1% eller 0,1%.
2. Att bekräfta eller förkasta hypoteser av typen: "Material A ger ett v50BL(P) på 400 m/s och material B ger ett v50BL(P) på 390 m/s. Är material A bättre än material B?".

Ett antal författare har gjort ansatser att utvärdera skjutförsök statistiskt [2, 5-8] men det kan inte anses föreligga en vedertagen metod.

För att göra bedömningar av olika metoder behövs dels mer detaljerade studier av metoderna och dels omfattande Monte Carlo-simuleringar där resultaten mäts. De ekonomiska aspekterna, metoden måste fungera med små datamängder för att fungera praktiskt, är mycket viktiga. De statistiska aspekterna är föremål för vidare utredning.





## 7 Slutsatser, rekommendationer och fortsatt arbete

I inledningen av rapporten ställdes en rad frågor som avsågs vara viktiga att besvara:

1. Hur skall  $v_{50}$  bestämmas?
2. Hur väljs starthastighet och hastighet för påföljande skott?
3. Påverkas resultatet av hur starthastigheten väljs?
4. Hur ska resultaten bearbetas statistiskt för att extrahera maximalt med information?
5. Vilka krav skall ställas på försökets genomförande och dokumentation efter försöket?

Efter att ha studerat relevanta standarder och annan litteratur kvarstår de flesta frågorna.

Fråga 1: Det finns en antal sätt att bestämma  $v_{50BL(P)}$  utan att använda statistiska mått, se tabell 1. Genomförda, men i denna rapport ej redovisade, Monte Carlo-simuleringar tyder på att den underliggande standardavvikelsen påverkar hur bra svar metoderna ger.

Fråga 2: Litteraturen ger flera förslag men som visas i fråga 3 verkar valet av starthastighet i de flesta fall ge obetydlig inverkan på resultatet. Viktigare är att notera risken för 2-mods-beteende därmed börja vid en hastighet som är lägre än den förväntade gränshastigheten.

Fråga 3: Frågan har kunnat besvaras och det verkar som om inverkan i de flesta realistiska försök är obetydlig.

Fråga 4: Det finns ett stort antal metoder föreslagna i litteraturen men grundligare studier och simuleringar behövs.

Fråga 5: En rad krav på noteringar och registreringar för varje skjutserie har ställts upp utgående från tillgängliga standarder.

Fortsatt arbete bör inriktas på att bedöma konsekvenserna av de krav på mätningar och precision som ställs på skjutförsöken och att med analytiska metoder och simuleringar jämföra olika typer av  $v_{50BL(P)}$ -mått och olika statistiska metoder.



## 8 Referenser

- [1] J. Ottosson, "Lägesrapport systemvärdering", FOI, Tumba, FOI MEMO H256 (HEMLIG/CONFIDENTIAL), 2005.
- [2] J. H. Graves och H. Kolev, "Joint Technical Coordinating Group on Aircraft Survivability. Interlaboratory Ballistic Test Program", ARL, ARL-TR-755 (ADA297279), 1995.
- [3] "Ballistic tests of armor materials", US Army Test and Evaluation Command, Aberdeen, MD, TOP 2-2-710 (ADA137873), 1984.
- [4] "Test procedures for armour perforation tests of anti-armour ammunition (STANAG 4164, Edition 2)": NATO, 1998.
- [5] P. M. Cunniff, "The probability of penetration of textile-based personnel armor" i *Proceedings of the 18th International Symposium on Ballistics*, W. G. Reinecke, Ed. Lancaster, Pennsylvania: Technomic Publishing Company, Inc., 1999, s. 1311-1318.
- [6] A. L. Chang och B. A. Bodt, "JTTCG/AS Interlaboratory Ballistic Test Program", ARL, ARL-TR-1577 (ADA335629), 1997.
- [7] B. P. Kneubuehl, "Improved Test Procedure for Body Armour" i *Proceedings of the Personal Armour Systems Symposium*, P. L. Goth och P. M. Kelly, Eds. Colchester, UK: DCTA, 1996, s. 287-294.
- [8] C. Fortier, Dr., D. Bourget, Mr., G. Pageau, Mr. och N. Beaubien, Mr., "Comparative Study of Selected Methods for Estimating Ballistic Limit Velocities of Armour Materials" i *Proceedings of the 17th International Symposium on Ballistics*, vol. 3, *International Symposium on Ballistics*, C. van Niekerk, Ed., upplaga 17. Midrand, South Africa: The South African Ballistics Organisation, 1998, s. 241 - 249.



