

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Fakulta bezpečnostního inženýrství

Katedra bezpečnostních služeb

**Analýza velikosti akustických rázů při výstřelu
z ručních zbraní různých ráží**

Student: Jiří Kostřica

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Stanislav Lichorobiec, Ph.D.

Studijní obor: Technická bezpečnost osob a majetku

Termín odevzdání bakalářské práce: 13. 4. 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta bezpečnostního inženýrství
Katedra bezpečnostních služeb

Zadání bakalářské práce

Student:

Jiří Kostřica

Studijní program:

B3908 Požární ochrana a průmyslová bezpečnost

Studijní obor:

3908R005 Technická bezpečnost osob a majetku

Téma:

Analýza velikosti akustických rázů při výstřelu z ručních zbraní různých ráží

Analysis of the magnitude of acoustic shocks in the shooting of small arms of various caliber

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Definovat a analyzovat současné trendy bezpečnostních rizik vznikajících jako akustické rázy při výstřelech z ručních zbraní a jejich srovnání s ohledem na zdraví střelce. Porovnat a doporučit vhodné materiální vybavení ochrannými prostředky při provádění střelby.

Charakteristika práce:

Uvést základy akustiky, popsat a analyzovat problematiku vlivu účinků střelby na sluchové orgány střelce (hluková zátěž) a posoudit vliv rázového hluku na zdraví člověka. Uvést přehled testovaných ráží střeliva, analyzovat dosažené výsledky vzhledem ke střeleckému prostředí a doporučit vhodné ochranné prostředky uživatelům střelných zbraní.

Seznam doporučené odborné literatury:

Zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu, ve znění pozdějších předpisů.

NV č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Metodický návod MZ ČR pro měření a hodnocení hluku a vibrací na pracovišti.

ČSN ISO 1996-1, 2, Akustika – Popis a měření hluku prostředí.

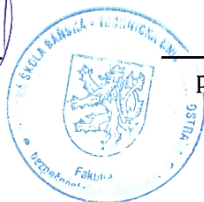
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Stanislav Lichorobiec, Ph.D.**

Datum zadání: 15.06.2017

Datum odevzdání: 13.04.2018

Ing. Stanislav Lichorobiec, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Poledňák, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení:

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně.“

V Ostravě dne 5. 4. 2018



.....
Jiří Kostřica

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Jméno, příjmení Jiří Kostřica

Adresa Fibichova 801/6, 721 00 Ostrava

Dne: 5. 4. 2018

Podpis: 

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

2) 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

3) 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídnou k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

Poděkování:

Touto cestou bych rád poděkoval panu Ing. Stanislavovi Lichorobiecovi, Ph.D. za odborné vedení, pomoc při experimentálním měření a připomínky při zpracování mé bakalářské práce. Také děkuji paní Mgr. Veronice Hase za zapůjčení měřícího přístroje pro účely této práce a panu Marcelovi Žurovcovi za možnost uskutečnit na Střelnici CORRADO část experimentálního měření.

Anotace

KOSTŘICA, Jiří. *Analýza velikosti akustických rázů při výstřelu z ručních zbraní různých ráží*. Ostrava, 2018. Bakalářská práce. VŠB – TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra bezpečnostních služeb. Vedoucí bakalářské práce Ing. Stanislav Lichorobiec, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá analýzou velikostí akustických rázů při výstřelech z vybraných ručních zbraní různých ráží. V teoretické části jsou popsány základy akustiky, stavba sluchového ústrojí, účinky střelby na sluchové ústrojí člověka a definice zbraní a střeliva. V praktické části jsou charakterizovány střelné zbraně a střeliva, které byly využity v rámci experimentálního měření akustických rázů, popis vlastního experimentálního měření s následnou analýzou a zhodnocením akustických rázů. V závěru praktické části jsou uvedeny možnosti prevence ochrany sluchu.

Klíčová slova: akustický ráz, hladina akustického tlaku A, měření, střelná zbraň, ráže, sluchové ústrojí

Summary

KOSTŘICA, Jiří. *Analysis of the magnitude of acoustic shocks in the shooting of small arms of various caliber*. Ostrava, 2018. Bachelor Thesis. VŠB – TU Ostrava, Faculty of Safety Engineering, Department of Security Services. The Supervisor of the Bachelor Thesis Ing. Stanislav Lichorobiec, Ph.D.

The bachelor thesis deals with the analysis of the magnitude of the acoustic shocks at shots from selected handguns of various caliber. In the theoretical part are described the basics of acoustics, the structure of the auditory system, the effects of shooting on the human auditory system and the definition of weapons and ammunition. In the practical part are described firearms and ammunition, which were used at experimental measurement of acoustic impacts, the description of experimental measurement with subsequent analysis and assessment of acoustic impacts. At the end of the practical part are mentioned options for prevention of hearing protection.

Keywords: acoustic shock, sound pressure level A, measurement, firearm, caliber, auditory system

Obsah

1	Úvod	1
2	Základy akustiky	2
2.1	Definice zvuku a jeho šíření v prostředí	2
2.2	Definice hluku a jeho rozdělení	2
2.3	Fyzikální (akustické) veličiny	3
2.3.1	Frekvence f	3
2.3.2	Akustický tlak p	3
2.3.3	Hladina akustického tlaku L_p	4
2.3.4	Hladina akustického tlaku A L_{pA} , C L_{pC}	4
3	Stavba sluchového ústrojí, přenos zvuku	6
3.1	Stavba sluchového ústrojí	6
3.2	Přenos zvuku	8
4	Účinek střelby na sluchové ústrojí	9
4.1	Dočasný a trvalý posun sluchového prahu	9
4.2	Specifické účinky	9
4.3	Systémové účinky	11
5	Vymezení zbraní a střeliva, konstrukce a funkce náboje	12
5.1	Vymezení zbraní a střeliva	12
5.2	Konstrukce náboje	13
5.2.1	Kulový náboj	13
5.2.2	Brokový náboj	15
5.3	Princip funkce náboje	16
6	Popis vybraných střelných zbraní a střeliva	17
6.1	Vzduchová puška Slavia 634	17
6.2	Samonabíjecí malorážková pistole CZ-83 JANE	18
6.3	Samonabíjecí pistole USP Expert	19
6.4	Revolver ALFA steel model 3841	20
6.5	Samonabíjecí puška CZ 858 TACTICAL	21

6.6	Samonabíjecí brokovnice SAIGA–12K.....	22
7	Experimentální měření akustických rázů	24
7.1	Popis přístroje pro měření akustických rázů	24
7.2	Místa experimentálního měření.....	26
7.2.1	Balistická linka	26
7.2.2	Střelnice CORRADO	28
7.3	Způsob a průběh experimentálního měření.....	29
8	Výsledné hodnoty.....	30
8.1	Rychlost střel a jejich kinetické energie.....	30
8.2	Analýza akustických rázů	34
8.2.1	Vzduchová puška Slavia 634.....	34
8.2.2	Samonabíjecí malorážková pistole CZ–83 JANE	36
8.2.3	Samonabíjecí pistole USP Expert.....	37
8.2.4	Revolver ALFA steel model 3841	39
8.2.5	Samonabíjecí puška CZ 858 TACTICAL	41
8.2.6	Samonabíjecí brokovnice SAIGA–12K	42
8.3	Zhodnocení akustických rázů a jejich účinek na sluchové ústrojí	43
9	Preventivní opatření.....	47
9.1	Zátkové chrániče sluchu.....	47
9.2	Mušlové chrániče sluchu.....	49
10	Závěr.....	51
	Seznam použité literatury	53
	Seznam obrázků.....	56
	Seznam grafů.....	57
	Seznam tabulek	58

Seznam použitých zkratek

a.s.	Akciová společnost
CE	Conformité Européenne (Evropská shoda)
ČSN EN	Česká technická norma přejímající evropskou normu
ed.	Edition (vydání)
FMJ	Full Metal Jacket (celoplášťová střela)
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung (společnost s ručením omezeným)
JHP	Jacketed Hollow Point (poloplášťová střela s expanzní dutinou)
JSC	Joint Stock Company (akciová společnost)
LCD	Liquid Crystal Display (displej z tekutých krystalů)
LR	Long Rifle
ORL	Otorinolaryngologie
S.p.A.	Società per Azioni (společnost s ručením omezeným)
SP	Soft Point (poloplášťová střela)
spol. s r.o.	Společnost s ručením omezeným
TM	Trademark (ochranná známka)
USB	Universal Serial Bus (univerzální sériová sběrnice)

1 Úvod

V České republice neustále stoupá počet žadatelů o vydání zbrojního průkazu, ať už pro sběratelské, sportovní či lovecké účely, pro výkon zaměstnání nebo povolání, a zvláště pak pro ochranu života, zdraví a majetku. Držitelé zbrojních průkazů jsou po úspěšném absolvování odborné způsobilosti plně obeznámeni o svých oprávněních a povinnostech týkajících se držení a nošení střelných zbraní. Avšak mnoho držitelů již netuší, jak podstatné je chránit si během střeleckých aktivit vlastní sluchový orgán. Přestože lékařská věda je v současné době na velmi vysoké úrovni, stále nedokáže plně vyléčit poškozený sluch způsobený nadměrným hlukem.

Nebezpečí poškození sluchu se netýká pouze vlastníků střelných zbraní, ale také osob, které se během střelby pohybují v bezprostřední blízkosti střelce. V ohrožení jsou kromě již zmíněných osob také příslušníci ozbrojených bezpečnostních sborů a ozbrojených sil, kteří jsou, ať už během výcviku na střelnicích či při výkonu služby, oprávněni nosit a použít zbraň.

Cílem této bakalářské práce je definovat a analyzovat bezpečnostní rizika spojená s akustickými rázy při výstřelech ze střelných zbraní a jejich následné porovnání s ohledem na sluchový aparát střelce. Dalším cílem je navrhnout vhodné osobní ochranné prostředky, které dostatečně ochrání sluchové ústrojí.

Teoretická část je zaměřena na základy akustiky, stavbu sluchového ústrojí a popis přenosu zvuku, účinky střelby na sluchové ústrojí, vymezení zbraní, střeliva, popis kulového a brokového náboje.

V praktické části jsou popsány vybrané střelné zbraně a jejich střelivo využité při měření akustických rázů. Dále je pozornost věnována měřicímu přístroji, místům uskutečněných měření a samotnému průběhu a způsobu měření. V následující kapitole jsou uvedeny výsledné hodnoty. V předposlední kapitole jsou nastíněny možná preventivní opatření, kterými se předchází poškození sluchu.

2 Základy akustiky

V kapitole *Základy akustiky* je uvedena definice zvuku a jeho šíření v prostředí, dále definice hluku a jeho rozdělení z hlediska časového průběhu. Jsou zde také popsány fyzikální (akustické) veličiny, které jsou klíčové pro experimentální měření akustických rázů.

Akustiku lze definovat jako vědní obor, jenž zkoumá fyzikální děje, které jsou spjaté se vznikem akustického vlnění, jeho šířením v prostředí a vnímáním sluchovým aparátem jedince. [11]

2.1 Definice zvuku a jeho šíření v prostředí

Zvuk lze charakterizovat jako mechanické (akustické) vlnění, které se šíří v pružném prostředí ve frekvenčním rozsahu lidského sluchu od 16 Hz do 20 kHz. Akustické vlnění pod frekvencí 16 Hz se nazývá infrazvuk, nad frekvencí vyšší než 20 kHz se jedná o ultrazvuk. [11]

Zdrojem akustického vlnění se rozumí libovolný objekt kmitající kolem své rovnovážné polohy. Kmitovou (akustickou) energii přenáší objekt na okolní částice, v důsledku čehož dochází k jejich rozkmitání a postupnému šíření energie do pružného prostředí. Šíření akustického vlnění všemi směry prostorem probíhá v tzv. vlnoplochách, které se mohou od překážek buď odrazet, nebo jimi prostupovat dále do prostoru. V kapalných a plynných látkách nastává vlnění podélné, částice kmitají ve směru šíření vlnění. V pevných látkách dochází nejen k podélnému, ale i k příčnému vlnění, kdy částice kmitají kolmo na směr šíření vlnění. [3] [24]

Akustické vlnění se v pružných prostředích chová jako vlnění tlakové, s čímž souvisí fyzikální veličina akustický tlak p , o němž je pojednáváno v podkapitole 2.3 *Fyzikální (akustické) veličiny*. [16]

2.2 Definice hluku a jeho rozdělení

Hluk lze nejjednodušeji definovat jako zvuk, který svou nadměrnou intenzitou může být velmi nepříjemný, obtěžující a škodlivý pro člověka. Vnímání hluku a jeho škodlivost je u každé osoby velmi individuální. [11]

Rozdělení hluku podle časového průběhu:

- ustálený hluk – hladina akustického tlaku se nemění o více než 5 dB v daném místě a ve stanoveném časovém intervalu,
- proměnný hluk – hladina akustického tlaku se mění o více než 5 dB v daném místě a ve stanoveném časovém intervalu. [5]

Přerušovaný a impulsní (rázový) hluk jsou zvláštními případy proměnného hluku. U proměnného přerušovaného hluku dochází k náhlým změnám hladiny akustického tlaku, přičemž zvuk je během hlučného intervalu ustálený. Proměnný impulsní hluk je vytvořen jedním zvukovým impulsem nebo jejich sérií spočívající v náhlé a krátkodobé změně hladiny akustického tlaku. [16] [24]

2.3 Fyzikální (akustické) veličiny

V této podkapitole jsou vypsány fyzikální (akustické) veličiny, mezi které řadí: frekvence f , akustický tlak p , hladina akustického tlaku L_p , hladina akustického tlaku A L_{pA} , hladina akustického tlaku C L_{pC} .

