

Ranivý potenciál vybraných zbraní kategorie D

Bc. Jakub Tatai

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav ochrany obyvatelstva

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Jakub Tatai
Osobní číslo:	L23323
Studijní program:	N1032A020002 Bezpečnost společnosti
Specializace:	Ochrana obyvatelstva
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Ranivý potenciál vybraných zbraní kategorie D

Zásady pro vypracování

- Zpracujte z dostupných zdrojů teoretickou část diplomové práce.
- Provedte výběr vhodných zbraní.
- Provedte balistický experiment.
- Vyhodnotte naměřené data.
- Určete ranivý potenciál vybraných zbraní.

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

Seznam doporučené literatury:

1. DEKEL, Erez a ROSENBERG, Zvi. *Terminal Ballistics*. 3. Springer Cham, 2020. ISBN 978-3-030-46611-4.
 2. JUŘÍČEK, Ludvík. *The bullets wounding potential and safety management*. London: KEY Publishing, 2020. ISBN 9781908235114.
 3. JUŘÍČEK, Ludvík. *Ranivá balistika*. Ostrava: KEY Publishing, 2017. ISBN 978-80-7418-274-7.
 4. KUCHYŇKA, Antonín. *Kuše – Moderní mechanické zbraně*. 2. Víkend, 2018. ISBN 978-80-902869-3-1.
 5. KNEUBUEHL, Beat P. *Balistika: střely, přesnost střelby, účinek*. Praha: Naše Vojsko, 2022. ISBN 80-206-0749-0749-8.
- Další odborná literatura dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Fícek, Ph.D.**
Ústav ochrany obyvatelstva

Datum zadání diplomové práce: **2. prosince 2024**
Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2025**

L.S.

prof. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

prof. Ing. Dušan Vičar, CSc.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji diplomovou 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou 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);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové 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(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne 18. dubna 2025

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zaměřuje na hodnocení ranivého potenciálu vybraných zbraní kategorie D. Hlavním cílem je stanovit ranivý potenciál vybraných zbraní a provést jeho vyhodnocení. K dosažení tohoto cíle je využita metoda zvaná nepřímá identifikace, konkrétně pomocí experimentu, analýzy a komparace. Ranivý potenciál je stanoven kvantitativně pomocí relativního ranivého potenciálu. Experiment je proveden s expanzní zbraní a pistolovou kuší a srovnána s historickou puškou a pistolí, moderní pistolí i se vzduchovkou. Jako substituční materiál je použito glycerinové mýdlo. Výsledky této práce přináší další poznatky do doposud velmi opomíjené oblasti ranivého potenciálu některých zbraní. Tyto poznatky mohou být nápomocné nejen pro soudní znalce, experty v oblasti balistiky a vyšetřování, ale také třeba pro lékaře.

Klíčová slova: expanzní pistole, experiment, pistolová kuše, ranivý potenciál

ABSTRACT

This thesis focuses on the evaluation of the injury potential of selected weapons of category D. The main objective is to determine the wounding potential of selected weapons and to perform its evaluation. In order to achieve this goal, a method called indirect identification is used, namely through experiment, analysis and comparison. The vulnerability potential is determined quantitatively using the relative vulnerability potential. The experiment is conducted with an expansion rifle and a pistol crossbow and compared with a historical rifle and pistol, a modern pistol, and an air rifle. Glycerin soap is used as a substitute material. The results of this work provide further insights into a hitherto much neglected area of the wounding potential of some weapons. These findings may be helpful not only for forensic experts, ballistics experts and investigators, but also for medical practitioners, for example.

Keywords: expansion pistol, experiment, pistol crossbow, wound potential

Rád bych poděkoval Ing. Martinovi Fickovi, Ph.D., za jeho rady, podporu a odborné vedení během zpracování diplomové práce. Jeho zkušenosti byly inspirující. Děkuji za ochotu, trpělivost a čas, který mi věnoval.

OBSAH

ÚVOD.....	10
CÍL PRÁCE A POUŽITÉ METODY.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 PRÁVNÍ REGULACE.....	13
2 ZBRANĚ	15
2.1 KATEGORIZACE ZBRANÍ	16
2.2 DĚLENÍ ZBRANÍ	19
2.3 VYBRANÉ ZBRANĚ.....	20
2.4 STŘELIVO	21
3 BALISTIKA.....	24
3.1 OBJEKTY KRIMINALISTICKÉHO ZKOUMÁNÍ	24
3.2 DĚLENÍ BALISTIKY	26
3.3 RANIVÁ BALISTIKA.....	28
4 DÍLČÍ ZÁVĚŘ	32
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
5 METODY ZKOUMÁNÍ	34
6 EXPERIMENT	37
6.1 POUŽITÉ POMŮCKY, PŘÍSTROJE, ZBRANĚ A STŘELIVO	38
6.2 NAMĚŘENÉ HODNOTY	43
6.3 DEFORMACE ŠIPEK	46
6.4 KOMPARACE VLASTNÍCH A EXTERNÍCH EXPERIMENTÁLNÍCH DAT	48
6.5 ZHODNOCENÍ EXPERIMENTU A SHRnutí VÝSLEDKŮ	55
7 PŘÍPADOVÉ STUDIE STŘELNÝCH PORANĚNÍ	57
8 DISKUSE	63
ZÁVĚR	65
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	66
SEZNAM OBRÁZKŮ	73
SEZNAM TABULEK.....	74

ÚVOD

Problematika účinků střelných zbraní na lidský organismus a celkově téma střelných zbraní je dlouholetým předmětem zájmů oborů jako je balistika, soudní lékařství ale i bezpečnostní studie. Velká část těchto oborů řeší tuto problematiku z větší části se zaměřením na vojenský charakter. V důsledku nedávného vývoje nejen v USA, ale čím dál častěji i v Evropě, však roste potřeba analyzovat také zbraně určené pro zajištění vnitřní bezpečnosti. Pro Českou republiku to znamená analyzovat i volně dostupné, či lehce dostupné zbraně, jako jsou zbraně kategorie D. Právě tyto zbraně, jako jsou expanzní pistole, vzduchové zbraně, nebo zbraně, které historicky spadaly pod kategorii D – jako je například pistolová kuše, se často nacházejí v rukou osob bez patřičného odborného vzdělání a zkušeností, přestože se stále jedná o zbraně s dostatečným ranivým potenciálem. O potřebě legislativních úprav je momentálně vcelku zbytečné diskutovat, protože od 1. 1. 2026 nabývá účinnost nový zákon č. 90/2024 Sb., který mění celkově jak kategorie zbraní, tak i střeliva. Tato právní úprava naznačuje důležitost tohoto tématu a zároveň jeho aktuálnost. Tato práce se zaměřuje na dosud nedostatečně prozkoumané hodnocení účinků těchto zbraní a prostřednictvím experimentálních měření a analýzy kazuistik objektivizuje míru jejich ranivého potenciálu.

Problém, který tato práce řeší, spočívá v absenci kvantitativního a srovnatelného přístupu ke zhodnocení účinků vybraných zbraní. V odborné praxi chybí jednotný metodický rámec, který by umožnil posoudit, do jaké míry může konkrétní zbraň způsobit reálné zranění či ohrozit život člověka. Téměř celá literatura je zaměřena především na technickou klasifikaci či na legislativní omezení. Odborné zdroje, které by kombinovaly forenzní, experimentální a klinický pohled na problematiku, jsou omezené.

Cílem práce je proto nejen experimentálně zhodnotit ranivý potenciál vybraných zbraní, ale také komparovat výsledky experimentálního měření s existujícími případovými studiemi střelných poranění, tak aby byly užitečné převážně pro bezpečnostní praxi. Dalším očekáváním je, že tato práce by mohla posloužit jako podklad pro práci soudních znalců, odborníků na balistiku či lékařů poskytujících akutní péči v případech střelných poranění způsobených netradičními typy zbraní.

CÍL PRÁCE A POUŽITÉ METODY

Tato práce začíná zpracováním teoretického východiska, především jde o právní rámec související se zbraněmi, dále je zpracován popis a kategorizace zbraní, představení vybraných zbraní použité v diplomové práci a dále principy balistiky především se změřením na ranivou balistiku. Po teoretické části je provedena příprava a realizace experimentu což zahrnovalo přípravu glycerinového mýdla, střelba z expanzní pistole a pistolové kuše. Experiment je proveden za kontrolovaných podmínek, kde je měřena rychlost, hloubka, šířka a objem střelné dutiny. Pro provedení komparace byly zvoleny reprezentativní vzorky. Pro tuto diplomovou práci byly zvoleny zbraně: křesadlová napoleonská pistole a puška, vzduchovka s různými diabolkami a moderní střelná pistole CZ P10 F. Dále je provedena analýza výsledků a jejich komparace s výše zmíněnými zbraněmi. Pro zdůraznění výsledků práce jsou uvedeny i případové studie střelných poranění zkoumaných zbraní. Dále je zpracována i interpretace zjištěných skutečností ve vztahu k potenciálním právním, zdravotním a bezpečnostním důsledkům.

Cílem této diplomové práce je objektivně a experimentálně stanovit ranivý potenciál vybraných zbraní a jeho vyhodnocení v kontextu soudně-znalecké, balistické a bezpečnostní praxe. Součástí cíle je rovněž komparace vlastních experimentálních dat s dostupnými externími studiemi a případovými zprávami, čímž má být dosaženo hlubšího porozumění ranivým účinkům těchto zbraní v reálných podmínkách.

Tato diplomová práce je zpracována pomocí metod **analyticko-deskriptivní** metoda, která je využita především pro tvorbu teoretické části. Ve stejné části je použita **kompilace** především pro vymezení použitých zbraní dále také i v praktické části k vytvoření kazuistik. **Experimentální měření** sloužilo ke zjištění sledovaných hodnot při střelbě na substituční materiál zároveň se využila metoda **pozorování a měření**. Pro zjištění relativního ranivého potenciálu se využily **kvantitativní analýzy**. Při porovnání externích a vlastních hodnot se využila metoda **komparace a explanace**.

Pracovní otázka:

- Jaký ranivý potenciál vykazují vybrané zbraně?

Hlavní pracovní hypotéza:

- Vybrané mechanické a expanzní zbraně jsou schopné způsobit život ohrožující poranění, a to i při nesprávném nebo neodborném zacházení.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 PRÁVNÍ REGULACE

Celá tato kapitola pojednává o právních předpisech souvisejících se získáním, nakládáním a prodejem zbraní pro Českou republiku.

Zákon č. 13/2021 Sb., kterým se mění zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu (zákon o zbraních), ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 156/2000 Sb., o ověřování střelných zbraní a střeliva, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů

Tento zákon definuje práva a povinnosti pro osoby, které drží zbraň. Dále rozděluje zbraně do kategorií A, A-I, B, C, C-I a D. Zbraně a střelivo v kategoriích A a A-I jsou zakázané, skupina B zahrnuje zbraně, u kterých je nutné získat speciální povolení, kategorie C a C-I se vztahují na zbraně, které je třeba ohlásit, a skupina D obsahuje ostatní druhy zbraní, které nespádají do předchozích kategorií. Zákon rovněž určuje podmínky pro získání licence, pro oficiální zničení zbraní a střeliva, a zavádí číselník zbraní, který je součástí centrálního registru obsahujícího informace o zbraní a výrobci (Česko, 2021).

Zákon č. 40/2009 Sb., Trestní zákoník

Trestní zákoník sám o sobě neupravuje legislativu přímo pro zbraně, ale ukládá trestní sazby za trestné činy, kdy u některých paragrafů je při užití zbraně je ukládána vyšší sazba za zločin. Se zbraní souvisí především § 32, který říká, že trestný čin nespáchá ten, kdo použije zbraň tak, jak mu umožňuje jiný právní předpis. § 118 objasňuje, za jakých podmínek je trestný čin považován jako spáchaný za použití zbraně. § 279 vymezuje nedovolené ozbrojování a stanovuje tresty odnětí svobody až na dva roky v prvních dvou odstavcích za spáchání trestného činu nedovoleného ozbrojování, obnovení schopnosti střilet ze znehodnocené zbraně nebo změnu jedinečného identifikačního označení zbraně. Třetí odstavec stanoví trest odnětí svobody od 6 měsíců do 5 let pro osoby, které vyrábějí, opatřují nebo drží pro sebe či pro jiného součástky nebo celé výbušniny či zbraně hromadného ničení. Čtvrtý odstavec pak ukládá trest odnětí svobody na 2 až 8 let, pokud byl tento čin spáchán v organizované skupině, ve větším rozsahu, při ohrožení státu nebo v době válečného stavu. Dále se zbraň uvádí jako přitěžující okolnost v několika paragrafech, kde se uvádí formulace „spáchá-li takový čin se zbraní“ nebo „se zbraní“, což vede k přísnějším trestům odnětí svobody. Například u § 185 týkajícího se znásilnění, podle prvního odstavce, hrozí pachateli trest odnětí svobody na 2 až 10 let, zatímco podle druhého odstavce písmena c, pokud je čin spáchán „se zbraní“, se trest zvyšuje na 3 až 12 let (Česko, 2009).

Dále se touto problematikou zbraní a střeliva zabývají i další zákony, vyhlášky a nařízení vlády, ale pro účely této práce nejsou dále více podrobně rozebírány. Jedná se například o **Vyhlášku č. 369/2002 Sb.**, Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví postup Českého úřadu pro zkoušení zbraní a střeliva při zařazování typu zbraně nebo střeliva do kategorie; **Nařízení vlády č. 217/2017 Sb.**, Nařízení vlády o požadavcích na zabezpečení zbraní, střeliva, černého loveckého prachu, bezdýmného prachu a zápalek a o muničním skladišti nebo **Zákon č. 213/2011Sb.**, Zákon o zákazu použití, vývoje, výroby, skladování a převodu kazetové munice a o jejím zničení (zákon o zákazu kazetové munice) (Zbraně a střelivo, 2010–2025).

Zákon č. 90/2024 Sb., o zbraních a střelivu

Jedná se o zcela nový zákon o zbraních a střelivu, který zcela ruší 4 zákony, 27 částí zákonů, 10 nařízení vlády a 7 vyhlášek souvisejících se zbraněmi a střelivem. Zároveň zcela předělává kategorizace jak skupin zbraní, tak i skupiny zbrojních průkazů. V době této práce je již sice platný a to od 16. dubna 2024, ale účinnosti nabývá až dne 1. ledna 2026 proto je v této práci pouze zmíněn (Česko, 2024).

2 ZBRANĚ

Pro začátek je třeba rozlišit pojem zbraň v rámci práva, které stanovuje podmínky pro nakládání s legálními zbraněmi, a pojmem zbraně v kontextu trestního práva, kde je zbraň spíše chápána jako předmět ke spáchání trestné činnosti (Bartošek a Bačkovská, 2021). Zároveň lze zbraň chápat jako jakýkoliv předmět, kterým je možné učinit útok proti tělu důraznějším. Tento pojem je širší než pojem zbraně v právním smyslu, kde se zbraň vztahuje především na předmět vyrobený a určený k použití jako zbraň, obvykle k útoku nebo obraně.

Dělení zbraní je možné z mnoha faktorů. Následující rozdělení je nejjednodušším možným rozdělením pro obecné rozdělení.

Chladné zbraně – vyznačují tím, že jsou drženy v ruce za jednu část, přičemž jiná část je směřována na cíl, čímž dochází k zesílení účinku manuální síly osoby, která je používá. Jak samotné zbraně, tak i chladné se dále dělí. Dělí se dle způsobu, jakým způsobují zranění, jde tedy o sečné, bodné, tupé (drtivé) a vrhací. Jak z názvu bodné vyplývá, jedná se o sekci zbraní, která má na jedné straně zašpičatělý hrot umožňující snadnou penetraci. Příkladem **bodné** zbraně je dýka. **Sečné** zbraně mají funkční ostří vytvořeno tak, aby umožnilo rozsáhlé poškození a rány. Sečná zbraň je třeba mačeta. Dříve, přibližně ve 14. století se vyráběly zbraně kombinované, takzvané bodno-sečné. Jde o meč či halapartnu. Asi nejrozšířenější skupinou jsou zbraně **tupé**. Princip této zbraně je jednoduchý, a umožňuje dosažení přenosu většího množství síly, spolu s vyšší odolností, než poskytuje lidské tělo samotné. Příkladem jsou kladiva, boxery nebo obušky. Význam slova **vrhací** mluví sám za sebe, zároveň se ale jedná i o jakousi sloučeninu skupin, protože umožňuje využívat například dýku jako vrhací nůž (Bartošek a Bačkovská, 2021).

Střelné zbraně – obvykle jsou navrženy tak, aby využívaly kinetickou energii projektilu k dosažení určité vzdálenosti. Díky tomu umožňují zasáhnout cíl na mnohem větší vzdálenost než chladné zbraně. Střelné zbraně lze také klasifikovat podle různých kritérií, přičemž nejběžnějším je rozdělení podle typu zdroje energie, který slouží k vystřelení projektilu (Bartošek a Bačkovská, 2021).

Palné zbraně – jsou navrženy tak, aby přeměnily chemickou energii na energii mechanickou a tepelnou. K uvolnění této energie slouží střelivo nebo výbušniny, které se vyskytují vzácně. Uvolnění energie ze střeliva nastává, když pevná látka shoří a vytvoří plyn pod vysokým tlakem. Až do objevu nitrocelulózy v roce 1832 se střelivo vyrábělo pouze z černého střelného prachu. Dnes se nejčastěji používá bezdýmný střelný prach, který je

složen ze střelné bavlny a nitroglycerinu. Tento prach má oproti běžnému střelnému prachu výhody, jako je vyšší teplota, menší množství spalin, které by mohly zanášet vývrt hlavně, a především vytváří větší objem plynů. Úpravy složení a tvaru bezdýmného prachu umožňují měnit množství produkované energie, čímž lze upravit jeho energetický potenciál (Kovárník a Rouč, 2011).

Držení a nošení zbraně – je upraveno § 2 odstavci 2 písmenem a a b zákona o zbraních a střelivu (Česko, 2002) Dle nového zákona č. 90/2024 Sb., o zbraních a střelivu je držení a nošení zbraně ponecháno na směrnici Evropského parlamentu a Rady (EU) 2021/555 ze dne 24. března 2021, o kontrole nabývání a nošení zbraně (Česko, 2024).

2.1 Kategorizace zbraní

Zbraně jsou kategorizovány dle aktuálního zákona o zbraních a střelivu. je do kategorií A, A-I, B, C, C-I a D. Skupiny **A** a **A-I** jsou zbraně **zakázané**, což jsou zbraně **B** jsou **zbraně podléhající povolení**, skupiny **C** a **C-I** jsou **zbraně podléhající ohlášení** a skupina **D** jsou **zbraně nepodléhající registraci**. Toto rozdělení do těchto kategorií je aktuální až do 1. 1. 2026 (Obecné informace, 2021). od toho data budou zbraně rozděleny dle nového zákona o zbraních a střeliva (zákon č. 90/2024 Sb.,) do kategorií **R1**, **R2**, **R3**, **R4**, **PO** a **NO**, kde zbraně spadající pod **R1** a **R2** jsou **zbraně zakázané**, **R3** a **R4** **zbraně podléhající registraci** kategorie zbraní **PO** **podléhají ohlášení** a kategorie **NO** **nepodléhají ohlášení**. Taktéž střelivo se změnilo na **S1** a **S2**, což je zakázané střelivo a **S3** a **S4** je ostatní střelivo (Česko, 2024).