## Appendix I. Definitioner enligt MIL-STD-662F

Amerikansk beteckning	Amerikansk definition	Svensk beteckning	Svensk definition
Applique armor	3.1 Armor that can be easily installed or removed from a weapon system in kit form without adversely affecting its structural integrity or operation.	Tilläggs pansar	Ett ballistiskt skyddspaket som enkelt kan fästas eller tas bort från ett vapensystem utan att allvarligt påverka den strukturella integriteten eller användandet av systemet.
Areal density	3.2 A measure of the weight of armor material per unit area, usually expressed in pounds per square foot (1b/ft2) or kilograms per square meter (kg/m2) of surface area .	Ytvikt	Ett mått på vikten hos ett ballistiskt skydd uttryckt i kg/m <sup>2</sup> yta.
Armor	3.3 A shielding material provided for ballistic defeat of projectiles or fragments when inherent shielding is inadequate.	Pansar	Ett skyddande material tillhandahållet för att stoppa projektiler eller splitter när det naturliga skyddet är otillräckligt.
Ballistic acceptance test	3.4 A test performed on lot representative samples to determine whether or not the lot of armor is ballistically acceptable for use in production armor items.	Acceptansprovning	Provning genomförd på en uppsättning representativa prov för att avgöra om partiet är ballistiskt acceptabelt för användning vid tillverkning av pansar.
Ballistic impact	3.6 Those impacts due to hits on the target by projectiles, fragments or other aerodynamically-affected threat mechanisms.	Ballistiskt anslag	Anslag i målet av projektil, splitter eller annan av aerodynamik påverkad hotmekanism.

Amerikansk beteckning	Amerikansk definition	Svensk beteckning	Svensk definition
Ballistic limit	<p>3.7 The minimum velocity at which a particular projectile is expected to consistently, completely penetrate armor of given thickness and physical properties at a specified angle of obliquity. The ballistic limit may also be defined as the maximum velocity at which a particular projectile is expected to consistently fail to penetrate armor of given thickness and physical properties at a specified angle of obliquity. Because of the expense of firing tests and the impossibility of controlling striking velocity precisely, plus the existence of a zone of mixed results in which a projectile may completely penetrate or only partially penetrate under apparently identical conditions, statistical approaches are necessary, based upon limited firings. Certain approaches lead to approximation of the V50 Point, that is, the velocity at which complete penetration and incomplete penetration are equally likely to occur. Other methods attempt to approximate the VO Point, that is, the maximum velocity at which no complete penetration will occur. Other methods attempt to approximate the V100 Point, that is, the minimum velocity at which all projectiles will completely penetrate.</p>	Gränshastighet	<p>Den hastighet då en viss projektil konsekvent förmodas fullständigt penetrera ett pansar med given tjocklek och fysikaliska egenskaper vid en viss anslagsvinkel. Gränshastigheten kan också definieras som den högsta hastighet vid vilken en viss projektil konsekvent förmodas misslyckas med att fullständigt penetrera ett pansar med given tjocklek och fysikaliska egenskaper vid en viss anslagsvinkel. På grund av kostnaderna som är förknippade med skjutförsök och omöjligheten i att precis kontrollera anslagshastigheten, och det faktum att det finns en zon med blandade resultat där en projektil kan antingen fullständigt eller partiellt penetrera under till synes identiska förhållanden är statistiska ansatser baserade på ett begränsat antal skjutförsök nödvändiga. Vissa ansatser leder till approximationer av <math>v_{50}</math>-punkten, det vill säga hastigheten där fullständig och partiell penetration är lika sannolika. Andra metoder försöker uppskatta <math>v_0</math>-punkten, det vill säga den maximala hastighet då ingen fullständig penetration sker. Andra metoder försöker uppskatta <math>v_{100}</math>-punkten, det vill säga den minst hastighet alla projektiler ger fullständig penetration.</p>