2.3.1 Frekvence f

Frekvence udává počet kmitů za jednu sekundu, které vykonává kmitající objekt v pružném prostředí. Jednotkou frekvence je hertz [Hz]. Frekvence je vnímána sluchovým ústrojím jako výška zvuku. [3] [11]

2.3.2 Akustický tlak p

Akustický tlak souvisí se zhušťováním a zředováním kmitajících částic, čemuž odpovídá vznik podtlaku a přetlaku na konkrétních místech. V důsledku toho nastává změna celkového statického tlaku vzduchu, kdy je k původní hodnotě středního atmosférického tlaku přičtena hodnota akustického tlaku. [11]

Jednotkou akustického tlaku je pascal [Pa]. Nepoškozené sluchové ústrojí má práh slyšení, což je hodnota, od níž ucho začíná vnímat akustické tlaky, $2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} = 20 \text{ } \mu\text{Pa}$ při frekvenci 1 kHz. Tuto hodnotu nazýváme referenční hodnotou akustického tlaku p_0 . Práh bolesti, při kterém dochází k bolestivé reakci a hrozí nenávratné poškození sluchu, má hodnoty akustického tlaku 100–200 Pa při frekvenci 1 kHz. Oproti stanovenému

normálnímu atmosférickému tlaku, který činí 101 325 Pa jsou hodnoty prahu slyšení a bolesti zanedbatelné. [4] [11]

Hodnoty akustického tlaku mohou nabývat velkého rozsahu, od prahu slyšení po práh bolesti se jedná o sedm řádů. Z tohoto důvodu se pro lepší přehlednost zavádí veličina hladina akustického tlaku L_p . Hodnoty akustického tlaku jsou na základě jejich referenční hodnoty přepočítávány na hladinu akustického tlaku. [4] [13]

2.3.3 Hladina akustického tlaku L_p

Jednotkou hladiny akustického tlaku je decibel [dB]. Tato veličina je dána vztahem:

$$L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0} \quad [1]$$

kde:

L_p – hladina akustického tlaku [dB],

p – efektivní hodnota sledovaného akustického tlaku [Pa],

p_0 – práh slyšení, referenční hodnota akustického tlaku = $2 \cdot 10^{-5}$ Pa. [13]

Při převodu referenční hodnoty akustického tlaku na hladinu akustického tlaku získáme hodnotu 0 dB. Převodem rozmezí hodnot prahu bolesti z akustického tlaku na hladinu akustického tlaku získáme hodnoty v rozsahu 130–140 dB. [24]

2.3.4 Hladina akustického tlaku A L_{pA} , C L_{pC}

Hladina akustického tlaku je základní veličinou pro posouzení míry hluku, která však nerozlišuje odlišnou citlivost lidského sluchu na jistých frekvencích. Nejcitlivější oblastí je pásmo řeči a srozumitelnosti, kterou lze zachytit na frekvencích cca 1 000–4 000 Hz. Na nižších a vyšších slyšitelných kmitočtech značně klesá citlivost sluchu. Z tohoto důvodu se zavádí hodnotící (váhová) křivka A, která upravuje frekvenční charakteristiku podle citlivosti sluchového ústrojí a vyhodnocuje naměřené hladiny akustického tlaku. V případě použití hodnotící křivky A je měřenou veličinou hladina akustického tlaku A L_{pA} , která je také udávaná v decibelech [dB]. Pro tuto měřenou veličinu je v elektronickém obvodu hlukoměru zabudován váhový filtr A. Tento váhový filtr je vhodný pro měření ustáleného, proměnného, přerušovaného a impulsního hluku. [4] [16] [24]

Méně využívanou je hodnotící křivka C, která již neupravuje frekvenční charakteristiku podle citlivosti sluchového aparátu, naopak zaznamenává skutečnou hladinu akustického tlaku. V případě použití této křivky se jedná o hladinu akustického tlaku $C L_{pC}$ [dB]. V hlukoměru je pak instalován váhový filtr C, který je možné použít pro měření impulsního hluku. [4] [6]

Existují i další hodnotící křivky (B, D), avšak současné hygienické předpisy, technické normy a také Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, vyžadují při měření hluku a jeho vyhodnocení využívat právě hodnotící křivku A, v některých případech hodnotící křivku C. [16]

3 Stavba sluchového ústrojí, přenos zvuku

V této části bakalářské práce je uvedena stavba sluchového ústrojí, jeho základní rozdělení a zjednodušený popis přenosu zvuku z vnějšího prostředí až do mozkové kůry.

3.1 Stavba sluchového ústrojí

Sluchové ústrojí lze anatomicky rozdělit na periferní a centrální část. Periferní část je složena ze zevního, středního a vnitřního ucha. Centrální část se skládá ze sluchové dráhy a sluchového centra. Sluchová dráha zahrnuje sluchový nerv, mozkový kmen a podkorové oblasti. [1]

Zevní ucho je tvořeno ušním boltcem a zevním zvukovodem. Ušní boltec je tvořen z pružné chrupavky a ušního lalůčku, který je bohatě zásobený cévami. Boltec postupně přechází v zevní zvukovod, což je trubice o délce asi 2,5 cm. Uvnitř jsou tukové a mazové žlázy sloužící k produkci ušního mazu. Na konci zevního zvukovodu se nachází bubínek, který odděluje zevní ucho od středního. [1] [16]

Střední ucho je uloženo v bubínkové dutině uvnitř kosti spánkové a je tvořeno bubínkem, bubínkovou dutinou, sluchovými kůstkami, sluchovou trubicí a sklípkovým systémem. Bubínek je tenká pružná membrána o tloušťce 0,1 mm, za níž se nachází bubínková dutina. [1] [16]

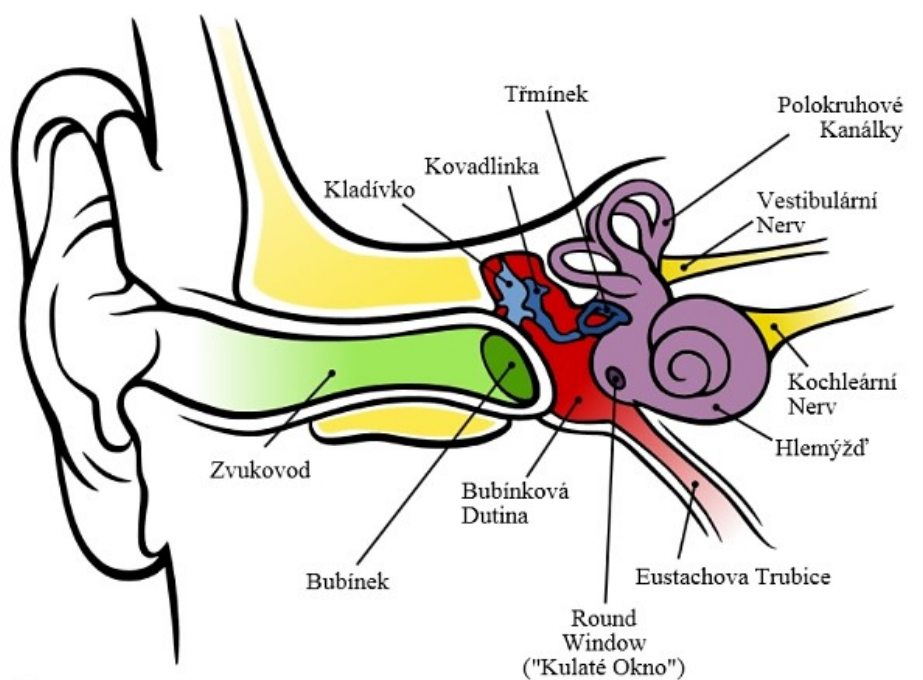
Tři sluchové kůstky se nazývají kladívko, kovadlinka a třmínek. Kladívko je z jedné strany přirostlé k bubínku a z druhé je kloubně připojeno ke kovadlince, a ta je spojena se třmínkem. Ploténka třmínku nasedá do oválného okénka a tvoří hranici mezi středním a vnitřním uchem. [1] [16]

Sluchová trubice neboli Eustachova trubice propojuje dutinu bubínkovou s nosohltanem. Přivádí tak vzduch do bubínkové dutiny a slouží k vyrovnávání případných tlakových změn. Na vyrovnání tlakových rozdílů se podílí i sklípkový systém uložený v bradavkovitém výběžku kosti spánkové. [1] [16]

Ve středním uchu se nachází také napínač bubínku a třmínkový sval, což jsou dva středoušní svaly sloužící k ochraně sluchového orgánu vůči nadměrnému hluku. [1] [16]

Vnitřní ucho neboli kostěný labyrint nalezneme v dutinách kosti skalní. Kostěný labyrint tvoří ochranné pouzdro pro vnitřní blanitý labyrint. Oba ušní labyrinty jsou

vyplněny tekutinou. V dutině kostěného labyrintu se nachází tzv. perilymfa, blanitý labyrint vyplňuje tzv. endolymfa. Labyrint se dělí na předsíň, polokruhové chodbičky a hlemýžď. Vstupní částí do vnitřního ucha je předsíň, v níž dochází k propojení se středním uchem a vyústění hlemýždě a polokruhovitých chodbiček. Polokruhové chodbičky jsou uspořádány do tří navzájem kolmých rovin obsahující smyslové buňky regulující rovnováhu. Na rovnováze se také podílí kulovitý a vejčitý váček, jež se také nacházejí ve vnitřním uchu. Polokruhové chodbičky a váčky lze souhrnně nazvat pojmem vestibulární (rovnovážný) aparát. Hlemýžď je dutina tvořena 2,5 závití. V hlemýždi se na bazální membráně nachází sluchový orgán (Cortiho orgán). Cortiho orgán obsahuje tři vnější a jednu vnitřní řadu vláskových buněk. Strukturu periferní části sluchového ústrojí zobrazuje níže uvedený obrázek č. 1. [1] [16]



Obrázek č. 1: Zjednodušené schéma sluchového ústrojí [16]

Sjednocením veškerých nervových vláken, které vycházejí od vláskových buněk v Cortiho orgánu a smyslových buněk ve vestibulárním aparátu, vzniká sluchově rovnovážný nerv, který má část rovnovážnou (vestibulární) a sluchovou (kochleární). Sluchově rovnovážný nerv pokračuje dále do kmene mozku. Součástí kmene mozku jsou jádra, v nichž dochází ke spojení nervových vláken z obou uší. Přes podkorová jádra mezimozku vede sluchová dráha dále do sluchového centra v kůře mozku. [1]

3.2 Přenos zvuku

Zvukové vlny z vnějšího prostředí jsou usměrňovány ušním boltcem a vedeny zevním zvukovodem k bubínku. Bubínek se vlivem zvukových vln rozkmitá a kmity jsou přenášeny přes tři sluchové kůstky k oválnému okénku a následně do předsíně vnitřního ucha. [1]

Ve vnitřním uchu jsou kmity přeneseny do Cortiho orgánu uloženého v hlemýždi. Na bazální membráně Cortiho orgánu dochází k rozlišení jednotlivých zvuků podle jejich frekvence. V Cortiho orgánu dochází také k přeměně zvukového vlnění na nervové impulsy. Na přeměně se podílí tři řady vnějších vláskových buněk. Z vnějších vláskových buněk pokračují nervové impulsy do jedné řady vnitřních vláskových buněk, následně vedou do sluchového nervu. Ze sluchového nervu pokračují nervové impulsy do sluchové dráhy a dále až do sluchového centra v kůře mozkové. Ve sluchovém centru dochází k uvědomění si sluchového vjemu. [1]

4 Účinek střelby na sluchové ústrojí

V kapitole *Účinek střelby na sluchové ústrojí* je popsán dočasný a trvalý posun sluchového prahu. V další části jsou charakterizovány specifické účinky, které jsou spjaty s trvalým posunem sluchového prahu. V poslední části této kapitoly je pojednáváno o vzniku možných systémových (mimosluchových) účinků.

