

Studie odolnosti prostředků osobní balistické ochrany pracovníka SBS

Private Security Service Staff Personal Ballistic Protection
Resistance Study

Bc. Dalibor Krupica

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Dalibor KRUPICA**
Osobní číslo: **A10532**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Studie odolnosti prostředků osobní balistické ochrany pracovníka SBS**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou testování prostředků balistické ochrany se zaměřením na využití v SBS.
2. V teoretické části práce uveďte způsoby teoretického ohodnocení odolnosti prostředků balistické ochrany.
3. Zpracujte podmínky a metodiku testování prostředků balistické ochrany dle vybrané normy.
4. V praktické části práce realizujte test neprůstřelné vesty zvolené s ohledem na rizika spojená s činností SBS.
5. Verifikujte teoretické hodnoty s výsledky testu zvolené neprůstřelné vesty.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. ČSN 39 5360. Zkoušky odolnosti proti střelám střepinám a bodným zbraním: Technické požadavky a zkoušky. Praha: Český normalizační institut, 1995. 3 sv. (16, 2, 2 s.).
2. NIJ Standard-0101.06. Ballistic Resistance of Body Armor. Washington, DC: National Institute of Justice, July 2008, 89 s. NCJ 223054.
3. BUCHAR, Jaroslav a Josef VOLDŘICH. Terminální balistika. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, 340 s. ISBN 80-200-1222-2.
4. ČERNÝ, Pavel. Balistická ochrana: pro policii. Střelecká revue: měsíčník. 2008, roč. 40(č. 12), 43-55.
5. HÝKEL, Jindřich a Václav MALIMÁNEK. Náboje do ručních palných zbraní. V Našem vojsku vyd. 2. Praha: Naše vojsko, 2002, 547 s. ISBN 80-206-0641-6.
6. KNEUBUEHL, Beat P. Balistika: střelby, přesnost střelby, účinek. Vyd. 1. Praha: Naše vojsko, 2004, 235 s. ISBN 80-206-0749-8.
7. ŠAFR, Miroslav a Petr HEJNA. Střelná poranění. 1. vyd. Praha: Galén, 2010, 259 s. ISBN 978-807-2626-960.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ján Ivanka

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

24. února 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

15. května 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Předmětem předložené diplomové práce je problematika testování balistické ochrany s ohledem na její využití v soukromých bezpečnostních službách. Teoretická část je věnována způsobům teoretického ohodnocení prostředků balistické ochrany. V praktické části jsou uvedeny podmínky a metodika testování dle zvolené normy. Dále je v práci popsán realizovaný test balistických panelů zvolených s ohledem na rizika spojená s činností soukromých bezpečnostních služeb. V závěru práce jsou konfrontovány teoretické předpoklady odolnosti s výsledky provedeného testu.

Klíčová slova: terminální balistika, neprůstřelná vesta, prūtisk, Kevlar, Dyneema

ABSTRACT

The subject of the thesis is the issue of testing of ballistic protection with regard to its use in private security services. The theoretical part is devoted to theoretical methods of evaluation of ballistic protection equipment. In the practical part are stated conditions and methodology of testing according to the chosen standard. The executed test of ballistic plate chosen with regard to the risks associated with the activities of private security services is described further in the thesis. In conclusion of the thesis are the theoretical predictions confronted with the results of the executed test.

Keywords: Terminal Ballistics, Body Armor, Backface Signature, Kevlar, Dyneema

Děkuji svému vedoucímu Ing. Jánu Ivankovi za odborné vedení, rady a především za čas věnovaný úpravám, návrhům a připomínkám ke zpracování této diplomové práce. Za konzultace problematiky z oblasti vývoje, výroby a testování prostředků balistické ochrany patří mé díky Ing. Jiřímu Koutníkovi. Za poskytnutí prostor a vybavení střelnice děkuji Ing. Zdeňku Maláníkovi. Mé díky patří také všem, kteří se podíleli na rozličných testech, které vznik této práce provázely. V neposlední řadě bych rád poděkoval svým rodičům za podporu, kterou mi poskytovali během studia.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 BALISTIKA	12
1.1 TERMINÁLNÍ BALISTIKA.....	13
1.2 ÚČINEK STŘEL NA ŽIVOU SÍLU	13
1.2.1 Princip účinku střely.....	14
1.2.2 Měřítka účinnosti	16
1.3 ÚČINEK STŘEL NA TUHÉ MATERIÁLY	17
1.3.1 Odraz střely	17
1.3.1.1 Kolmý dopad na pevnou překážku.....	17
1.3.1.2 Šikmý dopad na pevnou překážku	18
1.3.2 Průběh vniku střely.....	22
1.3.2.1 Střížný model	22
1.3.2.2 Průtlačný model	23
1.3.2.3 Průstřel tenkých vrstev.....	23
1.3.3 Chování střely v vybraných materiálech	24
1.3.3.1 Kovy.....	24
1.3.3.2 Sklovité materiály	25
1.4 ODOLNOST MATERIÁLŮ BALISTICKÉ OCHRANY.....	26
II PRAKTICKÁ ČÁST	27
2 NORMA NIJ STANDARD 0101.06	28
2.1 KLASIFIKACE ZBROJÍ DLE NORMY NIJ	28
2.1.1 Třída I.....	29
2.1.2 Třída IIA.....	29
2.1.3 Třída II.....	29
2.1.4 Třída IIIA.....	29
2.1.5 Třída III	29
2.1.6 Třída IV	30
2.1.7 Třída pro speciální případy.....	30
2.2 DEFINICE POJMŮ	30
2.2.1 Úhel dopadu	30
2.2.2 Nosič zbroje	30
2.2.3 Balistický nosič	31
2.2.4 Testovaná zbroj	31
2.2.5 Průtisk	31
2.2.6 Podkladový materiál.....	31
2.2.7 Základní balistický limit.....	31
2.2.8 Balistický panel	31
2.2.9 Deformace	31
2.2.10 Uznatelný zásah.....	32
2.2.11 Střela	32
2.2.12 Celoplášťová střela FMJ	32

2.2.13	Balistická vložka	32
2.2.14	Celoplášťová střela s dutou špičkou JHP	33
2.2.15	Poloplášťová střela JSP a SJSP	33
2.2.16	Olovená střela	33
2.2.17	Penetrace	33
2.2.18	Poloplášťová střela s dutou špičkou SJHP	33
2.3	POŽADAVKY	34
2.3.1	Kritéria přijatelnosti	34
2.3.2	Testovací sekvence	34
2.3.3	Zpracování	34
2.3.4	Kritéria pro test průstřelu a průtisku	34
2.3.5	Testovací vzorky	35
2.3.5.1	Třídy I, IIA, II a IIIA	35
2.3.5.2	Třída III	35
2.3.5.3	Třída IV	35
2.3.6	Podkladový materiál	35
2.3.6.1	Rám s podkladovým materiálem	35
2.3.6.2	Konstrukce rámu	36
2.3.6.3	Výměna podkladového materiálu a identifikace	36
2.4	TESTOVACÍ METODY	36
2.4.1.1	Zařízení pro měření rychlosti	38
2.4.1.2	Příprava podkladového materiálu	39
2.4.1.3	Požadavky na testované zbroje	39
2.4.1.4	Konfigurace testovací střelnice	40
2.4.1.5	Příprava testu	41
2.4.2	Test průstřelu a průtisku	43
2.4.2.1	Testovací sekvence pro zbroje třídy I, IIA, II, a IIIA	44
2.4.2.2	Testovací sekvence pro zbroje třídy III	47
2.4.2.3	Testovací sekvence pro zbroje třídy IV	48
2.4.2.4	Testování speciálních případů	49
3	TESTOVANÉ ZBROJE	50
3.1	BALISTICKÝ PANEL NA BÁZI KEVLARU	51
3.1.1	Specifika materiálu Kevlar	51
3.1.2	Konstrukce balistického panelu	51
3.2	BALISTICKÝ PANEL NA BÁZI DYNEEMY	52
3.2.1	Specifika materiálu Dyneema	52
3.2.2	Konstrukce balistického panelu	53
3.3	SROVNÁNÍ KEVLARU A DYNEEMY	54
4	POUŽITÁ MUNICE A ZBRANĚ	57
4.1	9 X 19 MM LUGER	57
4.2	44 REMINGTON MAGNUM	59
4.3	7,62 X 25 MM TOKAREV	60
5	PROVEDENÍ TESTU	63

5.1	TEST PRŮSTŘELU A PRŮTISKU	63
5.2	TEST ODOLNOSTI PROTI RÁŽI 7,62 MM TOKAREV	66
5.3	VYHODNOCENÍ TESTU	66
ZÁVĚR		68
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ		70
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		72
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		73
SEZNAM OBRÁZKŮ		75
SEZNAM TABULEK		76

ÚVOD

V oboru systemizace v bezpečnostního průmyslu členíme prostředky balistické ochrany mezi technické prostředky osobní ochrany. Princip účinku prostředků balistické ochrany je postaven na pasivním odporu, který kladou dopadajícímu projektilu, čímž chrání svého uživatele. Základem pro jejich výrobu musí tedy zákonitě být materiály s výjimečnými mechanickými vlastnostmi. Jedná se převážně o textilie vyrobené z vysoce pevných aramidových nebo polyetylenových vláken. Vzhledem k faktu, že tyto prostředky poskytují ochranu nejen proti palným zbraním, a vzhledem k vývoji bezpečnostní situace jak u nás, tak i v zahraničí, nelze jejich přínos podceňovat. Dá se naopak předpokládat, že význam prostředků balistické ochrany nadále poroste a to nejen v průmyslu komerční bezpečnosti.

Teoretická část této práce je věnována problematice teoretického ohodnocení prostředků balistické ochrany. V praktické části práce jsou zpracovány podmínky a metodika testování prostředků balistické ochrany dle vybrané normy. Následuje seznámení s výsledky praktického testu realizovaného s ohledem na rizika spojená s činností soukromých bezpečnostních služeb. Výsledky testu jsou konfrontovány s očekávanou odolností zvolených prostředků balistické ochrany.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 BALISTIKA

Dříve než se budu věnovat praktické části práce, je nutné uvést a vymežit některé základní pojmy. Balistika představuje vědeckou disciplínu, která zkoumá primárně dráhy vržených těles, avšak vzhledem k rozšíření planých zbraní se vyvinula ve vědu, která se zabývá všemi jevy a ději, které provázejí pohyb střely. Vzhledem ke své komplexnosti se balistika rozděluje na čtyři specializovaná odvětví:

Vnitřní balistika zkoumá průběh výstřelu v hlavní palné zbraně. Jak uvádí Kneubuehl: „*Jedná se o velmi krátký děj, při němž působí velké síly, zrychlení a vysoké teploty. Jeho matematický popis a zpracování jsou velmi složité, především u ručních palných zbraní. Dokonce i s pomocí nejmodernější výpočetní techniky se problematika výstřelu řeší jen se značnými obtížemi.*“¹

Přechodová balistika řeší problematiku výletu střely z hlavně a vliv unikajících prachových plynů na letící střelu ale také na zbraň a střelce, tedy i problematiku zpětného rázu.

Vnější balistika popisuje pohyb střely ve vnějším prostředí po opuštění hlavně, kdy na ni působí síla odporu vzduchu, tíhová síla a další rušivé vlivy.

Terminální balistika se zabývá studiem interakce střely s překážkou, ať již pevnou či pružnou, neživou či živou.

Právě do poslední uvedené části balistiky spadá téma této práce a budu se jí podrobněji věnovat.

¹ KNEUBUEHL, Beat P. *Balistika: střely, přesnost střelby, účinek*. Vyd. 1. Praha: Naše vojsko, 2004, 235 s. ISBN 80-206-0749-8.

1.1 Terminální balistika

Po opuštění ústí hlavně se střela pohybuje ve vzduchu až do té doby, než dopadne na překážku nebo terén. Pro účely této práce vybírám z oboru terminální balistiky dvě kapitoly. První kapitolou je účinek na živou sílu, organismus živých tvorů, kde jsou uvedeny základy a principy účinku střely a vymezeny pojmy účinnost a účinek. V druhé kapitole je popsána interakce střely s tuhými materiály, konkrétně odraz střely, vnik střely do materiálu a chování střely ve vybraných materiálech.

1.2 Účinek střel na živou sílu

Historický vývoj krátkých i dlouhých ručních palných zbraní byl ovlivněn dvěma odlišnými účely jejich použití. Prvním účelem byl boj, kde se po zbraní vyžaduje, aby protivníkovi zabránila v nepřátelském jednání tím způsobem, že mu způsobí fyzickou újmu. V případě použití zbraní pro lovecké účely se vyžaduje okamžité usmrcení zvěře tak, aby nedošlo k jejímu útěku. Odlišné provedení vojenských a loveckých palných zbraní, které můžeme vysledovat až do 18. století, vedlo až k dnešnímu rozdělení, kdy jsou lovecké ruční palné zbraně zpravidla jedno až třířanné, zatímco vojenské zbraně se vyvinuly ve vícerané, částečně nebo častěji plně automatické.

Spolu se zbraněmi se odlišným požadavkům přizpůsobovalo také střelivo, kdy se pro lov používají střely lépe deformovatelné, tedy poloplášťové, dutinkové a pod., zatímco pro vojenské použití jsou vymezeny celistvé celoplášťové střely. Avšak jak uvádí Kneubuehl v publikaci *Balistika, střely, přesnost střelby, účinek*: „*Střely s přesně stanoveným účinkem je však možné konstruovat pouze tehdy, když lze tento účinek měřit. O tom, že dodnes neexistuje jednoznačné měřítko účinku, svědčí značná různorodost provedení střel a nábojů pro krátké i dlouhé palné zbraně, loveckých i vojenských, které vznikly od konce 19. století. Ačkoliv u dané střely může být velmi dobře známo její chování v lidském nebo zvířecím těle, stěží se z něho dá usuzovat na výsledek jednoho konkrétního zásahu. Umístění zásahu má pro účinek střely zcela zásadní význam.*“²

² KNEUBUEHL, Beat P. *Balistika: střely, přesnost střelby, účinek*. Vyd. 1. Praha: Naše vojsko, 2004, 235 s. ISBN 80-206-0749-8.

1.2.1 Princip účinku střely

Princip účinku střely tkví v jejím pronikání do těla a s tím spojeným poškozením tkání a orgánů, které způsobuje podráždění nervových zakončení. V důsledku toho zasažený organismus pociťuje bolest. Sekundárními reakcemi na poškození tkání jsou pak krvácení a ochromení postiženého organismu. Schopnost jednání zasaženého organismu se v důsledku zranění během určité doby více či méně snižuje. Z výše uvedeného vyplývá, že základními veličinami účinku střely jsou jednak čas, za který dojde k úplnému zneschopnění cíle a jednak míra omezení cíle v dalším jednání.

Hlavním problémem je, že oblasti, jejichž zasažením jsou okamžitě přerušeny životně důležité funkce, představují jen malou část celkového povrchu cíle. Proto jsou střelná poranění s následkem okamžité smrti relativně vzácná. V rámci této problematiky uvádí Kneubuehl že: „*Statistiky o válečných střelných poraněních uvádějí, že méně než 50% zásahů hlavy, přibližně 35% zásahů v oblasti hrudníku a jen 15% zásahů břicha způsobují smrt během krátké doby. Dají se přežít i poškození mozku a i se střelným poraněním srdce může být schopnost dalšího jednání zachována dokonce i po několik minut.*“²

Příčinou smrti v případě střelného poranění je téměř vždy přerušení dodávek kyslíku do mozku ať již v důsledku vykrvácení nebo zástavy srdce. Výjimku tvoří poškození životně důležitých center mozku. S umístěním zásahu přímo souvisí také druh zasažených tkání, proto změna umístění zásahu, i v řádech milimetrů či centimetrů, může mít na dobu, která uplne od zasažení do ztráty akceshopnosti cíle, zásadní vliv. Tělesné funkce cíle mohou být zachovány i po dobu několika minut, není-li zasaženo žádné životně důležité centrum a není-li krvácení způsobené zásahem příliš masivní. V takovém případě je snížení akceshopnosti cíle dáno především intenzitou pocitů bolesti. Z těchto faktů tedy vyplývá, že vliv fyzického a psychického stavu cílového organismu může být pro udržení akceshopnosti cíle po zásahu zásadní.

Především mezi širokou veřejností, ale také v některé literatuře se objevuje představa přímého fyzického zastavujícího účinku střely. Jedná se však o mylný názor, který se dá jednoduše fyzikálně i experimentálně vyvrátit. Oba způsoby uvádí Kneubuehl ve své publikaci.

„Muž vybavený dostatečně pevnou neprůstřelnou vestou může klidně stát pouze na jedné noze, když do něj narazí pušková střela (ráže .30, rychlost 800 m/s). Muž se při zásahu ani nepohne. Tento pokus sám na sobě a s uvedeným výsledkem uskutečnil americký znalec v oboru střelných zbraní Alex Jason.“³

V případě fyzikálního vysvětlení musíme na tuto hypotetickou interakci nahlížet jako na dokonale nepružnou srážku a fyzikální veličinou, která by v tomto případě mohla uvést cíl do pohybu, je hybnost střely. Pomocí výpočtu pro stanovení energie zákluzu se dá vypočítat práce, kterou musí cíl vykonat k vyrovnání pohybu vyvolaného dopadem střely. Velice názorný je níže citovaný příklad:

„Příklad: Zasáhne-li 9,5 g těžká střela rychlostí 830 m/s muže o hmotnosti 75 kg, zjistí se energie zákluzu podle rovnice.

$$E_z = \frac{p^2}{2 \cdot m_k} = \frac{(m_p \cdot v_p)^2}{2 \cdot m_k} = \frac{(0,0095 \cdot 830)^2}{2 \cdot 75} = 0,414 \text{ [J]} \quad (1)$$

Tato hodnota odpovídá práci, kterou je nutné vynaložit na zdvižení tělesa hmotnosti 40 g do výšky 1 metru. Pro svalový systém člověka neznamená takový výkon žádnou podstatnou zátěž.“³

Uvedený příklad jasně dokládá, že účinek střely netkví ani tak v jejím dopadu na cíl, jako v porušení tkání způsobeném jejich stlačením či roztržením. K těmto deformacím je potřeba vykonat práci a jediným možným zdrojem energie je v tomto případě kinetická energie střely. „Podstatou účinku střely je přeměna části této kinetické energie na práci.“³

³ KNEUBUEHL, Beat P. *Balistika: střely, přesnost střelby, účinek*. Vyd. 1. Praha: Naše vojsko, 2004, 235 s. ISBN 80-206-0749-8.