Amerikansk beteckning	Amerikansk definition	Svensk beteckning	Svensk definition
Ballistic limit, protection criteria ( $v_{50}$ BL(P))	3.8 The $v_{50}$ BL(P) may be defined as the average of an equal number of highest partial penetration velocities and the lowest complete penetration velocities which occur within a specified velocity spread. The normal up-and-down firing procedure is used. A 0.020 in. (0.51 mm) thick 2024 T3 sheet of aluminum is placed 6 + 1/2 in. (152 + 12.7 mm) behind and parallel to the target to witness complete penetrations. Normally, at least two partial and two complete penetration velocities are used to complete the BL(P). Four, six, and ten-round ballistic limits are frequently used. The maximum allowable velocity span is dependent on the armor material and test conditions. Maximum velocity spans of 60, 90, 100 and 125 feet per second (ft/s) (18, 27, 30 and 38 m/s) are frequently used.	Gränshastighet, skyddskriterium ( $v_{50}$ BL(P))	$v_{50}$ BL(P) kan definieras som medelvärdet av ett lika stort antal av de högsta hastigheter då partiell penetration ägde rum och lägsta hastigheter då fullständig penetration ägde rum som alla ligger inom ett specificerat hastighetsintervall. Den normala upp-och-ner-skjutproceduren används. En 0,51 mm (0,20 tum) tjock plåt av aluminium 2024-T3 placeras 152±12,7 mm (6±0,5 tum) bakom och parallellt med målet för att bekräfta fullständiga penetrationer. Vanligtvis används minst två partiella och två fullständiga penetrationer för att erhålla $v_{50}$ BL(P).
Ballistic resistance	3.9 A measure of the capability of a material or component to stop or reduce the impact velocity and mass of an impacting projectile or fragment .	Ballistiskt motstånd	Ett mått på förmågan hos ett material att stoppa eller reducera anslagshastigheten och massan hos en projektil eller ett splinter.
Ceramic composite armor	3.10 A type of composite armor which consists of a ceramic face bonded to a reinforced plastic laminate or metallic backplate.	Keramkompositpansar	Ett pansar som består av en anslagsyta av keram fäst vid ett laminat av armerad plast eller en metallskiva.
Chronograph	3.11 An electronic instrument used to determine the time interval of projectile flight between two fixed measuring stations.	Kronograf	Ett elektroniskt instrument som används för att bestämma projektilens bantid mellan två fixa mätpunkter.

Amerikansk beteckning	Amerikansk definition	Svensk beteckning	Svensk definition
Composite armor	3.12 An armor system consisting of two or more different armor materials bonded together to form a protective unit.	Kompositpansar	Ett skyddssystem som består av två eller fler olika material sammanfogade till ett ballistiskt skydd.
Fair hits (for ceramic composite armor)	<p>3.13 The definitions contained herein apply to the ballistic testing of ceramic composite armor which consists (in part) of ceramic tiles.</p> <p>a. Fair hit (center tile) - A fair hit for the center tile of the ceramic composite armor is an area within one inch (25.4 mm) radius of the center of an undamaged tile.</p> <p>b. Fair hit (adjacent tile) - A fair hit in an adjacent tile is a fair hit (center tile) in a tile that has an edge adjacent to a previously impacted tile whose hit was declared a fair hit.</p> <p>c. Fair hit (joint line) - A fair hit on a joint line is a hit within 0.15 in. (3.8 mm) of a single joint between two tiles, but no closer than 0.5 in. (12.7 mm) from the intersection of three or more tiles.</p>	Godkänd träff (för keramkompositpansar)	<p>Definitionerna nedan är tillämpliga på ballistisk provning av keramkompositpansar som delvis består av keramplattor.</p> <p>a. Godkänd träff (centrumplatta) – En godkänd träff i centrumplattan hos ett keramkompositpansar är en träff inom en radie av 25,4 mm (1 tum) från mitten av den oskadade plattan.</p> <p>b. Godkänd träff (angränsande platta) – En godkänd träff i en angränsande platta är en godkänd träff enligt punkt a i en platta angränsande till en platta som tidigare har belastats med en godkänd träff enligt punkt a.</p> <p>c. Godkänd träff (skarvlinje) – En godkänd träff på en skarv är en träff inom 3,8 mm (0,15 tum) från en skarv mellan två plattor men beläggen minst 12,7 mm (0,5 tum) från en skärningspunkt mellan tre eller fler plattor.</p>