4.1 Dočasný a trvalý posun sluchového prahu

Při vystavení sluchového aparátu nadměrnému hluku vzniklého v důsledku střelby ze střelných zbraní, dochází k dočasnému nebo trvalému posunu sluchového prahu. Posunem prahu se rozumí rozdíl míry změny sluchu na jistých frekvencích před a po vystavení nadměrnému hluku. [16]

Dočasné posunutí sluchového prahu je spjato s únavou sluchového ústrojí, kdy po ukončení expozice se práh vrátí do původní úrovně během několika minut až hodin. [16]

Oproti tomu trvalý posun sluchového prahu znamená, že práh se již po ukončení expozice nevrátí do původní úrovně. V tomto případě se jedná o trvalé poškození sluchu. Tento stav nemusí být dán jen vystavením nadměrnému hluku, ale také v důsledku stárnutí, popřípadě onemocněním. [16]

4.2 Specifické účinky

S trvalým posunem sluchového prahu souvisí vznik akutního a chronického akustického traumatu. Akutní akustické trauma vzniká nejčastěji při jednorázovém vystavení nechráněného sluchového ústrojí impulsnímu hluku, kde hladina akustického tlaku A přesahuje rozmezí 120–130 dB. Impulsní hluk vzniká střelbou z nejrůznějších střelných zbraní, tedy při iniciaci zápalky, vznětem výmetné náplně v nábojnici a následným pohybem střely podzvukovou, nebo nadzvukovou rychlostí. Zdrojem impulsního hluku jsou také nejrůznějších třesky a výbuchy. [16] [17]

Rozmezí hladin akustického tlaku, při kterém vzniká akutní akustické trauma, je do jisté míry jen orientační, jelikož je závislé také na frekvenčním složení impulsního hluku způsobeného výstřely, počtu výstřelů, individuální citlivosti sluchového orgánu jedince, aktuálním zdravotním stavu, pracovním a odpočinkovým režimem atd. Vyšší riziko vzniku

akutního akustického traumatu je také spjato s odrazem akustického vlnění o pevné překážky (např. stěny, strop, podlaha) v uzavřených prostorech. Typickým příkladem je tunelová střelnice. V tomto případě dochází k významnému zvýšení hladiny akustického tlaku oproti střelbě ve venkovním prostoru. [4] [16] [17]

Nebezpečí impulsního hluku spočívá v jeho krátkodobém trvání, jelikož středoušní svaly, které představují obranný mechanismus středního ucha, nejsou schopny tak rychle zareagovat oproti nadměrnému hluku. Následkem je možné poškození vnitřního ucha a zánik vláskových buněk v Cortiho orgánu. Vlaskové buňky nejsou schopny regenerace, tudíž se jedná o změny nevratné. Při vyšším impulsním hluku dochází k poranění bubínku a sluchových kůstek středního ucha. Poškození středního a vnitřního ucha může být oboustranné, nebo pouze jednostranné. [16] [17]

Mezi příznaky akutního akustického traumatu patří pocity ohlušení, tlak a bolesti v uších, dočasná nebo částečná trvalá ztráta sluchu a vznik subjektivního šelestu označovaného jako tinnitus. V krajních případech dochází k poruchám rovnováhy a závratím. Některé z uvedených obtíží odezní do pár minut, hodin až dní, avšak tinnitus a částečná trvalá ztráta sluchu mohou být permanentní. Částečná trvalá ztráta sluchu se projevuje většinou nad frekvencí pásma řeči, což znamená, že postižené jedince nijak neomezuje v řečové komunikaci. Při opakovaném akutním akustickém traumatu dochází k daleko rozsáhlejšímu poškození sluchu. O akutním akustickém traumatu mluvíme již při výskytu jednoho z uvedených příznaků, který je spojen s nadměrným hlukem. [1] [17]

Chronické akustické trauma vzniká v důsledku dlouhodobého působení ekvivalentní hladiny akustického tlaku $A L_{Aeq,T}$ nad 85 dB. Důsledkem je postupná degenerace a zánik vláskových buněk v Cortiho orgánu. Běžnými příznaky jsou vyšší ztráty sluchu i v pásmu řeči a tinnitus, které jsou trvalého charakteru. Tento typ traumatu se povětšinou nevyskytuje u střelců, ale u pracovníků v nejrozličnějších průmyslových odvětvích. [16] [17]

Proces vyšetření a léčby jsou u akutní i chronické formy stejné. U postižených osob se provede v ordinaci ORL audiometrie, což je subjektivní metoda spočívající v zjištění sluchových ztrát na jednotlivých frekvencích lidského sluchu. Poté lékař předepíše vhodnou medikaci. Nejčastěji se jedná o léky na prokrvení vnitřního ucha, kortikoidy, vitamíny. Další možností je nasazení infuzní terapie a hyperbarické oxygenoterapie. Při neprodlené návštěvě

lékaře a okamžitým nasazení medikace je možné zcela eliminovat přítomnost všech příznaků spojených s akutním akustickým traumatem. [4] [17]

4.3 Systémové účinky

U střelců vlivem střelby nedochází jen k poškození sluchového orgánu, ale také k ovlivnění mnoha systémů a funkcí v lidském těle. Obecně se jedná o systémové neboli mimosluchové účinky. Systémové účinky působí kupříkladu na centrální a vegetativní nervový systém, kardiovaskulární systém, motorické funkce a emocionální rovnováhu. V důsledku těchto vlivů dochází k poruchám spánku, učení, komunikace a koordinace pohybů. Dále se u člověka mohou objevit bolesti hlavy, únava, pocity podrážděnosti a nespokojenosti, zvýšení krevního tlaku, tepové frekvence, hladiny lipidů, cholesterolu, stresových hormonů (zejména kortizolu a adrenalinu), případně může dojít k poklesu počtu imunitních buněk. Důsledkem zvýšeného krevního tlaku a tepové frekvence je vyšší riziko vzniku kardiovaskulárního onemocnění. Vznik systémových účinků se projevuje v celém rozsahu hladin akustického tlaku od prahu slyšení až po práh bolesti. [4] [16] [17]

5 Vymezení zbraní a střeliva, konstrukce a funkce náboje

V této části bakalářské práce jsou popsány zbraně a střeliva, konstrukce kulového a brokového náboje a samotný princip funkce náboje.

5.1 Vymezení zbraní a střeliva

Pro popis vybraných střelných zbraní a střeliva, které byly použity při experimentálním měření akustických rázů, je důležité definovat jejich základní rozdělení. Toto rozdělení je uvedeno v Příloze č. 1 Zákona č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu, ve znění pozdějších a souvisejících předpisů.

Střelná zbraň je zbraní, jejíž funkce spočívá v náhlém uvolnění vzniklé energie při výstřelu. Každá střelná zbraň je vyrobena pro daný účinek na definovanou vzdálenost. Střelné zbraně lze členit na palné, plynové, mechanické, vojenské, sportovní, lovecké a jiné uvedené v příloze zmíněného zákona. [8]

Dále v textu je pozornost zaměřena pouze na palné a plynové zbraně, které byly využity v rámci experimentálního měření akustických rázů.

Funkce palných zbraní spočívá v náhlém uvolnění chemické energie. Mezi palné zbraně se řadí expanzní, kulové, brokové, kombinované, krátké, dlouhé, samočinné, samonabíjecí, opakovací, jednoranové a víceranové. V následujícím výčtu jsou stručně charakterizovány jednotlivé typy palných zbraní:

- expanzní zbraň neumožňuje použití kulového či brokového náboje,
- kulová zbraň je vybavena hlavní (popř. hlavněmi) určenou pro střelbu kulovými náboji,
- broková zbraň s hlavní, či hlavněmi, je určena pro střelbu brokovými náboji,
- kombinovaná zbraň s hlavní, či hlavněmi, je předurčena pro střelbu kulovými náboji a s hlavní (hlavněmi) určenou pro střelbu brokovými náboji,
- krátká zbraň disponuje hlavní kratší než 300 mm, nebo s celkovou délkou do 600 mm,
- dlouhá zbraň je ta, která není definovaná jako krátká zbraň,
- samočinná zbraň spočívá v opětovném nabití způsobeném předchozím výstřelem, zároveň umožňuje více výstřelů na jedno stisknutí spouště,

- u samonabíjecí zbraně je opětovné nabití způsobeno taktéž předchozím výstřelem, na rozdíl od samočinné zbraně zde nelze uskutečnit více výstřelů na jedno stisknutí spouště,
- u opakovací zbraně dochází k opětovnému nabití ručním ovládním závěru, mechanickým otočením revolverového válce, či pohyblivým předpažbím,
- jednoranová zbraň nedisponuje zásobníkem, nebo jiným podávacím ústrojím, k opětovnému nabití dochází ručním vložením náboje do nábojové komory, hlavně, nebo nábojiště,
- víceranovou zbraň lze ztotožnit s jednoranovou zbraní, avšak na rozdíl od ní tato disponuje dvěma, či více hlavními. [8]

Plynová zbraň je druhem střelné zbraně, jejíž funkce spočívá v náhlém uvolnění energie stlačeného plynu (vzduchu). [8]

Druhou část této podkapitoly tvoří vymezení pojmu střelivo. Střelivo je komplexním označením pro náboje, nábojky a střely do jednotlivých střelných zbraní. Střela představuje objekt vystřelený ze střelné zbraně, který je určen k zásahu cíle, či vyvolání jiného efektu. Lze rozlišit jednotnou, hromadnou, průbojnou, výbušnou, zápalnou a šokovou střelu. V rámci experimentálního měření akustických rázů byly využity jednotné a hromadné střely. Jednotné střely po opuštění hlavně tvoří stále jeden a týž pevný celek. Hromadné střely představují těleso či látku v pevném, kapalném, či plynném skupenství, u kterých, na rozdíl od jednotných střel, dochází po opuštění hlavně k oddělení. [8]

Náboj je určen ke vkládání či nabíjení do palné zbraně. Je složen z nábojnice, zápalky, či zápalkové složky, výmetné náplně a střely. Nábojka, která slouží ke vkládání či nabíjení do expanzní zbraně, je složena z nábojnice, zápalky, nebo zápalkové složky a výmetné náplně, popřípadě chemicky dráždivé látky. [8]

5.2 Konstrukce náboje

V následujících podkapitolách je popsána konstrukce kulového a brokového náboje.

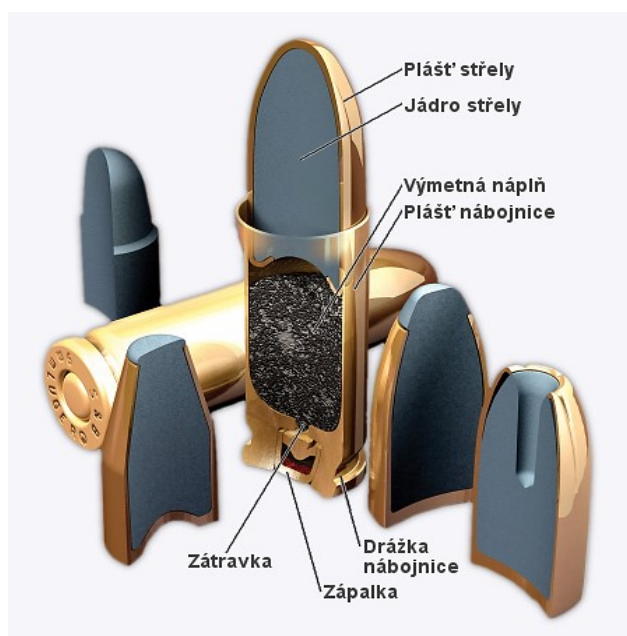
5.2.1 Kulový náboj

Kulový náboj je složen z jednotné střely, nábojnice, výmetné náplně a zápalky, či zápalkové složky. Střela je složena z olověného jádra. Nejčastěji je potažena mosazným, či

tombakovým pláštěm. V takovém případě se jedná o celoplášťovou střelu (FMJ). Druhým typem jsou poloplášťové střely (SP), jež mají obnažené olověné jádro v přední části, přičemž zbytek je pokrytý pláštěm. Třetím známým druhem jsou poloplášťové střely s expanzní dutinou (JHP) v přední části, jež zasahuje do jádra. Plášť střely bývá po okrajích dutiny na vybraných místech podélně rýhován. K dalším často používaným druhům střel patří zcela olověné střely. [2] [22]

Nábojnice je prvek, který drží jednotlivé části náboje dohromady a chrání výmetnou náplň před působením vlivů vnějšího prostředí (například proti vlhkosti). Tvar nábojnice je nejčastěji válcový, lehce kuželovitý, či lahvovitý s krčkem. Ve spodní části se nachází drážka, či okraj, popřípadě kombinace obojího, které slouží k snadnému vytažení náboje, popř. prázdné nábojnice, z nábojové komory palné zbraně. [2] [19]