1.2.2 Měřítka účinnosti

Z praktických zkušeností vyplývá, že jako měřítko účinku střely nevystačíme pouze s její energií. Vážná zranění vitálních orgánů s následkem smrti dokáží při určitém průběhu střelného kanálu způsobit i malé střely s nízkou energií. Naproti tomu ani zásah puškovou střelou o vysoké energii nemusí, v případě povrchových zranění jakými jsou postřel či ostřel, vést k významnější ztrátě akceschopnosti cíle. Z těchto důvodů je nutné rolišovat dva různé pojmy, tedy účinnost a účinek.

Účinnost střely představuje její charakteristickou veličinu, kterou je možné změřit nebo vypočítat. K účinnosti je možné přistupovat také jako ke způsoblosti k účinku. Naproti tomu účinek představuje již konkrétní výsledek působení střely na organismus cíle. Shrneme-li výše uvedené poznatky, dojdeme k závěru, že střela s vysokou účinností nemusí nutně mít velký účinek na cíl, ale naopak střela s malou účinností bude mít v cíli, až na výjimky, téměř vždy malý účinek.

Celou situaci shrnuje Kneubuehl následovně: „*Účinnost střely můžeme hodnotit pouze zpětně, na základě výsledku zásahu. Účinnost je dán účinností střely, umístěním zásahu a v neposlední řadě také psychickým a fyzickým stavem zasaženého. Je proto zbytečné o účinku střely diskutovat nebo jej měřit, či dokonce jej chtít předpovídat. Přesto se o to neustále usiluje. To má mimo jiné za následek, že jsou ohledně účinnku střel rozšířeny mnohé různé názory, o čemž výmluvně svědčí i velké množství různých konstrukcí střel. Jedinou veličinou, kterou lze (na základě výpočtů nebo měření) předem stanovit, je účinnost střely.*“⁴

Hodnoty veličin nesoucích potenciál k účinku střely, musí střela vykazovat již před samotným dopadem na cíl. Ze všech fyzikálních veličin souvisejících s pohybem střely před dopadem na cíl jsou podstatné především její rychlost a hmotnost. Zbývající veličiny, jako jsou rotace střely kolem podélné osy či teplota, jsou pro účinek střely zanedbatelné. Fyzikálně pak z rychlosti a hmotnosti můžeme vypočítat další dvě veličiny. První veličinou je energie střely, druhou pak její hybnost. Z těchto dvou veličin a jejich vzájemných

⁴ KNEUBUEHL, Beat P. *Balistika: střely, přesnost střelby, účinek*. Vyd. 1. Praha: Naše vojsko, 2004, 235 s. ISBN 80-206-0749-8.

kombinací vyplývají všechna existující kritéria účinnosti. Hodnocení účinku střel na živou sílu však není předmětem této práce, proto pokračuji další kapitolou terminální balistiky, účinkem střel na tuhé materiály.

1.3 Účinek střel na tuhé materiály

Interakce střely s tuhou překážkou spadá fyzikálně do mechaniky těles, která řeší problematiku srážek makroskopických těles. Při těchto srážkách vznikají v bodech rázu, jako reakce na rozdílnou rychlost narážejících těles, deformační síly a deformace, které dosahují maxima v okamžiku, kdy se rychlosti vyrovnají. Po skočení rázu, kdy deformační síly vymizí, dochází v závislosti na pružnosti materiálu buď k jeho návratu do původního tvaru, nebo těleso zůstane deformováno. Krajní, nebo také ideální, případy představují dokonale pružný ráz, kdy se těleso vrací do původního tvaru, a nepružný ráz, kdy těleso zůstává trvale deformováno. Srážky skutečných těles se však nalézají někde mezi těmito limitními případy a nejsou ani dokonale pružné, ale ani zcela nepružné. Srážky skutečných těles, kam spadá také interakce střely s prostředky balistické ochrany, proto bývají nazývány jako nedokonale nepružné.

1.3.1 Odraz střely

Prvním možným výsledkem interakce střely a cíle z tuhého materiálu je odraz střely. Podle úhlu dopadu rozlišujeme šikmý a kolmý dopad na překážku, přičemž kolmý dopad je speciálním, matematicky jednodušším, případem dopadu šikmého.

1.3.1.1 Kolmý dopad na pevnou překážku

Kolmý dopad střely na pevnou překážku vede obvykle k její destrukci či deformaci. V případě destrukce střely může dojít k urychlení jejích úlomků a jejich odrazu do prostoru.

„Pokud narazí plášťová střela při vysoké rychlosti kolmo na tuhou překážku, vznikne deformací olověného jádra vysoký tlak, který způsobí roztržení pláště a rozlétnutí střepin do vzdálenosti několika desítek metrů v prakticky libovolném směru. Počáteční rychlost střepin pláště je značně vysoká. Střelec a jeho okolí mohou být střepinami vážně ohroženi i ve velké vzdálenosti (i přes 30 m).

U homogenních střel a střel s tvrdým jádrem je odraz ve směru opačném ke směru střelby rovněž možný. Odrazu střel napomáhá pružnost dopadových ploch.“⁵

1.3.1.2 Šikmý dopad na pevnou překážku

V případě šikmého dopadu střely na pevnou překážku je nutné její vektor rychlosti na základě zákona o nezávislosti pohybů rozdělit na horizontální a vertikální složku a následně tyto složky řešit odděleně. Pro složku rychlosti kolmé k dopadové ploše platí výše uvedené a je možné ji tedy řešit pomocí částečně pružné srážky. V případě složky rychlosti vodorovné s plochou dopadu střely se však již o odraz nejedná a je možné ji řešit pouze z pohledu poklesu rychlosti střely vlivem tření mezi střelou a překážkou.

Pro kolmou složku pohybu platí rovnice pro částečný pružný ráz, který se matematicky popisuje pomocí takzvaného rázového koeficientu k . Pomocí druhé mocniny tohoto koeficientu lze vyjádřit, jak velká poměrná část deformační práce se po rázu znovu přemění na kinetickou energii. Z toho vyplývá, že rázový koeficient může nabývat hodnot v rozmezí od 0 do 1.

$$E_{kin,r} = k^2 \cdot Q \quad [J] \quad (2)$$

Podíl deformační práce, která se při rázu přemění na teplo, vypočteme pomocí níže uvedeného vztahu:

$$Q_T = Q - E_{kin,r} = (1 - k^2) \cdot Q \quad [J] \quad (3)$$

⁵ KNEUBUEHL, Beat P. Balistika: střely, přesnost střelby, účinek. Vyd. 1. Praha: Naše vojsko, 2004, 235 s. ISBN 80-206-0749-8.

Zákony zachování hybnosti a energie s v tomto případě vyjádřeny následovně:

$$m_1 \cdot v_1 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 \text{ [kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (4)$$

$$\frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot u_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot u_2^2 + Q_T \text{ [J]} \quad (5)$$

Z výše uvedených rovnic a z rovnice pro deformační práci, kde E_I je kinetická energie narážejícího tělesa:

$$Q = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot E_I \text{ [J]} \quad (6)$$

lze odvodit následující vztahy pro rychlosti těles po nárazu:

$$u_1 = \frac{m_1 - k \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot v_1 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (7)$$

$$u_2 = \frac{(1+k) \cdot m_1}{m_1 + m_2} \cdot v_1 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (8)$$

Za předpokladu, že hmotnost střely m_1 mnohem menší než hmotnost zasaženého předmětu m_2 , potom se kolmá složka rychlosti střely vyjádří následovně:

$$v_y = v \cdot \sin \alpha \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (9)$$

kde v je dopadová rychlost střely a α dopadový úhel.

Ze zvláštního případu částečně pružného rázu, kdy je hmotnost narážejícího tělesa podstatně menší než hmotnost tělesa v klid, vyplývá při součiniteli nárazu „ k “ pro kolmou složku rychlosti po odrazu vzorec:

$$u_y = -k \cdot v_y = -k \cdot v \cdot \sin \alpha \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (10)$$

Během trvání střely a dopadové plochy se vodorovná složka rychlosti střely působením třecí síly zmenší. Nesmíme ale zapomenout, že tření je přímo úměrné působící tlakové síle, která je dána kolmou složkou pohybu.

$$R_x = \sigma \cdot F_y \text{ [N]} \quad (11)$$

Po aplikaci druhého Newtonova zákona,

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta m}{\Delta t} \cdot v + m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad [\text{N}] \quad (12)$$

který definuje sílu jako časovou změnu hybnosti, získáme

$$\frac{m \cdot \Delta v_x}{t_s} = \frac{\sigma \cdot m \cdot (v_y - u_y)}{t_s} \quad (13)$$

$$\Delta v_x = \sigma \cdot (v_y + k \cdot v_y) \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (14)$$

$$u_x = v_x - \Delta v_x = v_x - \sigma \cdot v_y \cdot (1 + k) \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (15)$$

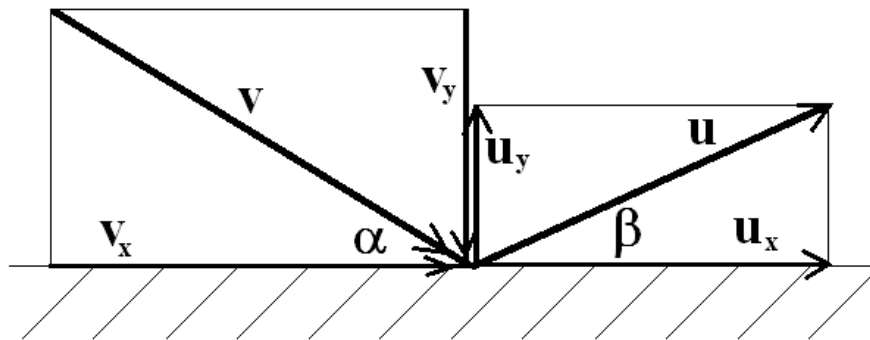
Obě složky rychlosti po odrazu u_x a u_y určují velikost úhlu odrazu β viz Obr. 1.

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} \quad [-] \quad (16)$$

$$\tan \beta = \frac{k \cdot \tan \alpha}{1 - \sigma \cdot (1 + k) \cdot \tan \alpha} \quad [-] \quad (17)$$

„Úhel dorazu je tak určen součinitelem nárazu k a součinitelem tření σ . Z výsledné rovnice lze odvodit lineární vztah mezi $\cotan \alpha$ a $\cotan \beta$, který umožňuje na základě měření různých dvojic dopadových a odrazových úhlů stanovit pomocí lineární regrese součinitele nárazu a tření. Tyto hodnoty jsou charakteristické pro konkrétní kombinaci střely a zasažené plochy.“⁶

⁶ KNEUBUEHL, Beat P. *Balistika: střely, přesnost střelby, účinek*. Vyd. 1. Praha: Naše vojsko, 2004, 235 s. ISBN 80-206-0749-8.



Obr. 1 Odraz střely od pevné překážky

V případě, že se střela deformuje, část její kinetické energie se spotřebuje na práci potřebnou k deformaci. V krajním případě může dojít k přeměně celé kolmé složky kinetické energie na deformační práci. Pokud k tomu dojde, potom, bez ohledu na původní úhel dopadu, střela z dopadové plochy jednoduše sklouzne. Tento jen nastává například u celoolověných střel bez tombakového či jiného pláště. Vyjma kolmé složky rychlosti střely vyjadřuje součinitel nárazu k také konstrukci a vlastnosti konkrétní střely a zasaženého předmětu. Z toho plyne, že i přes obdobné použití neodpovídá součinitel σ obvyklému součiniteli tření tak, jak jej známe z mechaniky. Kromě třecí síly je totiž v koeficientu σ také doba trvání interakce mezi střelou a překážkou.

Zajímavým fenoménem jsou střely vnikající do dřeva nebo písku pod ostrým úhlem. Tyto střely následně často vylétají z materiálu pod podstatně strmějším úhlem. Je to způsobeno velmi malou velikostí kolmé složky rychlosti, která způsobuje, že nárazový součinitel k je velký. Velký je i součinitel σ , což je způsobeno dlouhou dobou interakce, potažmo tření mezi střelou a překážkou. Opačným případem je dopad střely na hladkou plochu, kde je součinitel σ malý a tím pádem je úhel odrazu menší než úhel dopadu. Jak již bylo uvedeno, nárazový součinitel k nabývá hodnoty z rozmezí 0 až 1. Rozsah hodnot součinitele tření σ je však rovněž omezen, nemůže být menší než 0 a navíc z rovnice pro výpočet u_x vyplývá následující nerovnost:

$$0 \leq \sigma \leq \frac{\cot \alpha}{1 + k} \quad (18)$$

ze které lze určit, že pro dopadové úhly nad 45° je σ vždy menší než 1 a pro kolmý dopadový úhel je součinitel σ tření roven 0.

1.3.2 Průběh vniku střely

Interakce střely s tuhou překážkou představuje z fyzikálního hlediska velmi složitý proces, pro který je charakteristické působení velkých sil a tlaků během krátké doby, což nutně vede k deformaci střely a cíle. Protože se materiály při krátkodobém vystavení vysokému zatížení chovají jinak než v případě statického a quasistatického namáhání, při kterém obvykle vykazují vyšší pevnost, hrají dynamické vlastnosti materiálů střely a cíle důležitou roli. Vzhledem k tomu, že dynamické namáhání materiálů značně komplikuje pochopení jevů při zásahu cíle, zavádějí se pro lepší představu o těchto dějích různé modely vniku a průchodu střely cílem. Pro vytvoření odpovídajících kvantitativních předpovědí je nutné pokusně získat potřebné materiálové konstanty.

1.3.2.1 Střížný model

Střížný model je vhodný především pro malé a střední rychlosti střel do 1000 m/s u tenkých křehkých vrstev, při jejichž průstřelu nedochází prakticky k žádným tvarovým změnám. Střížný model vychází z předpokladu, že střela z cíle tvaru desky vystřihne váleček nebo disk. Na základě toho předpokladu lze pomocí střížného napětí a sřížné plochy se vypočítat střížná práce, která odpovídá energii vynaložené střelou E_s :

$$E_s = C_s \cdot d \cdot D^2 \text{ [J]} \quad (19)$$

kde d je ráže, D tloušťka desky a C_s konstanta charakterizující stříh daného materiálu. Tento vztah jde dále rozšířením a úpravou rozvinout na vztah pro výpočet tloušťky prostřeleného materiálu v závislosti na energetické hustotě ED :

$$D = \frac{\pi}{4 \cdot C_s} \cdot \sqrt{ED \cdot d} = C_s^* \cdot \sqrt{ED \cdot d} \text{ [m]} \quad (20)$$

Ze vzorce vyplývá, že tloušťka prostřeleného materiálu je úměrná druhé odmocnině součinu energetické hustoty ED a ráže d , což znamená, že střela větší ráže bude mít při stejné energetické hustotě lepší průbojné vlastnosti.

1.3.2.2 Průtlačný model

Průtlačný model je, podobně jako střížný model, vhodný především pro malé a střední rychlosti střel do 1000 m/s u plasticky přetvarovatelných cílů, kde lze předpokládat, že střela při průchodu cílem odtlačuje materiál. Objem vytvořený odtlačení materiálu je pak úměrný průtlačné energii E_p :

$$E_p = C_p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot D \quad [\text{J}] \quad (21)$$

kde d je ráže, D tloušťka desky a C_p součinitel úměrnosti pro daný materiál. Tuto úměrnost je možné pokusně verifikovat v glycerinovém mýdle, které se používá při pokusech v oboru ranivé balistiky. Vypočtené a pokusně naměřené hodnoty se údajně značně shodují. Úměra hlouka vniku střely do materiálu cíle a energetické hodnoty ED , lze vyjádřit vydělíme-li uvedenou rovnici plochou příčného průřezu střely dané ráže.

$$D = \frac{1}{C_p} \cdot ED = C_p^* \cdot ED \quad [\text{m}] \quad (22)$$

Na rozdíl od střížného modelu zde tloušťka probitého materiálu nezávisí na ráži střely. „Průtlačný model lze použít u většiny tvrdých, tvarovatelných materiálů. V praxi je možné stanovit přímý poměr mezi hustotou energie a průbojností, pokud se střely v materiálu chovají obdobným způsobem.“⁷

1.3.2.3 Průstřel tenkých vrstev

Zajímavý jev, se kterým jsem měl možnost pozorovat při praktických balistických testech, nastává při průstřelu pevných cílů tvořených tenkou vrstvou.

⁷ KNEUBUEHL, Beat P. *Balistika: střely, přesnost střelby, účinek*. Vyd. 1. Praha: Naše vojsko, 2004, 235 s. ISBN 80-206-0749-8.

„Předpokládejme, že střela s mezní dopadovou energií E_{mez} se při dopadu na desku právě ještě zastaví. Nepatrné zvýšení dopadové energie na E_0 vede k průstřelu, kdy u střely za deskou zjistíme zbytkovou energii E_{zbyt} . Energie E_{prost} vynaložená na prostřelení desky, se potom vypočte ze vztahu:

$$E_{prost} = E_0 - E_{zbyt} \quad (23)$$

Překvapivě však platí:

$$E_{prost} < E_{mez} \quad (24)$$

Deska v případě průstřelu pohltí méně energie než při zástřelu.“⁷

Vysvětlení tohoto jevu tkví v linii zlomu, která při průstřelu vzniká v desce kolem střelného kanálu. Tato linie zlomu která brání dalšímu předávání energie střely cíli. Střele tedy zbyde větší množství zbytkové energie. Množství energie, kterou stihne střela desce předat závisí na rychlosti s jakou se linie zlomu v materiálu cíle vytvoří a tedy na energii střely. Vzhledem k faktu, že kinetická energie je značně ovlivněna druhou mocninou rychlosti, může být pro vytvoření linie zlomu rozhodující i nepatrné zvýšení či snížení rychlosti střely.

1.3.3 Chování střely v vybraných materiálech

1.3.3.1 Kovy

Charakteristé pro chování střel v kovech je to, že mezní tloušťka prostřelené vrstvy se blíží délce použité střely. Díky tomu nemá střela v kovu možnost změnit své průřezové zatížení natočením do příčné polohy či jiným způsobem. Na rozdíl od měkkých materiálů, u kovů nezávisí tolik mezní podmínky průstřelu na geometrických poměrech dopadu střely na cíl. Budeme-li vycházet z teorie průtlačného modelu, závisí hloubka vniku střely především na hustotě energie. Z toho se dá usuzovat, že mezní podmínky průstřelu v určitém rozsahu téměř nezávisí na ráži střely. Podporu pro toto tvrzení budiž níže uvedená citace.