Kategorie **A** – **zbraně zakázané**, což jsou veškeré zbraně s vysokou účinností, kterou zákonodárce již nepovažuje za adekvátní k běžnému civilnímu využití jako jsou například plně automatické zbraně, dělostřelecké zbraně, zbraně vojenského původu bez civilního certifikátu. Pro získání vlastnictví, držení či nošení zbraně kategorie A/A-I je nutné získat výjimku od příslušného policejního útvaru, ta se vydává pouze pro sběratelské účely, protože jiný právní nárok je vyloučen z důvodu veřejného pořádku a bezpečnosti. Toto rozdělení vychází z § 4 zákona o zbraních a střelivu (Kategorie A - "Zakázané zbraně", 2021).

Kategorie **A-I** – **zbraně zakázané** jedná se o zbraně, které nepředstavují tak vysoké riziko jako kategorie A ale nakládání je regulováno v souladu s evropskou právní normou. Získání, držení či nošení zbraní kategorie A-I je umožněno po udělení výjimky od příslušného útvaru policie. Tato výjimka je udělena po posouzení veřejného pořádku a bezpečnosti. Jedná se převážně pro sběratelské účely, k účelům zajištění ochrany prvků

kritické infrastruktury, vzdělávací; kulturní; výzkumné účely a pro určité sportovní účely. Jde tedy o zbraně samočinné předělané na samonabíjecí, samonabíjecí s nelegálně velkým zásobníkem, dlouhé samonabíjecí zbraně s možností sklopit či odstranit ramenní opěrku, aby délka zbraně byla kratší jak 600 mm, plynové a expanzní zbraně bez výrobního provedení. Jedná se o § 4a zákona o zbraních a střelivu (Kategorie A-I - "Zakázané zbraně", 2021).

Kategorie B – zbraně podléhající povolení získání zbraní kategorie B je uděleno pomocí povolení od příslušného útvaru policie, a to, pokud se jedná pouze o důvody provozování muzea či sběratele, příprava povolání, provádění sportovní; lovecké či kulturní činnosti, provozování koncesované živnosti v oboru zbraní a střeliva, ostraha osob a majetku, provádění úkolů dle zvláštního právního předpisu a ochrana života a zdraví. Zbraně podléhající povolení jsou definovány § 5 zákona o zbraních a střelivu jako zbraně krátké opakovací nebo samonabíjecí zbraně, krátké jednoranové nebo víceranové zbraně pro střelivo se středovým zápalem, jednoranové nebo víceranové zbraně pro střelivo s okrajovým zápalem o délce menší než 280 mm, dlouhé samonabíjecí zbraně, kde komora a zásobník pojmu více než 3 náboje, dlouhé samonabíjecí zbraně, u nichž je zásobník nábojová komora schopná pojmout maximálně 3 náboje, ale mají odnímatelný podavač, nebo není zajištěno, že nemohou být snadno přeměněny na zbraně s větší kapacitou, dlouhé opakovací nebo samonabíjecí zbraně s hladkým vývrtem hlavně a délkou hlavně menší nebo rovnou 600 mm, samonabíjecí zbraně vypadající jako samočinné, a signální zbraně pro náboje větší než 16 mm (Kategorie B - "Zbraně podléhající povolení", 2021).

Kategorie C – zbraně podléhající ohlášení vlastnit, držet a nosit tuto kategorii může držitel zbrojního průkazu skupiny A, B, C i E. Kromě předložení zbrojního průkazu příslušné kategorie nebo zbrojní licence není podle zákona o zbraních a střelivu nutné předkládat žádné další dokumenty. Dle § 6 zákona o zbraních a střelivu jsou definovány zbraně kategorie C jako všechny zbraně, které jsou jednoranové nebo víceranové zbraně pro střelivo s okrajovým zápalem, jejichž celková délka je 280 mm nebo více, více než dvouranové nebo opakovací zbraně postavené na perkusním zámkovém systému a tlumiče hluku výstřelu, což jsou zařízení navržena pro použití s palnou zbraní, určená ke snížení hluku výstřelu při ostré střelbě (Kategorie C - "Zbraně podléhající ohlášení", 2021).

Kategorie C-I – zbraně podléhající ohlášení dle § 14a zákona o zbraních a střelivu může vlastnit každá svéprávná fyzická osoba starší 18 let, která má místo pobytu v České republice, stejně tak právnická osoba se sídlem nebo pobočkou v České republice. Podle

§ 57 má příslušný útvar policie právo tuto zbraň zadržet, pokud její držitel nesplňuje podmínky bezúhonnosti nebo existuje podezření, že by kvůli svému zdravotnímu stavu mohl představovat nebezpečí pro sebe nebo své okolí při nakládání se zbraní. Podle § 6a se jedná o znehodnocené zbraně z kategorií A až C, expanzní zbraně vyrobené v souladu s povolenými normami, jednoranové nebo dvouranové zbraně pro dělené střelivo, zbraně určené pro flobertové náboje nebo s odpovídající ústňovou energií do 20 J, určité druhy plynových zbraní, signální zbraně a elektrické zneschopňující prostředek v podobě zbraně (Kategorie C-I - "Zbraně podléhající ohlášení", 2021).

Kategorie **D – zbraně nepodléhající registraci** podle § 15 smí plně svéprávná fyzická osoba starší 18 let nebo právnická osoba může vlastnit, držet a případně nosit tuto zbraň. Jedná se o skupinu volně prodejných vzduchovek, předovek a znehodnocených zbraní, na které se nevztahují přímo závazné předpisy Evropské unie. Pro střelbu z těchto zbraní včetně při hrách je nutné vymezit bezpečný prostor, zajistit dohled odpovědné osoby, nebo jasně označit místo, kde se střelba koná. Dále je vyžadováno, aby osoby přítomné na takovém místě používaly odpovídající ochranné prostředky. Historické zbraně mohou být používány pouze na střelnici a musí být označeny platnou zkušební značkou podle zákona č. 156/2000 Sb., zákon o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů. Držitel zbraně kategorie D je povinen zajistit zbraň a střelivo proti zneužití, ztrátě nebo odcizení. Zbraň této kategorie nesmí být viditelně nošena na veřejnosti nebo na veřejně přístupných místech, pokud nejde například o rekonstrukce historických bitev, divadelní představení apod. Držitel zbraně kategorie D nesmí také s touto zbraní na veřejnosti nebo na přístupných místech manipulovat, pokud je jeho schopnost vykonávat tuto činnost nějakým způsobem omezena. Podle § 7 zákona o zbraních a střelivu se jedná o historické, paintballové zbraně, což jsou plynové zbraně navržené k vystřelování neletálních projektilů, plynové zbraně o maximální ráži 6,35 mm, expanzní zařízení, kromě přenosných upevňovacích nástrojů a jiných rázových strojů určených výhradně pro průmyslové či technické účely, znehodnocené zbraně, na které se nevztahují přímo použitelné předpisy Evropské unie, a na kterých byly provedeny nevratné úpravy znemožňující jejich použití ke střelbě, zbraně, na nichž byly řezem provedeny úpravy odhalující alespoň částečně jejich vnitřní konstrukci a neaktivní torza zbraní, což jsou zbraně trvale a nevratně nefunkční kvůli poškození nebo degradaci takového rozsahu, že jejich oprava by vyžadovala výměnu hlavních částí. Také sem spadají další střelné zbraně, které nejsou uvedeny v ostatních kategoriích (Kategorie D - "Zbraně nepodléhající registraci", 2021).

2.2 Dělení zbraní

Dělení zbraní je možné z mnoha faktorů jako jsou účel, původ, funkčnost, způsob nabíjení nebo současný stav zbraně. Další možností, jak rozdělit zbraně je dle aktuálně platné právní normy, konstrukce a technického zpracování. Pro účely této diplomové práce jsou zde uvedeny a vysvětleny pojmy související s touto prací. (Průšová et al., 2015)

Střelná – zbraň, která funguje na principu okamžitého uvolnění energie, a je navržena tak, aby dosáhla požadovaný účinek na jistou vzdálenost (Česko, 2002).

Palná – střelná zbraň, která funguje na principu uvolnění chemické reakce (Česko, 2002).

Plynová – střelná zbraň, která funguje na principu okamžitého uvolnění stlačeného vzduchu či jiného plynu (Česko, 2002).

Mechanická – střelná zbraň založena na uvolnění nahromaděné mechanické energie. Mechanické zbraně od 30. 1 2021 již nespádají do kategorie zbraní D, ale z historického hlediska byly vždy brány jako střelné zbraně nepodléhající registraci, ale dle novelizace zákona o zbraních a střelivu se v žádné kategorii již mechanické zbraně neobjevují (Česko, 2002).

Expanzní – palná zbraň, kde konstrukce zbraně neumožňuje použít kulový náboj či náboje s hromadnou střelou. Jedná se především o poplašné a signalizační zbraně nebo o akustické a salutní zbraně předělané z jiné zbraně pro účely divadla, kinematografie a rekonstrukce historických událostí (Česko, 2002).

Krátká – palná zbraň, kde hlaveň je kratší než 300 mm nebo celková délka zbraně je menší než 600 mm (Česko, 2002).

Dlouhá – palná zbraň, která není krátká (Česko, 2002).

Paintbalová – plynová zbraň, která je upravena na střelbu s barvicí látkou (Česko, 2002).

Historická – střelná zbraň, která je vyrobena a její hlavní části jsou vyrobeny do 31. 12. 1880 (Česko, 2002).

Znehodnocená – střelná zbraň, která je trvale znehodnocena, to platí i pro její hlavní části. Dále je nemožné tyto části opravit či upravit tak aby se opět zajistila funkčnost zbraně (Česko, 2002).

2.3 Vybrané zbraně

Tato podkapitola se věnuje zbraním, které jsou použity v této diplomové práci přesněji tedy v praktické části této práce.

Kuše – stavbou těla se klasifikují jako zbraně mechanické (Kuchyňka, 2018), které již od 30. ledna 2021 nejsou součástí zbraní kategorie D. Sice již nespádají do této kategorie, ale historicky sem spadaly již od zákona č. 288/1995 Sb., o střelných zbraních. Proto je využita i pro tuto práci. Kuše je schopna vystřelovat šipky pomocí mechanické síly. V angličtině se kuše jmenuje crossbow což přesně vystihuje její vzhled díky tomu, že se jedná o luk, který má pažbu. To umožňuje střelci vytvořit větší sílu. Jednalo se o přelomový vynález v průběhu středověkého obléhání. Aby se zvýšil dostřel a usnadnila manipulace s projektilovými zbraněmi, vzniklo několik nových variant, například gastrofy a kuše. Zdroj energie však stále závisel na uvolňování mechanické energie ze zařízení, kterou bylo třeba dodávat ručně (Driel, 2009).

Plynovky – zbraně poháněné plynem, vzduchem nebo oxidem uhličitým a jinými např. green gas. Aby spadaly do kategorie D musí být vyrobeny plynové a flobertové zbraně do roku 2021, zároveň musí splňovat požadavek energie na ústí hlavně maximálně 16 J, jinak jsou automaticky zařazeny do kategorie C-I, což znamená povinnost registrovat zbraň na oddělení PČR. Plynovky se dále dělí na airsoftové, paintbalové, vzduchovky, větrovky a foukačky (Plynové pistole, c2025).

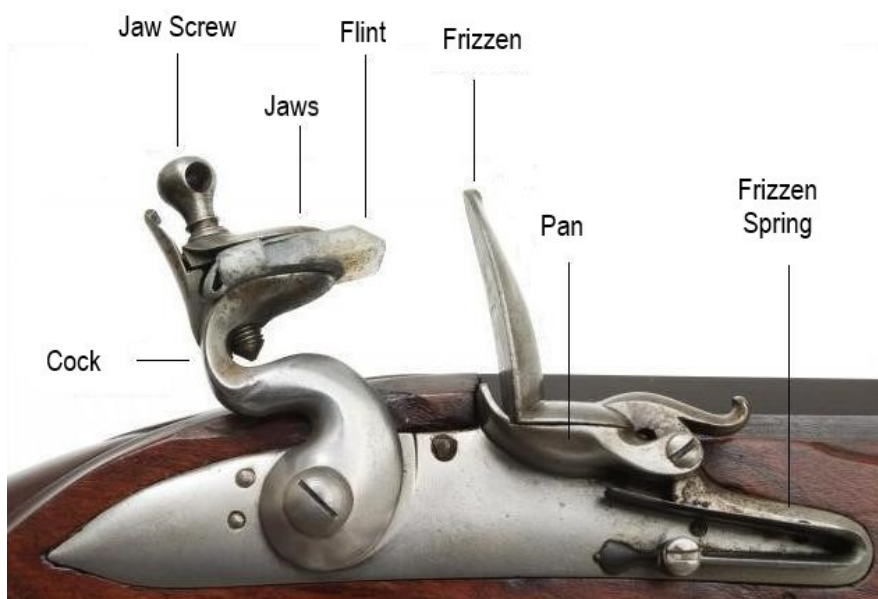
Vzduchovky – zbraň, která nevyužívá vznícení střelné hmoty, ale využívá stlačeného vzduchu. Je zde možnost využívat vzduchové zbraně k rekreačnímu střelení ale i k lovu drobné zvěře, jako další možnost jdou využít vzduchovku k tréninku dovedností a správného zacházení se zbraní.

K pořízení vzduchové zbraně stačí osobě dosáhnout plnoletého věku a je způsobilá k právu a povinnostem, na území ČR se stanovena hranice 18 let, pokud soud nestanoví jinak např. zplnoletění, zároveň od 1.2.2022 vzniklá novela zákona č.119/2002Sb., odstranila hranici energie na ústí hlavně 16 J. Vzduchovky se vyrábějí pouze do ráže 6,35 mm (Vzduchovky, c2009 - 2025).

Historické – tato rozsáhlá skupina zahrnuje zbraně krátké, dlouhé, vojenské i civilní, různých ráží a funkčních systémů. Pro zařazení zbraně do kategorie historických je klíčovým faktorem rok její výroby. Stáří zbraně lze určit pomocí zkušebních značek, výrobních čísel,

vyraženého roku výroby, nebo na základě historických údajů, které potvrzují, že výroba konkrétní zbraně byla ukončena před koncem roku 1890 (Průšová et al., 2015).

Křesadlové – zbraně s křesadlovým zámkem, který slouží k iniciaci, a tedy k výstřelu ze zbraně. Pro lepší vizualizaci je zobrazen na obrázku č. 1. Při přebití bylo potřeba natáhnout bicí kohout s křesacím kamenem, které při zmáčknutí spouště uhodilo kamenem o ocílku (Dolínek a Durdík, 2008). Která vytvořila jiskru, která způsobila iniciaci prachové složky na pánvičce (Flatnes, 2013).



Obrázek 1. Francouzský křesadlový zámek

(zdroj: *FlintlockMechanism*, 2009)

2.4 Střelivo

Dle české aktuální legislativy je střelivo pojem, které pod sebou schovává náboj, nábojku a střely do střelných zbraní (Česko, 2002).

Hlavní princip střel se od svého prvního využití nezměnil: přenášet energii na určitou vzdálenost a přeměnit ji na ničivý účinek v cíli. Zároveň je známo, že část této energie se vyčerpá na práci proti odporu vzduchu a gravitaci. Proto je nezbytné, aby počáteční energie byla dostatečně silná k dosažení požadovaného ničivého účinku v cíli (Billich, 2019).

Stejně jako samotné střelné zbraně, i střelivo prošlo rozsáhlým historickým vývojem, který vedl k jeho současné podobě. V minulosti museli střelci jednotlivé komponenty střeliva, včetně černého střelného prachu, vkládat ručně přímo do hlavně zbraně. Tento

proces byl časově náročný. S cílem urychlit manipulaci začaly být používány předem připravené papírové obaly s černým prachem, které však ke své funkci stále vyžadovaly vnější zážeh. Tento typ střeliva je dělené střelivo a v současnosti se používá převážně pouze u historických palných zbraní (Cork, 2008). Moderní zbraně dnes využívají tzv. jednotné střelivo, které tvoří jeden kompaktní celek složený ze střely, zápalky, hnací složky a nábojnice (Planka, 2010).

Existuje široká škála nábojů přizpůsobených různým typům zbraní, přičemž se liší například svým rozměrem, konstrukcí nebo určením. Základním parametrem, podle něhož se náboje označují, je ráže či kalibr. Tento název vyjadřuje průměr střely a existuje ve dvou variantách. Země, které používají metrický systém je ráže uvedena v milimetrech jako například 9 mm Luger, země nevyužívající metrický systém jako je například USA, které používají imperiální jednoty (palce) se ráže uvádí například jako .223 Remington (Kovárník a Rouč, 2011).

Jednotlivé komponenty střeliva představují důležitý předmět zkoumání v oblasti kriminalistické balistiky. Díky svým fyzikálním i materiálovým vlastnostem mohou nést zásadní důkazní materiál, který je schopen přispět k identifikaci konkrétní použité zbraně, a v některých případech i k samotnému pachateli (Planka, 2010).

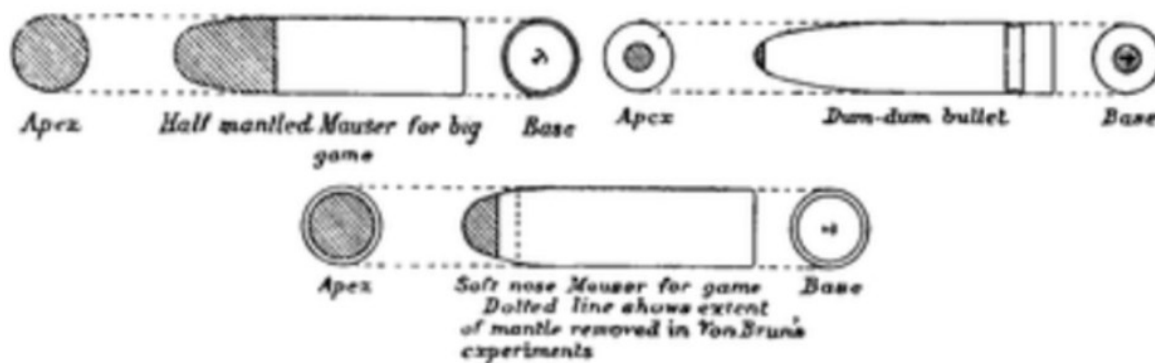
Dělení střeliva

Veškeré střelivo lze dělit tle nespočtu různých faktorů. Pro účely této práce jsou vybrány pouze některé z mnoha možných pohledů. Hlavní dělení obecně pro střelivo lze asi považovat dle účinnosti. Dle účinku střely je rozdělení na **letální**, které má vyšší pravděpodobnost usmrcení a **neletální** volně přeložitelné na nesmrtící. Obecně asi nejrozšířenější dělení je dle typu zbraně, pro které je určeno.