Výmetná náplň je část náboje, jejímž cílem je vymetení střely ven z palné zbraně. V současnosti se jako výmetné náplně používají střeliviny – bezdýmné prachy, především nitrocelulózový a nitroglycerinový. Poslední částí je zápalka, která u náboje se středovým zápalem obsahuje zápalkovou slož, jež po iniciaci zapaluje výmetnou náplň přes zátravku. Náboje s okrajovým zápalem obsahují zápalkovou slož na okraji nábojnice. Konstrukce kulového pistolového náboje zobrazuje obrázek č. 2. [2] [19]



Obrázek č. 2: Konstrukce kulového pistolového náboje [19]

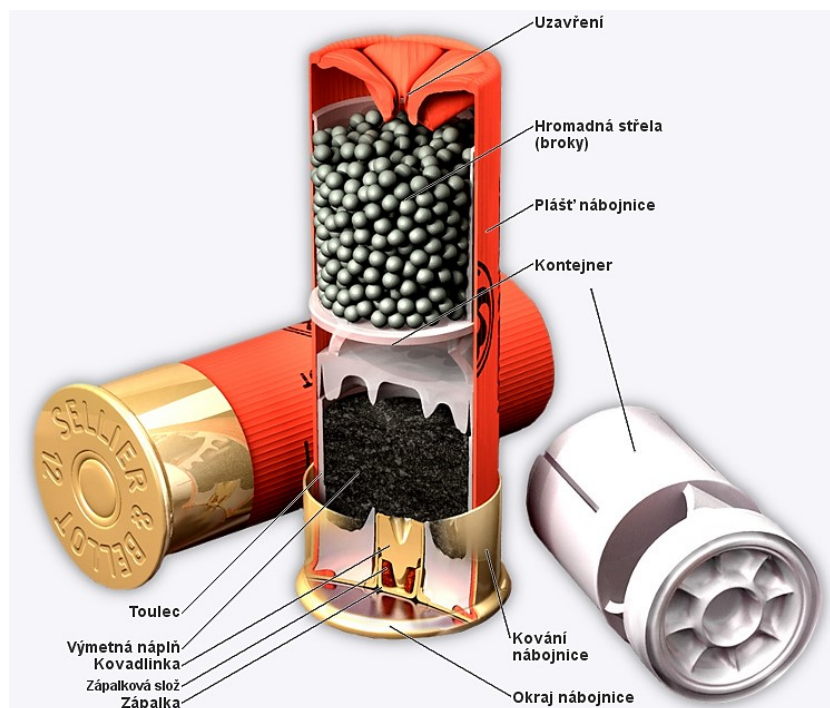
5.2.2 Brokový náboj

Brokový náboj je složen z hromadné, někdy také jednotné střely (tzv. slugu), nábojnice s kovovým kováním, plastového kontejneru, případně plstěné zátky, výmetné náplně a zápalky (viz obrázek č. 3). Střela je nejčastěji složena z většího množství malých projektilů (broků). V tomto případě se jedná o střelu hromadnou. [2] [19]

Nábojnice lze rozlišit na plastové a papírové. Tyto jsou na spodní vnější straně opatřeny kovovým kováním a z vnitřní strany plastovým toulcem. Horní část nábojnice může být uzavřena krytkou se zakroužením ústí nábojnice, nebo bez krytky, kdy je ústí složeno do tvaru hvězdice. [2] [19]

Funkce plstěné zátky a plastového kontejneru jsou totožné: utěsnění spalných plynů vznikajících při výstřelu. Plastový kontejner obsahující broky plní ještě další podstatnou funkci, a to v podobě mechanické překážky bránící přímému kontaktu se stěnou hlavně při výstřelu. Po uskutečnění výstřelu se plastový kontejner od broků odděluje. [2] [19]

Výmetná náplň má stejnou funkci jako u kulového náboje, tedy vymetení střely ze zbraně při výstřelu. I zde jsou používány bezdýmné prachy. Zápalka je částí brokového náboje, jejíž součástí je zápalková slož, která po iniciaci přes zátravku zapaluje bezdýmný prach. [2] [19]



Obrázek č. 3: Konstrukce brokového náboje s hromadnou střelou [19]

5.3 Princip funkce náboje

Princip kulového či brokového náboje je shodný. Zápalek, který je součástí palné zbraně, naráží na okraj nábojnice se zápalkovou složkou u okrajového zápalu, či na zápalku u středového zápalu. Zápalková složka je citlivá na mechanické podněty a je náhlým nárazem iniciována. Vzniklé hoření zápalkové složky je vedeno průšlehovým otvorem (otvory) do prostoru, ve kterém dochází k zažehnutí výmetné náplně, která se zde nachází. Během hoření výmetné náplně dochází k velmi rychlému vzniku spalných plynů a k prudkému zvyšování tlaků, jež tlačí na vnitřní stěny nábojnice. Když síla plynů uvnitř nábojnice dosáhne dané meze (tzv. výtahové síly), dojde k uvolnění střely od zbytku náboje, která pokračuje dále do vývrtu hlavně. Vzniklý tlak na dno nábojnice je přenesen na čelo závěru a u palných zbraní, jež využívají zpětného rázu, se začne pohybovat vzad. Při dostatečném výkonu náboje dochází k opuštění střely z hlavně a závěr provádí cyklus vyhození prázdné nábojnice a nabití nového náboje. [19]

Během celého procesu dochází ke vzniku tepelného, tlakového, světelného a zejména akustického účinku, který je slyšitelný i na vzdálenost několika kilometrů.

6 Popis vybraných střelných zbraní a střeliva

V této kapitole bakalářské práce jsou popsány střelné zbraně a jejich střelivo, které byly použity při experimentálním měření akustických rázů. Součástí každé kapitoly pojednávající o konkrétní střelné zbraní je fotografie zbraně a jejího střeliva.

6.1 Vzduchová puška Slavia 634

Zlamovací vzduchová puška Slavia 634, zobrazena obrázkem č. 4, je plynová zbraň vyrobena firmou Česká zbrojovka a.s. Tento typ vzduchové pušky je vybaven nastavitelným odporem spouště, stranově i výškově stavitelným hledím a pojistkou, která brání nechtěnému výstřelu. Tato vzduchová puška je vhodná především pro rekreační a sportovní účely. [12]



Obrázek č. 4: Vzduchová puška Slavia 634

Základní parametry:

- ráže zbraně/diabolky: 4,5 mm,
- celková délka: 1 080 mm,
- délka hlavně: 450 mm,
- hmotnost: 3 000 g. [12]

Při experimentálním měření byly využity diabolky s obchodním názvem „Yellow Match Diabolo Middle Weight“ v ráži 4,5 mm od české firmy JSB Match Diabolo a.s. Hmotnost diabolky byla 0,52 g. Tento typ diabolek je vhodný na sportovní střelbu. [14]

6.2 Samonabíjecí malorážková pistole CZ–83 JANE

Samonabíjecí malorážková pistole CZ–83 JANE je krátkou kulovou palnou zbraní vyrobenou taktéž firmou Česká zbrojovka a.s. (viz obrázek č. 5). Tato pistole je konstruovaná na rámu zbraně CZ–83 s prodlouženou hlavní a stavitelným hledím, což z ní dělá přesnou a oblíbenou sportovní pistoli. [15]



Obrázek č. 5: Samonabíjecí pistole CZ–83 JANE

Základní parametry:

- ráže zbraně/náboje: .22 LR,
- ráže střely: .22,
- celková délka: 228 mm,
- délka hlavně: 150 mm,
- hmotnost: neuvedeno,
- kapacita zásobníku: 10 nábojů. [15]

Do této pistole byly využity kulové náboje s označením „22 LONG RIFLE SB CLUB“ s okrajovým zápalem od české firmy Sellier & Bellot a.s. Střely tohoto náboje byly olověné s hmotností 2,56 g. Tento typ nábojů je vhodný pro sportovní a rekreační střelbu, zejména svou výhodnou cenou, přesností a minimálním zpětným rázem. [22]

6.3 Samonabíjecí pistole USP Expert

Tato krátká kulová palná zbraň, vyobrazená obrázkem č. 6, je vyrobená německou firmou Heckler & Koch GmbH. Zbraň disponuje vyztuženým polymerovým rámem, dvouřadým kapacitním zásobníkem, nastavitelným hledím a univerzálními montážními drážkami na instalaci taktického vybavení. Díky svým celkovým rozměrům a délce hlavně je zbraň oblíbená především pro sportovní účely. [23]



Obrázek č. 6: Samonabíjecí pistole USP Expert

Základní parametry:

- ráže zbraně/náboje: 9 mm Luger,
- ráže střely: 9 mm,
- celková délka: 221 mm,
- délka hlavně: 132 mm,

- hmotnost: 930 g,
- kapacita zásobníku: 18 nábojů. [23]

Během experimentálního měření byly do této pistole použity dva typy kulových nábojů se středovým zápalem od české firmy Sellier & Bellot a.s. Jednalo se o náboje s názvem „9 mm LUGER“ s hmotností střely 7,50 g a „9 mm LUGER SUBSONIC“ s hmotností střely 9,00 g. Střely obou zmíněných nábojů byly celoplášťové (FMJ) s olověným jádrem a mosazným pláštěm. Svou dostupností, cenou a zastavovacím účinkem jsou nejčastěji využívanými náboji ozbrojených bezpečnostních sborů a civilního obyvatelstva. [22]

6.4 Revolver ALFA steel model 3841

Revolver ALFA steel model 3841 (viz obrázek č. 7) je krátkou kulovou palnou zbraní vyrobenou českou firmou ALFA - PROJ spol. s r.o. Revolver splňuje požadavky pro sportovní střelbu, a to svou přesností, stavitelným hledím a nízkým zpětným rázem. Tento revolver je vhodný též pro obranné účely. [20]



Obrázek č. 7: Revolver ALFA steel model 3841

Základní parametry:

- ráže zbraně/náboje: .38 Special,
- ráže střely: .38,
- celková délka: 243 mm,
- délka hlavně: 102 mm,
- hmotnost: 1 000 g,
- kapacita otáčivého válce: 6 nábojů. [20]

Do revolveru byly využity kulové náboje s obchodním názvem „38 SPECIAL“ se středovým zápalem od české firmy Sellier & Bellot a.s. Tento typ nábojů měl poloplášťové střely (SP) s obnaženým olověným jádrem v přední části. Zbytek střely byl pokryt mosazným pláštěm. Hmotnost jedné střely činila 10,25 g. Náboje je možné použít pro sportovní účely a osobní ochranu. [22]

6.5 Samonabíjecí puška CZ 858 TACTICAL

Tato dlouhá kulová palná zbraň, viz obrázek č. 8, je vyrobena firmou Česká zbrojovka a.s. Jedná se o variantu známé samočinné pušky Samopalu vzoru 58, jež byl ve výzbroji Československé armády. V současné době se tato samočinná puška v omezeném množství nachází také ve výzbroji bezpečnostních sborů a ozbrojených sil České a Slovenské republiky. Samonabíjecí verze je oblíbená pro sportovní a rekreační střelbu díky své výhodné ceně, celkové jednoduchosti, nastavitelnému hledí a přesnosti střelby. [12]



Obrázek č. 8: Samonabíjecí puška CZ 858 TACTICAL

Základní parametry:

- ráže zbraně/náboje: 7,62 x 39 mm,
- ráže střely: 7,62 mm,
- celková délka: 845 mm,
- délka hlavně: 390 mm,
- hmotnost: 2 910 g,
- kapacita zásobníku: 30 nábojů. [12]

Do této samonabíjecí pušky byly použity kulové náboje s obchodním názvem „7,62 x 39 CA“ se středovým zápalem od kyrgyzské firmy JSC Bishkek Machine Building Plant. Střely těchto nábojů byly celoplášťové (FMJ) s olověným jádrem. Hmotnost střel činila 8,00 g. Tento typ nábojů je používán jak k vojenskému, tak k civilnímu použití. Výhodné jsou zejména svou nízkou cenou oproti jiným puškovým nábojům. [18]

6.6 Samonabíjecí brokovnice SAIGA–12K

Tato dlouhá broková palná zbraň, vyobrazena na obrázku č. 9, je vyrobena ruskou firmou JSC Concern Kalashnikov. Tento typ brokovnice je vytvořen na systému nejznámější útočné pušky AK-47. Zvláštností této zbraně, oproti jiným brokovnicím, je samonabíjecí režim s odnímatelným zásobníkem. U této zbraně je možné použít brokové náboje s hromadnou či jednotnou střelou. Brokovnice má uplatnění u ozbrojených sil a bezpečnostních sborů, v civilním sektoru je využívána pro sportovní a rekreační účely. [21]



Obrázek č. 9: Samonabíjecí brokovnice SAIGA–12K

Základní parametry:

- ráže zbraně/náboje: 12/70,
- celková délka: 910 mm,
- délka hlavně: 430 mm,
- hmotnost: 3 500 g,
- kapacita zásobníku: 5 nábojů. [21]

Do této samonabíjecí brokovnice byly použity brokové náboje s obchodním názvem „F2 CLASSIC“ se středovým zápalem od italské firmy Baschieri & Pellagri S.p.A. Střelba byla provedena brokovými náboji s hromadnou střelou neboli broky o velikosti 3,1 mm. Celková hmotnost broků v nábojnici byla 34,00 g. Jedná se o standartní lovecké střelivo určené především pro tyto účely. [9]

7 Experimentální měření akustických rázů

V této kapitole je definován měřicí přístroj určený k měření akustických rázů, dále jsou zde charakterizovány jednotlivé prostory, v nichž bylo měření uskutečněno a souhrnně popsán způsob a průběh experimentálního měření.