Amerikansk beteckning	Amerikansk definition	Svensk beteckning	Svensk definition
Fair impact	3.14 An impact shall be considered fair when an unyawed fragment simulator or test projectile strikes an unsupported area of the target material at a specified obliquity at a distance of at least two projectile diameters from any previous impact or disturbed area resulting from an impact, or from any crack, or from any edge of the test specimen.	Godkänt anslag	Ett anslag skall anses vara godkänt om en splittersimulator eller projektil med projektilsnedställningsvinkel inom tillåtna gränser träffar en del av målet som saknar stöd med en specificerad målnedställningsvinkel och ett avstånd av minst två projektildiametrar från tidigare träffar eller störda områden från tidigare träffar eller sprickor eller från en kant hos målet.
Fragment simulator	3.15 A projectile designed to simulate the effects of fragmenting munitions when such fragments strike a target.	Splittersimulator	En projektil utformad för att simulera verkan i ett mål av splitter från fragmenterande stridsdelar.
Initial velocity	3.16 The projectile velocity at the moment that the projectile ceases to be acted upon by propelling forces. For a gunfired projectile the initial velocity, expressed as feet or meters per second, is also called "muzzle velocity".	Initialhastighet	Den hastighet projektilen får då projektilen slutar att accelereras. För en projektil avfyrad från ett eldrör betecknas initialhastigheten även mynningshastighet.
Integral armor	3.17 Armor material used as part of a structure to perform a load-carrying or other operational function, in addition to ballistic protection. Also known as structural armor.	Grundpansar	Ett pansar som fungerar som del av en struktur och bär last eller har en annan operativ funktion utöver det ballistiska skyddet. Kallas även strukturpansar.
Lumiline screen	3.18 Photoelectric device used to activate or deactivate a chronograph upon passage of a projectile.	Ljusridå	Fotoelektrisk anordning som används för att aktivera och deaktivera en kronograf under passage av en projektil.

Amerikansk beteckning	Amerikansk definition	Svensk beteckning	Svensk definition
Muzzle velocity	3.19 The velocity of the projectile with respect to the muzzle at the instant the projectile leaves the weapon. This velocity is a function of the projectile weight, firing charge of the projectile, barrel characteristics, etc. See also "initial velocity".	Mynnings-hastighet	Hastighet hos projektilen med avseende på eldrörets mynning i det ögonblick projektilen lämnar vapnet. Denna hastighet är en funktion av projektilens massa, projektilens drivladdning, eldrörets karaktäristik etcetera. Se även "Initialhastighet".
Obliquity	3.20 A measure, normally in degrees, of the extent to which the impact of a projectile on an armor material deviates from a line normal to the target. Thus, a projectile fired perpendicular to the armor surface has 0 degrees obliquity.	Målsned-ställning	Ett mått, normalt mätt i grader, på vinkeln mellan projektilbanan och målets normal. Detta innebär att en projektil som infaller vinkelrätt mot målets yta har en anslagsvinkel på 0°.
Obliquity angle	3.21 Angle between the normal to the target surface and the projectile trajectory or line-of-flight.	Målsned-ställningsvinkel	Ett mått på vinkeln mellan projektilbanan och målets normal.
Penetration, complete (CP)	3.24 A complete penetration occurs when the impacting projectile, or any fragment thereof, or any fragment of the test specimen perforates the witness plate, resulting in a crack or hole which permits light passage when a 60-watt, 110-volt bulb is placed proximate to the witness plate.	Fullständig penetration (CP)	En fullständig penetration sker då projektilen eller del av projektilen eller målet perforerar vittnesplåten och ger upphov till en spricka eller ett hål som tillåter ljus från 60 W glödlampa att passera om lampan placeras nära vittnesplåten.
Penetration, partial (PP)	3.25 Any impact which is not a complete penetration shall be considered a partial penetration.	Partiell penetration (PP)	Alla anslag som inte resulterar i en fullständig penetration skall betraktas som partiella penetrationer.
Petalling	3.26 The plastic deformation of a ductile material when struck by an impacting projectile or fragment, resulting in material being forced outward in leaflets or petal forms.	Flikbildning	Den plastiska deformationen som uppstår hos ett duktilt material under penetration av en infallande projektil och som resulterar i att material tvingas utåt - bakåt och formar kronbladslänkande flikar.