„Ačkoli má celoplášťová střela ráže 5,56 mm v porovnání se střelou ráže 7,62 mm přibližně poloviční energii, na krátkých dálkách střelby obě střely prostřelí stejně silné ocelové desky. Vzhledem k menší ploše příčného průřezu je hustota energie u střely ráže 5,56 mm prakticky stejná jako u střely 7,62 mm. Podobný vztah můžeme pozorovat i u střel ráží .357 Mag. A .44 Mag.“⁸

Autor zde má pravděpodobně na mysli ráže 5,56 x 45 mm a 7,62 x 39 mm, které v současnosti představují nejrozšířenější střelivo pěchotních zbraní.

Zajímavý rozdíl mezi chováním střel dlouhých a krátkých palných zbraní můžeme pozorovat v případě cíle sestaveného z řady za sebou jdoucích tenkých desek s pravidelnými rozestupy. U dlouhých střel používaných v dlouhých palných zbraních vzniká po průniku první deskou velký polohový úhel, který s sebou přináší snížení účinné hodnoty průřezového zatížení v případě nárazu na následující vrstvy a tudíž snížení celkové hloubky vniku. Tento jev se však zpravidla neprojevuje u střel z krátkých palných zbraní.

1.3.3.2 Sklovité materiály

V případě pronikání skla a sklu podobných materiálů se střely chovají zcela jinak než ve výše uvedených případech, kde byla určující energetické hustoty střely. U sklovitých materiálů je určujícím faktorem jejich lámavost. Linie lomu se zde totiž šíří daleko větší rychlostí než jakou se pohybuje střela. Řádově v tisících m/s. Lomy, které nárazem střely vznikají, tak střelu samotnou předbíhají a ta při svém dalším pronikání cílem naráží již pouze na rozdrcené sklo. Rozhodující je tedy především množství energie, předané v místě dopadu střely na cíl.

⁸ KNEUBUEHL, Beat P. *Balistika: střely, přesnost střelby, účinek*. Vyd. 1. Praha: Naše vojsko, 2004, 235 s. ISBN 80-206-0749-8.

Výše uvedeným jevem je zadržovací schopnost křehkých materiálů značně snížena, ale tento problém se dá řešit pomocí kompozitní konstrukce s využitím materiálu s odlišnými mechanickými vlastnostmi. Jako příklad uveďme vrstvené sklo prokládané plastovými fóliemi nebo keramicko aramidový kompozit. U skla proto o hloubce vniku nerozhoduje energetická hustota, ale především množství energie, předané v místě dopadu střely na cíl.

1.4 Odolnost materiálů balistické ochrany

Jak uvádí Buchar a Oldřich v publikaci Terminální balistika: „*Mechanika nárazu projektilu na materiály ochranných vest, které vesměs mají strukturu textilních materiálů, je založena spíše na analýze experimentů než na modelování, resp. na numerické simulaci těchto procesů.*“⁹ Na základě výše uvedené citace a předcházejících kapitol fyzikálního rozboru problematiky terminální balistiky, který považuji pro účely této práce za dostatečný, se již nebudu dále v této práci věnovat fyzikálnímu popisu odolnosti materiálů balistické ochrany, ale zaměřím se na provedení praktického testu odolnosti vybraných neprůstřelných vest.

⁹ BUCCHAR, Jaroslav a Josef VOLDŘICH. *Terminální balistika*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, 340 s. ISBN 80-200-1222-2.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 NORMA NIJ STANDARD 0101.06

Cílem této normy je stanovit minimální požadavky na odolnost vest a metody testování balistické odolnosti osobních prostředků balistické ochrany určených k ochraně těla proti střelbě. Tato norma je celkově revidovaná verze norma NIJ Standard 0101.04 z roku 2000. Předmětem revize bylo především značení, kritéria přijatelnosti, testovací munice, procedury a další body standardu. Obsahem normy je pouze balistická odolnost a nepostihuje odlišné druhy hrozeb jako jsou nože a ostré předměty, jejichž problematika je řešena jinými normami.

2.1 Klasifikace zbrojí dle normy NIJ

Neprůstřelné vesty obsažené v tomto standardu jsou klasifikovány do sedmi tříd dle úrovně poskytované balistické ochrany. Úroveň hrozby, kterou projektil představuje závisí, mimo jiné, na jejím složení, tvaru, ráži, hmotnosti, úhlu dopadu a dopadové rychlosti. Vzhledem k široké škále projektilů a nábojů dostupných v daném kalibru a z důvodu existence ručně přebíjené munice, zbroje, které úspěšně projdou testováním, nemusí odolat jiné munici stejného kalibru. Například zbroj, která odolá v rámci testování úplné penetraci testovacím projektilem ráže 40 S&W nemusí odolat projektilu ráže 40 S&W o vyšší rychlosti. Obecně platí, že zbroj, která odolá olověné střele nemusí odolat jiným střelám stejné ráže, ale jiné konstrukce.

Zbroje třídy IIIA, které budou předmětem provedeného testu, jsou vhodné pro běžné nošení v základních situacích. Zbroje tříd III a IV, které poskytují ochranu proti vysoce výkonné puškové munici, jsou určeny pro použití v taktických situacích, které si takovou úroveň ochrany vyžadují.

Zbroje, které poskytují dvě a více úrovní ochrany lišící se v různých místech balistického panelu, jsou klasifikovány dle nejnižší třídy odolnosti, kterou poskytují na celé ploše panelu.

2.1.1 Třída I

Zbroje třídy I chrání proti projektilům ráže .22 Long Rifle Lead Round Nose (dále jen LR LRN) o hmotnosti 2,6 g (40 gr) a dopadové rychlosti 320 m/s (1050 ft/s) a menší a proti projektilům ráže .380 ACP Full Metal Jacketed Round Nose (dále jen FMJ RN) o hmotnosti 6,2 g (95 gr) a dopadové rychlosti 312 m/s (1025 ft/s) a menší.

2.1.2 Třída IIA

Zbroje třídy IIA chrání proti projektilům ráže 9 mm FMJ RN o hmotnosti o 8,0 g (124 gr) a dopadové rychlosti 332 m/s (1090 ft/s) a menší a proti projektilům ráže .40 S&W Full Metal Jacketed (dále jen FMJ) o hmotnosti 11,7 g (180 gr) a dopadové rychlosti 312 m/s (1025 ft/s) a menší. Třída IIA poskytuje ochranu samozřejmě také proti hrozbám z třídy I.

2.1.3 Třída II

Zbroje třídy II chrání proti projektilům ráže 9 mm FMJ RN o hmotnosti o 8,0 g (124 gr) a dopadové rychlosti 358 m/s (1175 ft/s) a menší a proti projektilům ráže .357 Magnum Jacketed Soft Point (dále jen JSP) o hmotnosti 10,2 g (158 gr) a dopadové rychlosti 427 m/s (1400 ft/s) a menší. Třída II poskytuje ochranu samozřejmě také proti hrozbám z tříd I a IIA.

2.1.4 Třída IIIA

Zbroje třídy IIIA chrání proti projektilům ráže 9 mm FMJ RN o hmotnosti 8,0 g (124 gr) a dopadové rychlosti 427 m/s (1400 ft/s) a menší a proti projektilům ráže .44 Magnum Jacketed Hollow Point (dále jen JHP) o hmotnosti 15,6 g (240 gr) a dopadové rychlosti 427 m/s (1400 ft/s) a méně. Třída IIIA poskytuje ochranu proti většině pistolových ráží a samozřejmě také proti hrozbám z tříd I, IIA a II.

2.1.5 Třída III

Zbroje třídy III chrání proti projektilům ráže 7,62 mm FMJ bullets (dle značení armády USA M80) o hmotnosti 9,6 g (148 gr) a dopadové rychlosti 838 m/s (2750 ft/s) a menší. Třída III poskytuje ochranu samozřejmě také proti hrozbám z tříd I, IIA, II a IIIA.

2.1.6 Třída IV

Zbroje třídy III chrání proti projektilům ráže .30 Armor Piercing (dále jen AP) (dle zančení armády USA M2 AP) o hmotnosti 10,8 g (166 gr) a dopadové rychlosti 869 m/s (2850 ft/s) a méně. Třída III poskytuje ochranu proti minimálně jednomu zásahu projektily ráží uvedených v třídách I, IIA, II, IIIA, III.

2.1.7 Třída pro speciální případy

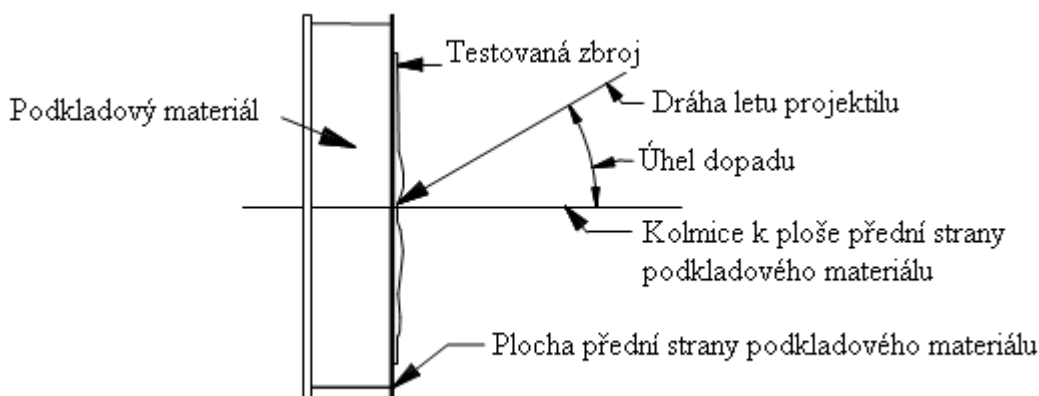
V případě požadavků na jiný stupeň ochrany, než jaký je uveden ve výše uvedených třídách, je nutné specifikovat přesný počet testovacích zásahů a rychlost projektilů. Všechny ostatní aspekty se řídí touto normou.

2.2 Definice pojmů

Pro účely provedení testu a správnou práci s normou je nezbytné definovat následující pojmy.

2.2.1 Úhel dopadu

Úhel mezi dráhou letu projektilu a kolmicí k ploše přední strany podkladového materiálu, jak je znázorněno na obrázku 1.



Obr. 2. Úhel dopadu

2.2.2 Nosič zbroje

Součást zbroje, jejímž účelem je udržovat balistický panel na těle uživatele. Nošič obvykle neposkytuje žádnou balistickou odolnost.

2.2.3 Balistický nosič

Část zbroje, která se obvykle skládá z vnějšího nosiče a vnitřní balistické ochranné vložky.

2.2.4 Testovaná zbroj

Jedna kompletní zbroj, tedy jedna klasická neprůstřelná vesta, balistický nosič nebo dva balistické (přední a zadní) panely.

2.2.5 Průtisk

Hloubka stlačení podkladového materiálu způsobeného nepenetrujícím dopadem střely. Hloubka průtisku se měří od roviny definované přední stranou podkladového materiálu. Pro zbroje testované na vypouklém nebo zakřiveném podkladovém materiálu, se hloubka průtisku měří od roviny definované horními okraji prohlubně vytvořené dopadem.

2.2.6 Podkladový materiál

Homogenní blok netvrdnoucí, modelovací hmoty na olejové bázi, který je v kontaktu se zadní stranou balistického panelu během provádění testu. Modelovací hmota je umístěna v boxu skládajícího se z pevného rámu z dřeva nebo kovu s odnímatelnou dřevěnou zadní stranou. Zadní stěna se nepoužívá v případě testování limitní balistické odolnosti.

2.2.7 Základní balistický limit

Experimentálně získaná, statisticky vypočtená rychlost dopadu, při které se očekává úplná penetrace testovaného vzorku v 50 % případů. Tato rychlost je samozřejmě také rychlostí, při které se očekává 50 % úspěšnost v zastavení projektilu.

2.2.8 Balistický panel

Ochranná složka zbroje nebo nosiče, skládající se převážně z balistických odolných materiálů, které jsou obvykle uzavřeny v nesnímatelém obalu. Balistický panel je většinou možné z neprůstřelné vesty nebo balistického nosiče vyjmout.

2.2.9 Deformace

Maximální okamžitý posun zadní strany testované zbroje způsobený uzatelným zásahem, který neproniknul zbrojí, která byla v přímém kontaktu s podkladovým materiálem.

2.2.10 Uznatelný zásah

Aby byl zásah považován za uznatelný, musí projektil, který dopadl na testovanou zbroj nebo panel pod úhlem dopadu ne větším než $\pm 5^\circ$ z určeného úhlu dopadu, žádný blíže k okraji panelu balistické než 76 mm, a ne blíže k předchozímu zásahu než 51 mm, v nárazu rychlosti do 9,1 m / s (30 ft / s) z požadované rychlosti referenční test.

Kulička, která má vliv na brnění vzorek nebo panelu v úhlu dopadu nesmí být větší než 5 z předpokládaného úhlu dopadu, žádný blíže k okraji panelu balistické než 76 mm (3.0 v) a ne blíže k předchozí hit než 51 mm (2.0 v), při nárazové rychlosti nižší než 7.6 m / s (30 ft / s) pod požadovanou rychlost referenční zkoušky, jejímž výsledkem bude penetrace nebo nadměrné backface podpis.

Kulička, která má vliv na brnění vzorek nebo panelu v úhlu dopadu nesmí být větší než 5 z určeného úhlu dopadu, žádný blíže k okraji panelu balistické než 76 mm (3.0 in), a ne blíže k předchozí hit než 51 mm (2.0 v), v nárazu rychlosti více než 7,6 m / s (30 ft / s) nad požadovanou rychlost referenčního testu, který se neprokáže vniknutí nebo nadměrné backface podpis.

2.2.11 Střela

Publikace Balistika, střely, přesnost střelby, účinek je střela definována tak, že úkolem střely je str 36

2.2.12 Celoplášťová střela FMJ

Celoplášťová střela označovaná jako FMJ (z anglického Full Metal Jacketed) se skládá z olověného jádra, které je s výjimkou dna celé zakryto pláštěm obvykle ze slitiny mědi a zinku.

2.2.13 Balistická vložka

Obvykle odnímatelný, ale někdy také neodnímatelný, díl balistického materiálu, který může být součástí balistické zbroje nebo panelu, sloužící ke zvýšení odolnosti zbroje v určité oblasti.

2.2.14 Celoplášťová střela s dutou špičkou JHP

Střela označovaná jako JHP (z anglického Jacketed Hollow Point) se skládá z olověného jádra s dutinou nebo otvorem v přední části střely a vyjma této dutiny je zcela překrytá pláštěm ze slitiny mědi a zinku.

2.2.15 Poloplášťová střela JSP a SJSP

Střela označovaná jako JSP (z anglického Jacketed Soft Point) je olověná střela pouze částečně překrytá pláštěm ze slitiny mědi a zinku tak, že její přední část je odhalená. Můžeme se setkat také s alternativním označením SJSP (z anglického Semi Jacketed Soft Point).

2.2.16 Olověná střela

Střela vyrobená pouze z olova, které však může být legováno zpevňujícími příměsemi.

2.2.17 Penetrace

Úplná penetrace je kompletní proniknutí testované zbroje nebo panelu zkušebním projektilem jeho fragmentem nebo částí zbroje samotné, které je doloženo přítomností tohoto projektilu nebo fragmentu v podkladového materiálu, nebo v dutině, která prochází zbrojí a podkladovým materiálem. Každý zásah, který nezpůsobí úplnou penetraci je považován částečnou penetraci zbroje.

2.2.18 Poloplášťová střela s dutou špičkou SJHP

Střela označovaná jako SJHP (z anglického Semi Jacketed Hollow Point) se skládá z olověného jádra, které je částečně překryto tombakovým pláštěm. V odhalené olověné špičce střely je vytvořena expanzní dutina.

2.3 Požadavky

2.3.1 Kritéria přijatelnosti

Zbroj splňuje požadavky této normy, pakliže všech šest vzorků splňuje požadavky na zpracování a označení a jestliže každá část této zbroje úspěšně prošla testem na průstřel a průtisk. Každá testovaná zbroj bude také podrobena zkoušce ke stanovení rychlosti základního balistického limitu.

2.3.2 Testovací sekvence

Zkoušky se provádějí v pořadí uvedeném v této normě. Pro zaznamenání a zdokumentování výsledků testů slouží zkušební protokol přiložený v příloze této práce.

2.3.3 Zpracování

Každý testovaný vzorek zbroje musí být bez známek poškození jako jsou sklady, puchýře, trhliny, popraskání, zahýbané nebo ostré hrany nebo jiných známek špatného zpracování. Kromě výše uvedeného musí být všechny vzorky stejné co do vzhledu, velikosti a konstrukce.

2.3.4 Kritéria pro test průstřelu a průtisku

Každá část jednoho kompletního vzorku zbroje musí být otestována na odolnost vůči průstřelu a průtisku také po máčení mokré úpravě v souladu s postupy uvedenými dále. Kompletní penetrace nebo překročení maximální hloubky průtisku 44 mm (1,73 in) uznatelným zásahem je považováno za selhání.

Pokud některý vzorek zbroje selže kdykoli během testování údaje o tomto testovacím výstřelu budou zaznamenány a testování bude pokračovat dokud nebudou všechny požadované zkoušky dokončena. Zbroje tříd I, IIA, II a IIIA navržené tak, že zahrnují odnímatelnou vložku pro dodatečnou ochranu proti průstřelu nebo průtisku v určité oblasti zbroje nebo panelu se zkoušeny bez této vložky.

2.3.5 Testovací vzorky

Počet testovaných vzorků se odvíjí od třídy zbroje viz následující odstavce. Veškeré zbývající vzorky slouží jako rezerva a v případě, že nejsou použity, jsou vráceny výrobci.

2.3.5.1 *Třídy I, IIA, II a IIIA*

Testovací skupina pro ověřovací zkoušku zbrojí tříd I, IIA, II a IIIA by se měla skládat z šesti kompletních zbrojí o rozměrech pro ovod hrudníku 117 cm (46 in) až 122 cm (48 in) u mužů a 107 cm (42 in) až 112 cm (44 in) u žen. Z této skupiny se náhodně vybere pět vzorků, které se použijí pro balistické zkoušky. Čtyři vzorky jsou použity pro ověření průniku a průtisku, a jeden vzorek je využit pro stanovení základního balistického limitu.