7.1 Popis přístroje pro měření akustických rázů

K experimentálnímu měření akustických rázů byl použit digitální hlukoměr VOLTcraft PLUS SL – 300 (viz obrázek č. 10, detailní popis hlukoměru je znázorněn obrázkem č. 11). Přístroj odpovídá požadavkům, které vyplývají z normy ČSN EN 61672-1 ed. 2 a je klasifikován z hlediska přesnosti do 2. třídy pro obecná měření. [6]



Obrázek č. 10: Digitální hlukoměr VOLTcraft PLUS SL – 300

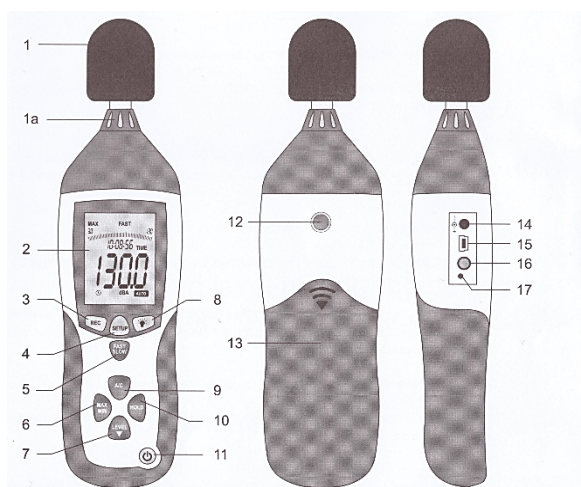
Přístroj je určen k zaznamenávání hladin akustického tlaku v decibelech [dB] podle zvoleného váhového filtru A/C během měřeného časového úseku. [6]

Měření hlukoměrem je možné ve frekvenčním rozsahu od 31,5 Hz do 8 kHz. Přístroj má celkem čtyři nastavitelné rozsahy hladin akustického tlaku. Spodní rozsah činí 30–80 dB, střední rozsah se nachází v rozmezí 50–100 dB a horní rozsah je 80–130 dB. Přístroj umožňuje použít automatický rozsah od 30 dB do 130 dB. Zaznamenávání hladin

akustického tlaku lze uskutečnit ve dvou časových intervalech. Nastavená funkce „FAST“ na hlukoměru registruje hladiny akustického tlaku s rychlostí 125 ms. Toto nastavení je vhodné zejména pro měření impulsního hluku. Pro ostatní hluky je možné použití funkce „SLOW“ s rychlostí zaznamenávání hodnot po 1 s. Přesnost měření podle návodu činí $\pm 1,4 \%$. Symboly zobrazované na LCD displeji hlukoměru uvádí obrázek č. 12 umístěný na následující straně. [6]

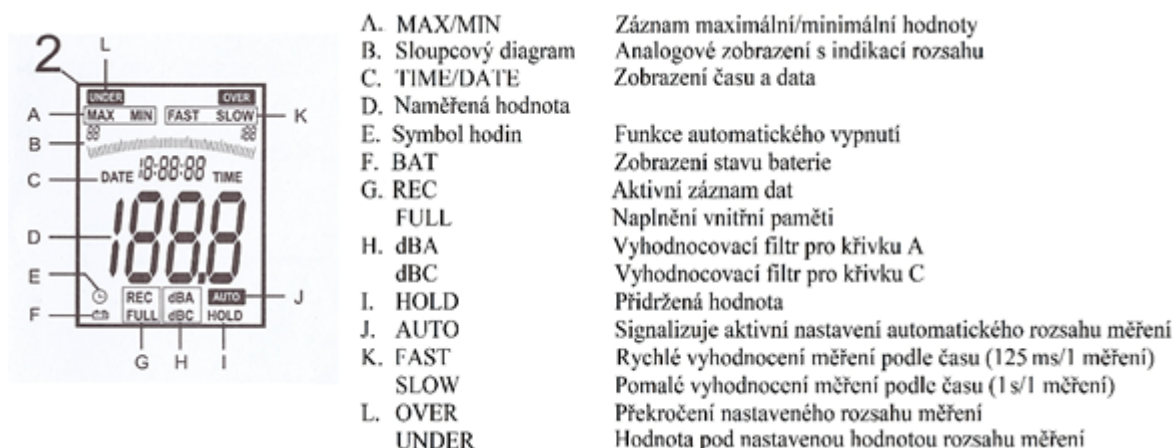
Další technické údaje:

- displej: LCD, 2 000 bodů,
- rozlišení: 0,1 dB,
- rozsah dynamiky: 50 dB,
- provozní napětí: 9 V baterie,
- proud: cca 10 mA, max. 16 mA,
- životnost baterie: přibližně 50 hodin (alkalické baterie),
- funkce automatického vypnutí: přibližně po 15 minutách nečinnosti,
- mikrofon: 1,27 cm elektretový kondenzátorový mikrofon,
- datová paměť: 32 600 paměťových míst,
- provozní teplota: 0–40 °C,
- relativní vlhkost vzduchu: 10–90 %, bez kondenzace,
- provozní výška: do 2 000 m n. m.,
- celkové rozměry a hmotnost: 76 x 278 x 50 mm, 350 g. [6]



1. Měřicí mikrofon s ochranou proti větru, 1a objímka pro mikrofon
2. LCD displej
3. Tlačítko „REC“ pro záznam naměřených hodnot
4. Tlačítko „SETUP“ pro základní nastavení
5. Tlačítko „FAST/SLOW“ pro přepnutí intervalu měření
6. Tlačítko „MAX/MIN“ pro zobrazení maximálních a minimálních naměřených hodnot
7. Tlačítko „LEVEL“ pro přepínání rozsahu měření
8. Tlačítko „LIGHT“ pro osvětlení displeje
9. Tlačítko „A/C“ pro přepínání frekvenční hodnotící křivky
10. Tlačítko „HOLD“ pro přidržení naměřené hodnoty
11. Tlačítko pro zapínání a vypínání přístroje
12. Zdíčka pro upevnění trojnožky
13. Schránka pro baterii v zadní části přístroje
14. Zdíčka pro připojení napájecího adaptéru
15. Mini USB port pro připojení USB kabelu
16. Analogový výstup
17. CAL – potenciometr kalibrace

Obrázek č. 11: Ovládací prvky hlukoměru VOLTcraft PLUS SL – 300 [6]



Obrázek č. 12: Zobrazované symboly na LCD displeji [6]

7.2 Místa experimentálního měření

Experimentální měření bylo z provozních a technických důvodů rozděleno na dvě části. První část se uskutečnila v Laboratoři – střelnice „Balistické linky“, která se nachází na Fakultě bezpečnostního inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava na adrese Lumírova 630/13, 700 30 Ostrava-Výškovice. Na balistické lince bylo vykonáno experimentální měření akustických rázů při výstřelech ze vzduchové pušky a krátkých palných zbraní. Díky technické vybavenosti balistické linky byly u krátkých palných zbraní zaznamenány také rychlosti prolétávajících střel.

Druhá část experimentálního měření byla provedena na Střelnici CORRADO s.r.o. na adrese Cihelní 128/27, 702 00 Ostrava-Moravská Ostrava. Na této kryté tunelové střelnici bylo uskutečněno experimentální měření akustických rázů při výstřelech z dlouhých palných zbraní.

7.2.1 Balistická linka

Balistická linka je umístěna v místnosti F210 ve 2. patře budovy F a patří pod Katedru bezpečnostních služeb. Balistická linka se skládá z několika segmentů, které jsou podstatné pro její provoz. Prvním z nich je balistická stolička s upínacím stendem pro krátké palné zbraně, která umožňuje výškové a stranové nastavení zbraní. Upevnění palné zbraně se provádí pomocí několika šroubů. Na upínacím stendu se nachází vodováhy, jež zabezpečují vodorovnou pozici palné zbraně.

Další součástí jsou hradla HS – 02, která slouží k měření rychlosti vystřeleného projektilu. Zařízení je krychlové konstrukce z nerezové oceli, na jehož dvou stranách jsou umístěny brány označené jako brána „START“ a „STOP“. Brány jsou od sebe vzdáleny 0,5 m. Každá brána je vybavena vysílačem a přijímačem infračerveného záření. Při průletu střely přes brány dojde k zastínění vysílaného infračerveného paprsku. Průlet je poté zaznamenán na vytvořeném grafu jako křivka, která určuje míru zastínění. Výsledná rychlost střely je stanovena výpočetní technikou díky známé vzdálenosti a získanému času průletu střely přes brány. Výpočetní technikou je v tomto případě notebook, který je připojen na hradla. [7]

Poslední částí balistické linky je záchytový kontejner. Jeho vnitřní prostory jsou vybaveny několika bloky plastické hmoty, jež slouží k zastavení letící střely. Záchytný kontejner je zakončen pancéřovou deskou, která zabezpečuje zastavení projektilu, v případě jeho průletu skrze bloky plastické hmoty.

Na stěnách v okolí záchytného kontejneru jsou přilepeny pryžové čtverce, jež slouží k utlumení vzniklého impulsního hluku způsobeného výstřelem. Obložení v žádném případě neslouží jako balistická ochrana proti střelám. Prostory a vybavení laboratoře balistické linky zobrazuje níže uvedený obrázek č. 13.



Obrázek č. 13: Balistická linka

7.2.2 Střelnice CORRADO

Střelnice CORRADO je stálá veřejná komerční krytá tunelová střelnice, která je rozdělená na dvě části. První část je prodejní, ve které jsou vystaveny veškeré dostupné palné zbraně k zapůjčení a střelivo k prodeji. Druhou částí je samotná střelnice (viz obrázek č. 14), která je rozdělena na střeleckou zónu, tvořenou pěti střeleckými stanovišti, tzv. boxy. Střelecká stanoviště jsou od sebe oddělena zábranou, v každém z nich se nachází stůl na odložení zbraně, střeliva či osobních ochranných pomůcek a ovládací zařízení na pohyb terčů ve výstřelném prostoru. Další částí střelnice je výstřelný prostor o celkových rozměrech 25 x 8 x 3 m. Na konci výstřelného prostoru se nachází zachytný val, který bezpečně zachycuje dopadající střely a zabraňuje jejich případnému odrazu.

Střelnice je určena pro střelbu z krátkých a dlouhých kulových či brokových palných zbraní. Dále lze použít také veškeré plynové zbraně.



Obrázek č. 14: Střelnice CORRADO

7.3 Způsob a průběh experimentálního měření

Při experimentálním měření akustických rázů na balistické lince a Střelnici CORRADO byl hlukoměr nastaven vždy shodně. Na přístroji byla zvolena frekvenční hodnotící křivka A, měřenou veličinou byla hladina akustického tlaku A. Na hlukoměru byl nastaven automatický rozsah 30–130 dB a byla použita funkce „FAST“ s rychlostí registrování hodnot po 125 ms.

Hlukoměr byl během experimentálních měření umístěn ve vzdálenosti 10–15 cm od vstupu do zevního zvukovodu střelce. Tato vzdálenost byla zvolena proto, aby naměřené hladiny akustického tlaku A co nejvíce odpovídaly hodnotám, které skutečně zachytí sluchové ústrojí střelce během střelby. Hlukoměr byl situován ve výšce 160–170 cm nad zemí, výška byla ovlivněna vzrůstem střelce. Na balistické lince i Střelnici CORRADO byla u každé testované střelné zbraně provedena dvě měření, vždy po šesti výstřelech během časového úseku přibližně 60 sekund. Každý jednotlivý výstřel byl proveden s časovým odstupem cca 10 sekund.