Náboje, u kterých přesahuje zápalkový okraj samotnou nábojnici, pro uchycení nábojnic v bubnu jsou **revolverové**. Válcové či lavičkové náboje určené pro pistole či samopaly jsou **pistolové**. Náboje určené pro kulomety a pušky jsou **puškové**. Konstrukčně unikátní s kovovým dnem a dnes především plastovým obalem dříve papírovým buď s broky či jednotným nábojem jsou **brokové** (Znamenáček, 2010).

Dle níže uvedeného obrázku (obr č. 2) lze konstrukci střel rozdělit na olověnou střelu, kde, jak název napovídá se jedná o střelu, která je bez pláště. Je především určena pro sportovní střelbu, po které je potřebné důkladné vyčištění hlavně. Munice vybavena směsí, která při zážehu září je svítící. Olověná střela, která je obalena v jiném materiálu pro zlepšení

průbojnosti střel je celoplášťová střela. Částečně obalená střela, která je převážně vytvarovaná do špičky - ne kvůli větší průbojnosti, ale pro zvýšení destruktivní reakce v živé tkáni, je střela poloplášťová.



Obrázek 2. Dělení dle konstrukce střel

(zdroj: Ogston, c2000–2025)

Dle typu (tvaru) střely kde univerzální tvar je **ogivální**. Lepší ranivost tkáni je specifická pro **plochou** špička. Pro sportovní střelbu je vytvořen vlastní tvar střel, který vytváří lépe viditelné zásahy v terči je **střížná** (Náboje a střelivo, c2025).

Pro účely této diplomové práce je ještě vybráno ještě dělení na **malorážkové**, které je určeno pro malorážkové zbraně. Pro houfnice a podobná děla či kalibry existuje **dělostřelecká** munice a kategorie, pro které nespádají ani pod to či to je skupina **ostatní**. Malorážková munice se dále dělí na **mikrorážkové**, **malorážkové** a **flobertky**, **středně a velkorážní**, **brokové**, munice pro **expanzní** zbraně a přístroje (Znamenáček, 2010).

Další typ munice jsou šípy a **šipky** nejedná se o klasické náboje pro střelné zbraně, ale v této práci se pracuje i s pistolovou kuší, proto jsou zde uvedeny. Zatímco šípy jsou delší a určené pro luky i větší kuše, šipky jsou kratší a využívají se hlavně v pistolových kuších či foukačkách. Obvykle se skládají z hrotu, dřívku a letkou, přičemž materiály mohou zahrnovat dřevo, hliník, uhlíková vlákna nebo plast. Konstrukce a hmotnost ovlivňují letové vlastnosti, přesnost a průraznost. Moderní šípy a šipky jsou navrhovány s ohledem na aerodynamiku a specifické použití, ať už pro sportovní střelbu, lov nebo rekreační účely (Velký popis šípů a komponent, 2024).

3 BALISTIKA

Balistika z řeckého slova *bállein* neboli vrhat. Jedná se o vědeckou oblast, která řeší dráhy letu vržených objektů. S rozvojem společnosti a vývojem střelných zbraní se balistika zaměřila na veškeré procesy a jevy spojené s pohybem střely (Kneubuehl, 2022). Balistika je jedinečná interdisciplinární oblast vědy, která studuje faktory, které ovlivňují pohyb střel (Forker, 2017). Tento obor používá specifické metody, techniky a termíny, které úzce souvisejí s zaměřením tohoto oboru. Jelikož se jedná o interdisciplinární charakter kombinuje nápady a výzkum z mnoha různých oblastí, jako je fyzika, chemie, mechanika, metalurgie, nauky o zbraních a střelivu, strojírenství (Juříček, 2017).

Balistika je velmi často chápána pouze v souvislosti s vyšetřováním trestné činnosti, toto odvětví je zvané jako kriminalistická balistika. Jednotlivé druhy balistiky je důležité od sebe odlišovat. Vojenská balistika se převážně zaměřuje na destrukci cíle a vyrazení osob z bojů. Biobalistika zkoumá, jak se střela chová v živé tkáni a jak tělo reaguje na různá poranění (Kačmárová, 2009).

3.1 Objekty kriminalistického zkoumání

Objekty zkoumání kriminalistické balistiky jsou všechny kriminalistické činnosti se střelnou zbraní nebo jejich částmi, které jsou továrně či domácíky upraveny, nejrozličnější druhy střeliva a jeho komponenty, zplodiny vzniklé po výstřelu (povýstřelové zplodiny) a objekty zasažené (Straus et al., 2004).

Střelné zbraně – jsou klíčovým objektem zkoumání v kriminalistické balistice a zároveň má významnou roli při páchání závažných trestných činů v mnoha případech. Lidé ji používají nejen k trestné činnosti, ale i k jiným méně vážným účelům už tisíce let. Během této doby bylo vyvinuto mnoho různých typů střelných zbraní, od kopí přes luky s šípy až po odstřelovací pušky s efektivním dostřelem několika set metrů (Planka, 2010). Hlavním kritériem pro rozdělení střelných zbraní, vycházejícím z jejich definice, je množství energie, která umožňuje střele letět k cíli (Musil et al., 2004).

Střelivo – hlavní princip střel zůstává nezměněn od jejich prvního použití, jde o přenos energie na určitou vzdálenost a její přeměnu na ničivý účinek v cíli. Zároveň je známo, že část energie se spotřebuje na překonání odporu vzduchu a gravitace. Proto je nutné, aby počáteční energie byla dostatečně silná, aby zajistila potřebný ničivý účinek v cíli (Billich, 2019). Ráže se udává ve dvou různých jednotkách, v zemích používajících metrický systém

je to v milimetrech, například 9 mm nebo 5,56 mm. V zemích s imperiálním systémem se používají označení jako .45 nebo .380. Údaje o ráži se nepřepočítávají a vždy se používá oficiální název, který je stanovený pro daný typ (Náboje a střelivo, c2025). Specifikace nábojnice není jednoduchá, i když si většina lidí představí především klasický pistolový kulový náboj, jednotlivé náboje se však liší. Pro základní představu se uvádí především pistolové a brokové náboje. Pistolový náboj se skládá z jednotné střely, kovové nábojnice, výmetné směsi a zápalky. V nejjednodušším rozdělení můžeme náboj rozdělit na střelu, nábojnici, výmetnou směs a zápalku. Střela je celoplášťová s olověným jádrem, nábojnici má válcový tvar, výmetná směs je v současnosti převážně bezdýmný prach a zápalka u pistolového náboje je se středovým zápalem, přičemž zápalka slouží k iniciaci výmetné směsi (Nauka o střelivu, c2005–2025).

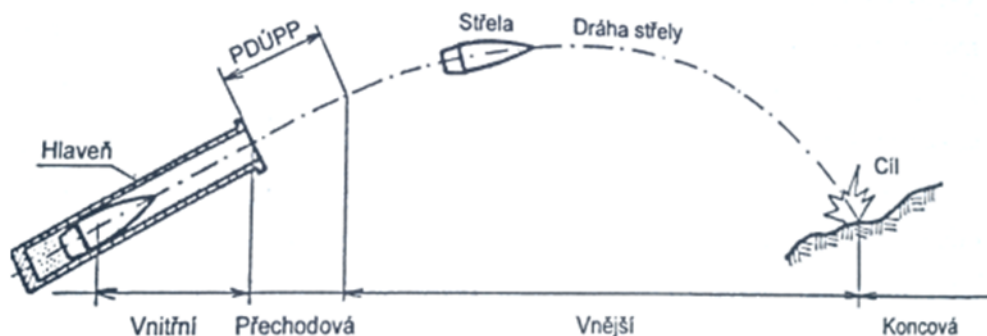
Předměty zasažené střelou – při používání střelné zbraně s jednotnou střelou mohou vzniknout různé druhy poranění se stopami zásahu a účinku střely. Jedná se o **vstřel** tedy o místo kudy střela vnikla, **výstřel** tedy místo, kde střela opustila cíl, **průstřel** což je střelné poranění, kde střela pronikne celým cílem, **nástřel** je, místo které střelou nebylo penetrováno, **zástřel** tedy střela nepronikla celým objektem, ale zůstala v cíli, **postřel** tedy střela vytvořila střelný kanál, ale je částečně odkryt (Šafr a Hejna, 2021). S tímto souvisí i první pomoc při zranění například při průstřelu, pokud je kanál úzký lze použít injektor s hemostatikem přímo do rány, které přímo zaplní ránu (CUBANO a BUTLER, 2024). Při zevním krvácení je možné krom tlaku je vhodné zajistit i dýchací cesty (Mckee et al., 2019).

Povýštělové zplodiny – jedná se o vedlejší produkt střel, je to směs různých kovových a nekovových částic, které jsou uvolněny v moment střelby. Ze zbraně se během střelby dostanou především hlavní spolu se střelou, ale i veškerými drobnými mezerami a spoji zbraně do všech směru tzn. i ke střelci. V kriminalistice mají klíčový význam zplodiny, které vznikají při zapálení (iniciaci) zápalkové složky, následném výbušném hoření střelného prachu, průniku projektilu hlavní zbraně a s tím související odíráním jejího povrchu a uvolňováním kovových částíček. Méně významné jsou odpadní produkty, které obsahují různé škodlivé látky smetené z hlavně zbraně (rez, prachové nečistoty) nebo vznikají zbytky konzervačních prostředků (Suchánek, 2005). Díky detekci těchto zplodin lze potvrdit či smrt byla trestným činem či sebevraždou (Heard, 2008).

3.2 Dělení balistiky

Balistiku lze dělit podle zaměření balistiků, využití a metod zkoumání.

Hlavní dělení se může považovat dělení podle rozdílů jednotlivých zkoumaných úkazů, které působí na pohyb střel. Jedná se tedy o **vnitřní** což je síla, která působí na střelu ještě uvnitř hlavně, **přechodová** což je krátká vzdálenost od hlavně, **vnější** což je vzdálenost od přechodové po cíl střely a **koncová** (Planka, 2010) (také označována jako termální balistika), která řeší síly působící na střelu v cíli střelce často se u toho využívá i termín „zastavovací efekt“ (Dekel a Rosenberg, 2020). K těmto základním druhům je dobré i zmínit a vysvětlit další dva druhy, jedná se o **prenatální** a **posttermální**. Pro vizuální zobrazení je hlavní rozdělení zobrazeno na obrázku č. 3.



Obrázek 3. Rozdělení balistiky

(zdroj: Plíhal et al., 2004)

Prenatální – zahrnuje všechny procesy, ke kterým dochází před samotným výstřelem. Přestože se hlavní důkazní stopy obvykle spojují s výstřelem nebo jeho následky, i děje před ním mohou být klíčové pro identifikaci zbraně či pachatele. Patří sem například zásahy do zbraně, jako je pokus o odstranění sériového čísla, čímž se pachatel snaží zakrýt původ zbraně. Dále sem spadají stopy na nábojnici vzniklé v závěrovém mechanismu, například při jejím zaseknutí, nebo stopy vznikající mezi jednotlivými výstřely. Tyto stopy mohou být individuální a sloužit k identifikaci konkrétní zbraně. Závěrečnou oblastí této fáze je způsob výroby zbraně a střeliva, a to jak v továrních, tak i domácích podmínkách kde mohou vzniknout charakteristické stopy použitých nástrojů nebo výrobních postupů (Planka, 2010).

Vnitřní – jak již sám její název napovídá, zkoumá zákonitosti, které probíhají uvnitř hlavně zbraně od okamžiku zážehu zápalky až po opuštění hlavně střelou. Během tohoto velmi krátkého časového úseku dochází k celé řadě fyzikálních procesů tedy od zážehu

a hoření střelného prachu, přes rozpínání plynů, které uvádějí střelu do pohybu, až po vznik rýh na povrchu střely, které jsou výsledkem kontaktu s vývrtem hlavně. Současně vznikají i stopy na nábojnici, například od vytahovače nebo vyhazovače, které jsou pro každou zbraň charakteristické. Vnitřní balistika tak hraje zásadní roli při identifikaci konkrétní zbraně, neboť tyto stopy mohou být jedinečné (Juříček, 2017).

Přechodová – se zaměřuje na děje, které probíhají ve velmi krátkém okamžiku, kdy střela opouští hlaveň zbraně. V tomto momentu na ni působí prachové plyny, vzniklé hořením střelného prachu. Tyto plyny se šíří obrovskou rychlostí, často i rychleji než samotná střela, a mohou ji dále urychlit nebo předběhnout. Jejich vliv se přenáší nejen na střelu, ale i na zbraň jako celek, což se může projevit například změnami v chování zbraně při střelbě. Účinek prachových plynů je znatelný ještě ve vzdálenosti 15 až 20násobku průměru hlavně. U pistole CZ 75 B se tato vzdálenost pohybuje přibližně mezi 135 a 180 mm od ústí hlavně (Juříček, 2017). Tyto poznatky mají význam nejen pro balistickou analýzu, ale také pro posouzení účinků výstřelu na okolní prostředí.

Vnější – se zabývá pohybem střely od okamžiku, kdy přestávají působit účinky plynů po opuštění hlavně, až do momentu zásahu cíle. V této fázi se již střela pohybuje volně v prostoru a je vystavena několika vnějším vlivům, které ovlivňují její dráhu, stabilitu a přesnost zásahu. Nejdůležitějšími silami působícími na střelu jsou gravitace, která způsobuje zakřivení její dráhy směrem k zemi, a odpor vzduchu, jenž působí proti směru pohybu střely a ovlivňuje její rychlost i stabilitu. Odpor vzduchu je závislý na rychlosti střely – při rychlostech nižších než $50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ jej lze do určité míry zanedbat, ale při vyšších rychlostech se stává zásadním faktorem ovlivňujícím let. Kromě toho působí na střelu i další aerodynamické síly, například povrchové tření, vztlak nebo gyroskopické efekty, které vyplývají z rotace střely kolem její osy. Vnější balistika zkoumá mimo jiné i tvar a výšku trajektorie, maximální a účinný dostřel, a také změny rychlosti a energie střely v různých fázích letu. Tyto poznatky jsou důležité jak pro vojenské aplikace, například při výpočtech dělostřeleckých drah, tak i pro kriminalistiku, kde se využívají při rekonstrukci střelby, konkrétně pro určení směru, vzdálenosti a pozice střelce. Velkou výhodou vnější balistiky je, že její výpočty lze provádět pomocí matematických modelů, které jsou často levnější než praktické experimenty, a zároveň umožňují analyzovat široké spektrum možných scénářů. Díky tomu je možné provádět simulace různých střeleckých situací a optimalizovat parametry střelby (Juříček, 2017).

Termální (koncová) – se zaměřuje na zkoumání účinků střely v okamžiku dopadu na cíl. Sleduje, jakým způsobem střela působí na různé typy materiálů a tkání po ukončení svého letu. V závislosti na povaze cíle rozlišujeme dvě hlavní oblasti: ranivou balistiku, která se zabývá účinky střel na živé cíle tedy na lidské tělo nebo zvířata, a balistiku tvrdých cílů, která studuje interakci střely s pevnými překážkami, jako jsou stěny, sklo, kov nebo jiné materiály. Tato oblast je klíčová nejen v kriminalistice a soudním lékařství, ale i ve vojenských a bezpečnostních aplikacích (Planka, 2010).

Posttermální – druh, který se převážně využívá ve forenzní balistice. Zaměřuje se na zkoumání střel, které opustily svůj cíl, tedy zejména úlomky střel nebo úlomky cíle. Tyto úlomky mohou působit jako sekundární střely, nebo nesou stopy, které jsou důležité pro vyšetřování (DiMaio, 2016).

Bývalý Plk. Planka z kriminalistického ústavu Praha (KUP), rovněž rozděluje balistiku, přičemž ranivou balistiku dělí na vojenskou a loveckou, a to podle různých typů běžně používaných zbraní, střel a požadovaných účinků na cíl. Forenzní balistika tento obor využívá k prozkoumání různých otázek souvisejících s forenzní lékařskou praxí, zejména ve vztahu k střelným poraněním a hodnocení účinků střelby na necitlivé cíle, čímž poskytuje cenné odpovědi na další forenzně relevantní otázky.

Kromě již uvedeného dělení lze balistiku rozdělit také podle způsobu řešení úloh na teoretickou a experimentální balistiku. Další způsob dělení balistiky je založen na rozdílech mezi různými typy střel, což vede k rozdělení balistiky na balistiku hromadnou a jednotlivých střel. Stojí však za zmínku, že tato dělení jsou zmiňována pouze okrajově, neboť nejsou v teorii ani v praxi hojně využívána.

3.3 Ranivá balistika

První zmínka o tomto odvětví vznikla již v první polovině 19. století. Vědní obor se věnoval objektivnímu stanovení ranivého účinku způsobeno malorážkových střel. Jednalo se především o výzkum reálných poranění (Juříček, 2017). V období vzniku tohoto oboru se využívali převážně muškety s olovené střely, které postupně byly nahrazeny puškami, které byly nabíjeny zezadu takzvané zadovky. Zadovky používaly ogivální typ s menší ráží a vyšší ústřovou rychlostí což znamená, že vykazovaly vyšší ranivost což vedlo ke změně ve zkoumání ranivé balistice a vojenské chirurgii. V počátku se ani moc nevědělo o problematice deformace a fragmentace v živé tkáni. V druhé polovině 19. století se ogivální střely začali vyrábět s pláštěm nejčastěji tvořený slitinou mědi, což vedlo k zvýšení

úst'ové energie a efektivního dostřelu zbraně. Zároveň se ale zjistilo, že tyto střely, které jsou rychlejší a nemají takovou tendenci se deformovat při výstřelu způsobují menší destrukci jak pomalejší a měkkí střely. Ogivální střely s pláštěm měly tedy nežádoucí efekt z vojenského hlediska (Bellamy a Zajtchuk, 1989). Ve stejném období se pro vojenské účely vyvinuly střely, které měly uvnitř rozbušku spolu s náplní střelného prachu, kde při zásahu cíle došlo k iniciaci a výbuchu náplně (Dodd a Byrne, 2006). Zároveň některé byly upraveny tak aby explodovali nezávisle na zásahu cíle ale na časovém intervalu. Výbušné střely zanechávali v živém cíli velmi těžká poranění (Kneubuehl, 2022). Koncem 19. století se experimentovalo s cílem najít nový typ střely, který by dokázal využít, jak efektivní dostřel stejně jako ogivální plášťové střely a zároveň deformovat a fragmentovat se jako to bylo u měkkých ogiválních střel. Výsledkem těchto experimentů vedlo k odstranění pláště v přední části střely. Takovéto úpravy na střele umožnili střele se při nárazu do deformovat a tím tak předat větší množství energie. V cíli docházelo k těžkým zraněním díky schopnosti dosáhnout vysoké rychlosti a zároveň její schopnosti se výrazně deformovat (Br Med, 1947). Kolem roku 1900 se vyvinula střela zvaná Spitzer což byla střela se špičatým tvarem a protáhlou přední částí. Díky této úpravě získala dobrý aerodynamický tvar, díky kterému měla střela lepší efektní dostřel, zároveň se střela chovala jinak v tkáni než předchozí varianty. Tyto střely při penetraci organismu způsobí malý vstupní otvor a velký výstupní, čímž poškodí měkké tkáně. Těžiště u toho typu střely je posunuto směrem dozadu, což zvyšuje potenciál způsobit poranění, protože vzniká tendence při penetraci rotovat. Vzhledem se velmi podobala většině moderních střel (Bellamy a Zajtchuk, 1989).