2.3.5.2 *Třída III*

Testovací skupina pro ověřovací zkoušku zbrojí třídy III by se měla skládat ze čtyř vzorků balistických panelů nebo vložek nebo panelů ne menších než 254 mm x 305 mm (10 in x 12 in). Z této skupiny jsou náhodně vybrány dva vzorky pro ověření průniku a průtisku a jeden vzorek je použit pro stanovení pro základního balistického limitu.

2.3.5.3 *Třída IV*

Testovací skupina pro ověřovací zkoušku zbrojí třídy IV by se měla skládat z devíti vzorků balistických panelů nebo vložek ne menších než 203 mm x 254 mm (8 in x 10 in). Z této skupiny je náhodně vybráno a použito pro testování osm vzorků. Dva jsou použity pro ověření průniku a průtisku, a nejméně šest vzorků je použito pro stanovení pro základního balistického limitu.

2.3.6 Podkladový materiál

2.3.6.1 *Rám s podkladovým materiálem*

Pro správné testování dle normy je zapotřebí minimálně tři rámy vyplněných podkladovým materiálem. Vnitřní rozměry rámu by měly být 610 mm x 610 mm x 140 mm (24,0 in x 24,0 in x 5,5 in). Tolerance všech rozměrů je 2 mm (0,06 in). Zadní stěna rámu by měla být odnímatelná a zhotovená z dřeva nebo překližky o síle 19,1 mm (0,75 in).

2.3.6.2 Konstrukce rámu

Rám by měl být vyroben z kovu nebo pevného dřeva, nejlépe s kovovým předním okrajem pro lepší upravitelnost povrchu přední plochy podkladového materiálu. Podkladový materiál musí být do rámu zapracován s co nejmenším možným počtem dutin. Povrch podkladového materiálu musí být seříznut nebo, utlučen či jinak upraven tak, aby byl hladký, rovný a v jedné rovině s hranou čelní strany rámu. Jako podkladový materiál byla stanovena netvrdnoucí, modelovací hmota na olejové bázi označovaná v normě jako Roma Plastilina No.11, která je dostupná v prodejnách s výtvarnými potřebami. V zájmu srovnatelnosti je tato modelovací hmota použita jako podkladový materiál ve všech testech tohoto standardu.

2.3.6.3 Výměna podkladového materiálu a identifikace

Podkladový materiál by měl být obměňován minimálně jednou ročně a datum výměny by mělo být uvedeno na rámu.

2.4 Testovací metody

Tato část představuje formální zkušební postup pro stanovení průstřelu a průtisku a základního balistického limitu osobních zbrojí určených pro ozbrojené složky a pořádkové síly. Níže je specifikováno vybavení a technické prostředky povolené k použití a certifikované testovací prostředky, které mohou být použity k testování zbrojí předložených k testu průstřelu a průtisku a stanovení základního balistického limitu. K dodržení této normy, musí každá předložená zbroj úspěšně projít oběma částmi zkoušky. První část zkoušky, test průstřelu a průtisku, je určen pro měření celkové balistické odolnosti zbroje. Druhá část zkoušky, stanovení základního balistického limitu, je test průniku projektilu a selhání zbroje navržený tak, aby bylo možné statisticky měřit penetrační výkon. Žádná další kritéria nejsou v této části zkoušky obsažena.

Střelivo

S výjimkou ráže .22 LR, může být v testu P-BFS použita ručně laborované střelivo. Střely jsou uvedeny v tabulce 3. V případě použití ručně laborovaného střeliva musí být před každou testovací sérií provedeno pro každou použitou hrozbu 10 kontrolních výstřelů. Aritmetický průměr rychlostí těchto 10 výstřelů musí odpovídat referenčním hodnotám uvedeným v tabulce 3. Maximální přípustná odchylka od referenční hodnoty je ± 3 m/s (10 ft/s). Jednotlivé výstřely se pak mohou od referenční hodnoty lišit až o ± 9 m/s (30 ft/s). Výsledky kontrolního měření rychlostí musí být zaznamenány ve zkušebním protokolu.

Tab. 1. Přehled tříd balistické odolnosti dle NIJ 0101.04

US STANDARDS NIJ 0101.04					
Třída	Hrozba	Ráže	Typ střely	Hmotnost	Minimální rychlost projektilu.
I	1	.38 Special	RN Olověná	10,20 g	259 m/s
	2	.22	LRHV Olověná	2,60 g	320 m/s
II-A	1	.357 Magnum	JSP	10,20 g	381 m/s
	2	9 mm	FMJ	8,00 g	332 m/s
II	1	.357 Magnum	JSP	10,20 g	425 m/s
	2	9 mm	FMJ	8,00 g	358 m/s
III-A	1	.44 Magnum	Lead SWC	15,55 g	426 m/s
	2	9 mm	FMJ	8,00 g	426 m/s
III		7,62 mm Win.	FMJ	9,70 g	838 m/s
IV		.30-06	AP	10,80 g	868 m/s
AP: Průbojná střela RN: Ogivální střela LRHV: Pušková, vysokorychlostní			JSP: Poloplášťová střela FMJ: Celoplášťová střela SWC: Prosekávací střela s plochou špičkou		

Zkušební zbraň

Jako zkušební zbraň musí být použity hlavně ANSI/SAAMI určené pro testování rychlosti. Zkušební hlavně musí být upevněny v univerzálním závěru ANSI/SAAMI, případně k jinému upínacímu zařízení, které je pro tento účel schváleno NIJ. Závěr musí být upevněn ke stolu nebo jiné dostatečně hmotné základně tak, aby bylo zajištěno přesné zacílení opakovaných výstřelů. S výjimkou testování v rámci speciální třídy nejsou k testům použity žádné palné zbraně.

2.4.1.1 Zařízení pro měření rychlosti

Požadavky

Rychlost testovacích střel musí být určena pomocí dvou nezávislých sad přístrojů. Rychlosti z každé sady přístrojů se zaznamenají a následně se vypočte a zaznamená také jejich aritmetický průměr. Jednotlivé naměřené rychlosti z obou zařízení by se neměly lišit o více než 3 m/s (10 ft/s), aby mohly být považovány za uznatelné. Pokud nebylo uvedené korelace, musí být zkušební rychlosti získané z největších odchylek přístrojů.

Zařízení

Doporučené typy zařízení pro měření rychlosti jsou:

- (a) Zařízení na bázi fotoelektrického jevu.
- (b) Zařízení na bázi spínaného elektrického obvodu.
- (c) Zařízení na bázi přerušovaného elektrického obvodu.
- (d) Balistický radar.

Nezávislé soubory naměřených hodnot rychlosti musí být získány vždy pomocí dvou dvou zařízení. Minimální měřitelná hodnota všech digitálních zařízení musí být 0,3 m/s (1,0 ft/s).

Konfigurace

Spínač prvního chronografu musí být umístěna minimálně $2 \text{ m} \pm 3 \text{ mm}$ ($78,7 \text{ in} \pm 0,12 \text{ in}$) od ústí zkušební hlavě. Snímače musí být uspořádány tak, aby představovaly svislé roviny kolmé k dráze letu střely, a upevní být upevněny takovým způsobem, aby byla zachována jejich rozteč s přesností na 1 mm (0,04 in).

Kalibrace

Přístroje pro měření rychlosti musí být kalibrovány podle pokynů výrobce před každou certifikací nebo recertifikací zkušební laboratoře NIJ, podle doporučení výrobce zařízení případně pravidelně každý rok. Protokol kalibrace přístrojů musí být archivován a zpřístupněn na vyžádání NIJ CTP. Všechny kalibrační postupy a hodnoty musí mít návaznost na požadavky NIST.

2.4.1.2 Příprava podkladového materiálu

Podkladový materiál musí být do rámu zapracován tak, jak bylo uvedeno dříve s rovnou přední plochu pro přesné a konzistentní měření hloubky průtisku. Pro vyplnění dutin a opravu původního povrchu by měla být použita rezervní modelovací hmota.



Obr. 3. Přední strana boxu s připraveným podkladovým materiálem

2.4.1.3 Požadavky na testované zbroje

Všechny testovné zbroje by měly být vystaveny podmínkám prostředí střelnice po dobu minimálně 12 hodin. Všechny testované zbroje budou testovány ve svém finálním provedení určeném koncovému uživateli, včetně všech systémových komponent jako jsou nosiče a popruhy. Výjimku tvoří trauma vložky, které budou před kondicionováním odebrány.

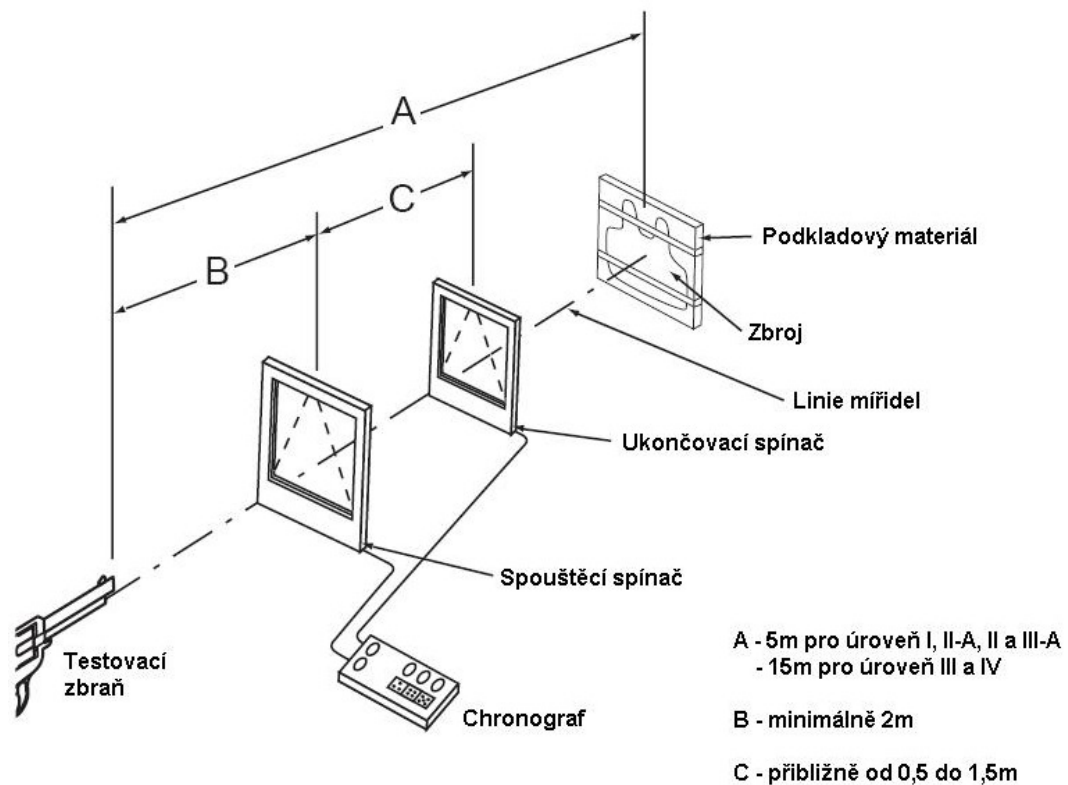
2.4.1.4 Konfigurace testovací střelnice

Prosřední testu

Pokud není uvedeno jinak, jsou podmínky testovacího prostředí následující: Teplota: $21\text{ °C} \pm 2,9\text{ °C}$ ($70\text{ °F} \pm 5\text{ °F}$). Relativní vlhkost: $50\% \pm 20\%$. Podmínky budou zaznamenány před a po testu každé zbroje (12 výstřelů).

Příprava střelnice

Nastavit zkušební vybavení tak, jak je znázorněno na obrázku (Obr. 4.). Použijte testovací hlavěň vhodnou pro střelivo požadované k testování zbroje dle tabulky (Tab. 1.), upevněnou vhodným přípravkem ve vodorovné poloze. Rozměry A a B se jsou stanoveny od ústí hlavně. Rám s podkladovým materiálem musí být pevně držen vhodným stojanem, který umožňuje vertikální i horizontální posun celé sestavy, aby mohla být zaměřena zkušební hlavní. Měření vzdáleností A a B musí být provedena s tolerancí $\pm 25\text{ mm}$. Veškeré elektronické vybavení je zapnuto tak, aby mu bylo umožněno zahřátí se na stabilní provozní teplotu.



Obr. 4. Rozmístění zkušební sestavy¹⁰

2.4.1.5 Příprava testu

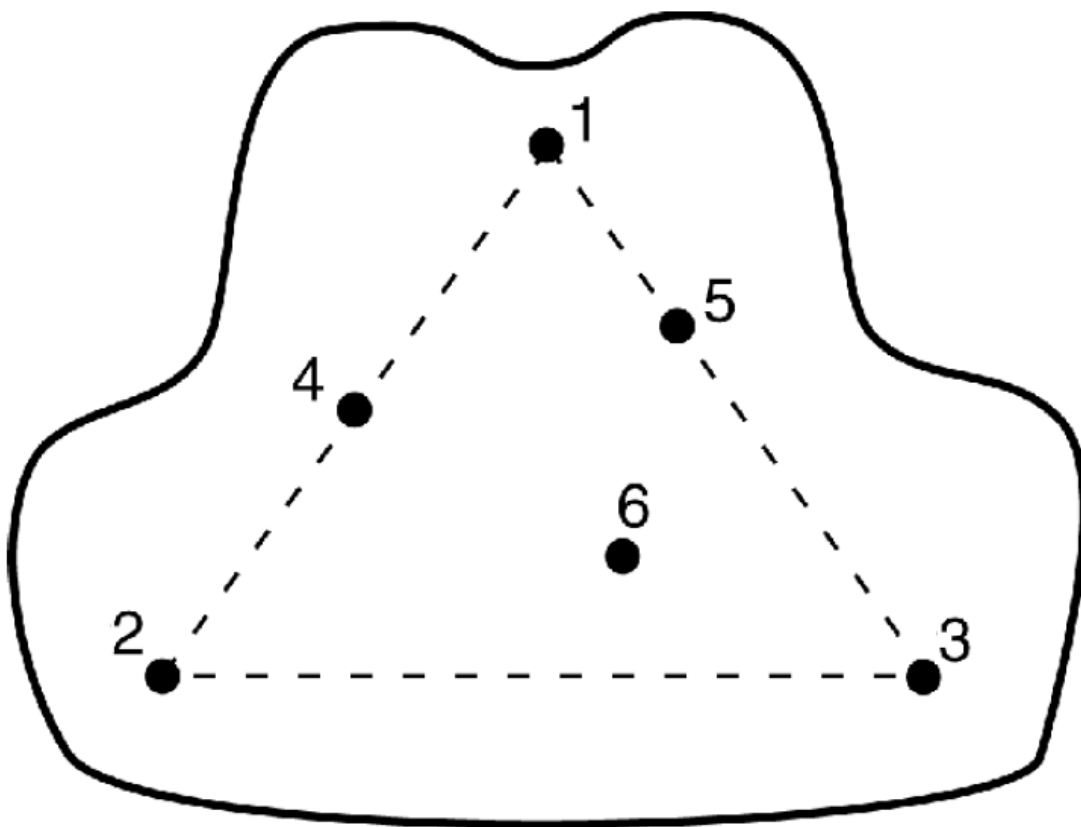
Stabilizace testovací hlavně

Vyberte požadovaný zkušební náboj pro třídu zbroje dle tabulky (Tab. 1.). Počínaje hrozbou číslo jedna, vystřelte s použitím vhodného zaměřovacího zařízení (např. zaměřovací laser). nejméně tři náboje předběžné zkoušky k zajištění, že první testovací výstřel zasáhne cíl tak jak má. Tato testovací výstřely slouží rovněž k zahřátí a stabilizaci teploty hlavně před dalším testováním. V případě použití ručně laborované munice, vystřelte před samotným testem deset ověřovacích ran a výsledek zaznamenejte.

¹⁰ Převzato a přeloženo z *NIJ Standard-0101.04 : Ballistic Resistance of Personal Body Armor*. Acting Director Julie E. Samuels. Washington (DC) : 2000. 67 s.

Označení lokací zásahu

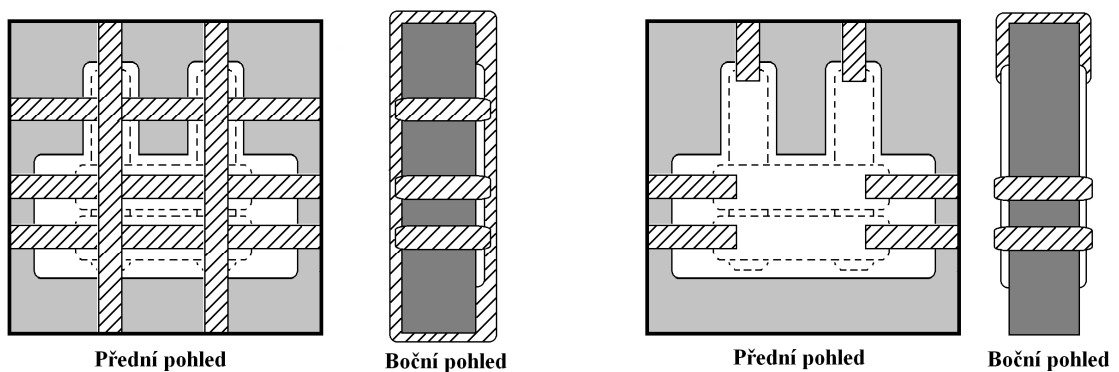
Jasně označte předpokládané body zásahu přímo na vzorku (obr. 5) při dodržení kritérií rozestupů uvedených dříve.



Obr. 5. Rozmístění bodů zásahu na obecném panelu zbroje (přední a zadní)

Upevnění zbroje

Testované zbroje nebo panely budou k podkladu upevněny pomocí 51 mm širokých elastických popruhů se suchými zipy. Detail a způsob upevnění je vidět na obrázku níže (Obr. 6). Umístění popruhů je takové, aby nezasahovaly do cílových bodů. Tužkou nebo jiný vhodným nástrojem se lehce vyznačí obrys vzorku na podkladový materiál k dokumentaci původní pozice vzorku.