Experimentální měření na balistické lince proběhlo dne 15. 12. 2017. Z technických a bezpečnostních důvodů byla střelba možná jen při uchycení krátké palné zbraně pomocí upínacího stendu na balistické stolicí. V důsledku tohoto omezení byla střelba provedena s tím ohledem, že za balistickou stolicí s upínacím stendem se nacházela osoba, jež zároveň simulovala střelecký postoj a obouruční držení krátké palné zbraně. Na rozdíl od krátkých palných zbraní byla vzduchová puška během střelby v důsledku své velikosti pouze položena na upínacím stendu. Střelec pak simuloval střelecký postoj a provedl výstřely.

Experimentální měření na Střelnici CORRADO se konalo dne 16. 1. 2018. Střelba byla provedena ve výstřelném prostoru před střeleckými boxy pověřenou osobou střelnice. Tato osoba zaujala střelecký postoj s obouručním držením dlouhé palné zbraně.

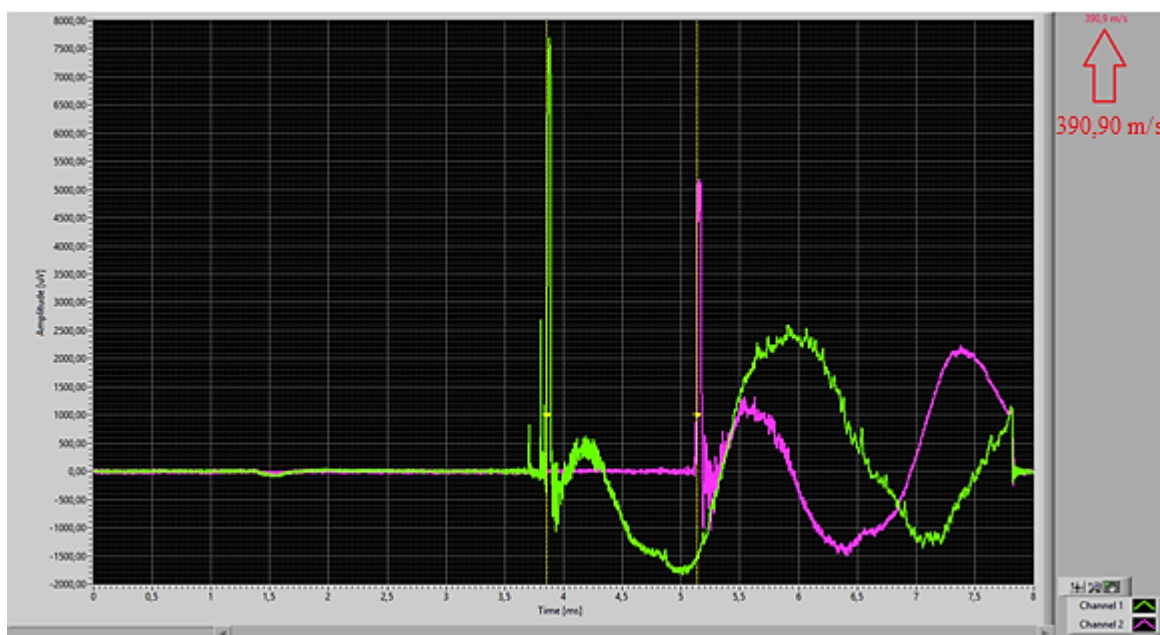
Každé měření bylo ukládáno do paměti měřicího přístroje a tento byl pomocí USB kabelu propojený s předem nainstalovaným softwarem v notebooku. Software nesoucí název „SL – 300“ u jednotlivých měření graficky zobrazoval časový průběh hladin akustického tlaku A, zároveň umožňoval ukládání získaných dat do notebooku pro následné zpracování grafů.

8 Výsledné hodnoty

V osmé kapitole jsou uvedeny rychlosti střel a kinetických energií u krátkých palných zbraní a konkrétní hodnoty získané experimentálním měřením akustických rázů vybraných střelných zbraní.

8.1 Rychlost střel a jejich kinetické energie

Při měření akustických rázů u krátkých palných zbraní na balistické lince bylo možno provést také měření rychlosti střel, a to pomocí hradla HS – 02 a hodnotícího zařízení (notebooku). Pro stanovení rychlostí a následný výpočet kinetických energií projektilů je rozhodující vzdálenost hradla od ústí hlavně. Vzdálenost brány „START“ byla 1 m od ústí hlavně palné zbraně a brána „STOP“ se nacházela 1,5 m od tohoto ústí. Pro každou testovanou ráži střely byla provedena dvě měření, vždy po šesti výstřelech. Celkově se uskutečnilo osm měření a bylo zaznamenáno 48 hodnot rychlosti střel.



Obrázek č. 15: Graf s rychlostí střely v ráži 9 mm o hmotnosti 7,50 g

Na obrázku č. 15 je graficky zobrazen prostřednictvím křivky průběh střely přes obě brány. Odchylka zelené křivky určuje míru zastínění způsobeného průchodem střely přes bránu „START“ a výchylka fialové křivky značí zastínění u brány „STOP“. Osa x označuje čas zastínění a je dána v milisekundách [ms], osa y představuje míru zastínění udávanou v mikrovoltech [µV]. V pravém horním rohu je pak uvedena výsledná rychlost střely.

V tomto případě rychlost vystřeleného projektilu ze samonabíjecí pistole USP Expert činila 390,90 m/s.

V tabulce č. 1 jsou přehledně uvedeny ráže střel, jejich hmotnosti a zaznamenané rychlosti střel výpočetní technikou.

Tabulka č. 1: Naměřené rychlosti střel

1. měření		2. měření	
Ráže střely a její hmotnost	Rychlost střel [m/s]	Ráže střely a její hmotnost	Rychlost střel [m/s]
.22; 2,56 g	314,50	.22; 2,56 g	315,60
	296,50		302,10
	308,10		297,70
	285,60		300,90
	290,40		301,30
	287,30		292,70
1. měření		2. měření	
Ráže střely a její hmotnost	Rychlost střel [m/s]	Ráže střely a její hmotnost	Rychlost střel [m/s]
9 mm; 7,50 g	383,20	9 mm; 7,50 g	389,70
	376,50		380,10
	386,30		388,10
	390,90		385,80
	389,00		387,50
	387,40		387,00
1. měření		2. měření	
Ráže střely a její hmotnost	Rychlost střel [m/s]	Ráže střely a její hmotnost	Rychlost střel [m/s]
9 mm; 9,00 g	283,60	9 mm; 9,00 g	257,30
	284,50		290,00
	290,60		291,70
	282,20		288,10
	288,20		282,60
	287,80		287,00
1. měření		2. měření	
Ráže střely a její hmotnost	Rychlost střel [m/s]	Ráže střely a její hmotnost	Rychlost střel [m/s]
.38; 10,25 g	248,40	.38; 10,25 g	298,80
	287,60		279,10
	299,50		321,90
	312,50		316,50
	311,80		305,10
	282,20		297,90

Ze získaných šesti rychlostí střel v každém měření byl stanoven aritmetický průměr rychlostí střel podle vztahu:

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6}{n} \quad [2]$$

kde:

\bar{v} – aritmetický průměr rychlostí střel [m/s],

$v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6$ – jednotlivé rychlosti střel [m/s],

n – počet výstřelů v jednom měření.

$$\bar{v} = \frac{314,50 + 296,50 + 308,10 + 285,60 + 290,40 + 287,30}{6} = \mathbf{297,07 \text{ m/s}}$$

Ze známého aritmetického průměru rychlostí střel a hmotnosti byl proveden výpočet kinetické energie podle vztahu:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \bar{v}^2 \quad [3]$$

kde:

E_k – kinetická energie střely [J],

m – hmotnost střely [kg],

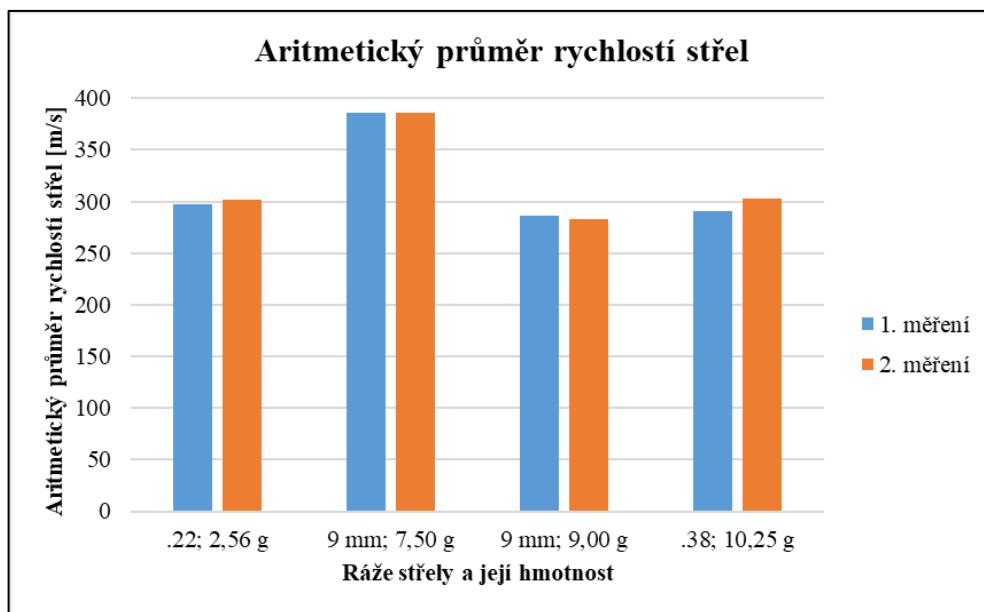
\bar{v} – aritmetický průměr rychlostí střel [m/s].

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 0,00256 \cdot 297,07^2 = \mathbf{112,96 \text{ J}}$$

V tabulce č. 2 jsou uvedeny výsledné hodnoty aritmetického průměru rychlostí střel a kinetické energie vypočítané podle výše uvedených vzorců.

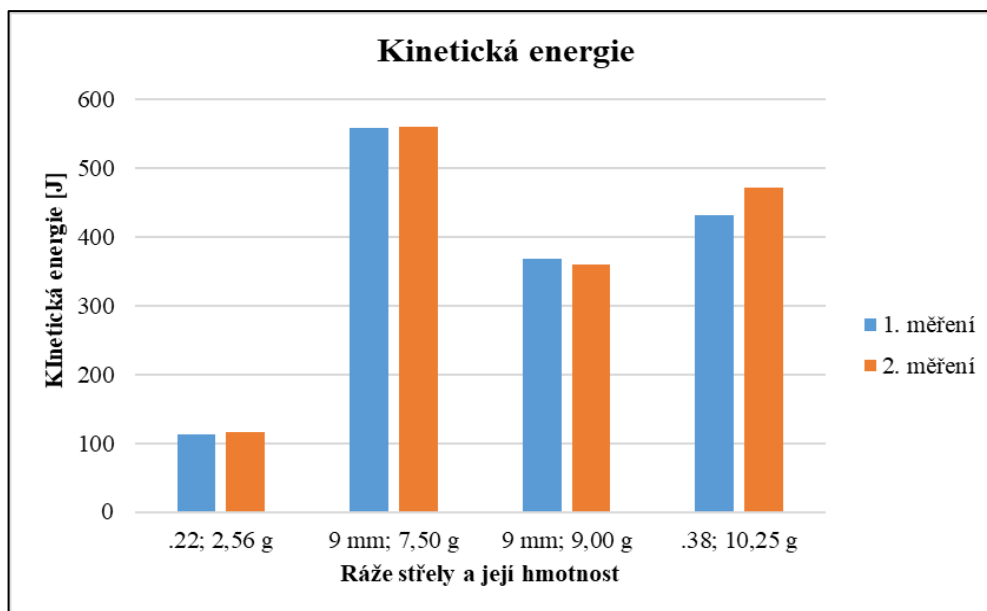
Tabulka č. 2: Výsledné hodnoty

Ráže střely a její hmotnost	Aritmetický průměr rychlostí střel [m/s]		Kinetická energie [J]	
	1. měření	2. měření	1. měření	2. měření
.22; 2,56 g	297,07	301,72	112,96	116,52
9 mm; 7,50 g	385,55	386,37	557,43	559,80
9 mm; 9,00 g	286,15	282,78	368,47	359,85
.38; 10,25 g	290,33	303,22	432,00	471,19



Graf č. 1: Porovnání aritmetických průměrů rychlostí střel

Na grafu č. 1 jsou pomocí histogramu uvedeny aritmetické průměry rychlostí střel u dílčích měření. Na ose x jsou vyznačeny ráže střel a jejich hmotnosti, na ose y pak aritmetické průměry rychlostí střel [m/s]. Největších rychlostí dosahovaly střely v ráži 9 mm s hmotností 7,50 g. Naopak nejnižších hodnot dosáhly střely v ráži 9 mm s hmotností 9,00 g.