Amerikansk beteckning	Amerikansk definition	Svensk beteckning	Svensk definition
Projectile, fragment simulating	3.27 A projectile designed with special material, shape, and size for ballistic test firings so that the effect of typical fragments can be simulated.	Splitter- simulerande projektil	En projektil tillverkad av speciellt material och med speciell form och storlek för att vid provskjutning simulera effekten av typiska splitter.
Propellant	3.28 A rapidly burning substance or mixture whose combustion or release produces the gas pressure that propels the projectile through the gun bore.	Drivladdning	Ett snabb-brinnande ämne eller blandning av ämnen vars brand eller sönderfall producerar gastrycket som driver projektilen genom eldröret.
Punching	3.29 Armor failure in shear where a circular plug about the size of the attacking projectile is pushed from the backside of the plate.	Stansning	Skjubbrott hos pansar som resulterar i att en cirkulär plugg med ungefär samma storlek som den infallande projektilen stöts ut från baksidan av pansaret.
Sabot	3.30 Lightweight carrier in which a specified caliber projectile is centered to permit firing the projectile in the larger caliber weapon. The sabot diameter fills the bore of the weapon from which the projectile is fired. The sabot is usually discarded in flight a short distance from the muzzle, and only the subcaliber projectile continues downrange.	Drivspegel	Lätt bärare i vilken projektiler med specificerad diameter placeras centrerat för att tillåta att projektilen avfyras från eldrör med större kaliber. Drivspegelns diameter motsvarar diametern hos det eldrör i vilken projektilen avfyras. Vanligtvis separerar drivspegeln kort efter att projektilen lämnat mynningen och endast projektilen fortsätter.
Small arms ammunition	3.32 All ammunition up to and including 20 millimeters (0.787 inches). A round of ammunition includes a ballistic projectile, propellant charge, charge igniter (primer), and a charge case.	Finkaliber- ammunition	All ammunition med en diameter mindre än 20 mm (0,787 tum). En patron inkluderar den ballistiska projektilen, drivladdningen, tändhatt och drivladdningshylsa <sup>m</sup> .

<sup>m</sup> Definition från E. Lidén, L. Holmberg, I. Mellgard och L. Westerling, "Stridsdelar, skydd och deras växelverkan", FOA, Stockholm, FOA-R--94-00035-2.3-SE, 1994.

Amerikansk beteckning	Amerikansk definition	Svensk beteckning	Svensk definition
		Mellankaliber-ammunition	All ammunition med en diameter större än och lika med 20 mm (0,787 tum) och mindre eller lika med 60 mm <sup>m</sup> .
		Grovkaliber-ammunition	All ammunition med en diameter större än 60 mm <sup>m</sup> .
Spaced armor	3.33 Armor systems having spaces between armor elements.	Delat pansar <sup>n</sup>	Pansarsystem med tomrum (luftspalt) mellan pansarelementen.
Spalling	3.34 The detachment or delamination of a layer of material in the area surrounding the location of impact, which may occur on either the front or rear surfaces of the armor. Spalling may be a threat mechanism even when penetration of the armor itself is not complete.	Utstötning	Att delar av materialet runt anslagspunkten lossnar eller delaminerar, kan ske både på fram- eller baksida. Utstötning kan utgöra ett hot även när pansaret inte perforerats.
Striking velocity	3.35 The velocity of a projectile or missile at the instant of impact (also known as impact velocity).	Anslags-hastighet	Hastigheten hos projektil eller missil i det ögonblick den träffar målet.
Terminal ballistics	3.37 A branch of ballistics which is concerned with the effects of weapons on targets including penetration, fragmentation, detonation, shaped charge, blast, combustion and incendiary effects.	Slutballistik	En gren inom ballistiken som berör effekterna av vapen på mål inklusive penetration, fragmentering, detonation, riktad sprängverkan, stötvågor, förbränning och brand.

<sup>n</sup> Observera att skiktat pansar betecknar ett ballistiskt skydd utan luftspalter.

Amerikansk beteckning	Amerikansk definition	Svensk beteckning	Svensk definition
Test sample	3.38 An armor plate or fabricated armor section or component which is to be ballistically tested for evaluation of ballistic protection properties.	Prov	En pansarplatta eller en pansarkomponent som skall provas för att utvärdera de ballistiska skyddsegenskaperna.
V50 ballistic limit	3.40 In general, the velocity at which the probability of penetration of an armor material is 50 percent.	V50-gräns-hastighet	Vanligtvis den hastighet då sannolikheten för genomslag av ett pansarmaterial är 50%.
Witness plate	3.41 A thin sheet located behind and parallel to the ballistic test sample which is used to detect penetrating projectiles or spall.	Vittnesplåt	En tunn plåt placerad bakom och parallellt med målet och avsedd att detektera penetration av projektil eller utstöta fragment från målet.
Yaw	3.42 Projectile yaw is the angular deviation of the longitudinal axis of the projectile from the line of flight at a point as close to the impact point on the target as is practical to measure.	Projektilsned-ställningsvinkel	Projektilsnedställningsvinkeln är vinkeln mellan längdaxeln hos projektilen och projektilens bana mätt så nära anslagspunkten som det är praktiskt möjligt.