Obr. 6. Způsoby upevnění zbroje

2.4.2 Test průstřelu a průtisku

Všechny zbroje předložené pro testování splnění kritérií této normy podstoupí sérii balistických zkoušek za použití munice uvedené dále. V tomto testu se měří dva průtisky a zároveň se demonstruje schopnost zbroje odolat průstřelu. Tato část zkoušky vyžaduje použití plasticky deformovatelného svědeckého médie (modelovací podkladová hmota), které je v přímém kontaktu se zadním povrchem testovaného vzorku. Tato konfigurace se používá k zaznamenání a změření hloubky průtisku v podkladového materiálu při nepronikajícím dopadu projektilu. Použití modelovací hmoty jako podkladového materiálu a s tím spojené měření hloubky průtisku neodráží, nepředstavuje a ani neduplikuje fyzikální vlastnosti lidského trupu nebo jeho fyzickou reakci na tento druh podnětu.

2.4.2.1 Testovací sekvence pro zbroje třídy I, IIA, II, a IIIA

Požadavky

Aby byla testovací sekvence považována za kompletní je nutné dosáhnout následujících požadovaných výsledků.

- (a) Čtyři vzorky kompletní zbroje, sestávající buď ze sady předního a zadního panelu nebo jedne celé zbroje, vždy dvě zbroje na jednu zkušební hrozbu.
- (b) Šest uznatelných zásahů na balistický panel nebo plochu zbroje (přední nebo zadní), čtyři panely (dva přední a dva zadní) nebo dvě zbroje pro každou zkušební hrozbu, celkem tedy 24 uznatelných zásahů na zkušební hrozbu a celkem 48 zásahů pro splnění testu.
- (c) Průtisk ze dvou zásahů kolmo na plochu zbroje v každém panelu zbroje, celkem 16 měření na jednu sekvenci testu. Pro každý panel by měly být změřeny průtisky pro zásah číslo 1. Druhý průtisk se měří v místě uznatelného zásahu s nejvyšší naměřenou rychlostí střely bodech zásahu číslo 2 a 3.

Kritéria přijatelnosti pro splnění testu penetrace a průtisku

- (a) Balistický panel nemá být perforován střelou, fragmentem střely nebo zbroje.
- (b) Žádný naměřený průtisk nesmí být větší než 44 mm.

Konfigurace testovací střelnice

Umístěte přední stranu podkladového materiálu $5\text{ m} \pm 25\text{ mm}$ od ústí zkušební hlavně (Obr. 4.). Umístěte zařízení pro měření rychlosti střely podle obrázku výše (Obr. 5.), do bodu B. Připravte požadované zkušební střelivo. Proveďte ověření ručně laborované munice dle požadavků specifikovaných dříve, nebo vystřelte dostatečný počet nábojů v rámci předběžné zkoušky (minimálně tři), abyste se ujistili, že střela zasáhne testovanou zbroj rychlostí odpovídající určenému rozsahu. Použijte vhodný zaměřovací systém, abyste zajistili řádné umístění zkušební střely.

Příprava vzorku, upevnění a střelba

Umístěte vzorek na povrch podkladu tak, aby s ním zadní strana panelu byla v těsném kontaktu a omezte pohyb panelu ze své původní polohy jeho zabezpečením elastickými popruhy se suchým zipem o šíři 51 mm. Tužkou nebo jiný vhodný nástrojem lehce vyznačte obrys vzorku na podklad pro dokumentaci jeho původní pozice.

Popruhy musí být umístěny tak, aby zabránily pohybu panelu z jeho původní polohy, takže čelní strana zůstane vystavena dopadu. Pokud jsou upínací popruhy nedílnou součástí zbroje, může výrobce dodat tyto testované zbroje s rozšířenými popruhy tak, aby bylo možné upevnit zbroj na podklad jako celek.

Umístíme podklad se zbrojí tak, abychom zajistili správný dopad projektilu pod nulovým úhlem do bodu 1, jak je znázorněno na obrázku výše (Obr. 5.).

Testovací výstřel č. 1: Vystřelíme první projektil proti testovanému balistickému panelu do bodu 1 (Obr. 5) a zaznamenáme rychlost. Prohlédněme si balistický panel a podklad, abychom určili, zda byl zásah uznatelný a zda nedošlo k úplné penetraci. Pakliže nedošlo k penetraci a zásah splňuje kritéria uznatelnosti, změříme a zaznamenáme hloubku průtisku vzniklého v podkladu. Pokud je to pro přesné změření hloubky průtisku nutné, můžeme upravit povrch podkladu tak, ať obnovíme původní rovinu.

V případě, že nedošlo k úplné penetraci, ale zásah nespĺňuje kritéria uznatelnosti, je proveden druhý pokus k dosažení uznatelného zásahu. Druhý pokus je proveden do stejné oblasti jako první, ale více než 51 mm od předchozího zásahu a více než 76 mm od jakéhokoliv okraje panelu. Jestliže není dosaženo uznatelného zásahu ani na druhý pokus, musí být testovací série přerušena a je připraven nový balistický panel. Testovací série se opakuje od začátku. Žádný testovaný balistický panel nesmí obsahovat více než osm zásahů.

Upevníme testovaný balistický panel zpět do původní polohy pomocí vyznačeného obrysu. Vzniklý průtisk neopravujeme ani jinak neopravujeme podkladový materiál. Také neodstraňujeme projektil zachycený v balistickém panelu. Při provádění zbytku testovací série ověříme po každém výstřelu, že zásah splňuje kritéria uznatelnosti a že nedošlo k úplné penetraci a upravíme vzorek před dalším výstřelem.

Testovací výstřel č. 2: Umístíme podklad se zbrojí tak, abychom zajistili správný dopad projektilu pod nulovým úhlem do bodu 2 (Obr. 5.). Provedeme testovací výstřel. Neměníme pozici balistického panelu na podkladu, ale pouze upravíme panel a upevňovací popruhy tak, abychom obnovili původní stav. Neodstraňujeme z panelu žádné zachycené projektily a neopravujeme průtisky v podkladu.

Testovací výstřel č. 3: Umístíme podklad se zbrojí tak, abychom zajistili správný dopad projektilu pod nulovým úhlem do bodu 3 (Obr. 5.). Provedeme testovací výstřel. Neměníme pozici balistického panelu na podkladu, ale pouze upravíme panel a upevňovací popruhy tak, abychom obnovili původní stav. Neodstraňujeme z panelu žádné zachycené projektily a neopravujeme průtisky v podkladu.

Testovací výstřel č. 4: Umístíme podklad se zbrojí tak, abychom dosáhli definovaného úhlu dopadu 30° , který je svírán kolmicí na plochu panelu dráhou letu projektilu (obr. 1), a bychom zajistili, že projektil zasáhne panel bodě 4 (Obr. 5.). Provedeme testovací výstřel. Neměníme pozici balistického panelu na podkladu, ale pouze upravíme panel a upevňovací popruhy tak, abychom obnovili původní stav. Neodstraňujeme z panelu žádné zachycené projektily a neopravujeme průtisky v podkladu.

Testovací výstřel č. 5: Umístíme podklad se zbrojí tak, abychom dosáhli definovaného úhlu dopadu 30° , který je svírán kolmicí na plochu panelu dráhou letu projektilu (Obr. 2.), a bychom zajistili, že projektil zasáhne panel bodě 5 (Obr. 5.). Provedeme testovací výstřel. Neměníme pozici balistického panelu na podkladu, ale pouze upravíme panel a upevňovací popruhy tak, abychom obnovili původní stav. Neodstraňujeme z panelu žádné zachycené projektily a neopravujeme průtisky v podkladu.

Testovací výstřel č. 6: Umístíme podklad se zbrojí tak, abychom zajistili správný dopad projektilu pod nulovým úhlem do bodu 6 (Obr. 5.). Provedeme testovací výstřel. Sundáme panel z podkladu a důkladně je prozkoumáme zda nedošlo k úplné penetraci projektilem nebo jeho fragmenty.

Měření druhého průtisku: Určíme, který ze zásahů 2 a 3 byl rychlejší a jeho průtisk budeme měřit. Pokud je to pro přesné měření nutné, upravíme povrch podkladu tak, ať obnovíme původní rovinu a změříme a zaznamenáme hloubku průtisku rychlejšího zásahu.

2.4.2.2 Testovací sekvence pro zbroje třídy III

Požadavky

- (a) Jeden vzorek kompletní zbroje, nebo dva až šest hlavních balistických panelů, plátů nebo vložek, pokud jsou ze zbroje odnímatelné.
- (b) Šest uznatelných zásahů každého hlavního balistického panelu, plátu nebo vložky, tedy celkem 12 zásahů na jeden vzorek zbroje.
- (c) Změření hloubky průtisku ze zásahu do bodu 1 a z nejvyšší naměřené rychlosti ostatních zásahů každého balistického panelu, plátu nebo vložky.

Kritéria přijatelnosti pro splnění testu penetrace a průtisku

- (a) Balistický panel nemá být perforován střelou, fragmentem střely nebo zbroje.
- (b) Žádný naměřený průtisk nesmí být větší než 44 mm.

Konfigurace testovací střelnice

Umístěte přední stranu podkladového materiálu $15 \text{ m} \pm 25 \text{ mm}$ od ústí zkušební hlavně (Obr. 4.). Umístěte zařízení pro měření rychlosti střely podle obr. 6, do bodu B. Připravte požadované zkušební střelivo. Proveďte ověření ručně laborované munice dle požadavků specifikovaných dříve, nebo vystřelte dostatečný počet nábojů v rámci předběžné zkoušky (minimálně tři), abyste se ujistili, že střela zasáhne testovanou zbroj rychlostí odpovídající určenému rozsahu. Použijte vhodný zaměřovací systém, abyste zajistili řádné umístění zkušební střely.

Příprava vzorku, montáž a střelby

U zbrojí využívajících pevné panely nebo pláty tvarované tak, že se nejsou v plném kontaktu s povrchem podkladu, je možné přidat podkladový materiál tak, aby výsledný podklad kopíroval zadní stranu panelu.

Vyznačte na přední straně balistického panelu, plátu nebo vložky šest oblastí zásahu rovnoměrně rozložených tak, aby splňovaly kritéria rozteče minimálně 76 mm od jakéhokoliv okraje ke středu a 51 mm od všech ostatních oblastí zásahu (měřeno střed od středu).

Umístěte vzorek na povrch podkladu tak, aby s ním zadní strana panelu byla v těsném kontaktu a omezte pohyb panelu ze své původní polohy jeho zabezpečením elastickými popruhy se suchým zipem o šíři 51 mm.

Popruhy musí být umístěny tak, aby nepřekrývaly oblasti zásahu ale zároveň aby neumožnily posun panelu po podkladu při zásahu. Pokud jsou upínací popruhy nedílnou součástí zbroje, může výrobce dodat tyto testované zbroje s rozšířenými popruhy tak, aby bylo možné upevnit zbroj na podklad jako celek.

Testovací sekvence: Provedeme všech šest výstřelů ve stejném pořadí jako v testovací sekvenci pro zbroje třídy I, IIA, II, a IIIA s tím rozdílem, že všechny zásahy jsou vedeny pod úhlem 0° .

Při testování druhého hlavního panelu zbroje opakujeme výše uvedený postup.

2.4.2.3 Testovací sekvence pro zbroje třídy IV

Požadavky

- (a) Jeden vzorek kompletní zbroje, nebo dva hlavní balistické panely, pláty nebo vložky, pokud jsou ze zbroje odnímatelné.
- (b) Jeden uznatelný zásah každého hlavního balistického panelu, plátu nebo vložky, tedy celkem dva zásahy na jeden vzorek zbroje.
- (c) Změření hloubky průtisku obou zásahů.

Kritéria přijatelnosti pro splnění testu penetrace a průtisku

- (a) Balistický panel nesmí být perforován projektilem, fragmentem projektilu nebo zbroje.
- (b) Žádný naměřený průtisk nesmí být větší než 44 mm.

Konfigurace testovací střelnice

Umístěte přední stranu podkladového materiálu $15\text{ m} \pm 25\text{ mm}$ od ústí zkušební hlavně (obr. 4). Umístěte zařízení pro měření rychlosti střely podle obr. 6, do bodu B. Připravte požadované zkušební střelivo. Proved'te ověření ručně laborované munice dle požadavků specifikovaných dříve, nebo vystřelte dostatečný počet nábojů v rámci předběžné zkoušky (minimálně tři), abyste se ujistili, že střela zasáhne testovanou zbroj rychlostí odpovídající určenému rozsahu. Použijte vhodný zaměřovací systém, abyste zajistili řádné umístění zkušební střely.

Příprava vzorku, montáž a střelby

U zbrojí využívajících pevné panely nebo pláty tvarované tak, že se nejsou v plném kontaktu s povrchem podkladu, je možné přidat podkladový materiál tak, aby výsledný podklad kopíroval zadní stranu panelu.

Vyznačte na přední straně balistického panelu, plátu nebo vložky šest oblastí zásahu rovnoměrně rozložených tak, aby splňovaly kritéria rozteče minimálně 76 mm od jakéhokoli okraje ke středu a 51 mm od všech ostatních oblastí zásahu (měřeno střed od středu).

Umístěte vzorek na povrch podkladu tak, aby s ním zadní strana panelu byla v těsném kontaktu a omezte pohyb panelu ze své původní polohy jeho zabezpečením elastickými popruhy se suchým zipem o šíři 51 mm.

Popruhy musí být umístěny tak, aby nepřekrývaly oblasti zásahu, ale zároveň aby neumožnily posun panelu po podkladu při zásahu. Pokud jsou upínací popruhy nedílnou součástí zbroje, může výrobce dodat tyto testované zbroje s rozšířenými popruhy tak, aby bylo možné upevnit zbroj na podklad jako celek.

Testovací sekvence: Provedeme jeden výstřel do středu panelu a zaznamenáme rychlost. Prohlédněme si balistický panel a podklad, abychom určili, zda byl zásah uznatelný a zda nedošlo k úplné penetraci. Pokud zásah nesplňuje kritéria uznatelnosti, musí být test opakován s jiným balistickým panelem. Pakliže nedošlo k penetraci a zásah splňuje kritéria uznatelnosti, změříme a zaznamenáme hloubku průtisku vzniklého v podkladu. V případě, že hloubka průtisku splňuje požadavky dané normou, přistoupíme k testu druhého panelu..

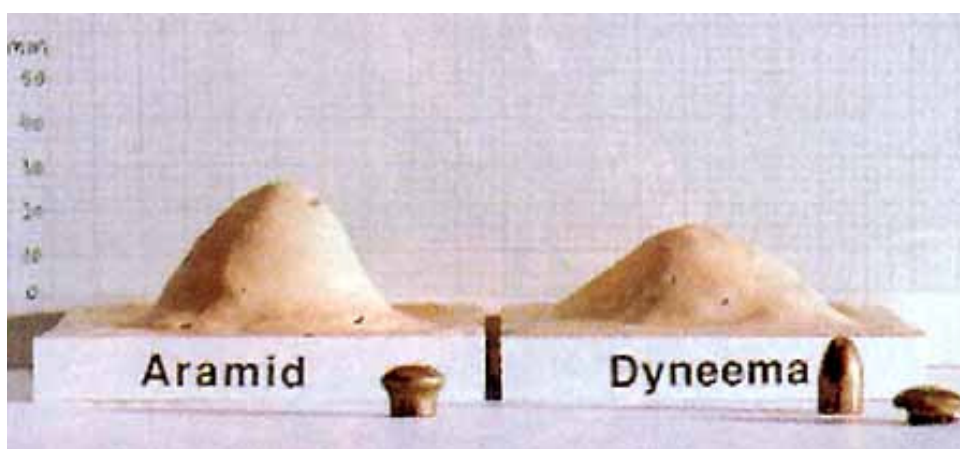
Při testování druhého hlavního panelu zbroje opakujeme výše uvedený postup.

2.4.2.4 Testování speciálních případů

Jestliže je testovaná zbroj vyrobena převážně z měkkých materiálů (např. textilie), použijeme testovací sekvenci pro zbroje třídy I, IIA, II, a IIIA. V případě, že je testovaná zbroj tvořena převážně pevnými panely, jako jsou kovové nebo keramické desky s malým množstvím textilie působící jako trauma vložka a pro zachycení případných fragmentů uvolněných z balisticky odolného prvku, použijeme testovací sekvenci pro zbroje třídy III, případně IV, v závislosti na proklamované třídě balistické odolnosti.

3 TESTOVANÉ ZBROJE

Při práci na své bakalářské práci, ve které jsem se mimo jiné zabýval srovnáním dvou nejrozšířenějších materiálů používaných pro výrobu prostředků balistické ochrany, jsem se setkal s tvrzením, že novější materiály na bázi vysokopevnostních polyethylenů, jako je například Dyneema, vykazují menší hloubku průtisku. Jako ilustrace k tomuto tvrzení měl sloužit níže uvedený snímek (Obr. 7.) odlitků dvou průtisků. Bohužel zdroj neuváděl o jaké konkrétní materiály se jedná, kolik vrstev měla testovaná zbroj, jaký byl druh použité munice a ani jaký podkladový materiál byl pro test použit.



Obr. 7. Srovnání zastavovacích účinků aramidů (Kevlaru) a Dyneemy¹¹

Až s odstupem času a po získání porovnatelných vzorků mohu provést vlastní praktické srovnání zbrojí na bázi Kevlaru a Dyneemy. Vzhledem k rozšířenosti ručních palných zbraní výkonných ráží jsem zvolil nejvyšší třídu měkké zbroje tedy IIIA. Dle mého názoru poskytuje tato zbroj díky odolnosti proti výkonným pistolovým rážím ideální poměr mezi poskytovanou ochranou a přijatelným komfortem užívání. Pro účely testu budou použity pouze samostatné balistické panely.

¹¹ OCHRANNÉ VESTY [online]. [2007] [cit. 2008-10-15]. Dostupný z WWW: <strelnice-zlin.hyperlink.cz/zajimavosti/020103/>.

3.1 Balistický panel na bázi Kevlaru

Kevlar patří v současnosti stále mezi nejrozšířenější materiály využívané k balistické ochraně vydobyl si pozici etalonu, se kterým jsou ostatní materiály tohoto určení porovnávány. Proto jej nemohu v této práci opomenout.