Graf č. 2: Porovnání kinetických energií střel

Na grafu č. 2 jsou prostřednictvím histogramu zobrazeny kinetické energie jednotlivých měření. Na ose x jsou uvedeny ráže střel a jejich hmotnosti, na ose y pak

kinetická energie [J]. Z grafu vyplývá, že největších kinetických energií dosáhly střely v ráži 9 mm s hmotností 7,50 g. Naopak nejnižší kinetické energie byly naměřeny u střel v ráži .22 s hmotností 2,56 g.

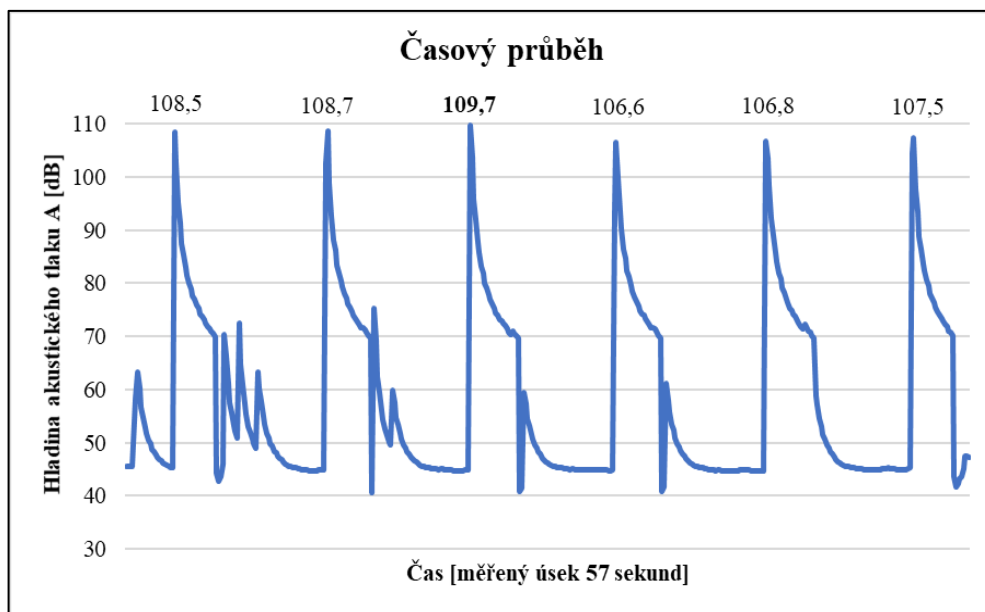
8.2 Analýza akustických rázů

K analýze akustických rázů byla použita data uložená v notebooku. Tato data vždy obsahovala datum měření, příslušný použitý váhový filtr, jednotlivé měřené časové intervaly a k nim přiřazené získané hladiny akustického tlaku A. Z těchto dat bylo možné vytvořit pomocí tabulkového softwaru Microsoft Excel 2016 grafy s časovým průběhem impulsního hluku.

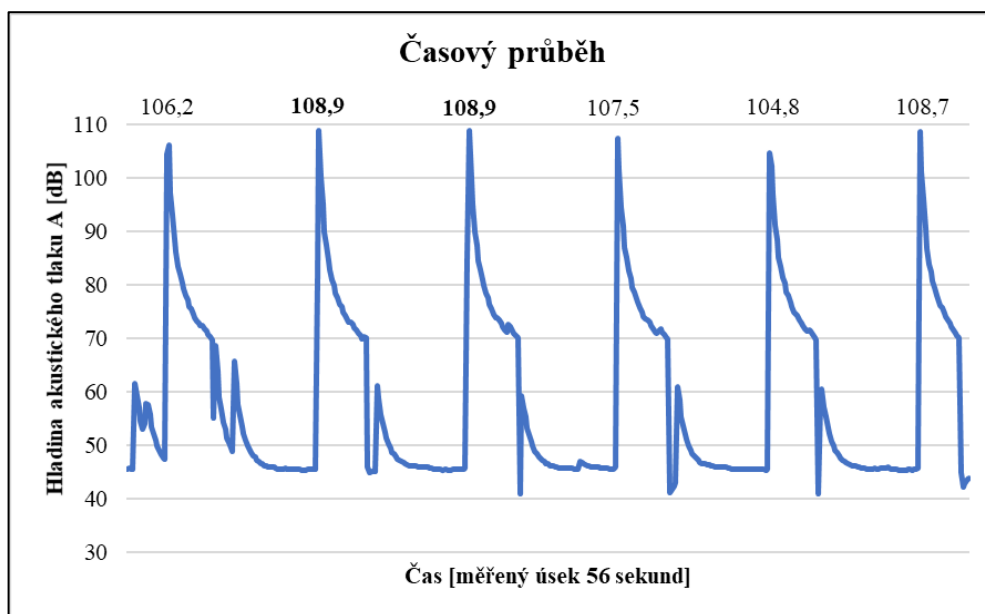
Na zpracovaných grafech je na ose x uveden měřený úsek v jednotkách času a na ose y pak hladiny akustického tlaku A [dB]. V grafech jsou uvedeny nejvyšší dosažené hodnoty hladin akustického tlaku A u jednotlivých výstřelů. Tučně zvýrazněná hodnota označuje maximální hladinu akustického tlaku A způsobenou konkrétním výstřelem během daného měření.

8.2.1 Vzduchová puška Slavia 634

Vzduchová puška Slavia 634 byla první střelnou a zároveň jedinou plynovou zbraní, se kterou bylo provedeno experimentální měření akustických rázů na balistické lince. Použitým střelivem byly diabolky v ráži 4,5 mm s hmotností 0,52 g. Měření bylo uskutečněno dne 15. 12. 2017.



Graf č. 3: Akustické rázy u vzduchové pušky (1. měření)



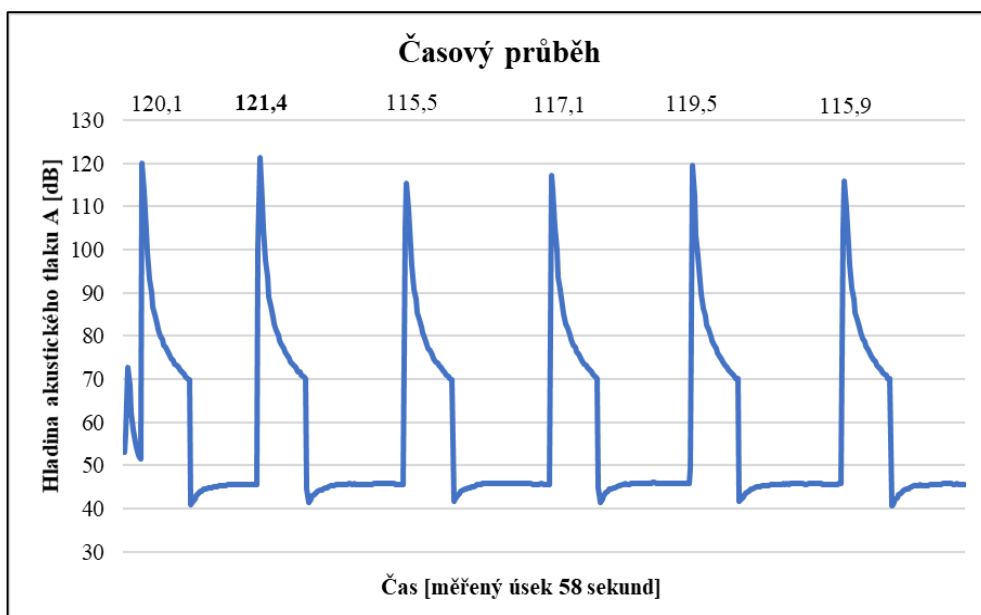
Graf č. 4: Akustické rázy u vzduchové pušky (2. měření)

Na grafu č. 3 je pomocí křivky zaznačeno šest impulsních (rázových) hluků způsobených výstřely ze vzduchové pušky. Maximální hladina akustického tlaku A byla zjištěna u třetího výstřelu s hodnotou 109,7 dB. Nejnižší zaznamenaná hladina akustického tlaku A se projevila u čtvrtého výstřelu s hodnotou, jež činila 106,6 dB. Z výsledných hodnot druhého měření, které je znázorněno na grafu č. 4, vyplývá, že maximální hladina akustického tlaku A je zjevná u druhého a třetího výstřelu, u nichž byla zaznamenaná totožná

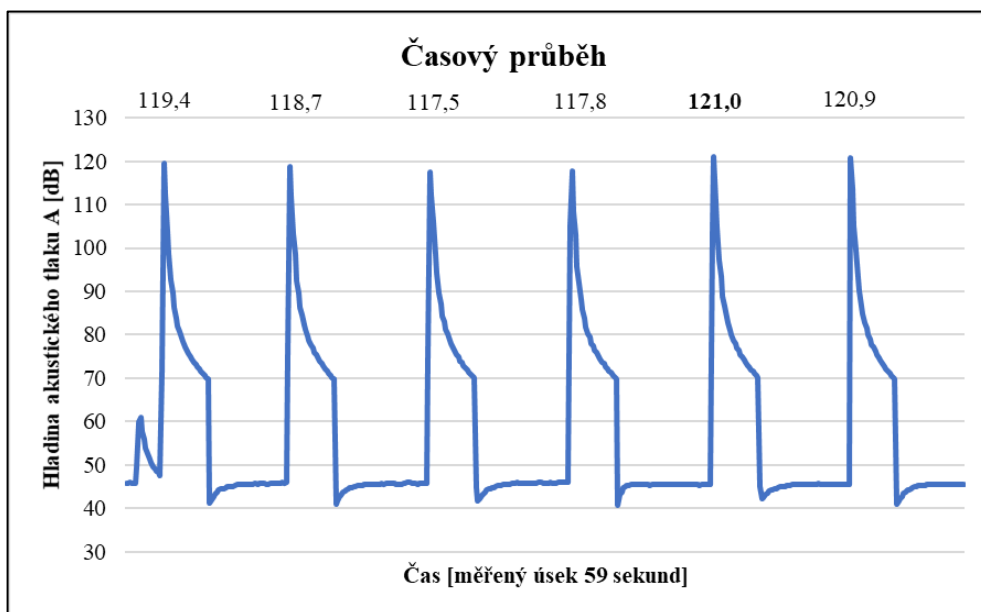
hodnota 108,9 dB. Naopak pátý výstřel měl nejnižší naměřenou hladinu akustického tlaku A, která byla 104,8 dB.

8.2.2 Samonabíjecí malorážková pistole CZ–83 JANE

V pořadí druhou střelnou zbraní použitou na balistické lince byla samonabíjecí malorážková pistole CZ–83 JANE. Ke střelbě byly použity náboje .22 LR s hmotností střely 2,56 g.



Graf č. 5: Akustické rázy u malorážkové pistole (1. měření)

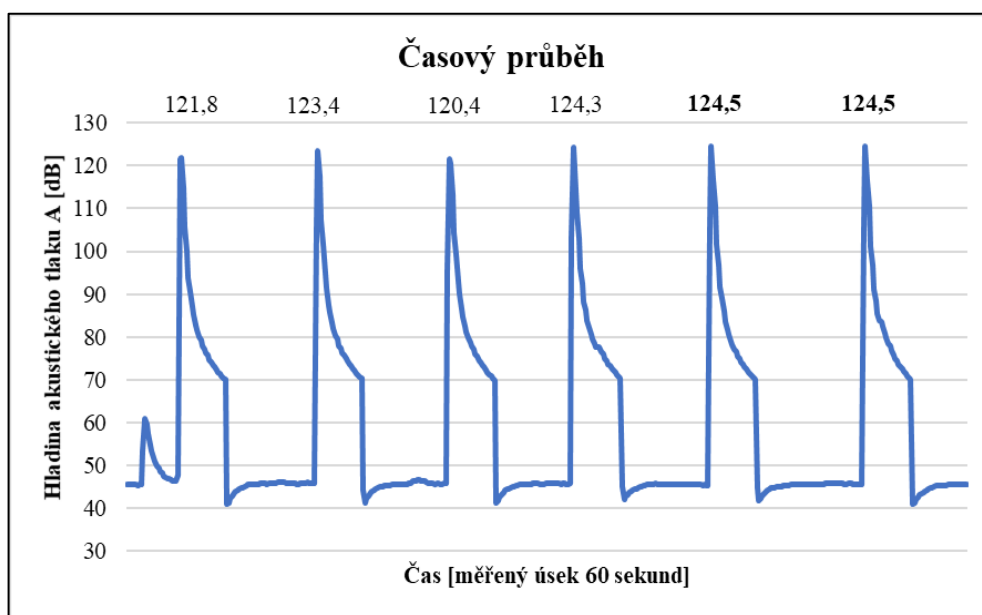


Graf č. 6: Akustické rázy u malorážkové pistole (2. měření)