<b>Utgivare</b> FOI - Totalförsvarets forskningsinstitut Vapen och skydd 147 25 Tumba	<b>Rapportnummer, ISRN</b> FOI-R--1728--SE	<b>Klassificering</b> Metodrapport
	<b>Forskningsområde</b> 5. Bekämpning och skydd	
	<b>Månad, år</b> September 2005	<b>Projektnummer</b> E2033
	<b>Delområde</b> 51 VVS med styrda vapen	
	<b>Delområde 2</b>	
<b>Författare/redaktör</b> Martin Nilsson	<b>Projektledare</b> John Ottosson	
	<b>Godkänd av</b>	
	<b>Uppdragsgivare/kundbeteckning</b>	
	<b>Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig</b>	
<b>Rapportens titel</b> Lägesrapport: Underlag för framtagning av standard för gränshastighetskjutningar		
<b>Sammanfattning (högst 200 ord)</b> <p>Den hastighet då sannolikheten är 50% att en projektil perforerar ett givet mål kallas v50 och är ett mått som, kopplat till en ytvikt, används för att jämföra olika ballistiska skyddsmaterial.</p> <p>Det finns idag ett antal relevanta standarder, framförallt MIL-STD-662F, STANAG 2920, STANAG 4164 och TOP 2-2-710. Alla använder samma kriterium för att avgöra om projektilen har perforerat målet - v50BL(P).</p> <p>I denna rapport sammanfattas de krav som ska ställas och registreringar som ska göras enligt standarderna ovan.</p> <p>Fortsatt arbete bör inriktas på att bedöma konsekvenserna av de krav på mätningar och precision som ställs på skjutförsöken och att med analytiska metoder och simuleringar jämföra olika typer av v50BL(P)-mått och olika statistiska metoder.</p>		
<b>Nyckelord</b> gränshastighet; v50; statistiska metoder		
<b>Övriga bibliografiska uppgifter</b>	<b>Språk</b> Svenska	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Antal sidor:</b> 45 s.	
<b>Distribution enligt missiv</b>	<b>Pris:</b> Enligt prislista	

<b>Issuing organization</b> FOI – Swedish Defence Research Agency Vapen och skydd 147 25 Tumba	<b>Report number, ISRN</b> FOI-R--1728--SE	<b>Report type</b> Methodology report
	<b>Programme Areas</b> 5. Strike and protection	
	<b>Month year</b> September 2005	<b>Project no.</b> E2033
	<b>Subcategories</b> 51 Weapons and Protection	
	<b>Subcategories 2</b>	
<b>Author/s (editor/s)</b> Martin Nilsson	<b>Project manager</b> John Ottosson	
	<b>Approved by</b>	
	<b>Sponsoring agency</b>	
	<b>Scientifically and technically responsible</b>	
<b>Report title (In translation)</b> Status report: Basis for development of standard for ballistic limit tests		
<b>Abstract (not more than 200 words)</b> <p>The impact velocity at which the probability of perforation is 50% for a certain projectile and target is called v50 and is a measure that, together with areal density, is used to compare different armour materials.</p> <p>There are today a number of relevant standards, mainly MIL-STD-662F, STANAG 2920, STANAG 4164 and TOP 2-2-710. They all use the same perforation criteria – v50BL(P).</p> <p>In this report the requirements and registrations that should be made according to the standards above.</p> <p>Future work should be focused on estimate the consequences of the demands on measurements and precision set on ballistic tests and on, using analytical methods and simulations, compare different types of v50BL(P) measures and various statistic methods.</p>		
<b>Keywords</b> ballistic limit; v50; statistic methods		
<b>Further bibliographic information</b>	<b>Language</b> Swedish	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Pages</b> 45 p.	
	<b>Price acc. to pricelist</b>	