3.1.1 Specifika materiálu Kevlar

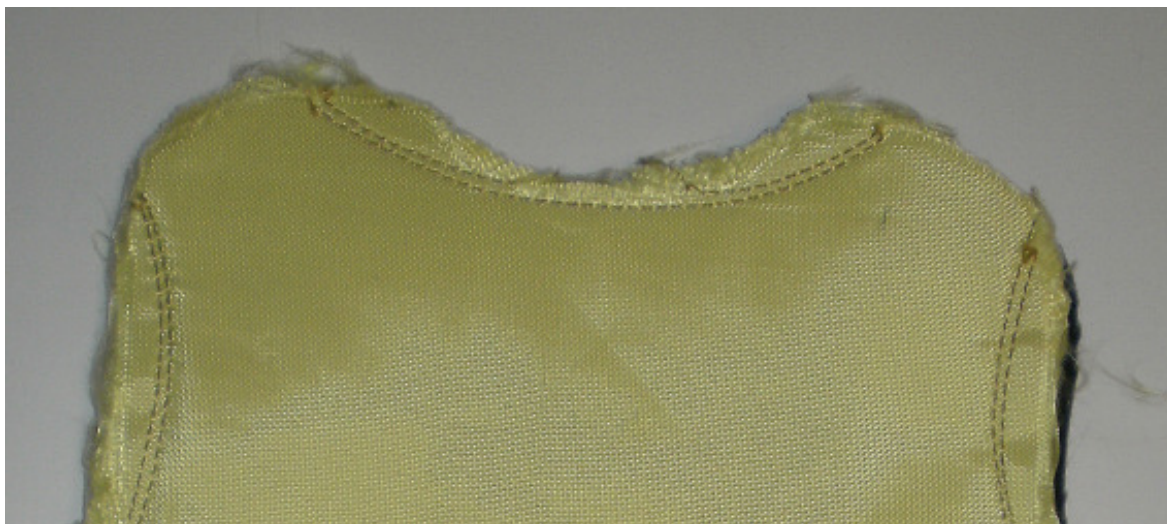
Jak jsem uvedl ve své bakalářské práci: „Kevlar patří mezi tzv. aramidy, což je zkrácený souhrnný název pro aromatické polyamidy. Tyto sloučeniny vytvářejí molekulové řetězce benzenových jader (C_6H_6) a amidových skupin (NH_2), které jsou spojeny silnými molekulárními vazbami. Benzenová jádra představují hexagonální struktury atomů uhlíku, na které se mohou vázat další atomy či skupiny. V případě řetězení molekul velmi záleží i na vzájemném postavení vazeb výsledného polymeru. V případě Kevlaru se vazby nalézají v protilehlých rozích, jedná se tedy o para-aramid.“¹²

Vysoká vzájemná soudržnost molekulových řetězců je dána vodíkovými můstky, kterými jsou spojeny. Samotné vodíkové můstky jsou poměrně slabé, ale mezi dlouhými vysoce orientovanými molekulovými řetězci je jich velké množství. Slabinou této chemické vazby je jí snadné narušení molekulami vody, která tak dokáže ochranné vlastnosti kevlarových balistických panelů značně snížit.

3.1.2 Konstrukce balistického panelu

Testovaný balistický panel se skládá z 30 vrstev tkaniny Kevlaru 129 a dvou vrstev trauma tlumiče, jehož složení si výrobce nepřeje publikovat. Jednotlivé vrstvy Kevlaru jsou sešity na okrajích jak je vidět na níže uvedeném obrázku (Obr. 8.)

¹² KRUPICA, Dalibor. Studie využití prostředků balistické ochrany v SBS. Zlín, 2009. 65 s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Ján Ivanka.



Obr. 8. Detail sešití na okrajích

Celek je zašitý v textilním pouzdře, které částečně chrání balistický materiál před povětrnostními vlivy jako jsou vlhkost a přímé sluneční záření, především pak jeho UV složku, a slouží k lepší manipulaci.

3.2 Balistický panel na bázi Dyneemy

Alternativou Kevlaru, která se v poslední době dostává stále více do popředí, je materiálem Dyneema nizozemské chemické skupiny DSM. Dyneema se, podobně jako Kevlar, využívá jak pro flexibilní tak rigidní prvky balistické ochrany a rozděluje se na Dyneema Soft Ballistic (dále jen SB), která se používá pro výrobu vest a oděvů poskytujících ochranu proti krátkým palným zbraním a nožům, a Dyneema Hard Ballistic (dále jen HB) která se používá do balistických vložek a přileb určených k ochraně proti vážnějším hrozbám jakými jsou například projektily dlouhých zbraní a střepiny z nástražných systémů.

3.2.1 Specifika materiálu Dyneema

Chemickému složení Dyneemy jsem se věnoval již dříve v bakalářské práci: „*Základním stavebním kamenem Dyneemy je polyethylen (dále jen PE). Jedná se o termoplast, který vzniká polymerací ethenu nebo-li ethylenu (C_2H_4), jedné ze základních surovin chemického průmyslu. PE je v současnosti nejpoužívanějším polymerem na světě a díky němu předčila v roce 1979 produkce plastů celosvětovou výrobu oceli, odhadovanou roční produkcí více než 60 milionů tun.*

*Technologický postup výroby vlákna Dyneema je patentově chráněn od roku 1979 a spočívá ve změně orientace a stavby molekulových řetězců PE vlákna s ultravysokou molekulovou hmotností (UHMV-PE). Tento výchozí materiál se při tzv. gelovém předení (HPPE proces) nejprve namočí do rozpouštědla, čímž se rozpustí jeho molekuly tvořící shluky s malou soudržností. Při následném předení se shluky narovnají a spojí do pevných provazců, které se ještě vyrovnají do směru vlákna při jeho natažení a ochlazení. Vznikne tak vlákno s vysokou houževnatostí a pevností v tahu, s makromolekulární orientací vyšší než 95%. Gelové předení je tedy proces, který závisí na mechanických a fyzikálních parametrech a nikoliv na chemických.*¹³

Co do chemických vlastností je Dyneema, na rozdíl od Kevlaru, velice odolná proti vodě, vlhkosti, a UV záření. Tyto vlastnosti jsou dány tím, že řetězce neobsahují chemické skupiny amidů (NH_2) ani hydroxylové skupiny (OH^-), které jsou citlivé na působení agresivních látek.

Ve fyzikálních vlastnostech překonává Dyneema Kevlar v pevnosti v tahu, vyšším modulem pružnosti, nízkou hustotou (990 kg.m^{-3}) a tudíž i hmotností výsledného balistického panelu. Naopak Dyneema zaostává v odolnosti proti vysokým teplotám, kde její pevnost v tahu klesá již při teplotách nad $+ 80 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.2.2 Konstrukce balistického panelu

Na rozdíl od tkaného Kevlaru je Dyneema tvořena archy složenými z rovnoběžně uložených vláken, která jsou spředená z filamentů vysokopevnostního polyetylenového polymeru a spojena polyethylenovým voskem. Dva archy jsou pak položeny přes sebe, tak aby jejich vlákna navzájem svírala pravý úhel, opět spojeny polyethylenovým voskem a následně umístěny mezi dva archy polyetylenové fólie. Z výsledného archu se vyřezávají díly požadovaného tvaru a vrství se na sebe podle potřeby.

¹³ KRUPICA, Dalibor. Studie využití prostředků balistické ochrany v SBS. Zlín, 2009. 65 s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Ján Ivanka.

Testovaný balistický panel tvoří 34 vrstev materiálu Dyneema a 1 mm makrolonu, což je polykarbonát patří do skupiny termoplastických polymerů, který slouží jako trauma tlumič tím, že rozloží působení dopadové síly na větší plochu.

Celek je, stejně jako v případě Kevlarového balistického panelu, zašitý v textilním pouzdře, které však v tomto případě, vzhledem k vlastnostem Dyneemy, slouží především k lepší manipulaci s panelem, protože drží jednotlivé vrstvy materiálu pohromadě.

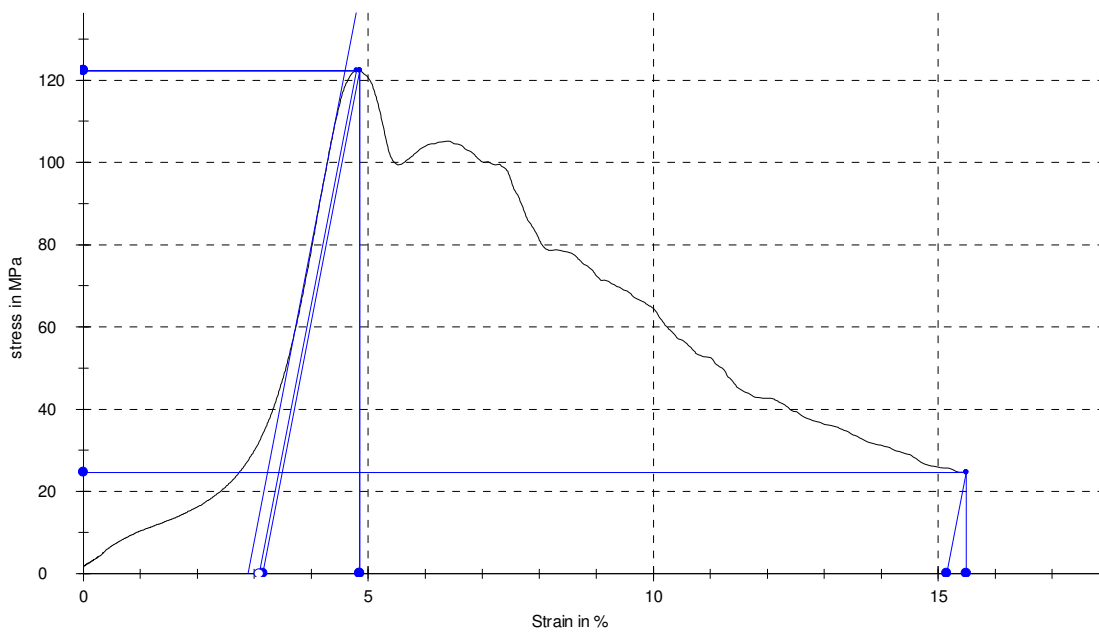
3.3 Srovnání Kevlaru a Dyneemy

Mimo praktického balistického testu jsem se s pomocí pánů doktorů Davida Maňase a Milana Žaludka pokusil provést také laboratorní měření vzorků odebraných z testovaných balistických panelů ke stanovení pevnosti v tahu a dalších souvisejících veličin použitých balistických materiálů. Použité vzorky se však ukázaly jako nevhodné, protože se vždy uvolnily z čelistí zkušebního stroje dříve, než jsme mohli získat jakékoliv relevantní informace. Bohužel jsme neměli k dispozici vzorky o větší délce, než je výška testovaných balistických panelů, které bychom mohli adekvátně upevnit do jiného druhu čelistí.

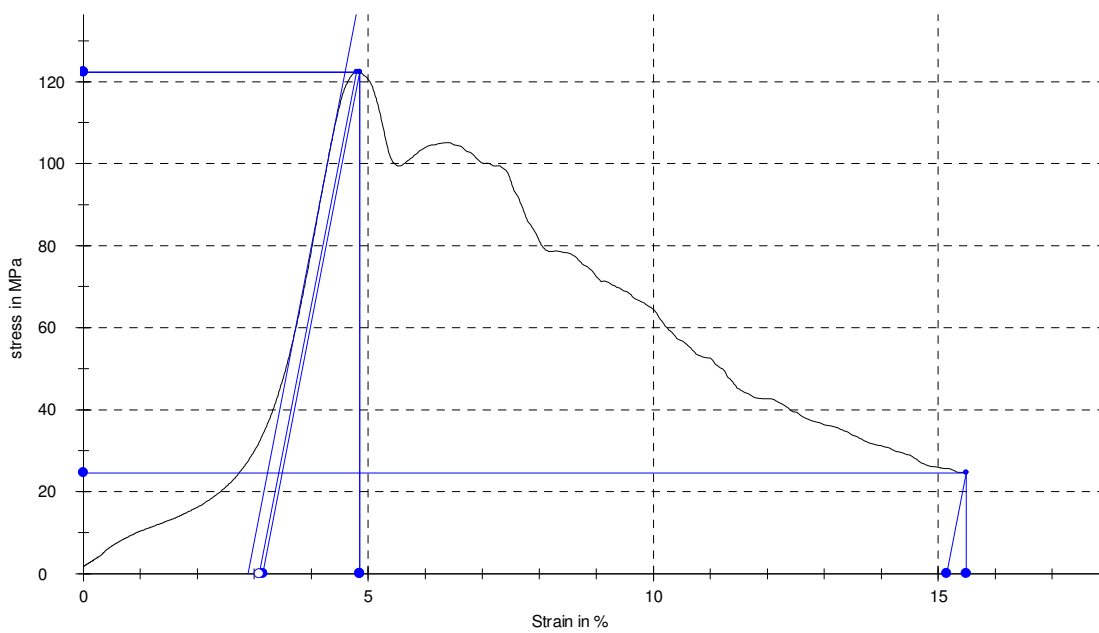
Jediným použitelným výstupem měření jsou hodnoty modulu pružnosti Kevlaru a Dyneemy a čtyři pracovní diagramy, vyjadřující závislost napětí na deformaci uvedené níže.

Tab. 2. Výsledky tahové zkoušky

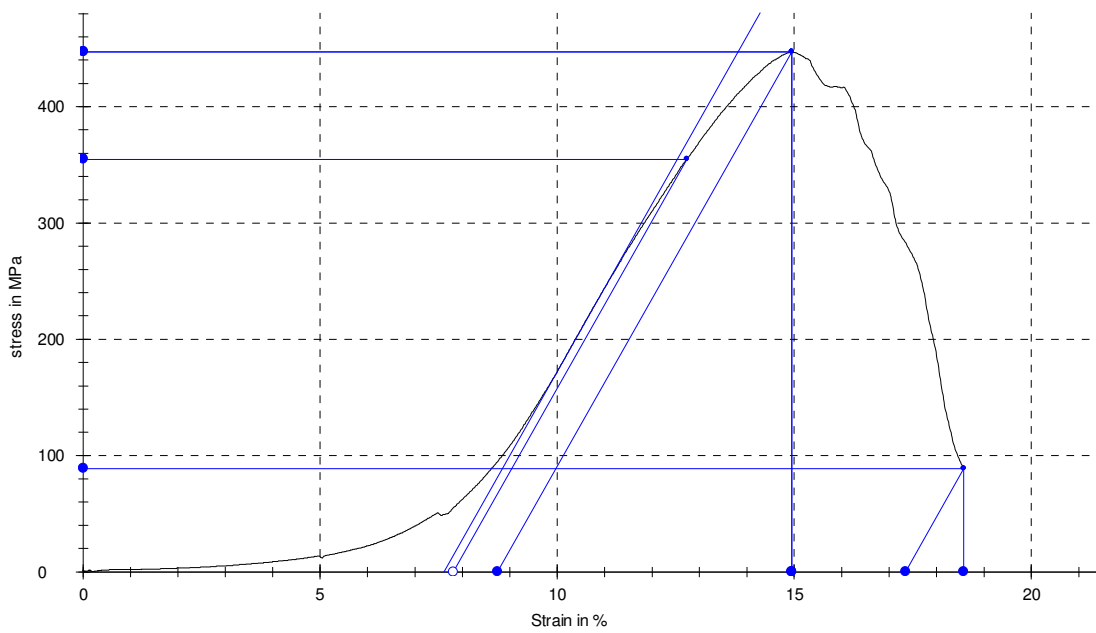
Zkoušený materiál	Měření číslo	Modul pružnosti E [MPa]
Kevlar	1	7 180
	2	7 020
Dyneema	1	7 210
	2	6 570



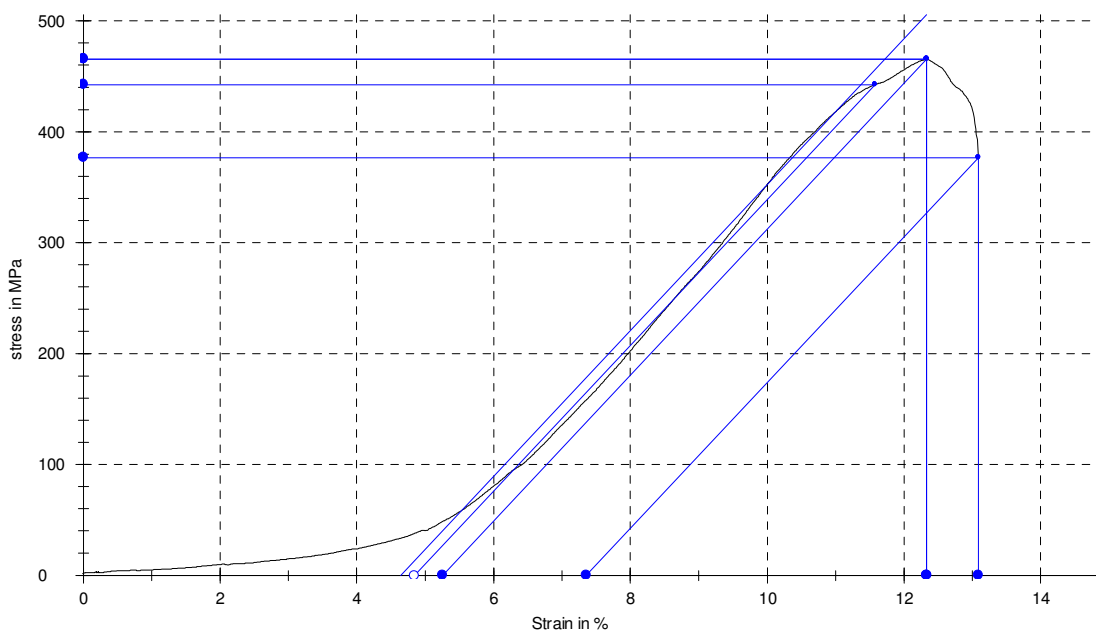
Obr. 9. Graf závislosti napětí na deformaci – Kevlar, měření č. 1



Obr. 10. Graf závislosti napětí na deformaci – Kevlar, měření č. 2



Obr. 11. Graf závislosti napětí na deformaci – Dyneema, měření č. 1



Obr. 12. Graf závislosti napětí na deformaci – Dyneema, měření č. 2

Průběhy grafů jsou zkruseny uvolňování vzorku z čelisti zkušebního stroje.