Nejvýznamnějším prvkem pro výzkum a hodnocení ranivého potenciálu jsou zkušenosti chirurgů, kteří léčili balistická zranění (Bellamy a Zajtchuk, 1989). Novodobým zdrojem informací jsou balistické experimenty s využitím moderních měřících, záznamových a výpočetních technologií. Dále využití jiných vědních oborů. Z etických a zákonných omezení se již nevyužívá zvířat ani orgánů zvířat. Veškeré experimenty jsou prováděny na cílech z náhradních materiálů (Juříček, 2017).

Ranivý potenciál – představuje zásadní součást experimentální složky ranivé balistiky, jejímž hlavním cílem je zkoumat schopnost střel způsobovat střelná poranění různého charakteru a závažnosti. Tento pojem úzce souvisí se schopností střely předat cíli svou kinematickou energii. Jinými slovy, jde o efektivitu přenosu energie, která je obsažena v pohybující se střele, na živý nebo neživý cíl, což determinuje míru její destruktivnosti a schopnosti penetrovat tkáň či jiný materiál. Efektivní využití tohoto potenciálu je zásadní

pro pochopení mechanismu zranění a jeho následků. Ranivý potenciál lze klasifikovat podle účinku na dva základní typy, a to **dočasné zastavení cíle** a **trvalé zastavení cíle**. Dočasné zastavení představuje krátkodobé vyřazení cíle z činnosti, například v důsledku traumatického šoku nebo jiné okamžité reakce organismu na zásah. Naopak trvalé zastavení cíle znamená smrtelný účinek, tedy usmrcení cíle, což je důležité zejména v kontextu vojenské nebo myslivecké praxe (Juříček, 2017). Je důležité poznamenat, že samotná síla střely není dána pouze hodnotou jejího ranivého potenciálu, ale také schopností střely tento potenciál účinně využít v praxi. Jinými slovy, nestačí, aby střela měla vysokou energii – klíčové je, jak efektivně je tato energie přenesena na cíl a jaké konkrétní účinky tím vzniknou (Juříček et al., 2019). V oblasti myslivosti se často používá také pojem okamžité usmrcení, jehož význam spočívá ve snaze minimalizovat utrpení zasažené zvěře a zároveň snížit riziko ztráty kořisti. Zásah, který vede k okamžitému znehybnění nebo usmrcení, je považován za ideální z etického i praktického hlediska. Tento aspekt nabývá na významu nejen z hlediska ochrany zvířat, ale i z hlediska efektivity lovu.

Ranivý účinek střel – jde o nejdůležitější faktor střel na živý cíl. Jednoduše řečeno se jedná o schopnost střely překonat oděv, kůži a penetrovat cíl (Juříček, 2017). Tuto schopnost lze omezit využitím ochranných pomůcek či pomocí překážek, kde překážkou se rozumí stavení či terén, jako ochranné pomůcky se počítá např. neprůstřelná vesta či štít (Juříček, 2020). Řešení ranivého účinku je pohlíženo ze dvou pohledů. První pohled je technický neboli **ranivě-balistický**, které je zaměřeno na změny a jevy, které probíhají v tkáni při zasažení. Druhý je lékařský pohled neboli **chirurgický**, ten se zaměřuje na diagnostiku, ošetření a léčbu střelných poranění. Sice jsou tyto pohledy diametrálně odlišné, ale pro řešení problematiku jsou neodlučné. Ranivě-balistický pohled umožňuje kvantitativní popis odolnosti, zatímco chirurgický určuje stupeň poškození tkáně a typ zranění, což je pro řešení fyzického a duševního stavu potřeba (Juříček, 2017). Střela v reakci s biologickou tkáně může reagovat několika na sebe nezávislými ničivými faktory. Jedná se o složky ranivého účinku, jedná se o účinky průbojné, tříštivé a trhavé a střepinový. Jak z názvu je jasné **průbojný účinek** určuje schopnost penetrovat tkáň, kde tato schopnost je určena především konstrukcí střely a balistickými vlastnostmi střely jako je dopadová rychlost, odpor prostředí a cíle a mnoho dalších (Juříček, 2015). V případě střetu střely s kostí, kde se kost či část kosti roztříští se jedná o **tříštivý účinek**, v případě, že střela potrhá měkkou tkáň hovoříme o **trhavém účinku**. U těchto dvou účinků je řeč o střele, která se pohybuje dvakrát rychleji než zvuk, schopnost omezit rychlost a způsobit tak tříštivý a trhavý účinek je pouze

u ochranných pomůcek, či odolnosti prostředí. V tomto kontextu je prostředí kůže, svaly, kosti a orgány cíle (Planka, 2010). Poslední je **střepinový účinek**, který nastává, pokud je odpor cíle větší než celkové napětí střely. V tomto případě dochází k deformaci a fragmentaci střely, kde jednotlivé fragmenty (šrapnely) vykazují, jak vlastní energii, tak i vlastní vektory, což způsobuje další poškození cíle (Šafr a Hejna, 2021)

Střelná poranění – střelné zbraně s jednotnou střelou jsou schopny způsobit různé druhy střelných poranění v živém cíli. Tyto poranění jsou definovány jako **průstřel**, je typ zranění, když střela penetrovala a zároveň vystoupila z těla. Pokud střela nedokáže penetrovat kůži v důsledku slabé energie nebo dostatečné ochrany mluvíme o **nastřelení**. V případě, kdy střela škrábne cíl neboli vytvoří rýhu na povrchu těla definujeme toto poranění jako **ostřel**. Při penetraci kůže, ale neschopnosti střely projít celým tělem neboli poranění, kde střela zůstane na konci svého střelného kanálu uvnitř těla je toto zranění definováno jako **zástřel** (Hirt, 1996).

4 DÍLČÍ ZÁVĚŘ

Teoretická část práce poskytuje základní vhled do problematiky zbraní kategorie D, její právní rámec, typologii a balistické vlastnosti. Popsány byly i historické souvislosti, nadcházející změna kategorizace zbraní a střeliva, a legislativa, která upravuje pravidla držení, nošení a používání těchto zbraní. Také byly vysvětleny základy balistiky, především pak balistika ranivá, včetně chování střely během penetrace cíle a faktory, které to ovlivňují.

Zbraně kategorie D jsou veřejnosti lehce dostupné, kde podmínkou je plnoletost a svéprávnost. Do této kategorie spadají expanzní zbraně, vzduchovky, plynové zbraně a historické zbraně. Dříve do kategorie D patřily i mechanické zbraně, které byly odstraněny z legislativy až v roce 2021. Specifikem pro tyto zbraně je často jednoduchá konstrukce či absence složitého střelného mechanismu i přes tyto specifika jsou schopny tyto zbraně generovat vysokou energii pro způsobení závažných zranění. V případě nevhodného zacházení, neodborné manipulace nebo úmyslného použití mohou představovat vážné riziko zejména proto, že se mnohdy nenacházejí pod tak přísným dohledem jako jiné typy střelných zbraní.

Balistika poskytuje pohled na chování střely od momentu střelby až po moment, kdy je střela v cíli. Balistika ranivá poskytuje pohled na interakci střely s cílem. Pro práci je podstatné rozdělení balistiky na vnitřní (pohyb střely v hlavni), přechodovou (okamžik opuštění hlavně), vnější (let střely k cíli) a koncovou (účinek na cíl). Právě poslední zmíněná je v této práci nejrelevantnější. Ranivý účinek je dále analyzován jak z hlediska technického, tak i z hlediska lékařského. Pro pochopení praktických výsledků experimentální části je tak nezbytné vnímat střelu jako fyzikální těleso, jehož účinky mohou být kvantifikovány, ale zároveň hodnotit i biologickou odezvu organismu.

Ranivý potenciál vyjadřuje schopnost střely předat cíli dostatečnou kinetickou energii, která je předána ze střely do cíle. Tato schopnost je ovlivněna mnoha různými faktory ať se jedná o konstrukci střely, rychlost střel, reakce cílového prostředí či třeba úhel dopadu střely na cíl. Nedílnou součástí ranivé balistiky jsou i střelná poranění, které lze rozdělit na průstřel, ostřel, nastřelení a trhavý či tříštivý účinek. Ranivý potenciál je přitom úzce spjat s balistickými vlastnostmi střel a jejich chováním v cíli. Zatímco palné zbraně především vojenské jsou konstruovány tak aby maximalizovali destrukční účinek, tak u zbraní kategorie D se obecně podceňuje jejich schopnost zranit.

II PRAKTICKÁ ČÁST

5 METODY ZKOUMÁNÍ

Zkoumání účinků malorážových střel v experimentální balistice má zásadní význam pro soudně znaleckou praxi. Vzhledem k etickým omezením při testování na živých organismech se vědci zaměřují na fyzikální substituční modely, které napodobují vlastnosti biologické tkáně. Tento přístup umožňuje přesné posouzení ranivého potenciálu střel a jejich vlivu na lidské tělo. Toto vytváří prostor pro metody **nepřímé identifikace**, který je uplatňuje především tři základní metody. První metoda je **analýza profilu zranění**. Tato metoda se zaměřuje na tvar a rozměr střelných dutin v substitučním fyzikálním modelu. Díky tomuto zkoumání lze zjistit ranivý potenciál střel či částečně určit výsledný ranivý účinek. Porovnání účinků střel na základě analýzy profilů zranění představuje jednoduchou a orientační metodu. Společně s informacemi o celkové kinetické energii přenesené do bloku umožňuje tento profil získat představu o chování střely v materiálu a o rozložení specifické přenesené kinetické energie. Metoda **radiálních trhlin** se zaměřuje na délku prasklin, co se šíří od střelného kanálu ve fyzikálním modelu. Metoda, která využívá vysokorychlostní kameru k vytvoření záznamu vzniku dočasných dutin v substitučním modelu je **optická analýza**. Tato metoda umožňuje podrobně popsat pohyb střel. Tyto nepřímé metody identifikace nabízejí přesné a eticky přijatelné způsoby hodnocení ranivého potenciálu střel. Tyto metody přispívají jak pro forenzní analýzy, tak i pro rozvoj způsobu léčení střelných poranění (Juříček et al., 2020).

Kvantitativní přístup k hodnocení ranivého potenciálu. U balistického výzkumu střeliva se hodnocení ranivého potenciálu přesunulo převážně od kvalitativního a deskriptivního posouzení ke kvantitativním metodám, které nabízejí objektivní a reprodukovatelné srovnání různých střel z hlediska jejich destruktivního účinku tedy jejich ranivému potenciálu. Tento kvantitativní přístup pracuje s měřitelnými fyzikálními i mechanickými veličinami. Význam tohoto přístupu je v možnosti optimalizace střeliva či jeho využití, ať jde o ozbrojené složky, civilní bezpečnost nebo i soudní či lékařský význam.

Převážně hlavním parametrem pro posouzení ranivého potenciálu je **kinetická energie**, která je předána cíli. Tato kinetická energie je definována dle vztahu $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, kde m je hmotnost střely a v je její rychlost. Nejčastěji se v literatuře objevuje kinetická energie, co je absorbována v prvních 15 cm substitučního materiálu. Tato energie se značí E_{15} a tato hodnota má vysokou výpovědní hodnotu zejména při hodnocení pravděpodobnosti závažného poranění vitálních struktur. Toto kritérium se stalo standardem především pro

testovací protokoly FBI. Přenos energie do cílového média ovšem závisí i na konstrukci střely. Například expanzní střely, které se při nárazu deformují a zvětšují svou čelní plochu, vykazují vyšší účinnost přenosu energie než střely celoplašťové, které mají tendenci pronikat skrz cíl s menší ztrátou energie.

Dalším kritériem je **hloubka** průniku střely. Tento parametr reflektuje schopnost střely proniknout do biologického cíle na dostatečnou hloubku, která je nezbytná k zasažení životně důležitých orgánů. Pro kontext experimentů je optimální rozmezí mezi 20 a 35 cm. Při nižší hloubce hrozí selhání eliminace cíle, a při větší hloubce hrozí zranění nezúčastněných osob. Hloubku průniku ovlivňuje především rychlost střely a její tvar.

Stejně důležitým kritériem je **objem** vzniklé střelné dutiny, která vznikne při interakci střely s tkání. Při sledování dutiny se také rozlišuje mezi **dočasnou** a **trvalou** dutinou. Dočasná dutina vzniká v důsledku radiálního přenosu energie a krátkodobé dislokace tkání, zatímco trvalá dutina odpovídá reálné destrukci tkáňových struktur v trajektorii střely. Objem těchto dutin je významným prediktorem rozsahu zranění a bývá kvantifikován na základě experimentálních záznamů na substituční fyzikální model. Větší objem vytvořené dutiny zpravidla signalizuje vyšší ranivý účinek střely. Konstruktivní prvky jako dutinová špička nebo řízená expanze přispívají k výraznému zvětšení dutin.

Neméně důležité kritérium je **hybnost** střely, který je definován vztahem $p = mv$, kde m je hmotnost střely a v je její rychlost. Na rozdíl od kinetické energie, která roste kvadraticky s rychlostí, hybnost narůstá lineárně. Hybnost má zásadní význam především v situacích, kdy dochází k interakci střely s bariérami či překážkami před cílovým objektem, nebo v případech, kdy je třeba vyhodnotit účinnost střel s relativně nižší energií, ale vyšší průbojností. Vyšší hybnost obecně zvyšuje pravděpodobnost hlubší penetrace, i při nižší přenesené energii.

Specifickým a prakticky orientovaným kritériem je **zastavující účinek** střely (často označen jako „stopping power“). Toto kritérium odráží schopnost střely vyvolat okamžité vyřazení cíle z činnosti. Tento účinek není výsledkem jediné fyzikální veličiny, ale komplexního souboru interakcí zahrnujících přenesenou energii, hloubku průniku, dynamiku deformace střely, případnou fragmentaci, a rovněž fyziologickou odezvu cíle. Vzhledem k této komplexnosti bývá zastavující účinek zpravidla vyhodnocován na základě kombinace výše uvedených parametrů včetně subjektivních faktorů jako je třeba psychofyziologická reakce. V odborné literatuře se pro kvantitativní popis používají různé

modely, například KO (knock out) kritérium, které kombinuje hmotnost, rychlost a ráži střely. Další příklad může být německý model Mannstoppwirkung, který klade důraz na celkový ranivý účinek vůči lidskému tělu.

Další často využívaný je přístupů představuje **relativní ranivý potenciál**, jehož cílem je umožnit mezi sebou srovnávat různé typy střel a střeliva za použití standardizovaných podmínek. Tento přístup zpravidla slučuje více dílčích parametrů jako je třeba hloubka průniku, objem trvalé dutiny či deformace střely do jednoho výsledného skóre. Tím je umožněno objektivní porovnávání účinnosti střel za stejných testovacích podmínek. Indexy jako je Relative Incapacitation Index přitom zohledňují nejen fyzikální parametry, ale také fyziologický dopad zásahu na cíl, včetně jeho polohy vůči životně důležitým orgánům. Tento přístup je široce využíván při vývoji a optimalizaci nových typů střeliva, které mají spojit vysokou efektivitu s taktickou bezpečností.

Závěrem lze konstatovat, že jednotlivá kritéria hodnocení ranivého potenciálu poskytují různé perspektivy na účinnost střel. V praxi se proto využívá jejich kombinace, která umožňuje co nejpřesnější vyhodnocení reálného účinku střely v konkrétních podmínkách. Detailní analýza předané energie, hloubky průniku, objemu dutiny, hybnosti, zastavujícího účinku a relativního ranivého potenciálu přispívá k hlubšímu porozumění balistickým mechanismům (Juříček et al., 2020a).

Pro potřeby této diplomové práce byla zvolena tři základní kritéria, na jejichž základě je možné hodnotit relativní ranivý potenciál jednotlivých zbraní a střeliva. Jedná se konkrétně o kinetickou energii střely, hloubku střelné dutiny a její objem. Tyto parametry umožňují kvantitativní porovnání účinnosti různých zbraní a zároveň poskytují ucelený pohled na míru potenciálního poškození cílového materiálu. Následným srovnáním těchto hodnot mezi jednotlivými typy použitých střel je možné objektivně vyhodnotit efektivitu konkrétní zbraně v kontextu ranivosti.

6 EXPERIMENT

Experiment se uskutečnil 12. března 2025 v 14:00 hodin v učebně s teplotou 20 °C, zatímco venkovní teplota činila 18 °C, na Fakultě logistiky a krizového řízení Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně v Uherském Hradišti. Během experimentu probíhaly výstřely z plynové pistole Zoraki mod 914-TD (10 ran) a z pistolové kuše (10 ran).

Vzdálenost střelce od balistického mýdla při střelbě z kuše byla 150 cm, přičemž se zároveň střílelo skrz měřicí hradla pro zaznamenání rychlosti střelby. Po výstřelech byly měřeny šířka, délka a hloubka střelných otvorů, u střelby z kuše se zároveň měřila rychlost šipek. Před střelbou byly ještě jednotlivé šípky zváženy, aby po provedení experimentu mohla být spočítána jejich kinetická energie.

Dráha měla délku 150 cm, přičemž vzdálenost mezi mýdlem a hradlem byla 15 cm, délka hradel byla 30 cm a značka pro udržení vzdálenosti od hradel byla umístěna 105 cm od hradel. Sestava byla složena viz obrázek 4.



Obrázek 4. Střelecká dráha

(zdroj: vlastní, 2025)

Střelba z plynové pistole proběhla z bezprostřední blízkosti pro zaznamenání možného poškození v substitučním materiálu (v tomto experimentu glycerinové mýdlo). Po provedení experimentu byla změřena délka, šířka a hloubka vytvořených střelných otvorů, následně se střelný otvor vylil vodou pro zjištění obsahu vzniklého otvoru. Střelba byla provedena

z bezprostřední blízkosti, stejně jak je zaznamenáno na obrázku č. 5 a to z důvodu, kdyby střelba probíhala stejně jak u pistolové kuše, vznikl sotva zřetelný či vůbec žádný střelný otvor, který by bylo možné změřit a dále s ním pracovat. Z tohoto důvodu ani není změřena rychlost střel. Proto i dále není nikterak zpracována kinetická energie pro plynovou pistoli.



Obrázek 5. Zobrazení průběhu střelby plynovou pistolí

(zdroj: vlastní, 2025)

6.1 Použité pomůcky, přístroje, zbraně a střelivo

Tato podkapitola popisuje jednotlivé přístroje, pomůcky, materiály, zbraně a střelivo použité pro provedení tohoto experimentu.

Svinovací metr – Ellix má délku 5 m. Tento metr slouží k změření vzdálenosti od střelecké linie k měřícím branám a k náhradnímu materiálu. Tento přístroj má měřicí přesnost třídy II podle systému tolerance.