4 POUŽITÁ MUNICE A ZBRANĚ

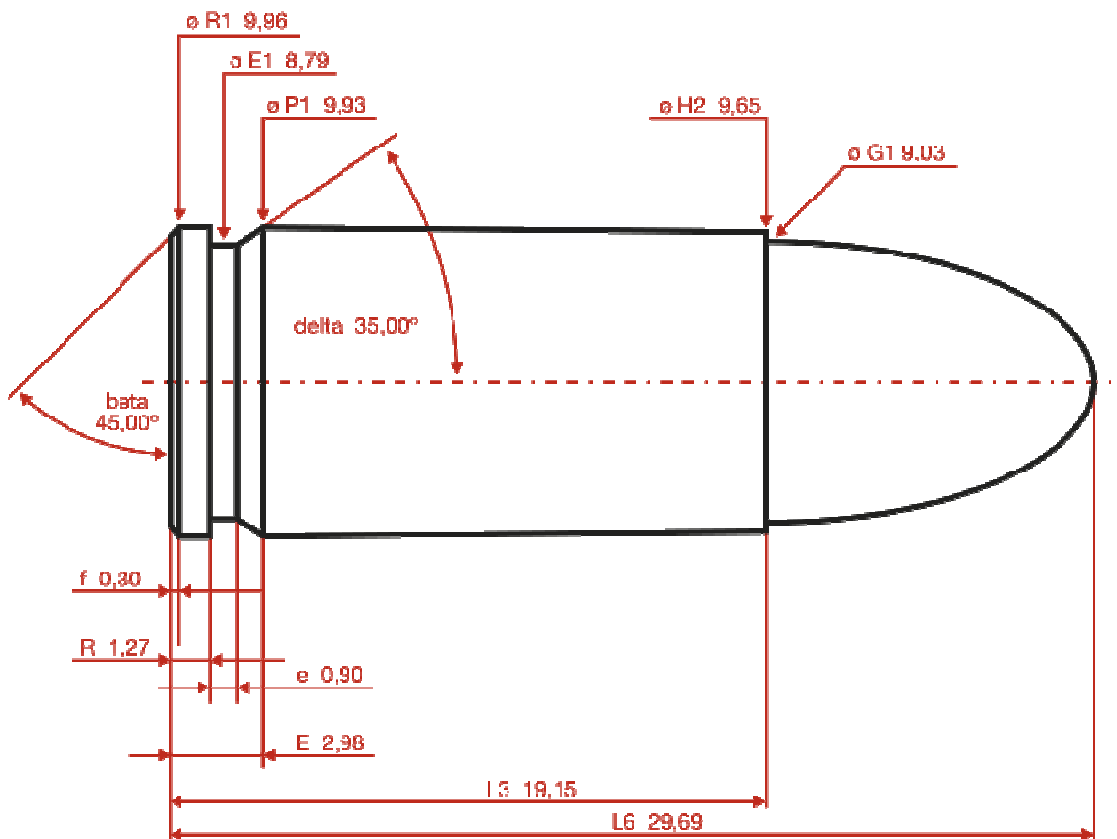
V testu byla použita munice vybraná jednak s ohledem na zvolenou normu, ale také na její výskyt ve středoevropském prostoru. Konkrétní druhy munice jsou blíže specifikovány v následujících odstavcích.

4.1 9 x 19 mm Luger

Náboj 9 mm Luger patří mezi nejznámější a nejrozšířenější pistolové náboje na světě, proto nemůže chybět ani v normě USA, která se jinak zaměřuje především na munici americké provenience. Historie náboje sahá do roku 1902, kdy byl vyvinut společností DWM, aby nahradil méně výkonný náboj 7,65 mm Parabellum u pistolí Geroge Luger. Tato pistole veřejně známá jako „Parabellum“ byla postupně zavedena do výzbroje německé armády v roce 1908 pod označením P-08. V průběhu let se pistole P-08 stala zavedenou služební zbraní v řadě zemí a z náboje 9 mm Luger vzešla řada dalších konstrukcí pistolí a samopalů. Výsledkem bylo, že náboj 9 mm Luger vyráběl v mnoha zemích v široké škále variant lišících se především druhy střel, materiálem nábojnic a balistickými hodnotami. Mimo klasické celoplášťové střely s olověným jádrem, tak vznikly poloplášťové střely, střely s ocelovým jádrem a homogenní střely ze železa, gumy apod. Objevují se také střely hromadné, svítilí či zápalné. Nábojnice jsou nejčastěji vyrobeny mosazi, ale také ze železa nebo dokonce hliníku.

Jak uvádějí Jindřich Hýkel a Václav Malimánek v publikaci *Náboje do ručních palných zbraní*: *„Nyní se náboj vyrábí převážně s mosaznou nábojnicí a s plášťovou ogivální střelou s olověným jádrem . Počáteční rychlosti střely s epodle laborace pohybují od 320 do 430 m/s. V Evropě se používalo pro označování tohoto náboje názvu 9 mm Parabellum, v USA názvu 9 mm Luger. V tabulkách mezinárodní normalizace C.I.P. je náboj označen jako 9 mm Luger ve snaze odlišit jej od náboje 9 mm Parabellum, vyráběného v členských zemích NATO jako služební náboj. V roce 1985 byl náboj 9 mm Luger také přijat jako*

služební v armádě USA. Náboj je dnes nejrozšířenějším druhem pistolového náboje na světě.¹⁴



Obr. 13. Kótovaný rys náboje 9 mm Luger¹⁵

Pro testování vybraných balistických panelů třídy IIIA bylo použito průmyslově vyráběné střelivo značky Limit-Z s.r.o. s celoplášťovou olověnou střelou (FMJ RN) o hmotnost 8 g (124 gr) s pláštěm z tombaku (CuZn 10). Pro střelbu této munice jsem zvolil pistoli Glock 17 třetí generace v konverzním kitu Roni G1 pro dosažení vyšší přesnosti střelby při testování.

¹⁴ HÝKEL, Jindřich a Václav MALIMÁNEK. Náboje do ručních palných zbraní. V Našem vojsku vyd. 2. Praha: Naše vojsko, 2002, 547 s. ISBN 80-206-0641-6.

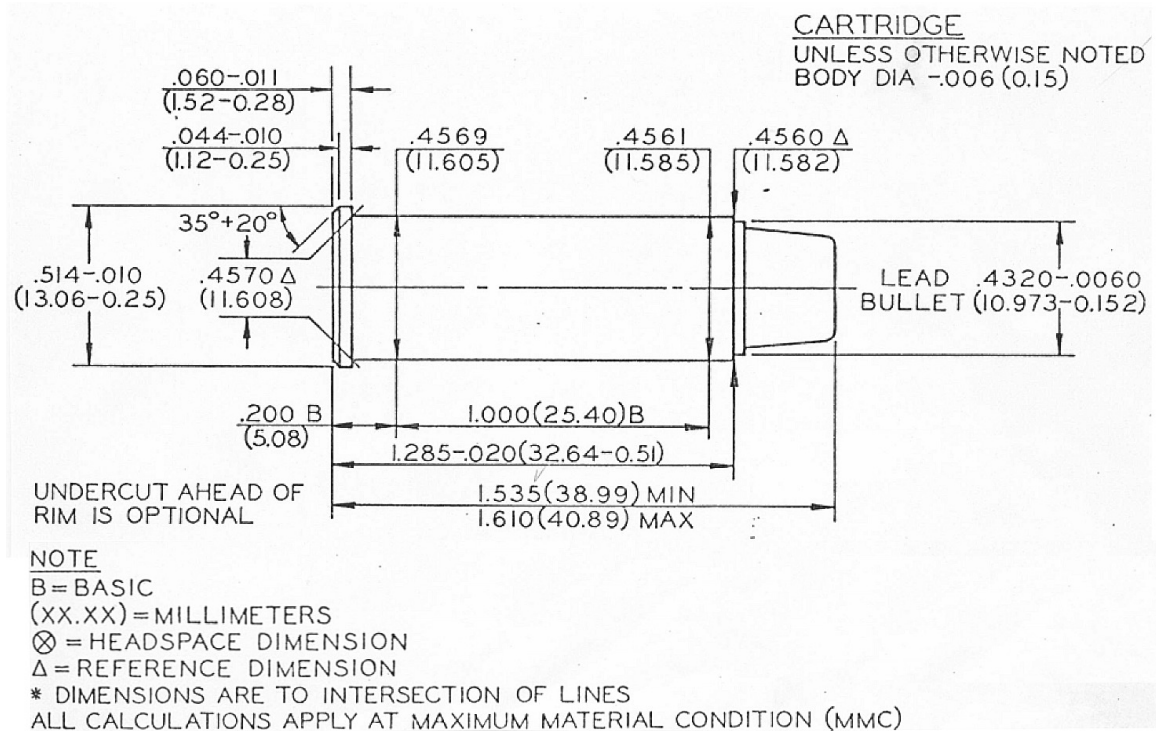
¹⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/File:9x19mm_Parabellum.svg

4.2 44 Remington Magnum

Druhým nábojem použitým pro testování vybraných balistických panelů je ve Střední Evropě poměrně málo obvyklý náboj 44 Remington Magnum, který Hýkel a Malimánek ve své publikaci popisují jako: „*Moderní americký revolverový náboj, který vznikl na základě spolupáce amerického odborníka Elmera Keitha s techniky firem Remington a Smith & Wesson. Byl uveden na trh v roce 1955 pro revolver Smith & Wesson 44 Magnum. Pro svou všestrannost a pestrost laborací byl velmi příznivě přijat americkými lovci, lovcími krátkou zbraní. Postupně byla komorami pro tento náboj opatřena řada dalších revolverů (Ruger, Smith & Wesson, Great Western, pistole Contender i některé kulovnice (Marlin, Winchester). Nábojnice náboje 44 Remington Magnum má přibližně o 3 mm delší nábojnici než náboj 44 S & W Special, aby se zabránilo střelbě tohoto výkonného náboje ze zbraní komorovaných na méně výkonný náboj 44 S & W Special.*“¹⁶

Podobně jako v případě náboje 9 mm Luger je i náboj 44 Remington Magnum dostupný v široké škále variant lišících se především střelou, která může být od čistě komolé olověné, přes poloplášťové s plochou špičkou či expanzní dutinou až po celoplášťové nebo hromadn. Nábojnice jsou obvykle mosazné, osazené zápalkou typu Boxer a plněné bezdýmým prachem, který dle literatury udělí střele o hmotnosti 15,55 g (240 gr) počáteční rychlost až 445 m.s⁻¹.

¹⁶ HÝKEL, Jindřich a Václav MALIMÁNEK. Náboje do ručních palných zbraní. V Našem vojsku vyd. 2. Praha: Naše vojsko, 2002, 547 s. ISBN 80-206-0641-6.



Obr. 14. Kótovaný rys náboje 44 Remington Magnum¹⁷

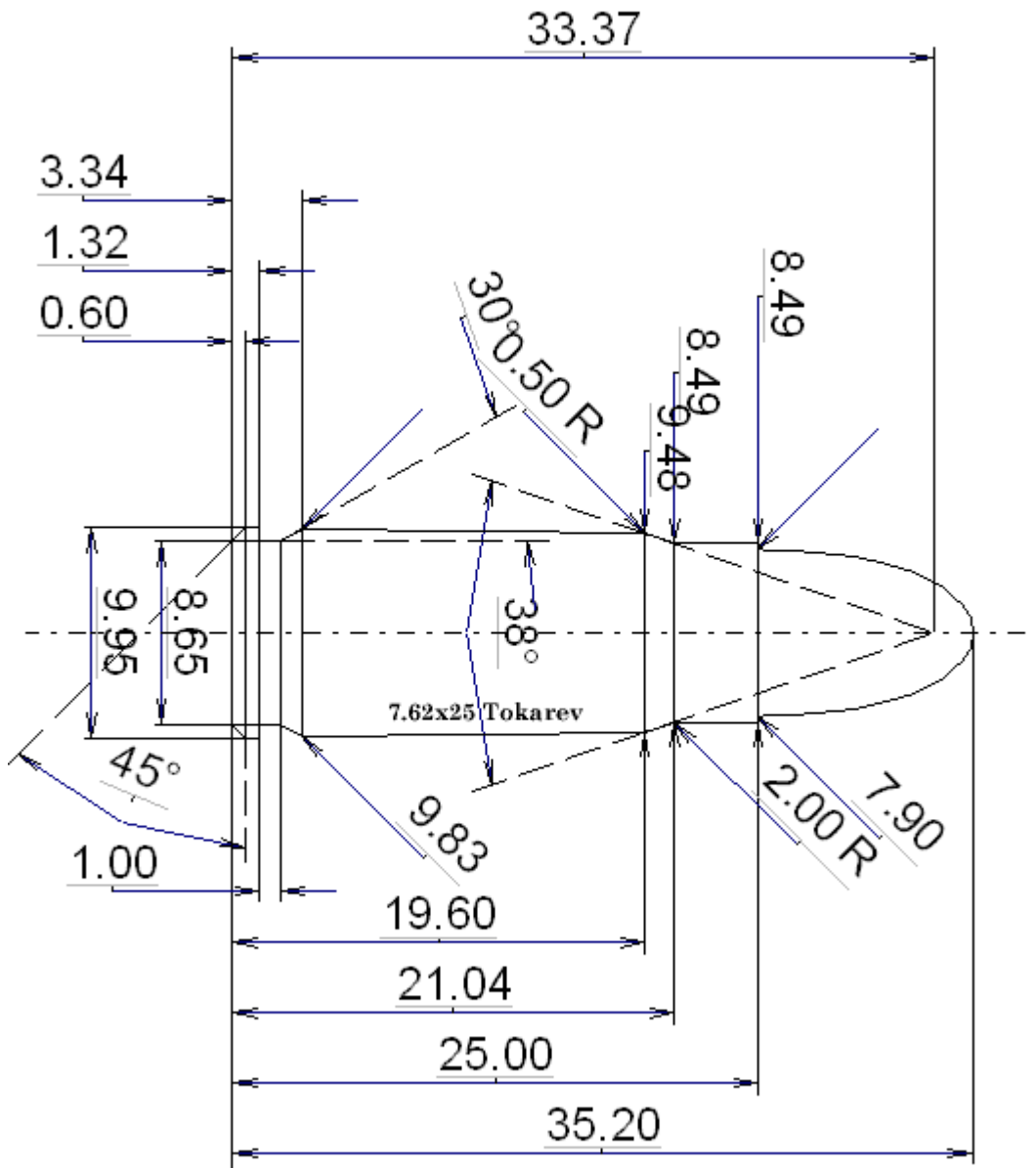
Pro testování vybraných balistických panelů třídy IIIA bylo použito průmyslově vyráběné střelivo značky Sellier & Bellot a.s. s poloplášťovou olověnou střelou (SP), hmotnost 15,55 g (240 gr). Při testu byl použit revolver Ruger Redhawk s hlavní o délce 7,5 palce, tedy 190,5 mm, který poskytuje dostatečnou přesnost.

4.3 7,62 x 25 mm Tokarev

Třetím nábojem použitým pro rozšíření testu byl náboj zkonstruovaný pro pistoli Fjodora Vasiljeviče Tokareva, která byla zavedena do sovětské armády v roce 1930. Konstrukčně náboj vychází z náboje 7,63 mm Mauser, avšak, především vzhledem k vyšším tlakům, s ním není zaměnitelný. V průběhu 2. světové války byl náboj využit také při konstrukci nových samopalů PPŠ-41 Špagin a PPS-43 Sudajev. V průběhu války se díky novému využití nábojů pro shora uvedené samopaly zvýšila jejich produkce a začaly se vedle klasických střel s tombakplátovým pláštěm a olověným jádrem objevovat také střely s ocelovým jádrem, olověnou výplní a tombakovým pláštěm (Pst), průbojně zápalné střely

¹⁷ http://www.saami.org/PubResources/CC_Drawings/Pistol/44%20Remington%20Magnum.pdf

(P-41) a svítící střely (PT). Podobně se vedle klasických mosazných nábojnic objevily také nábojnice ocelové buďto lakované nebo plátované tombakem.



Obr. 15. Kótovaný rys náboje 7,62 mm Tokarev¹⁸

Náboj jsem do testování zařadil především proto, že byl rovněž používán v č.s. armádě pro pistoli vz. 52 a samopaly vz. 24 a vz. 26. Po zavedení nových osobních zbraní do ozbrojených složek byly pistole vz. 52 a munice ráže 7,62 x 25 mm Tokarev uvolněny pro komerční využití. S uvedením na civilní trh musel být náboj roku 1990 normalizován C.I.P.

¹⁸ <http://www.loaddata.com/images/database/7.62x25%20Tokarev2.gif>

Pro testování vybraných balistických panelů třídy IIIA bylo použito střelivo společnosti Multiagro Slatina v.o.s. se střelou s železným tombakplátovým pláštěm s olověným jádrem a mosaznou nábojnicí osazenou zápalkou typu Berdan. Dle značení na dně nábojnic byla munice vyrobena pravděpodobně v 50. letech 20. Století. Uváděná počáteční rychlost střely o hmotnosti 5,5 g činí $502 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Pro účely testu byla použita pistole Tuský Tokarev vz. 1933 nebo-li TT 33, pro kterou byl tento náboj vyvinut.

Díky svým výkonům a konstrukci představuje tento náboj hrozbu pro většinu měkkých ochranných balistických prostředků. Navíc se mezi střeleckou veřejností stále můžeme setkat s municí se železným jádrem a s výkonější municí určenou pro samopaly, která dosahuje počáteční rychlosti střely až $560 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

5 PROVEDENÍ TESTU

Pro provedení praktického testu bylo náhodně vybráno dvanáct sériově vyráběných balistických panelů. Z vybraných panelů bylo šest panelů vyrobeno za použití tradičního balistického materiálu Kevlar a šest za použití alternativního materiálu Dyneema.



Obr. 16. Balistické panely vybrané k testování

Z vybraných panelů bylo osm použito pro test průstřelu a průtisku, dva pro posouzení odolnosti zbroje proti projektilům náboje ráže 7,62 x 25 mm Tokarev a dva plnily roli náhradních panelů. Z důvodu přiblížení se reálným podmínkám, bylo pro testování použito reálných zbraní a běžně dostupné munice popsaných dříve v této práci, nikoliv testovacích hlavní a speciálně laborovaného střeliva. Samotné provedení testu bylo rozděleno na dvě základní části.

5.1 Test průstřelu a průtisku

V první části bylo osm z dvanácti vybraných panelů podrobeno testu průstřelu a průtisku. Oba balistické materiály reprezentovaly čtyři panely, přičemž každé testovací hrozbě (9 mm Luger a 44 Rem Mag) byly prodobeny vždy dva panely, reprezentující tak přední a zadní část jedné zbroje.