Posuvné měřítko značky Super Inoxvdable – pro změření základních rozměrů vzniklého střelného kanálu. Jedná se o šířku, délku a hloubku vniklého kanálu. Použité posuvné měřítko je s deklarovanou přesností 0,04 mm a je zobrazeno na obrázku č. 6.



Obrázek 6. Posuvné měřítko

(zdroj: vlastní, 2025)

Měřicí hradla – elektronická měřicí hradla značky Caldwell Chronograph jsou schopná měřit různé typy projektilů (střely, broky, kuličky i šípy), přičemž lze nastavit parametry měření podle konkrétních potřeb. Jsou vybavena LCD displejem vidět na levé straně obrázku č. 4, který je napájen 9 voltovou baterií a zobrazuje rychlost střely s odchylkou $\pm 0,25$ %. Hlavními výhodami těchto hradel jsou jejich jednoduchost, spolehlivost, snadná manipulace a vysoká přesnost měření, přičemž výrobce uvádí rozsah měření od 1,524 do 3047,6952 m/s. Parametry jsou uvedeny v tabulce č. 1. (Caldwell, c2025).

Tabulka 1. Parametry měřicích hradel

Parametr	Popis
Jednotka	ms^{-1} nebo fps
Rozměry	40/10/90 cm
Rozměry se štítem	40/39/43 cm
Způsob napájení	9 V
Hmotnost	1023 g

(zdroj: Caldwell, c2025)

Kombinované kleště – kleště pro vyjmutí šípek z balistického mýdla.

Odměrný válec – skleněný odměrný válec k zjištění objemu střelného otvoru.

Chráníče hluku – sluchátka pro ochranu zvuku během střelby z plynové pistole.

Plynová pistole Atak Zoraki 914-TD – je samonabíjecí plynová pistole. Díky své kompaktní velikosti a hmotnosti je model 914 ideální volbou pro každého, kdo hledá spolehlivou zbraň pro účinnou sebeobranu. Tento model patří mezi nejoblíbenější na trhu, zejména díky své optimální velikosti, kvalitě zpracování a spolehlivosti. Pistole má celokovovou konstrukci s plastovými střenkami, spoušťový mechanismus DA a dvouřadý zásobník s kapacitou až 14 nábojů. Bezpečnostní pojistka je samozřejmostí. Atak je vhodná pro sebeobranu nebo jako startovací pistole pro výcvik psů. V případě sebeobrany mají plynové pistole oproti ostrým zbraním výhodu v tom, že i při použití silných pepřových nábojek dokážou na několik minut zneškodnit útočníka bez trvalých zdravotních následků. Pistole je účinná na vzdálenost do 3 až 4 metrů (Atak Zoraki 914, c2009 - 2025) viz obrázek č. 7 a parametry jsou uvedeny v tabulce č. 2.



Obrázek 7. Plynová pistole Atak Zoraki 914-TD

(zdroj: vlastní, 2025)

Tabulka 2. Parametry plynové pistole Atak Zoraki 914-TD

Parametr	Popis
Výrobce	Atak Arms
Ráže	9 mm
Hmotnost	700 g
Délka	154 cm
Mechanismus	DA
Dostřel dráždivé látky	> 3 m
Kategorie zbraně	C-I

(zdroj: Atak Zoraki 914, c2009 – 2025)

Pistolová kuše – pistolová kuše Beast Hunter Cobra Aluminium black 80lb zobrazena na obrázku č. 8 je určena pro rekreační střelbu na terč na vzdálenost 10-15 metrů. Lučiště s napínací silou 80 LB dosahuje počáteční rychlosti až 175 FPS. Tělo kuše je kovové, s plastovými střenky a předpažbím. Natažení je snadné díky pákovému systému Cobra, který vyžaduje méně síly. Doporučené šipky mají délku 6,5". Mířidla jsou pevná, s možností montáže optiky. Bezpečnost zajišťuje pojistka, která blokuje spoušť (Kuše pistolová, c2010-2025).



Obrázek 8. Pistolová kuše Beast Hunter Cobra

(zdroj: vlastní, 2025)

Substituční fyzikální model – pro účely tohoto experimentu byl zvolen jako substituční materiál glycerinové mýdlo, které bylo připraveno tak, aby umožnil věrohodnou simulaci biologické tkáně při zásahu střelou. Výsledný blok glycerinového mýdla je dobře patrný na obrázku č. 4 a č. 5, kde je zřetelně viditelná dutina vzniklá po průchodu střely. Tento materiál se vyznačuje schopností plastické deformace, což znamená, že po penetraci střely zůstává v jeho objemu trvalá dutina, jež reprezentuje maximální rozměr střelného kanálu (Cronin a Falzon, 2011). Takto vytvořený prostor lze následně kvantifikovat například pomocí vylití vody, čímž je možné přesně určit objem vzniklé střelné dutiny. Autor této diplomové práce zvolil glycerinové mýdlo jako primární médium, přičemž pro účely komparace je do metodiky zařazena i 20% balistická želatina, se kterou pracoval již ve své bakalářské práci. Oba tyto materiály jsou uvedeny v tabulce č. 3 jako fyzikální substituční modely.

Tabulka 3. Fyzikální a mechanické hodnoty

Látka	Teplota [°C]	Hustota [kg.m ⁻³]
Želatina 20 %	20	1060
Glycerinové mýdlo	20	1080

(zdroj: vlastní, 2025)

Šípky do kuše – šípky ALU 6,5" jsou vhodné pro pistolové kuše s napínací silou do 80 liber. Jsou vyrobeny z hliníkových trubek s pevnými nerezovými hroty a opatřeny plastovými letkami zobrazen na obrázku č. 9. Díky délce 6,5" (15,7 cm) nabízejí přesnost. Aby se šípky zachovaly, doporučuje se používat terčovnici z vhodného materiálu. Nárazy do tvrdých povrchů, jako jsou kámen či dřevo, je mohou poškodit, což není považováno za výrobní vadu. Tyto šípky nejsou určeny pro kuše se schopností střelby kuliček (Šípky do kuše, c 1997-2025).



Obrázek 9. Šípka ALU 6,5"

(zdroj: vlastní, 2025)

Pistolové nábojky 9 mm – Walther Blank Cartridges 9 mm P.A.K. jsou startovací nesmrtící náboje určené pro plynové zbraně. Toto slepé střelivo je doporučeno pro bezpečné použití v kompatibilních modelech a nabízí spolehlivý výkon. Ráže činí 9 mm a výrobcem je renomovaná značka Walther. Munice je zobrazena na obrázku č. 9 (Walther 9 mm, c2018).



Obrázek 10. Pistolová nábojka 9 mm

(zdroj: vlastní, 2025)

6.2 Naměřené hodnoty

Tato kapitola se věnuje prezentaci a interpretaci dat získaných během experimentální části práce. Jsou zde uvedeny jak naměřené hodnoty, tak i odvozené veličiny, které byly následně vypočteny na základě fyzikálních zákonitostí. Výsledky měření byly pečlivě zaznamenány a následně uspořádány do přehledných tabulek, které slouží pro lepší orientaci a možnost srovnání jednotlivých parametrů. Jedním z klíčových údajů, který byl v rámci experimentu zjišťován, je kinetická energie střely. Ta byla vypočtena podle fyzikální rovnice pro výpočet kinetické energie tělesa:

$$E_k = \frac{1}{2} m \times v^2 \quad (6.2)$$

Kde E_k je kinetická energie v [J], m je hmotnost střely v [kg] a v je rychlost v [ms^{-1}]. Tento výpočet poskytuje důležitou informaci o množství energie, které střela přenáší na cíl při zásahu, což má přímý vliv na výsledný destruktivní účinek. Konkrétně se tyto výpočty využily při tvorbě tabulky č. 5, kde výchozí hodnoty se nachází v tabulce č. 4, která poskytuje hodnoty hmotnosti střel i naměřenou rychlost.

Cílem této části práce je nejen zaznamenání surových dat, ale především jejich další interpretace a možnost jejich srovnání s jinými typy střeliva použitými v rámci experimentu, a proto je výpočet kinetické energie jedním z klíčových kroků k zhodnocení účinnosti střel.

Tabulka 4. Naměřené hodnoty při střelbě z pistolové kuše a plynové pistole

Druh	Rychlost	Délka šířka	Hloubka	Objem	Hmotnost střel
	[ms ⁻¹]	[cm]	[cm]	[ml]	[g]
Šipka	48	0,6x0,6	4,8	1,5	9,19
	48	0,5x0,6	4,3	1,0	9,18
	32	0,5x0,5	2,9	0,5	9,16
	51	0,6x0,6	4,2	1,0	9,21
	34	0,6x0,5	2,6	1,5	9,17
	51	0,7x0,5	4,3	1,5	9,22
	48	0,6x0,7	4,2	1,5	9,18
	48	0,5x0,4	4,5	1,0	9,17
	46	0,5x0,3	4,1	1,0	9,17
	51	0,6x0,4	4,5	1,5	9,23
9 mm	-	1,7×1,9	1,8	8	-
	-	2,1×2,2	1,9	5	-
	-	2,2×2,1	2,3	6	-
	-	1,7×2,3	1,9	7	-
	-	2,3×2,0	2,1	6	-
	-	2,1x1x9	1,9	5	-
	-	1,8x1,8	1,8	6	-
	-	2,2x2,0	2,2	7	-
	-	2,3x2,1	2,3	9	-
	-	1,8x1,9	1,9	6	-

(zdroj: vlastní, 2025)

Tabulka 5. Vypočítaná hodnota kinetické energie pro střely z kuše

Střela	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E_k [J]	10,59	10,58	4,69	11,98	5,30	11,99	10,58	10,57	9,70	10,00

(zdroj: vlastní, 2025)

Tabulka č. 6 představuje souhrnný přehled výsledků získaných aritmetickým zprůměrováním hodnot uvedených v tabulkách č. 4 a č. 5. U každé ze zaznamenaných hodnot je také uvedena směrodatná odchylka, která je vyjádřena $\pm$ a poskytuje míru variability každého měřeného parametru. Pro lepší názornost a snadnější interpretaci těchto výsledků byla tabulka č. 6 zpracována rovněž do grafické podoby, a to formou přehledného sloupcového grafu uvedeného jako obrázek č. 9. Tento vizuální prvek napomáhá rychlému zachycení hlavních rozdílů mezi sledovanými hodnotami.

Tabulka 6. Průměrné hodnoty

Munice	Rychlost	E_k	Hloubka	Objem
	[ms⁻¹]	[J]	[cm]	[ml]
Šipka	45,7 $\pm$ 6,55	9,8 $\pm$ 2,51	4,04 $\pm$ 0,68	1,1 $\pm$ 0,37
Nábojka 9 mm	-	-	2,01 $\pm$ 0,19	6,5 $\pm$ 1,2

(zdroj: vlastní, 2025)

Při detailním porovnání hodnot uvedených na obrázku č. 9 a v tabulce č. 6 je zřejmé, že šipka vystřelená z pistolové kuše dosahuje výrazně větší hloubky průniku, a to přibližně dvojnásobně ve srovnání s průnikem nábojky ráže 9 mm. Tento výsledek lze přičíst především aerodynamickému tvaru šipky, jejíž úzký hrot a celková konstrukce minimalizují odpor prostředí při průchodu zasaženým materiálem. Díky tomu se kinetická energie efektivněji soustředí do směru pohybu střely, což umožňuje hlubší průnik bez výrazného bočního rozptylu energie.

Na druhé straně, pokud je analyzován objem vzniklé střelné dutiny, tedy rozsah destrukce v okolí dráhy střely, vykazuje šipka podstatně nižší hodnoty. Konkrétně je objem

střelné dutiny způsobené šipkou přibližně šestkrát menší než u střelby nábojkou ráže 9 mm. Tento rozdíl je velmi významný, neboť poukazuje na rozdílné účinky těchto dvou typů střeliva.

Z výše uvedeného lze vyvodit závěr, že šipka se jeví jako efektivní střela v případech, kdy je požadován hluboký zásah cíle s minimálním narušením okolní struktury. Naproti tomu nábojka ráže 9 mm, i přes svou absenci střely vykazuje při neodborné manipulaci může způsobit i přes nízkou penetraci významně větší destrukční účinek v tkáni.

6.3 Deformace šipek

Během realizace experimentální části práce došlo ke sledování nejen parametrů střelby, ale i následného stavu jednotlivých šipek. V průběhu střelby z pistolové kuše byla pozorována deformace dvou šipek, konkrétně v oblasti jejich plastových letek. Tato deformace spočívala v jejich oddělení od těla šipky, což znemožnilo jejich opětovné využití. Za zmínku rovněž stojí, že právě tyto střely vykazovaly nejnižší zaznamenané výstřelové rychlosti, a to 32 ms^{-1} a 34 ms^{-1} . Na základě průběhu experimentu lze předpokládat, že k poškození došlo již v okamžiku výstřelu, pravděpodobně v důsledku nesprávného usazení šipky v lučišti nebo mechanického zatížení při odpalu. Vzhledem k tomu, že experiment nebyl zaznamenáván vysokorychlostní kamerou, není možné tento závěr s naprostou jistotou potvrdit, a jedná se tedy o pravděpodobný odhad vycházející z vizuální kontroly a pozorování průběhu střelby.



Obrázek 8. Zobrazení deformace na šípkách

(zdroj: vlastní, 2025)



Obrázek 9. Grafické zobrazení hloubky a objemu střelných dutin u kuše a pistole

(zdroj: vlastní, 2025)

6.4 Komparace vlastních a externích experimentálních dat

V této kapitole jsou analyzovány a porovnány výsledky vlastního experimentálního měření s daty získanými z jiných zdrojů, zejména s hodnotami různých typů střel a zbraní, přičemž jsou uvedeny také naměřené hodnoty jiných zbraní a munice, které nebyly získány v rámci této diplomové práce, ale jsou užitečné pro komparaci. Tyto hodnoty jsou přehledně uvedeny v tabulkách 7 a 8.

Tabulka 7. Průměrné hodnoty diablek při střelbě z vzduchovky

Munice	Rychlost	E_k	Hloubka
	[ms ⁻¹]	[J]	[cm]
Plochá	349,13	30,55	5,42
Expanzní	295,6	26,21	2,76
-Magnum	333,2	27,79	10,28
Hunter	333,89	27,94	7,86

(zdroj: Tatai, 2023)

Tabulka č. 6 je zprůměrována u hodnot rychlost a kinetická energie. Tyto hodnoty jsou zprůměrovány z důvodu, že bakalářská práce udává rychlost 1 a 2 a tedy je spočítána i kinetická energie 1 a 2. Pro lepší komparaci s nově naměřenými hodnotami jsou zprůměrovány.

Tabulka č. 8 je vytvořena na základě bakalářské práce „Účinnost ručních palných zbraní napoleonské éry ve srovnání s moderními zbraněmi pěchoty současných ozbrojených sborů“ která byla vytvořena paní Obdržálkovou v roce 2021. Pro účely této diplomové práce se z bakalářské práce využily hodnoty pro křesadlovou napoleonskou pistoli a pušku a novodobá střelná pistole CZ P10 F. Bakalářská práce udává hloubku střelné dutiny pro CZ P10 F 35 cm, ale tato hodnota je zkreslená, protože bakalářská práce provádí experiment tak, že střelba proběhla celkem na pěti blocích substitučního modelu, kde každý byl 5 cm široký a jelikož střela ráže 9 mm pronikla všemi bloky je jako výsledek uveden 35 cm.

Tabulka 8. Naměřené a vypočítané hodnoty z prostřelování substitučního materiálu

Zbraň	Munice	Hmotnost	Rychlost	Hloubka	Objem	E_k
		[g]	[ms ⁻¹]	[cm]	[ml]	[J]
Křesadlová pistole	Olověná střela	25,8	116,1	10,41	5	173,89
Křesadlová puška	Olověná střela	26,2	236	32,42	40	729,62
CZ P10 F	9 mm Luger	12,7	368,3	35	15	861,35

(zdroj: Obdržálková, 2021)

Následná komparace jednotlivých typů zbraní a použitého střeliva byla provedena na základě detailního vyhodnocení dat uvedených v tabulkách č. 6, 7 a 8, které obsahují souhrnné hodnoty získané jak z vlastního experimentálního měření tak i z externích experimentálních dat.

Pistolová kuše oproti ostatním vybraným zbraním

Pistolová kuše je specifickým typem mechanické zbraně, která na první pohled může vzbuzovat dojem méně nebezpečného nástroje, zejména v porovnání s moderními palnými zbraněmi nebo historickými střelnými zbraněmi. Nicméně i přes svou relativní jednoduchost a kompaktní konstrukci si pistolová kuše udržuje jisté schopnosti, které ji činí zajímavým předmětem studia v oblasti balistiky a srovnávací analýzy zbraňových systémů. Ve srovnání s ostatními testovanými zbraněmi vykazuje pistolová kuše nižší výkon především v oblastech počáteční rychlosti střely a celkové kinetické energie. Šípky vypouštěné z tohoto typu kuše mají znatelně nižší rychlost než projektily vypálené z palných zbraní nebo dokonce ze vzduchovek, což má přímý vliv na jejich schopnost způsobit destruktivní účinek na cíl. Důsledkem této nižší energie je, že šípky sice dokážou proniknout hluboko do materiálu, ale vytvářejí střelnou dutinu, která má menší objem, a tedy i nižší potenciál způsobit závažná vnitřní poranění. Charakteristickým rysem šipek je však jejich konstrukce je zejména ostrý hrot a štíhlý tvar, který jim umožňuje soustředit energii do velmi malého bodu. Díky tomu

vzniká úzká, ale hluboká penetrace, která je sice méně destruktivní, ale může být velmi efektivní při průniku cílem. Tento efekt soustředění energie do hrotu šipky tedy zvyšuje její schopnost proniknout do substitučního modelu, i když celková destruktivní energie zůstává nízká.

Při srovnání pistolové kuše se vzduchovkou se ukazuje, že právě vzduchovky (obzvláště při použití plochých diablek) vykazují vyšší počáteční rychlosti i vyšší kinetickou energii. Tato skutečnost se promítá do větší hloubky střelné dutiny a širšího destruktivního účinku. Zajímavé však je, že zatímco expanzní diabolky vytvářejí mělké dutiny s větším objemem, šipky z kuše často proniknou hlouběji. To může naznačovat, že pistolová kuše má určitou výhodu v přenosu energie do hloubky modelu. Nicméně v okamžiku, kdy jsou použity výkonnější typy diabol, jako jsou například typy Magnum nebo Hunter, je situace zcela odlišná, protože tyto střely jsou schopny vytvořit dutiny, které jsou hloubkou i objemem více než dvojnásobné ve srovnání s dutinami způsobenými šipkami. Důvodem je vyšší rychlost a větší kinetická energie těchto střel, které umožňují účinnější průnik i destrukci cílového materiálu.

Ještě výraznější rozdíly byly pozorovány při srovnání s historickými zbraněmi, jako je křesadlová puška nebo křesadlová pistole. Tyto zbraně, i přes svou stáří, mají podstatně vyšší schopnost generovat a zároveň přenést kinetickou energii na cíl. Střely vypálené z křesadlové pušky vytvářely dutiny, které byly výrazně hlubší i objemnější než dutiny způsobené šipkami z pistolové kuše. Tato skutečnost není překvapivá, neboť historické palné zbraně byly konstruovány tak, aby způsobily co největší poškození na krátkou až střední vzdálenost. I křesadlová pistole, která má nižší výkon než puška, dokázala vytvořit střelnou dutinu, jejíž hloubka byla více než dvojnásobná a objem několikanásobně větší než v případě šipky.

Zcela zásadní rozdíl však nastává při komparaci s moderními palnými zbraněmi. V této práci se jednalo o moderní pistoli CZ P10 F s nábojem 9 mm Luger. Výsledky komparace ukázaly, že tato zbraň dosahuje několikanásobně vyšší účinnosti než všechny ostatní zkoumané zbraně. Střelná dutina vytvořená 9 mm střelou byla více než osmkrát hlubší a více než patnáctkrát objemnější než dutina, kterou vytvořila šipka z pistolové kuše. Tento dramatický rozdíl je způsoben kombinací vysoké rychlosti střely, její hmotnosti a konstrukce náboje, která umožňuje maximální přenos energie do cílového prostředí.

Z výše uvedeného lze vyvodit jasný závěr, a to že i když pistolová kuše vykazuje jisté pozitivní vlastnosti v oblasti penetrace, zejména díky tvaru šipky a koncentraci energie do

úzkého bodu, její celkový destruktivní potenciál je ve srovnání s moderními i historickými zbraněmi velmi omezený. Rozdíl v účinnosti je do velké míry dán nižší kinetickou energií, kterou je kuše schopna generovat. Pistolová kuše tak zůstává zajímavým, ale relativně málo efektivním nástrojem z hlediska destruktivního účinku, obzvláště pokud je porovnávána s výkonnějšími zbraněmi současnosti i minulosti.

Plynová pistole oproti ostatním vybraným zbraním

Plynová pistole představuje specifický typ zbraně, jehož primárním účelem je zejména sebeobrana. Kromě sebeobraného využití může plynová pistole sloužit i v dalších aplikacích jako je například jako prostředek pro zvukovou signalizaci při sportovních událostech, konkrétně při startu závodů, nebo v různých výzkumných a experimentálních projektech, kde je žádoucí generovat výstřel bez použití reálné střely.

Na první pohled může plynová pistole působit jako běžná palná zbraň. Vzhledově totiž často kopíruje design reálných střelných zbraní, což může vyvolat dojem, že se jedná o stejně účinný a nebezpečný nástroj. Nicméně výsledky odborného testování jednoznačně ukazují, že její schopnost penetrovat cílový materiál je ve srovnání s jinými zbraněmi, které byly předmětem této diplomové práce, výrazně nižší. Při výstřelu z plynové pistole totiž nedochází k vypuzení pevného projektilu, jak je tomu u klasických palných zbraní. Místo střely opouští hlaveň pouze tlakové plyny a případně drobné částičky nespáleného nebo spáleného střelného prachu, které vznikají v důsledku zapálení náplně v nábojce. Tento způsob fungování zbraně má za následek, že se výrazně snižuje její schopnost způsobit smrtelné poranění. Právě absence pevného projektilu je klíčovým faktorem, díky němuž je plynová pistole považována za relativně bezpečnější prostředek pro osobní obranu. Její účinek je tedy spíše zastrašující nebo omračující, což je výhodné zejména v situacích, kde není cílem způsobit útočníkovi fatální újmu, ale pouze jej odradit nebo zneškodnit.

Zároveň je třeba podotknout, že destrukční účinek plynové pistole nelze zcela zanedbat. I přesto, že nedochází k přímé penetraci cíle pomocí střely, jsou tlakové plyny schopné vytvořit střelnou dutinu určité hloubky a objemu. Zjištěné hodnoty během tohoto experimentu prokazují, že destruktivní potenciál plynové pistole je sice omezený, ale stále reálně existuje. V tomto kontextu je její použití opodstatněné například při obranném použití v uzavřených prostorech, kde je menší riziko kolaterálního poškození okolí.

Při srovnání účinnosti plynové pistole s jinými typy zbraní, zejména se zbraněmi kategorie D, jako jsou vzduchovky, se ukazuje výrazný rozdíl v hloubce a objemu střelné

dutiny. Například diabolky s plochou hlavicí, které jsou typické pro většinu běžných vzduchových zbraní, dosahují při testech více než dvojnásobné hloubky střelné dutiny oproti plynové pistoli. Ještě výraznější rozdíly jsou patrné u typů diabolek jako Magnum nebo Hunter. Diaboly Magnum překonávají hloubku střelné dutiny až pětinasobně, zatímco diabolky typu Hunter dosahují přibližně čtyřnásobné hloubky oproti plynové pistoli. Tento fakt naznačuje, že právě vyšší kinetická energie, kterou tyto projektily disponují, výrazně přispívá k jejich vyšší penetrační schopnosti. Expanzní diabolky, i když jsou z hlediska penetrace nejméně účinné mezi porovnávanými typy střeliva, stále vykazují větší hloubku střelné dutiny než plynová pistole.

Výrazně odlišné výsledky přináší srovnání s historickými křesadlovými zbraněmi, jako jsou křesadlové pušky a pistole. Tyto zbraně, navzdory svému stáří, vykazují nesrovnatelně větší destruktivní účinek. Hloubka střelné dutiny vytvořená křesadlovou puškou je více než patnáctkrát vyšší než u plynové pistole. Křesadlová pistole vykazuje rovněž výrazně vyšší hloubku i objem dutiny, čímž se řadí mezi efektivní zbraně své doby, a i dnes by při srovnání s moderními zbraněmi v některých parametrech obstála.

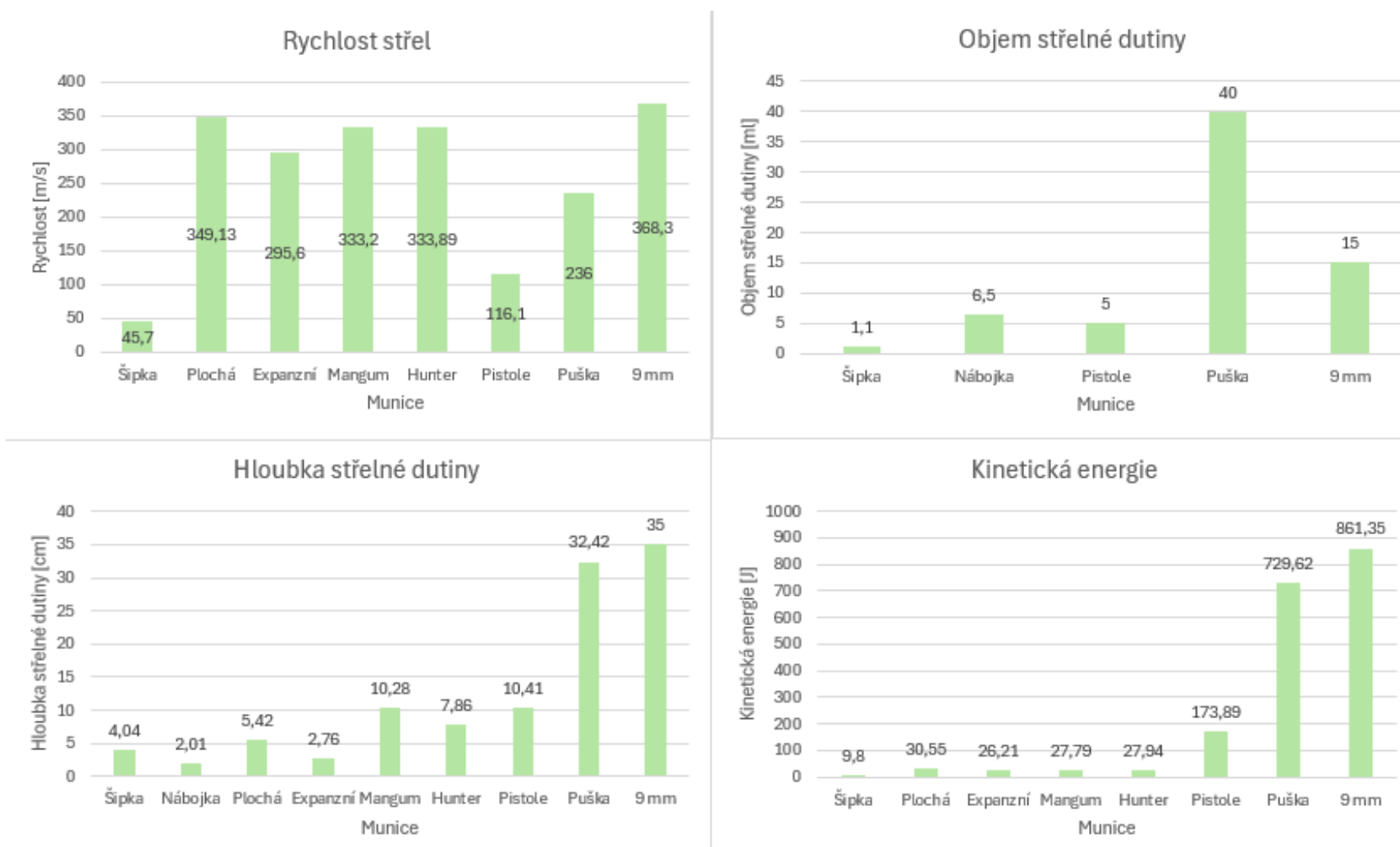
Nejvýraznější rozdíl je však patrný při přímém srovnání plynové pistole s moderní palnou zbraní, konkrétně s pistolí CZ P10 F. Tato moderní palná pistole vytváří střelnou dutinu, která je více než sedmáctkrát hlubší a přibližně třikrát objemnější než dutina vzniklá výstřelem z plynové pistole. Je však zajímavé poznamenat, že i přes tuto obrovskou odlišnost plynová pistole dosahuje zhruba třetiny objemu střelné dutiny ve srovnání s CZ P10 F, což svědčí o tom, že její účinek nelze zcela bagatelizovat.

Z celkového pohledu lze konstatovat, že plynová pistole sice nedosahuje srovnatelné penetrační schopnosti jako jiné typy zbraní, nicméně její konstrukce a zaměření na obranné použití ji činí vhodným nástrojem pro specifické účely. Její výhodou je nižší riziko smrtelného zranění, což je zvláště významné v situacích, kdy je nutné minimalizovat následky zásahu.

Celkové zhodnocení komparace zkoumaných zbraní

Pro vizuální zobrazení všech porovnávaných hodnot vlastností jednotlivých druhů střeliva a zbraní je vytvořen souhrnný grafický přehled (obrázek č. 10), který poskytuje názorné srovnání klíčových parametrů, jako je rychlost střel, hloubka střelné dutiny, objem střelné dutiny a dále také vypočítanou kinetickou energii. Uvedené hodnoty vybraných zbraní byly zjištěny pomocí experimentálního měření a výpočtů, což těmto hodnotám zajišťuje objektivitu a porovnatelnost v této práci. Analýza vyobrazených dat ukazuje, že šípky z pistolové kuše, i když ve srovnání s ostatními střelivy vykazují nejnížší hodnoty rychlosti a objemu vytvořené střelné dutiny, mohou v určitých specifických situacích dosahovat relativně příznivých výsledků. Zejména pokud se dá větší pozornost právě hloubce vzniklé střelné dutiny v substitučním materiálu.

V celkovém porovnání efektivity jednotlivých zbraní a nábojů spadajících do vymezené skupiny kategorie D lze konstatovat, že šípky dosahují spíše průměrných výsledků. Přesto však v některých dílčích aspektech vykazují charakteristiky, které mohou být za určitých podmínek výhodnější než u plynových nábojek či expanzních diablek. To poukazuje na skutečnost, že hodnocení účinnosti zbraně by nemělo být založeno pouze na absolutních hodnotách jednotlivých fyzikálních parametrů.



Obrázek 10. Porovnání průměrných hodnot

(zdroj: vlastní, 2025)

6.5 Zhodnocení experimentu a shrnutí výsledků

Provedený experiment potvrdil, že i zbraně, které jsou veřejností často vnímány jako méně nebezpečné nebo dokonce "neškodné", mohou za určitých okolností způsobit závažná poranění. Mezi takové zbraně patří například expanzní pistole nebo pistolová kuše. Zvlášť překvapivým zjištěním bylo, že i expanzní pistole, která běžně neodpaluje projektil, je schopna při správném nasměrování a dostatečné blízkosti vytvořit v substitučním modelu znatelnou dutinu. Tento jev je způsoben vysokým tlakem plynů a intenzivní rázovou vlnou, která se šíří z hlavně zbraně. Tím se prokazuje, že i expanzní pistole je schopna přenést značné množství kinetické energie, a to i bez použití střely.

Dalším zkoumaným typem zbraně byla pistolová kuše, která vykazovala překvapivě vysokou penetrační schopnost navzdory relativně nízké počáteční kinetické energii svých projektilů. Při testování bylo zjištěno, že šípky vystřelené z této zbraně, pravděpodobně díky svému aerodynamickému tvaru a specifické konstrukci schopny efektivně koncentrovat dostupnou energii do velmi malého nárazového bodu. Tím dochází k výrazně hlubokému průniku do cílového materiálu. Tento jev je nejvíce patrný zejména u šipek zakončených ostrým kovovým hrotem, které dokážou snadno proniknout i pevnějšími či vícevrstevnými strukturami. V některých případech byla takto dosažená hloubka penetrace srovnatelná s výsledky běžných palných zbraní nižší ráže, což podtrhuje potenciální ranivost tohoto typu zbraně.

Při porovnání s dalšími dostupnými daty a výsledky z jiných výzkumů bylo zjištěno, že některé typy vzduchových střel, konkrétně diabolky typu Magnum a Hunter, vykazují výrazně vyšší rychlost i kinetickou energii. Díky tomu dosahují většího destruktivního účinku než šípky z kuše, a to i při zásahu měkkých tkání. Diabolky se při nárazu deformují a dochází tak k rozšíření rány, čímž se zvyšuje pravděpodobnost vzniku komplikovaného zranění. Na druhou stranu, šípky mají výhodu v přesnosti a směrovém působení, protože jejich hrot soustředí energii do jednoho konkrétního místa, což umožňuje hlubší, byť úzce profilovaný průnik.

Srovnání s historickými zbraněmi pak ukázalo, že tyto zbraně mají výrazně vyšší destruktivní kapacitu, což je dáno jejich konstrukcí i vyšší hmotností střel a energií. Když by byly výsledky experimentu porovnány s údaji o historických mechanických zbraních, ukázalo se, že tyto zbraně jako jsou historické kuše, dlouhé luky nebo rané palné zbraně dalo by se předpokládat, že tyto zbraně by měly ještě vyšší destruktivní potenciál. To je

způsobeno především robustnější konstrukcí, větší hmotností projektilů a vyšší energií, kterou byly schopny přenést na cíl. Tyto faktory by vedly ke vzniku rozsáhlejších poranění, často s fatálními následky.

Největší rozdíl byl ale zaznamenán při porovnání s moderními palnými zbraněmi, zejména s pistolí ráže 9 mm. Tato zbraň byla v rámci testu schopna vytvořit dutinu ve zkušebním materiálu, která byla až patnáctkrát větší co do objemu i hloubky než dutina vytvořená šípkou z pistolové kuše. Tato skutečnost jednoznačně ukazuje, jak výrazně účinnější a nebezpečnější jsou současné palné zbraně v porovnání s ostatními testovanými prostředky. Výsledky experimentu tak podtrhují důležitost opatrnosti i při manipulaci s takovými nástroji, které bývají veřejností často podceňovány.

Celkově tedy lze říct, že:

- Zbraně kategorie D nelze podceňovat, protože některé z nich (zejména kuše a expanzní zbraně) mohou mít v určitých situacích vážný ranivý účinek.
- Z hlediska bezpečnostní praxe a forenzní balistiky je vhodné přehodnotit kategorizaci některých zbraní, které formálně spadají mezi volně dostupné, ale reálně mají značnou účinnost.
- Výsledky této práce mohou pomoci odborníkům v oblasti soudního lékařství, kriminalistiky či urgentní medicíny při hodnocení rizika a při právní kvalifikaci případů, kde došlo k použití těchto zbraní.

7 PŘÍPADOVÉ STUDIE STŘELNÝCH PORANĚNÍ

Tato kapitola obsahuje několik vybraných kazuistik, které byly záměrně upraveny a doplněny tak, aby odpovídaly zaměření a odbornému kontextu této diplomové práce. Případové studie slouží k ilustraci reálných situací, ve kterých došlo ke střelnému poranění, a poskytují praktický vhled do problematiky účinků vybraných typů zbraní na lidské tělo.

SMRTELNÉ PORANĚNÍ HRUDNÍKU ZPŮSOBENÉ SLEPÝM NÁBOJEM

Během vojenského výcviku voják vystřelil z automatické pušky nabitě slepým nábojem jiného dvacetiletého vojáka. Výstřel zasáhl pravou stranu hrudníku skrz oděv.

Pitevní nálezy: Na pravé straně hrudníku, nad prsní bradavkou, byla zjištěna kruhová rána o průměru 20 mm s nerovnými, krvavými okraji pokrytými sazemi viz obrázek č. 11. Okolní kůže v rozsahu 60 mm byla popálená a zarudlá. V oblasti třetího mezižebří na pravé straně, poblíž hrudního kloubu, byl přítomen defekt mezižebních svalů s okraji pokrytými sazemi. Tkáně byly silně prokrvené a zhmožděné, přitom rozsah poškození byl 130 x 120 mm. Třetí žebro (pravé) bylo příčně zlomeno ve vzdálenosti 45 mm od hrudního kloubu a na vnější straně zlomeniny byly otlačené černé částice o velikosti 10 x 8 mm. V hrudní dutině bylo 1800 ml červené tekuté krve. Poškození zasáhlo základnu horního laloku a celý střední lalok pravé plic, které byly rozsáhle destruovány a silně prokráceny. V těchto oblastech byla patrná roztržená pohrudnice. V laterální části pravého srdečního ušního boltce byly perikard a epikard natrženy v délce 35 mm.

Závěr: Smrt poškozeného nastala v důsledku masivního krvácení do hrudní dutiny, které bylo způsobeno závažným traumatem v oblasti hrudníku. Konkrétně došlo k rozsáhlému poškození pravé plic a k fatálním poraněním srdečního svalu. Tyto devastující anatomické změny vznikly jako přímý následek exploze střelného prachu obsaženého ve slepém náboji, který byl vystřelen z bezprostřední blízkosti. Přestože slepé náboje standardně neobsahují projektil, v tomto konkrétním případě došlo vlivem vysokého tlaku a uvolněné energie k těžkému destruktivnímu účinku na životně důležité orgány, což vedlo k velmi rychlému selhání základních životních funkcí.