Tab. 3. Schéma struktury srovnávacího testu průstřelu a průtisku

Test průstřelu a průtisku							
Kevlar 129				Dyneema SB21			
Třída balistické odolnosti IIIA				Třída balistické odolnosti IIIA			
9 mm Luger		44 Rem Mag		9 mm Luger		44 Rem Mag	
Zbroj č. 1		Zbroj č. 2		Zbroj č. 3		Zbroj č. 4	
Přední panel	Zadní panel	Přední panel	Zadní panel	Přední panel	Zadní panel	Přední panel	Zadní panel
Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4	Vzorek č. 5	Vzorek č. 6	Vzorek č. 7	Vzorek č. 8

Průběh testování se řídil popisem testovací sekvence pro zbroje třídy I, IIA, II, a IIIA. Celkem bylo provedeno šest výstřelů na každý testovaný balistický panel, přičemž byla průběžně měřena a zaznamenávána rychlost projektilů. V případě prvního a rychlejšího ze dvou následujících výstřelů byla posuvným měřítkem změřena a zaznamenána hloubka průtisků vzniklých zásahy.



Obr. 17. Měření hloubky průtisku způsobeného zásahem

Po dokončení střelecké části testu jsem po rozpárání textilních obalů balistických vložek vyhodnotil počet prostřelených vrstev balistického materiálu a ze zjištěných údajů jsem sestavil následující tabulky.

Tab. 4. Výsledky testu zbroje č. 1

Zbroj č. 1 – Kevlar – 9 mm Luger							
Přední panel				Zadní panel			
Číslo zásahu	Rychlost [m.s ⁻¹]	Porušené vrstvy	Hloubka [mm]	Číslo zásahu	Rychlost [m.s ⁻¹]	Porušené vrstvy	Hloubka [mm]
1	360,8	4	15,33	1	355,9	2	13,61
2	348,5	3	-	2	359,3	3	-
3	366,2	4	17,01	3	365,6	3	16,85
4	358,9	6	-	4	361,3	7	-
5	362,4	7	-	5	363,1	9	-
6	355,7	4	-	6	360,5	3	-

Tab. 5. Výsledky testu zbroje č. 2

Zbroj č. 2 – Kevlar – 44 Rem Mag							
Přední panel				Zadní panel			
Číslo zásahu	Rychlost [m.s ⁻¹]	Porušené vrstvy	Hloubka [mm]	Číslo zásahu	Rychlost [m.s ⁻¹]	Porušené vrstvy	Hloubka [mm]
1	408,3	3	14,83	1	400,6	3	12,32
2	389,4	3	-	2	413,0	4	18,21
3	410,0	4	16,65	3	412,6	4	-
4	406,9	6	-	4	393,2	6	-
5	398,1	6	-	5	409,6	8	-
6	419,4	4	-	6	407,5	3	-

Tab. 6. Výsledky testu zbroje č. 3

Zbroj č. 3 – Dyneema – 9 mm Luger							
Přední panel				Zadní panel			
Číslo zásahu	Rychlost [m.s ⁻¹]	Porušené vrstvy	Hloubka [mm]	Číslo zásahu	Rychlost [m.s ⁻¹]	Porušené vrstvy	Hloubka [mm]
1	343,7	2	7,23	1	370,0	2	11,58
2	365,6	2	-	2	372,8	2	-
3	376,2	2	13,23	3	381,5	3	15,50
4	355,1	2	-	4	346,5	2	-
5	357,8	3	-	5	361,5	3	-
6	353,4	2	-	6	354,7	2	-

Tab. 7. Výsledky testu zbroje č. 4

Zbroj č. 4 – Dyneema – 44 Rem Mag							
Přední panel				Zadní panel			
Číslo zásahu	Rychlost [m.s ⁻¹]	Porušené vrstvy	Hloubka [mm]	Číslo zásahu	Rychlost [m.s ⁻¹]	Porušené vrstvy	Hloubka [mm]
1	413,6	4	28,74	1	411,6	4	25,89
2	414,6	4	-	2	414,6	4	27,53
3	418,4	4	29,41	3	402,1	3	-
4	418,6	6	-	4	391,7	5	-
5	414,6	6	-	5	401,7	6	-
6	402,1	4	-	6	396,4	3	-

5.2 Test odolnosti proti ráži 7,62 mm Tokarev

Druhou část testu představuje provedení test odolnosti dvou vybraných panelů, po jednom kuse od každého druhu, proti projektilům náboje ráže 7,62 x 25 mm Tokarev. Aby nedošlo k poškození boxu s podkladovým materiálem v případě předpokládané úplné penetrace panelu. Jako náhradní materiál byly použity deska z vrstvené překližky o síle 5 mm. Podobně jako při testování průstřelu a průtisku byla provedena sekvence šesti výstřelů na oba panely. Hodnoty rychlostí všech vystřelených projektilů byly změřeny a zaznamenány. Po odstřílení série byly panely sejmuty z podkladu a prohlédnuty, zda u nich došlo k úplné penetraci či nikoliv. Stejně jako v případě předchozího testu jsem po ukončení střelby testu rozpáral textilní obaly panelů, abych mohl spočítat počet prostřelených vrstev balistického materiálu a vyhodnotit tak účinnost panelu. Ze získaných údajů jsem sestavil srovnávací tabulku.

Tab. 8. Test odolnosti Kevlaru a Dyneemy proti ráži 7,62 mm Tokarev

Kevlar – 7,62 mm Tokarev			Dyneema – 7,62 mm Tokarev		
Číslo zásahu	Rychlost [m.s-1]	Porušené vrstvy	Číslo zásahu	Rychlost [m.s-1]	Porušené vrstvy
1	459,1	24	1	455,1	9
2	487,3	30+	2	468,4	12
3	468,2	27	3	470,8	18
4	473,6	30+	4	462,0	9
5	448,9	19	5	500,6	34+
6	469,2	30+	6	472,2	23

5.3 Vyhodnocení testu

Výrobce testovaných balistických panelů uvádí jejich odolnost jako srovnatelnou a na úrovni třídy IIIA a celkový výsledek testu toto tvrzení podporuje. Ani v jednom z případů nedošlo k úplné penetraci panelu a hodnoty hloubky průtisku také nepřekročily normou povolenou mez 44 mm. Přesto, podíváme-li se detailněji na výsledky jednotlivých panelů, můžeme najít jisté rozdíly vyplývající vlastností z použitého balistického materiálu. Prvním pozorovatelným rozdílem je počet vrstev balistického materiálu potřebných k zastavení srovnatelné hrozby. Tento rozdíl je zřejmý především v případě projektilů ráže 9 mm Luger, které Dyneema zastaví při kolmém dopadu téměř vždy již ve druhé vrstvě. U projektilů ráže 44 Remington Magnum jsou však již výsledky kolmého i šikmého dopadu prakticky srovnatelné. Porovnáme-li však rozdíly výsledků mezi kolmými zásahy

projektily ráže 9 mm Luger a 44 Remington Magnum u Kevlaru a Dyneemy, můžeme u Dyneemy pozorovat větší rozdíl v počtu porušených vrstev než u Kevlaru. V případě šikmých dopadů je rozdíl mezi použitými projektily ještě markantnější.

V testu odolnosti proti projektilům ráže 7,62 mm Tokarev vykázal s jediným úplným průstřelem lepší výsledky materiál Dyneema. U Kevlaru došlo ke třem úplným průstřelům a i částečné penetrace zapříčinily porušení více vrstev než v případě materiálu Dyneema. Přesto odolnost obou testovaných panelů IIIA předčila mé očekávání, což může být zapříčiněno také stářím použité munice, která při vykazovala menší rychlosti než jaké byly proklamovány.

Rozdíly ve výsledcích zásahů stejných projektilů jsou způsobeny rozdílnými mechanickými vlastnostmi a strukturou testovaných balistických materiálů, které také odlišně reagují na projektily různé konstrukce, hmotnosti a rychlosti. Proti celistvým ogiválním střelám si podle výsledků testu vede Dyneema lépe než Kevlar a to jak při kolmém, tak při šikmém zásahu. V případě snáze deformovatelných střel o vysoké energii už nejsou výsledky tak jednoznačné. Počet porušených vrstev je sice podobný, ale hloubka průtisku je u Dyneemy oproti Kevlaru téměř dvojnásobná.

Shrneme-li uvedená zjištění, dojdeme k závěru, že Dyneema vyniká v odolnosti proti celistvým projektilům působícím na malou plochu a to i v případě zásahů pod jiným úhlem než kolmým k ploše zbroje, což je přesně slabinou zbrojí používajících Kevlar. Naopak se Dyneema nevyrovná Kevlaru v jeho schopnosti pohltit energii projektilu a snížit tak dopad na uživatele i bez použití trauma vložky.

ZÁVĚR

Diplomová práce vytváří ucelený přehled v problematice testování prostředků osobní balistické ochrany a balistických materiálů. Cílem práce je informovat a orientovat odbornou veřejnost v dané problematice a seznámit ji s výsledky provedeného praktického testu vybraných prvků balistické ochrany.

S přetrvávající krizí finančních trhů se vedle jiných souvisejících negativních jevů projevuje nárůst kriminality. Agresivita pachatelů se stupňuje a přibývá násilných trestných činů spáchaných se zbraní, většinou drženou nelegálně. Takovýchto zbraní a munice je i přes uskutečněné amnestie mezi veřejností stále mnoho. Často se jedná o původně vojenské a tudíž nadprůměrně výkonné palné zbraně. Vzhledem k uvedeným skutečnostem se nabízí otázka, zda jsou příslušníci policejních složek, ať již státních či obecních, a příslušníci soukromých bezpečnostních služeb adekvátně vybaveni. Osobně se domnívám, že nejsou. Situace u Policie ČR není nejhorší, přesto se k balistické ochraně přistupuje v případě krizové situace. Často je opomíjen fakt, že tyto prostředky poskytují ochranu nejen proti palným zbraním, ale také proti jiným formám útoku, jaké představují sečné a bodné zbraně, a také například v případě dopravních nehod, které jsou vzhledem k povaze služby PČR někdy nevyhnutelné. Totéž platí pro obecní policii a soukromé bezpečnostní služby, které čelí hlavně méně závažné trestné činnosti a nejsou vázáni služebním zákonem. V tomto případě dokonce z pozorování usuzuji, že zaměstnanci některých soukromých bezpečnostních jsou lépe vybaveni než příslušníci obecní policie. Vzhledem k faktu, že problematiku balistické ochrany si řeší každá obec sama, se setkáváme s případy, kdy si příslušníci pořizují balistické zbroje z vlastních omezených finančních prostředků.

Ačkoliv se do nedávna vyskytovalo na českém trhu mnoho nekvalitních produktů z oblasti prostředků balistické ochrany, situace se zlepšuje. Praktika využívání použitých a vyřazených balistických materiálů ze zahraničí je na ústupu. Současná situace je příkladem toho, že s rostoucí kvalitou nemusí nutně růst také cena. Zvýšená nabídka produktů balistické ochrany na českém trhu a z toho plynoucí více konkurenční prostředí vytvářejí tlak na snížení ceny a zároveň zvýšení kvality.

K dostání jsou nové lehčí a odolnější materiály zpracované novými technologiemi. Výrobci prostředků balistické ochrany se také zaměřili zvýšení komfortu jejich používání. Nové produkty již tolik neomezují pohyb uživatele a jsou celkově pohodlnější. Díky tomu se snad budou potenciální uživatelé méně vyhýbat jejich každodennímu nošení. Rozvíjí se také nabídka kompozitních materiálů, které jsou dostupnější než dříve.

Přestože jistě existují rizikovější povolání, než jakým je práce v soukromé bezpečnostní službě, věřím, že lidský život a zdraví rozhodně za trochu nepohodlí a výdaj v řádu tisíců korun stojí.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

This thesis establishes a comprehensive overview of the testing issues of personal ballistic protection and ballistic materials. The aim is to inform and orient professionals in this area and to familiarize them with the results of the practical test of selected elements of ballistic protection.

With the ongoing crisis of the financial markets and in addition to other related negative phenomena is an increase in crime seen. Aggressive offenders are escalating and increasing violent crimes committed with a gun which is usually held illegally. Such weapons and ammunition are despite the amnesty still among the public. Often it is the original military and therefore exceptionally powerful firearms. Given these facts, the question is whether the law enforcement agencies, whether state or municipal, and members of the private security services are adequately equipped. Personally I think they are not. The situation in the police is not the worst, but the ballistic protection is accessed in case of an emergency. Often overlooked is the fact that these devices do not provide protection only against small arms weapons but also against other forms of attack posed by cutting and stabbing weapons as for example in the case of traffic accidents which are due to the nature of the police service sometimes unavoidable. The same applies to municipal police and private security services, especially facing a less serious crime and they are not bound by the Civil Service Act. In this case, even from observation, I assume that some private security personnel are better equipped than members of the municipal police. In view of the fact that the issue of ballistic protection to solve each municipality itself we see cases in which members acquire ballistic armor from their own limited financial resources.

Although until recently occurred on the Czech market many low-quality products in the field of ballistic protection equipment, the situation is improving. Practical use of used and discarded ballistic materials from abroad is declining. The current situation is an example of that with increasing quality also does not necessarily increase cost. The increased supply of ballistic protection products on the Czech market and the resulting competitive environment creates more downward pressure on prices while increasing quality.

Also there are available the new lighter and more durable materials produced by new technologies. Device manufacturers ballistic protection was also focused increased comfort of use. New products have many users and limited movement are generally more comfortable. Thanks to this, users will hopefully less potential to avoid their everyday

wear. Offer is also developing composite materials that are more accessible than ever before.

Although there are certainly more riskant occupations than it is work in the private security service I believe that human life and health definitely worth for a little inconvenience and expense of thousands crowns.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NIJ Standard-0101.06. Ballistic Resistance of Body Armor. Washington, DC: National Institute of Justice, July 2008, 89 s. NCJ 223054.
- [2] ČSN 39 5360. Zkoušky odolnosti proti střelám střepinám a bodným zbraním: Technické požadavky a zkoušky. Praha: Český normalizační institut, 1995. 3 sv. (16, 2, 2 s.).
- [3] BUCHAR, Jaroslav a Josef VOLDŘICH. Terminální balistika. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, 340 s. ISBN 80-200-1222-2.
- [4] ČERNÝ, Pavel. Balistická ochrana: pro policii. Střelecká revue: měsíčník. 2008, roč. 40, č. 12, s. 43-55. ISSN 0322-7650.
- [5] HÝKEL, Jindřich a Václav MALIMÁNEK. Náboje do ručních palných zbraní. V Našem vojsku vyd. 2. Praha: Naše vojsko, 2002, 547 s. ISBN 80-206-0641-6.
- [6] KNEUBUEHL, Beat P. Balistika: střely, přesnost střelby, účinek. Vyd. 1. Praha: Naše vojsko, 2004, 235 s. ISBN 80-206-0749-8.
- [7] ŠAFR, Miroslav a Petr HEJNA. Střelná poranění. 1. vyd. Praha: Galén, 2010, 259 s. ISBN 978-807-2626-960.
- [8] KRUPICA, Dalibor. Studie využití prostředků balistické ochrany v SBS. Zlín, 2009. 65 s. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Ján Ivanka.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ACP	Automatic Colt Pistol – označení náboje pro poloautomatické pistole.
AP	Armor-Piercing – označení průbojných střel
Aramid	Aromatický polyamid
BS	British Standards – Britský standard – označení britských norem
CP	Celoplášťová střela
ČSN	Chráněné označení českých technických norem
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V. – Německý ústav pro průmyslovou normalizaci
Fej	Střela s ocelovým jádrem
FMJ	Full Metal Jacket – označení celoplášťové střely
FN	Fabrique Nationale – belgická zbrojovka
HPPE	High-performance polyethylene
JSP	Jacketed Soft Point – označení poloplášťových střel
KK	Střela ve tvaru komolého kužele
LRHV	Long Rifle High Velocity – označení vysokorychlostních olověných střel pro malorážové pušky
NIJ	National Institute of Justice – Úřad pro výzkum, vývoj a vyhodnocení Ministerstva spravedlnosti Spojených států amerických
O	Ogivální střela
PASGT	Personal Armor System for Ground Troops – systém osobní zbroje pro pozemní jednotky
Pbj	Střela s olověným jádrem
PE	Polyethylen
PPTA	Para-phenylen diamin
RN	Round Nose – označení pro ogivální střelu

S&W	Smith & Wesson – americká zbrojovka
SBS	Soukromá bezpečnostní služba
SWC	SemiWadCutter – označení střel s prosekávací hranou a plochou špičkou
TBO	Třída balistické odolnosti
UHMV-PE	Ultra high molecular weight polyethylene – polyethylen s ultravysokou molekulovou hmotností
UV	Ultraviolet – označení ultrafialového záření

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Odraz střely od pevné překážky.....</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 2. Úhel dopadu</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 3. Přední strana boxu s připraveným podkladovým materiálem.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 4. Rozmístění zkušební sestavy</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 5. Rozmístění bodů zásahu na obecném panelu zbroje (přední a zadní).....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 6. Způsoby upevnění zbroje</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 7. Srovnání zastavovacích účinků aramidů (Kevlaru) a Dyneemy.....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 8. Detail sešití na okrajích</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 9. Graf závislosti napětí na deformaci – Kevlar, měření č. 1.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 10. Graf závislosti napětí na deformaci – Kevlar, měření č. 2.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 11. Graf závislosti napětí na deformaci – Dyneema, měření č. 1</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 12. Graf závislosti napětí na deformaci – Dyneema, měření č. 2</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 13. Kótovaný rys náboje 9 mm Luger.....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 14. Kótovaný rys náboje 44 Remington Magnum</i>	<i>60</i>
<i>Obr. 15. Kótovaný rys náboje 7,62 mm Tokarev</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 16. Balistické panely vybrané k testování.....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 17. Měření hloubky průtisku způsobeného zásahem</i>	<i>64</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Přehled tříd balistické odolnosti dle NIJ 0101.04</i>	<i>37</i>
<i>Tab. 2. Výsledky tahové zkoušky</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 3. Schéma struktury srovnávacího testu průstřelu a průtisku</i>	<i>64</i>
<i>Tab. 4. Výsledky testu zbroje č. 1</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 5. Výsledky testu zbroje č. 2</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 6. Výsledky testu zbroje č. 3</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 7. Výsledky testu zbroje č. 4</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 8. Test odolnosti Kevlaru a Dyneemy proti ráži 7,62 mm Tokarev</i>	<i>66</i>