Obrázek 11. Vstupní rána na pravé straně hrudníku

(zdroj: Stojanovic et al., c2025)

SMRTELNÉ PORANĚNÍ HLAVY ZPŮSOBENÉ SLEPÝM NÁBOJEM

Dvacetiletý voják utrpěl smrtelné poranění hlavy poté, co si střelil automatickou puškou nabitou slepým nábojem.

Pitevní nálezy: Při pitvě byla v pravé spánkové oblasti nalezena oválná rána o rozměrech 30×40 mm. Rána měla roztržené a krví prosáklé okraje. Uvnitř rány byl patrný úlomek spánkové kosti pokryt sazemi. Okraje rány měly v horní části tmavě červené zbarvení a okolní tkáň byla silně prokrvená. Na temeni pravého spánku byl přítomen rozsáhlý kostní defekt, do jehož nitra byly zatlačeny drobné kostní úlomky. Lebeční kosti, zejména čelní a temenní, vykazovaly mnohočetné zlomeniny s úlomky vytlačenými směrem ven. V oblasti levého spánku byl nalezen další kostní defekt, který byl doprovázen četnými zlomeninovými mezerami na levé straně lebky. Pevné i měkké mozkové pleny byly v oblasti lebeční baze i v místě kostního defektu výrazně natržené. Mozková tkáň včetně čelního, temenního a spánkového laloku byla téměř zcela zničena, prosáklá krví. Na jeho stěnách byly pozorovány skvrny a tmavě modrý povlak s příměsí nepravidelných částic střelného prachu.

Patohistologické nálezy: Mikroskopické vyšetření potvrdilo destrukci mozkové tkáně s přítomností cizorodých částic. V dýchacích cestách došlo k aspiraci krve, avšak ostatní orgány nevykázaly žádné patologické změny.

Závěr: Smrt poškozeného byla způsobena mnohačetnými frakturami lebky v kombinaci s masivním poškozením mozkové tkáně. Tato závažná poranění vznikla v důsledku střelby z velmi krátké vzdálenosti, kdy došlo k přímému přenosu energie na lebeční kost a následně i na mozkovou strukturu. Vysoká intenzita mechanického působení při výstřelu z bezprostřední blízkosti vedla k rozsáhlé devastaci

Tyto příklady ukazují nebezpečnost slepých nábojů při střelbě z bezprostřední blízkosti. I přes absenci projektilu uvolněná energie může způsobit devastující poranění. Událost zdůrazňuje potřebu dodržovat bezpečnostní opatření i při manipulaci/střelbě se slepými náboji (Zdravkovic et al., 2009).

SEBEVRAŽDA KUŠÍ

Čtyřiceti devítiletý muž s diagnostikovanou duševní poruchou, který dříve projevoval sebevražedné sklony a již měl za sebou několik pokusů o sebevraždu byl nalezen v domě bez známek života. Při ohledání bylo patrné výrazné posmrtné změny včetně zeleného zbarvení kůže, mramorové kresby a nadmutí těla viz obrázek č. 12. V blízkosti těla se nacházela kuš spolu s loveckým šípem.

Pitevní nález: Pitva odhalila rozsáhlé vnitřní krvácení do levé pohrudniční dutiny s celkovým objemem přibližně 1500 ml krve. Levá plíce byla zkolabovaná v důsledku průniku šípu horním lalokem. Srdce nebylo přímo poraněno, avšak pravá plíce vykazovala sekundární změny způsobené tlakem nahromaděné krve. Na hrudníku byla patrná drobná povrchová poranění, která mohla vzniknout při manipulaci se šípem. Na těle nebyly přítomny známky boje či obranných zranění. Po průniku čtvrtým mezižebřím šíp ukončil svou dráhu v levé plicí v oblasti pátého mezižebří. Nebylo zaznamenáno, že by projektil prošel celým tělem.

Závěr: Tento případ dokládá, že střelba z kuše může způsobit smrtelná zranění. Pro forenzní analýzu je klíčové detailní vyšetření ran.

Poranění způsobená kuší nejsou běžná, avšak mohou se vyskytnout jak při nehodách, tak v případech vražd či sebevražd. Sebevražedné pokusy tímto způsobem jsou častější u mužů. Forenzní analýza obdobných případů může být náročná, zejména pokud dojde k odstranění šípu nebo pokročilému posmrtnému rozkladu tkání. Radiografické vyšetření pomáhá určit trajektorii střely a případné fragmenty šípu v těle. V případě zásahu hlavy může dojít i k difuznímu axonálnímu poškození mozku (Smyk, c2025).



Obrázek 12. *In situ* šipka v levé části hrudi.

(zdroj: Smyk, 2008)

SEBEVRAŽDA STŘELBOU Z KUŠE

Jde o případ dospělého muže, který byl nalezen mrtvý ve svém domě. Tělo mělo šíp zapíchnutý v oblasti hrudníku, přičemž v jeho blízkosti byla kuše a další šípy. Na místě nebyly žádné známky zápasu ani přítomnosti jiné osoby, což naznačovalo, že se mohlo jednat o sebevraždu.

Pitevní nález: Při ohledání těla byla zjištěna střelná rána v oblasti hrudní kosti, která měla ostré okraje a minimální povrchové krvácení. Šíp pronikl do hrudní dutiny a způsobil závažné poškození vnitřních orgánů, zejména srdce, což vedlo k fatálnímu vnitřnímu krvácení. Dále byla přítomna zlomenina žeber a poškození plicní tkáně. Histopatologická analýza potvrdila těžký hemoragický šok v důsledku destrukce srdce a velkých cév. Na těle nebyly nalezeny žádné známky obranných ran, což podporuje teorii sebevraždy.

Závěr: Smrt způsobilo penetrující poranění hrudníku, co vedlo k selhání vitálních funkcí.

Sebevražda kuší je vzácná, ale tento případ potvrzuje, že mechanismus poranění může vést k rychlému úmrtí v důsledku vážného poškození životně důležitých orgánů (Zátopková a Hejna, 2011).

NEOBVYKLÝ ZPŮSOB SEBEVRAŽDY POMOCÍ KUŠE

Muž ve věku 65 let byl nalezen mrtvý ve svém bytě. Tělo se nacházelo v poloze na břiše, před pohovkou, obklopené velkou louží krve. V blízkosti těla byla nalezena kuše značky Barnett, podepřená polštáři, a upravený ramrod sloužící jako improvizovaný spouštěcí mechanismus. Pomocí tohoto zařízení mohl muž zbraň odpálit, aniž by ji musel držet v ruce. Z výpovědi rodinných příslušníků bylo zjištěno, že muž trpěl dlouhodobě depresí a měl výrazné finanční problémy. V minulosti hovořil o sebevražedných úmyslech. Toxikologické vyšetření neprokázalo přítomnost žádných psychotropních nebo omamných látek.

Pitevní nález: Na těle byla nalezena trojúhelníkovitá vstupní rána mezi 3. a 4. žebrem na levé straně hrudníku, přibližně 30 mm od středu hrudní kosti. Okraje rány byly hladké, s mírným zhmožděním. Směr průniku byl šikmý přibližně 20° dolů a mírně laterálně, což odpovídá mírnému předklonu těla při výstřelu z horizontálně postavené kuše. Šíp pronikl levým horním lalokem plíce a zasáhl levou srdeční komoru, což způsobilo masivní krvácení a hemotorax o objemu přes 700 ml. Při průchodu tělem šíp způsobil čisté řezné poranění žebér i měkkých tkání. Výstupní rána se nacházela na zádech, přibližně 180 mm pod lopatkou a 65 mm od středové linie. I výstupní rána měla trojúhelníkový tvar, avšak okraje byly více nepravidelné a obrácené ven.

Závěr: Na základě pitevního nálezu, okolností případu a technického provedení výstřelu byla smrt klasifikována jako úmyslné sebepoškození se smrtelným následkem – sebevražda. Zvolený způsob a jeho realizace ukazují na rozmyšlený čin, při kterém muž využil mechanickou spoušť k aktivaci střelby. Poranění vedoucí k smrti byla způsobena jediným výstřelem z kuše do oblasti vitálně důležité části hrudníku.

Tento případ ilustruje vysoký ranivý potenciál kuší, a to i přesto, že se nejedná o palnou zbraň. Díky kinetické energii střely a ostrému hrotu je kuše schopna způsobit hluboká penetrační poranění s fatálním následkem. Z forenzního hlediska je podstatné posouzení morfologie ran, tvaru střely a jejích účinků na měkké tkáně, kosti i oděv. Ve forenzní literatuře je užití kuší při násilných trestných činech nebo sebevraždách popisováno relativně zřídka, nicméně dle dostupných údajů tvoří sebevraždy přibližně 54 % všech zaznamenaných případů zranění kuší (Dorado et al., 2022).

SHRNUTÍ PŘÍPADOVÝCH STUDIÍ STŘELNÝCH PORANĚNÍ

Toto shrnutí se zaměřuje na analýzu několika vybraných případů reálných střelných poranění, která byla způsobena zbraněmi spadajícími do kategorie zbraní analyzovaných v rámci této diplomové práce. Cílem této části je doložit, že i zbraně, které jsou veřejností často vnímány jako méně nebezpečné či neletální, mohou za určitých okolností vyústit ve vážná, život ohrožující poranění, a v krajních případech dokonce i ve smrt. Jednotlivé případové studie střelných poranění byly vybrány tak, aby byl kladen na případy s dostatečně zdokumentovaným klinickým průběhem a forenzním zázemím.

Z dostupné dokumentace vyplývá, že nejzávažnější následky byly zaznamenány u případů, v nichž byla použita pistolová kuše. Tyto případy zahrnovaly například úmyslné sebepoškození nebo pokusy o sebevraždu, přičemž došlo k rozsáhlému poškození životně důležitých struktur. Naproti tomu incidenty, při nichž byly použity slepé náboje, byly klasifikovány jako nešťastné náhody, nicméně i zde došlo k závažným poraněním s nutností urgentního lékařského zásahu. Mezi nejčastěji popisované poranění patřil průstřel hrudníku s následným kolapsem plic, penetrační poranění dutiny břišní s masivním vnitřním krvácením či hluboký zástřel v oblasti krku s přerušením měkkých tkání a cévních struktur.

Ve všech případech bylo nezbytné okamžité lékařské ošetření, často zahrnující invazivní chirurgické zákroky a intenzivní péči. Z forenzního hlediska tato kazuistická část potvrzuje vysoký ranivý potenciál analyzovaných zbraní a zároveň podtrhuje nutnost důsledného vyšetření každého případu střelného poranění. I zdánlivě méně závažné incidenty mohou skrývat hlubší poškození organismu, a proto je nezbytné přistupovat ke každému takovému případu s maximální odbornou pečlivostí.

8 DISKUSE

Diskusní část této práce se zaměřuje na interpretaci získaných výsledků v kontextu teoretických východisek a dostupné literatury, přičemž zvláštní důraz je kladen na srovnání ranivého potenciálu vybraných zbraní s jinými zbraněmi kategorie D, i s běžně používanou palnou zbraní, a dále na posouzení těchto poznatků z pohledu soudní medicíny a kriminalistické praxe.

Z provedeného experimentu vyplývá, že vybrané zbraně kategorie D vykazují značný ranivý potenciál, který se v určitých parametrech přibližuje či dokonce vyrovnává i účinnějším zbráním stejné kategorie. Příkladem může být pistolová kuše, jejíž střela dosáhla při testování výrazné hloubky penetrace v glycerinovém mýdle – konkrétně v rozmezí 50 až 60 mm. Tento rozsah již naznačuje schopnost narušit nejen povrchové, ale i hlubší vrstvy měkké tkáně včetně svaloviny, cévních struktur či vnitřních orgánů. Navíc, vzhledem k mechanickému charakteru projektilu tedy šípů s ostrým hrotem, lze předpokládat že, dochází nejen k čisté penetraci, ale i k trhacímu účinku v oblasti vstřelu i potenciálnímu sekundárnímu poškození při zpětném vytažení šípů.

Dalším překvapivým zjištěním byly účinky expanzní pistole s nábojkami 9 mm tedy náboje bez střely, které by měli správně fungovat pouze jako signální zbraně. I přes absenci střely experiment prokázal závažnost možných poranění vzniklých střelbou z bezprostřední blízkosti. Výsledkem této varianty střelby byl vznik střelné dutiny v substitučním modelu, což znamená že i nábojka je schopna předat dostatečnou kinetickou energii do cíle. Jako podpora pro toto tvrzení vycházející z provedeného experimentu může posloužit četnost zabití, o kterých existují kazuistiky či případové studie.

Při porovnání s daty z externích zdrojů (např. Kneubuehl, 2022; Juříček, 2017) bylo zjištěno, že energie některých testovaných projektilů se pohybovala v rozmezí 10–20 J, tedy na úrovni, která již může způsobit průnik kůží a narušení měkkých tkání. Z hlediska soudně-lékařského hodnocení tak lze u řady zbraní kategorie D konstatovat potenciální schopnost způsobit závažné až fatální poranění, zejména při zásahu do krční oblasti, břicha či hrudníku.

Tato zjištění našla konkrétní oporu i v případových studiích střelných poranění, které byly v rámci práce analyzovány. Například poranění způsobené expanzními zbraněmi vedlo k penetračnímu poranění hrudníku s následným pneumotoraxem, které vyžadovalo urgentní chirurgickou intervenci. Další dokumentovaný případ zahrnoval poranění břišní dutiny šípkou vystřelenou z kuše, kdy i přes absenci zásahu životně důležitého orgánu došlo

k rozsáhlému krváčení a šoku, což dokládá vysokou míru traumatizace organismu v případě zasažení šipkou z kuše.

Z hlediska kriminalistické praxe jsou tato zjištění významná zejména v kontextu interpretace stop na místě činu. Přítomnost zbraní kategorie D je často podceňována, neboť se mylně předpokládá jejich nízký účinek. Výsledky této práce však naznačují, že jejich ranivý potenciál může být srovnatelný se zbraněmi, které podléhají přísné evidenci a regulaci. To klade zvýšené nároky na forenzní vyšetřovatele i na správnou právní kvalifikaci případů.

Z právního hlediska se tedy nabízí úvaha, zda by neměla být revidována kategorizace některých typů zbraní, jejichž účinek reálně přesahuje rámec očekávaný u zbraní volně prodejných.

Je nutné zmínit také metodologická omezení experimentu. Substituční model (glycerinové mýdlo) sice do jisté míry simuluje biomechanické vlastnosti lidské tkáně, nicméně postrádá komplexní anatomickou strukturu lidského těla, zejména interakci mezi svalstvem, kostí a vnitřními orgány. Rovněž nebylo možné zohlednit různé typy oděvních překážek, psychofyzilogické reakce cíle či variabilitu trajektorie střely po zásahu. Navzdory těmto limitům však výsledky poskytují validní základ pro relativní srovnání ranivého účinku mezi jednotlivými zbraněmi. Ukázalo se, že rozdíly mezi zbraněmi, která tato diplomová práce využívá jak pro experiment, tak i pro komparaci výsledků nejsou pouze formální, ale mají výrazný dopad na reálnou účinnost v cíli.

Z mezioborového hlediska jsou závěry této diplomové práce relevantní nejen pro balistiku a kriminalistiku, ale také pro soudní lékařství, urgentní medicínu a legislativní praxi. Lékaři by měli být při poskytování první pomoci a následné léčbě informováni o specifikách poranění způsobených netradičními zbraněmi, které mohou na první pohled působit neškodně. Současně by tvůrci právních předpisů měli zohlednit skutečnost, že kategorie D v sobě skrývá zbraně s potenciálně vysokou schopností způsobit smrtelné zranění.

Z výše uvedeného lze uzavřít, že ranivý potenciál vybraných zbraní je značně variabilní a v řadě případů zcela neodpovídá vžitě představě o „neškodnosti“ těchto zbraní. Tato skutečnost podtrhuje význam dalšího výzkumu, přehodnocení právního rámce a osvěty odborné i laické veřejnosti.

ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo objektivně a experimentálně stanovit ranivý potenciál vybraných zbraní a zhodnotit tento potenciál v kontextu soudně-znalecké, balistické a bezpečnostní praxe. Tohoto cíle bylo dosaženo prostřednictvím kombinace experimentálních měření, komparace a případových studií reálných střelných poranění. Výzkumná otázka, jaký ranivý potenciál vykazují vybrané zbraně, byla zodpovězena na základě zjištění relativního ranivého potenciálu jednotlivých zbraní. Hlavní hypotéza této práce, že i mechanické a expanzní zbraně mohou způsobit život ohrožující zranění, se díky pořízeným výsledkům a doložením případových studií potvrdila.

Z provedeného výzkumu vyplývají především dva zásadní poznatky. Za prvé, že zbraně kategorie D, které jsou lehce dostupné pro širokou veřejnost pouze s podmínkou plnoletosti a svéprávnosti, mohou vykazovat závažný ranivý potenciál srovnatelný s historickými ba dokonce s moderními zbraněmi. Za druhé, experiment prokázal, že expanzní pistole i pistolová kuše jsou schopny vytvářet hluboké a rozsáhlé střelné dutiny, čímž se mohou přiblížit zbraním vyšších kategorií. Tato zjištění nabývají důležitosti především v kontextu zneužití pro trestnou činnost ale i při neodborné manipulaci s těmito zbraněmi.

Na základě výsledků této práce doporučuji, aby v budoucnu došlo k vytvoření jednotného metodického rámce pro hodnocení ranivého potenciálu zbraní, který by mohl pomoci pro kriminalistickou praxi. Dále by bylo vhodné vytvořit jistá edukační opatření týkající se celkového povědomí o nebezpečnosti zbraní kategorie D a důsledků neodborné manipulace s nimi. V oblasti teorie by bylo přínosné zaměřit se na hlubší interdisciplinární propojení balistiky a soudního lékařství pro tvorbu kazuistik zranění způsobených touto kategorií.

Osobně si myslím, že problematika ranivého potenciálu zbraní kategorie D se považuje za podceňovanou oblast, která si zaslouží větší pozornost především v kontextu bezpečnostní praxe, soudních znalců ale i zdravotního personálu. Tato práce mi umožnila nahlédnout na tuto oblast nejen z teoretického, ale především z praktického ale i mezioborového hlediska, což výrazně přispělo k mému osobnímu rozvoji.

Do budoucna by mohly být prohloubeny výzkumy s využitím pokročilejších materiálů simulujících lidskou tkáň, popřípadě doplněny o biomechanické modelování ranivosti i třeba ve virtuální či rozšířené realitě.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Atak Zoraki 914: Plynová pistole, c2009 - 2025. Online. Balistas. Dostupné z: <https://www.balistas.cz/plynova-pistole-atak-zoraki-914-auto-nikl-cal-9mm>. [cit. 2025-03-13].

BARTOŠEK, Jan a BAČKOVSKÁ, Milena, 2021. *Zbraně a střelivo*. Právní praxe. V Praze: C.H. Beck. ISBN 978-80-7400-843-6.

BELLAMY, Ronald F. a ZAJTCHUK, Russ, 1989. *Conventional Warfare: Ballistic, Blast, and Burn Injuries*. 5. Surgeon General Department of the Army; First Edition. ISBN 978-0160591310.

BILLICH, Richard, 2019. *Simulace a experimentální hodnocení účinků malorážového střeliva vznikajících pod balistickou ochrannou pomůckou*. Online, Doktorská disertační práce, vedoucí Karel Jelen. Praha: Univerzita Karlova Fakulta tělesné výchovy a sportu. Dostupné z: https://ftvs.cuni.cz/FTVS-2310-version1-doktorska_dizertacni_prace_richard_billich.pdf. [cit. 2025-03-03].

BR MED, J, 1947. Articles The Wounds Produced by Modern Small-Bore Bullets. Online. In: . S. 1. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1136/bmj.2.1968.813>. [cit. 2025-03-03].

Caldwell: elektronická hradla CHRONOGRAPH PREMIUM KIT, c2025. Online. Zbraněliberec. Dostupné z: <https://www.zbraneliberec.cz/prislusenstvi-doplňky/ostatni/elektronicka-hradla-caldwell-chronograph-premium-kit>. [cit. 2025-03-13].

CORK, Daniel L., 2008. *Ballistics Imaging*. National Academies Press. ISBN 978-0-309-11724-1.

CRONIN, Duane a FALZON, Christopher, 2011. Characterization of 10% Ballistic Gelatin to Evaluate Temperature, Aging and Strain Rate Effects. Online. *Experimental Mechanics*. Vol. 51, s. 1197–1206. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11340-010-9438-z>. [cit. 2025-03-13].

CUBANO, Miguel a BUTLER, Frank K., 2024. *Emergency War Surgery*. 5th US Revision. The Borden Institute. ISBN 979-8329181043.

ČESKO, 2002. *Zákon č. 119/2002 Sb.: zákon o zbraních*. Online. Zákon pro lidi. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-119>. [cit. 2025-03-03].

- ČESKO, 2009. *Zákon č. 40/2009 Sb.: Zákon trestní zákoník*. Online. Zákon pro lidi. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-40?text=40%2F2009>. [cit. 2025-03-03].
- ČESKO, 2021. *Zákon č. 13/2021 Sb.: Zákon, kterým se mění zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu (zákon o zbraních), ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 156/2000 Sb., o ověřování střelných zbraní a střeliva, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů*. Online. Zákon pro lidi. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-13>. [cit. 2025-03-03].
- ČESKO, 2024. *Zákon č. 90/2024 Sb.: Zákon o zbraních a střelivu*. Online. Zákon pro lidi. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2024-90>. [cit. 2025-03-03].
- DEKEL, Erez a ROSENBERG, Zvi, 2020. *Terminal ballistics*. Third edition. Cham: Springer. ISBN 978-3-030-46611-4.
- DIMAIO, Vincent J.M, 2016. *Gunshot wounds: practical aspects of firearms, ballistics, and forensic techniques*. Third edition. Practical aspects of criminal and forensic investigations. Boca Raton. ISBN 978-1-4987-2569-9.
- DODD, Malcolm J. a BYRNE, Karen, 2006. *Terminal ballistics: a text and atlas of gunshot wounds*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis. ISBN 08-493-3577-9. Dostupné také z: <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0648/2005041843-d.html>.
- DOLÍNEK, Vladimír a DURDÍK, Jan, 2008. *Historické zbraně*. Praha: Naše vojsko. ISBN 978-80-206-0918-2.
- DORADO, Enrique; LALLANA, Teresa; ZAMBRANO, Francisco; CARRILLO, Manuel F.; RUIZ-TAGLE, Elisa et al., 2022. Crossbow injuries: A case of suicide. Online. In: *Legal Medicine*. 8. ISSN 1344-6223. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2022.102088>. [cit. 2025-04-11].
- DRIEL, Jaś van, 2009. *A short history of firearms: in the context of the search for a proper definition of the term “antique firearm”*. FARE consultants. Dostupné také z: <https://www.fareconsultants.nl/ashorthistory.pdf>.
- FLATNES, Øyvind, 2013. *From Musket to Metallic Cartridge: A Practical History of Black Powder Firearms*. The Crowood Press. ISBN 978-1847975935.
- FlintlockMechanism*, 2009. Online. In: Wikipedie. 19. února 2009. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Křesadlový_zámek#/media/Soubor:FlintlockMechanism.jpg. [cit. 2025-03-13].

FORKER, Robert, 2017. *Ammo & Ballistics 6: For Hunters, Shooters, and Collectors*. 6. Safari Press, U.S. ISBN 1571574719.

HEARD, Brian J., 2008. *Handbook of firearms and ballistics: examining and interpreting forensic evidence*. 2nd ed. Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell. ISBN 978-0-470-69460-2. Dostupné také

z: <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0838/2008029101-d.html>.

HIRT, Miroslav, 1996. *Střelná poranění v soudním lékařství*. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 80-210-1293-5.

JUŘÍČEK, Ludvík, 2015. *Ranivý potenciál malorážových střel a jeho hodnocení*. Monografie. Ostrava: Key Publishing. ISBN 978-80-7418-222-8. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:a0082ce0-4744-11ea-81b3-005056827e52>.

JUŘÍČEK, Ludvík, 2017. *Ranivá balistika: technické, soudnělékařské a kriminalistické aspekty*. Vydání: první. Vědecká monografie. Ostrava: Key Publishing. ISBN 978-80-7418-274-7.

JUŘÍČEK, Ludvík, 2020. *The bullets wounding potential and safety management*. The first edition. Monograph. London: STS Science Centre, Ltd. in coedition with Key Publishing. ISBN 978-1-908235-11-4.

JUŘÍČEK, Ludvík; FICEK, Martin a MORAVANSKÝ, Norbert, 2020a. Hodnotící kritéria ranivého potenciálu malorážových střel a jejich vývoj. Online. In: *Soudní inženýrství*. 2020-06-15, s. 10-20. ISSN 1211-443X. Dostupné z: <https://doi.org/10.13164/SI.2020.2.10>. [cit. 2025-04-06].

JUŘÍČEK, Ludvík; JANKOVÝCH, Róbert; MORAVANSKÝ, Norbert; KURILOVSKÁ, Lucia; METEŇKO, Jozef et al., 2019. *Česko-slovenský terminologický slovník pojmů z oblasti střelných zbraní, munice, balistiky, pyrotechniky a soudního lékařství*. Bratislava: Akadémia Policajného zboru v Bratislave. ISBN 978-80-8054-800-1.

JUŘÍČEK, Ludvík; FICEK, Martin a MORAVANSKÝ, Norbert, 2020. Metody nepřímé identifikace základní metodologický přístup experimentální ranivé balistiky. Online. In: *Soudní inženýrství*. 2020-03-21, s. 25-30. ISSN 1211-443X. Dostupné z: <https://doi.org/10.13164/SI.2020.1.25>. [cit. 2025-03-24].

KAČMÁROVÁ, Dana, 2009. *Kriminalistická balistika*. Online, Diplomová práce, vedoucí Petr Štourač. Praha: Univerzita Karlova Právnická fakulta. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/fsp/s/podzim2019/bp2068/um/kriminalistika/Kriminalisticka_balistika_DP1.pdf. [cit. 2025-03-03].

Kategorie A - "Zakázané zbraně", 2021. Online. Ministerstvo vnitra České republiky. Dostupné z: <https://mv.gov.cz/clanek/zbrane-podlehajici-zakonu-o-zbranich-a-podminky-jejich-nabyvani-a-drzeni.aspx?q=Y2hudW09NA%3d%3d>. [cit. 2025-03-03].

Kategorie A-I - "Zakázané zbraně", 2021. Online. Ministerstvo vnitra České republiky. Dostupné z: <https://mv.gov.cz/clanek/zbrane-podlehajici-zakonu-o-zbranich-a-podminky-jejich-nabyvani-a-drzeni.aspx?q=Y2hudW09NQ%3d%3d>. [cit. 2025-03-03].

Kategorie B - "Zbraně podléhající povolení", 2021. Online. Ministerstvo vnitra České republiky. Dostupné z: <https://mv.gov.cz/clanek/zbrane-podlehajici-zakonu-o-zbranich-a-podminky-jejich-nabyvani-a-drzeni.aspx?q=Y2hudW09Ng%3d%3d>. [cit. 2025-03-03].

Kategorie C - "Zbraně podléhající ohlášení", 2021. Online. Ministerstvo vnitra České republiky. Dostupné z: <https://mv.gov.cz/clanek/zbrane-podlehajici-zakonu-o-zbranich-a-podminky-jejich-nabyvani-a-drzeni.aspx?q=Y2hudW09Nw%3d%3d>. [cit. 2025-03-03].

Kategorie C-I - "Zbraně podléhající ohlášení", 2021. Online. Ministerstvo vnitra České republiky. Dostupné z: <https://mv.gov.cz/clanek/zbrane-podlehajici-zakonu-o-zbranich-a-podminky-jejich-nabyvani-a-drzeni.aspx?q=Y2hudW09OA%3d%3d>. [cit. 2025-03-03].

Kategorie D - "Zbraně nepodléhající registraci", 2021. Online. Ministerstvo vnitra České republiky. Dostupné z: <https://mv.gov.cz/clanek/zbrane-podlehajici-zakonu-o-zbranich-a-podminky-jejich-nabyvani-a-drzeni.aspx?q=Y2hudW09OQ%3d%3d>. [cit. 2025-03-03].

KNEUBUEHL, Beat P., 2022. *Balistika: střely, přesnost střelby, účinek*. Vydání druhé. Praha: Naše vojsko. ISBN 978-80-206-1398-1.

KOVÁRNÍK, Libor a ROUČ, Miroslav, 2011. *Zbraně a střelivo*. Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-030-7.

KUCHYŇKA, Antonín, 2018. *Kuše: moderní mechanické zbraně*. Víkend. ISBN 80-902-8693-3.

Kuše pistolová: Beast Hunter COBRA Aluminium black 80lbs, c2010-2025. Online. Colosus.cz. Dostupné z: <https://www.colosus.cz/kuse-pistolova-beast-hunter-cobra-aluminium-black-80lbs-x152723>. [cit. 2025-03-14].

MCKEE, Jessica L.; MCKEE, Ian A.; BALL, Chad G.; TAN, Edward; MOLOFF, Alan et al., 2019. The iTClamp in the treatment of prehospital craniomaxillofacial injury: a case series study. Online. *Journal of Injury and Violence Research*. Roč. 11, č. 1. ISSN 20082053. Dostupné z: <https://doi.org/10.5249/jivr.v11i1.917>. [cit. 2025-03-03].

MUSIL, Jan; KONRÁD, Zdeněk a SUCHÁNEK, Jaroslav, 2004. *Kriminalistika*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Beckovy mezioborové učebnice. Praha: <<C.H. >>Beck. ISBN 80-717-9878-9.

Náboje a střelivo, c2025. Online. Defendia. Dostupné z: <https://www.defendia.cz/clanky-2/naboje-a-strelivo/>. [cit. 2025-03-03].

Nauka o střelivu, c2005–2025. Online. ZbraněKvalitně.cz. Dostupné z: <https://zbrankvalitne.cz/zbrojni-prukaz/nauka-o-strelivu>. [cit. 2025-03-03].

OBDRŽÁLKOVÁ, Marie, 2021. *Účinnost ručních palných zbraní napoleonské éry ve srovnání s moderními zbraněmi pěchoty současných ozbrojených sborů*. Bakalářská práce. Brno: AMBIS vysoká škola, a.s. Bezpečnostní management v regionech.

Obecné informace, 2021. Online. Ministerstvo vnitra České republiky. Dostupné z: <https://mv.gov.cz/clanek/zbrane-podlehajici-zakonu-o-zbranich-a-podminky-jejich-nabyvani-a-drzeni.aspx?q=Y2hudW09MQ%3d%3d>. [cit. 2025-03-03].

OGSTON, Alex, c2000–2025. *The Wounds Produced by Modern Small-Bore Bullets: The Dum-Dum Bullet and the Soft-Nosed Mauser*. Online. In: Jstor. S. 813-815. Dostupné z: <https://doi.org/10.1136/bmj.2.1968.813>. [cit. 2025-03-13].

PLANKA, Bohumil, 2010. *Kriminalistická balistika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-036-9.

PLÍHAL, Bohumil; BEEP, Stanislav a JEDLIČKA, Luděk, 2004. Vnitřní balistika hlavních zbraní. In: *Vnitřní balistika hlavních zbraní: učebnice*. Brno: Univerzita obrany, s. 15. ISBN 80-85960-83-4.

Plynové pistole, c2025. Online. Armed. Dostupné z: <https://www.armed.cz/clanky/plynove-pistole-a-revolvery-vyhody-a-nevyhody/>. [cit. 2025-03-03].

PRŮŠOVÁ, Eva; BABČANÍK, Michal a MELICHÁREK, Josef, 2015. *Zbraně, střelivo a jejich ověřování: zkoušení zbraní, střeliva a tlumičů hluku výstřelu, z pohledu právní úpravy, s komentářem právních předpisů o jejich ověřování*. I. vydání. Myslivost pro praxi. Praha: Druckvo, spol. s r.o. ISBN 978-80-87668-15-3.

SMYK, Daniel, 2008. *Crossbow injuries: A case report*. Online. In: Science Direct. Dostupné z: <https://ars-els-cdn-com.proxy.k.utb.cz/content/image/1-s2.0-S1752928X08002527-gr1.jpg>. [cit. 2025-03-30].

SMYK, Daniel, c2025. Crossbow injuries: A case report. Online. *Journal of Forensic and Legal Medicine*. Vol. 16, no. 8, s. 343-345. ISSN 1878-7487. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jflm.2008.12.022>. [cit. 2025-03-30].

STOJANOVIC, Miroslav; MILIC, Miroslav; KOSTOV, Milos a ZDRAVKOVIC, Miodrag, c2025. *Vstupní rána na pravé straně hrudníku*. Online. In: Wolters Kluwer. Dostupné z: <https://images.journals.lww.com/amjforensicmedicine/Original.00000433-200912000-00022.F2-22.jpeg>. [cit. 2025-03-30].

STRAUS, Jiří; BABČANÍK, Michal a MELICHÁREK, Josef, 2004. *Kriminalistika, kriminalistická technika: (pro kurz kriminalistických expertů)*. I. vydání. Myslivost pro praxi. Praha: Policejní akademie České republiky. ISBN 80-725-1165-3. Dostupné také z: <http://krameriusndk.nkp.cz/search/handle/uuid:cb3147b0-265c-11e6-9fe5-005056827e52>.

SUCHÁNEK, Jaroslav, 2005. *Kriminalistické stopy obsahující informaci o vnitřní stavbě (strukturu) objektu*. Praha: Policejní akademie České republiky. ISBN 80-725-1181-5.

ŠAFR, Miroslav a HEJNA, Petr, 2021. *Střelná poranění*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-696-0.

Šípy do kuše: ALU 6,5“ 12ks, c 1997-2025. Online. Outfits 4 events. Dostupné z: [https://www.outfit4events.cz/czk/produkt/12861-sipy-do-kuse-alu-6-5-12ks/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=PMax%20Zbrane%20\(PNO_13%25\)&utm_id=20381067118&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwnPS-BhBxEiwAZjMF0hDe1AZbyH7CmGrriqXWRh_AAuPTkc62EkgC8vnO_lhz5FqeHm2xhoC76sQAvD_BwE](https://www.outfit4events.cz/czk/produkt/12861-sipy-do-kuse-alu-6-5-12ks/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=PMax%20Zbrane%20(PNO_13%25)&utm_id=20381067118&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwnPS-BhBxEiwAZjMF0hDe1AZbyH7CmGrriqXWRh_AAuPTkc62EkgC8vnO_lhz5FqeHm2xhoC76sQAvD_BwE). [cit. 2025-03-13].

TATAI, Jakub, 2023. *Kvantifikované hodnocení ranivého potenciálu vzduchovky*. Bakalářská práce. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta logistiky a krizového řízení.

Velký popis šípů a komponent, 2024. Online. CZluk. 14. 6. 2024. Dostupné z: <https://www.czluk.cz/blog/velky-popis-sipu-a->

[komponent?srsId=AfmBOocVmuultQae613zIKpULR3QAM9is69j-sOxWmDdWna8snMopVM&utm_source=chatgpt.com](#). [cit. 2025-03-14].

Vzduchovky, c2009 - 2025. Online. Zbrane-vzduchovky.cz. Dostupné z: <https://www.zbrane-vzduchovky.cz/vzduchovky>. [cit. 2025-03-03].

Walther 9 mm: Startovací náboje Walther pistolové 9 mm, c2018. Online. Army-shop. Dostupné z: <https://www.army-shop.cz/produkty/startovaci-naboje-walther-pistolove-9mm-1ks/8261.html>. [cit. 2025-03-13].

ZÁTOPKOVÁ, Lenka a HEJNA, Petr, 2011. Fatal Suicidal Crossbow Injury—The Ability to Act. Online. In: *Journal of Forensic Sciences*. S. 537-540. ISSN 0022-1198. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01666.x>. [cit. 2025-03-30].

Zbraně a střelivo, 2010–2025. Online. Zákon pro lidi. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/obor/zbrane-a-strelivo>. [cit. 2025-03-03].

ZDRAVKOVIC, Miodrag; MILIC, Miroslav; STOJANOVIC, Miroslav a KOSTOV, Milos, 2009. Three Cases of Death Caused by Shots From Blank Cartridge. Online. Vol. 30, no. 4, s. 403-406. ISSN 0195-7910. Dostupné z: <https://doi.org/10.1097/PAF.0b013e3181c15d8c>. [cit. 2025-03-30].

ZNAMENÁČEK, P, 2010. *Střelecká příprava*. Online. Fakulta sportovních studií. Dostupné z: <https://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/strelba/legislativa>. [cit. 2025-03-03].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Francouzský křesadlový zámek	21
Obrázek 2. Dělení dle konstrukce střel	23
Obrázek 3. Rozdělení balistiky	26
Obrázek 4. Střelecká dráha	37
Obrázek 5. Zobrazení průběhu střelby plynovou pistolí.....	38
Obrázek 6. Posuvné měřítko	39
Obrázek 7. Plynová pistole Atak Zoraki 914-TD	40
Obrázek 8. Zobrazení deformace na šípkách.....	46
Obrázek 9. Grafické zobrazení hloubky a objemu střelných dutin u kuše a pistole.....	47
Obrázek 10. Porovnání průměrných hodnot	54
Obrázek 11. Vstupní rána na pravé straně hrudníku.....	58
Obrázek 12. <i>In situ</i> šipka v levé části hrudi.	60

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Parametry měřících hradel	39
Tabulka 2. Parametry plynové pistole Atak Zoraki 914-TD	41
Tabulka 3. Fyzikální a mechanické hodnoty	42
Tabulka 4. Naměřené hodnoty při střelbě z pistolové kuše a plynové pistole.....	44
Tabulka 5. Vypočítaná hodnota kinetické energie pro střely z kuše	45
Tabulka 6. Průměrné hodnoty	45
Tabulka 7. Průměrné hodnoty diablek při střelbě z vzduchovky.....	48
Tabulka 8. Naměřené a vypočítané hodnoty z prostřelování substitučního materiálu	49