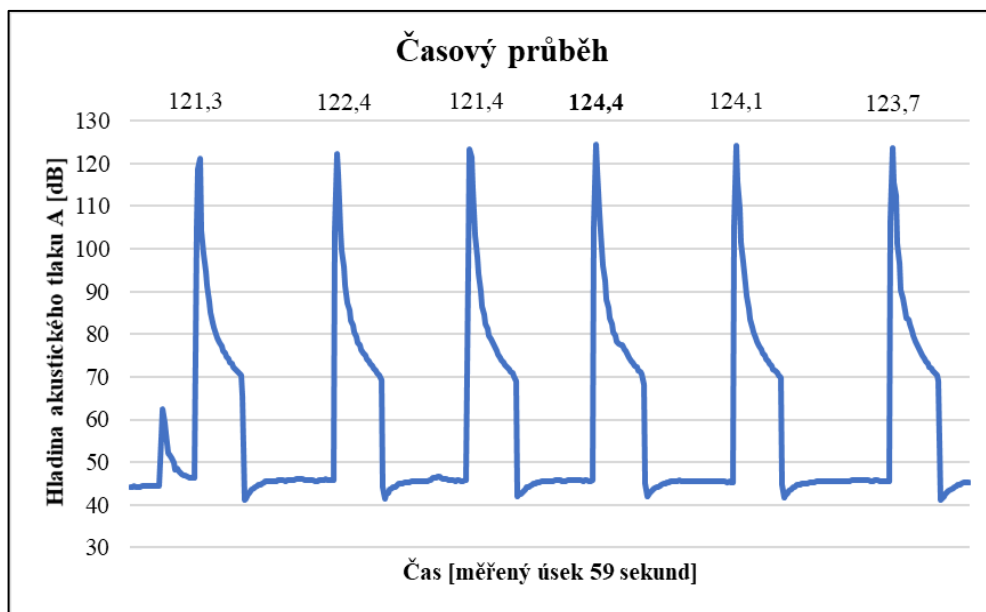
Grafy č. 5 a č. 6 zaznamenávají křivku s časovým průběhem vzniklých akustických rázů vyvolaných výstřely z malorážkové pistole. Z grafu č. 5 je patrné, že maximální hladiny akustického tlaku A bylo dosaženo u druhého výstřelu s hodnotou 121,4 dB. Naopak nejnižší hodnota hladiny akustického tlaku A se projevila u následujícího třetího výstřelu s hodnotou 115,5 dB. Na grafu č. 6 je zjevné, že maximální hladiny akustického tlaku A bylo dosaženo u pátého výstřelu s hodnotou 121,0 dB a nejnižší hladina akustického tlaku A byla zjištěna u třetího výstřelu s hodnotou 117,5 dB.

8.2.3 Samonabíjecí pistole USP Expert

Třetí střelnou zbraň použitou na balistické lince byla samonabíjecí pistole USP Expert. S touto palnou zbraní byla uskutečněna měření s odlišnou hmotností střel. Nejprve byly použity náboje v ráži 9 mm Luger s hmotností střely 7,50 g (viz graf č. 7 a č. 8) a následně náboje v ráži 9 mm Luger (Subsonic) s hmotností střely 9,00 g (viz graf č. 9 a č. 10).

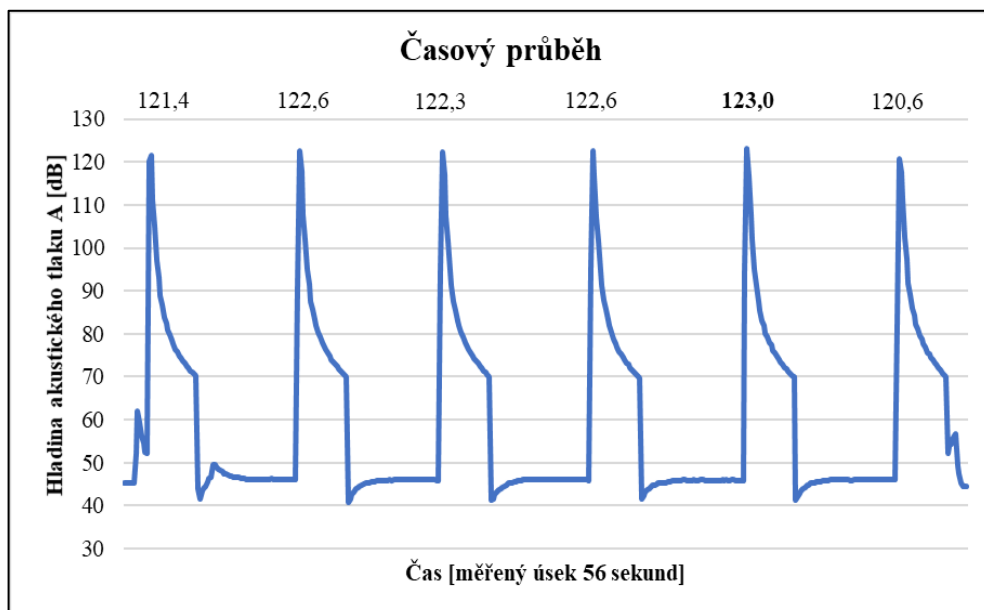


Graf č. 7: Akustické rázy u samonabíjecí pistole (1. měření)

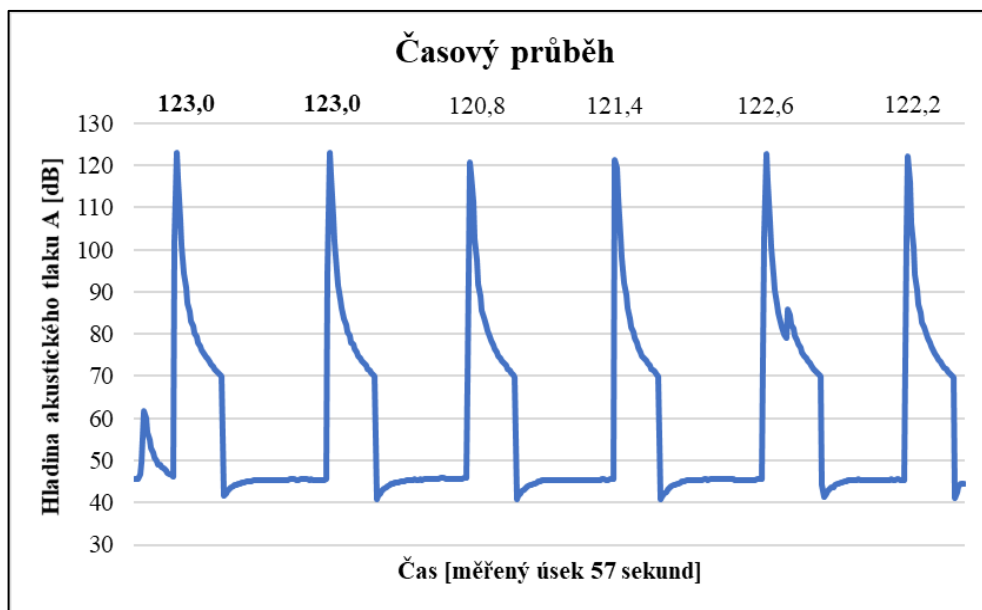


Graf č. 8: Akustické rázy u samonabíjecí pistole (2. měření)

Na grafu č. 7 je pomocí křivky zaznačeno šest impulsních (rázových) hluků způsobených výstřely ze samonabíjecí pistole. Maximální hladina akustického tlaku A byla naměřena u pátého a šestého výstřelu s totožnou hodnotou 124,5 dB. Nejnížší zaznamenaná hladina akustického tlaku A se projevila u třetího výstřelu s hodnotou, jež činila 120,4 dB. Z výsledných hodnot druhého měření, které je znázorněno na grafu č. 8, vyplývá, že maximální hladina akustického tlaku A je zjevná u čtvrtého výstřelu s hodnotou 124,4 dB. Naopak první výstřel měl nejnížší naměřenou hladinu akustického tlaku A, a to 121,3 dB.



Graf č. 9: Akustické rázy u samonabíjecí pistole (1. měření)

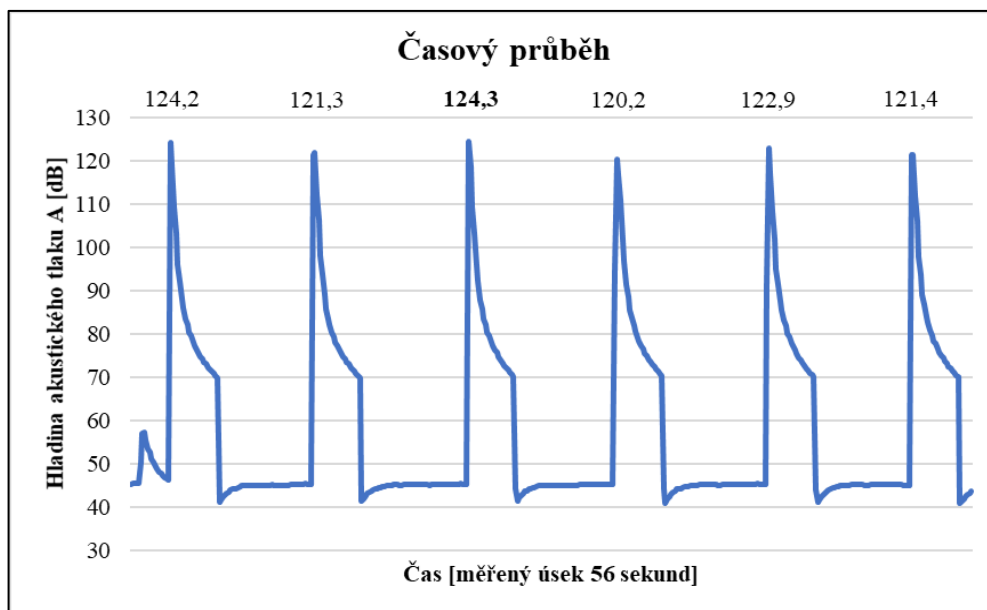


Graf č. 10: Akustické rázy u samonabíjecí pistole (2. měření)

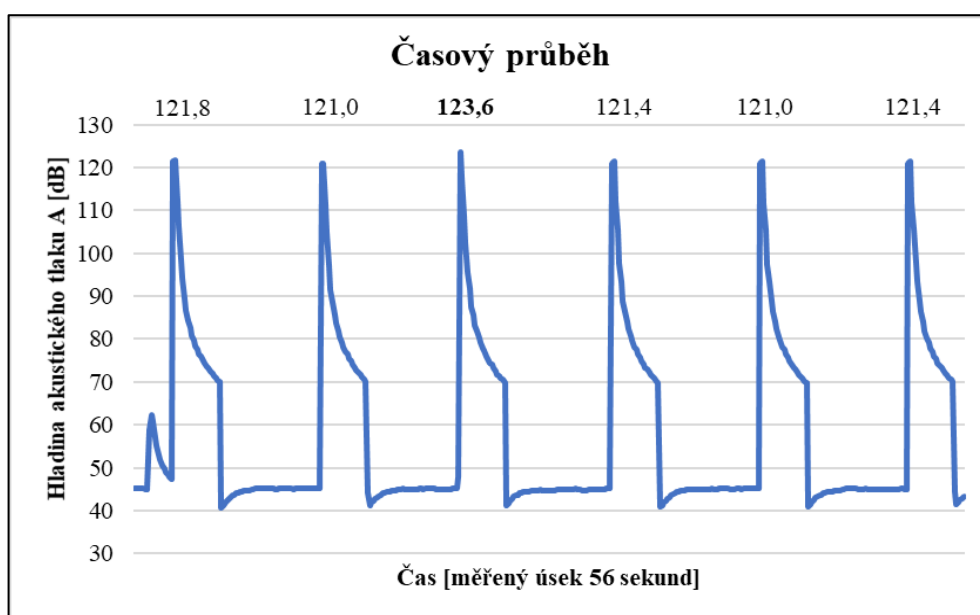
Grafy č. 9 a č. 10 zaznamenávají křivku s časovým průběhem vzniklých akustických rázů vyvolaných výstřely ze samonabíjecí pistole. Z grafu č. 9 je patrné, že maximální hladiny akustického tlaku A bylo dosaženo u pátého výstřelu s hodnotou 123,0 dB. Naopak nejnižší hodnota hladiny akustického tlaku A se projevila u následujícího šestého výstřelu s hodnotou 120,6 dB. Na grafu č. 10 je zjevné, že maximální hladiny akustického tlaku A bylo dosaženo u prvního a druhého výstřelu s totožnou hodnotou 123,0 dB a nejnižší hladina akustického tlaku A byla zjištěna u třetího výstřelu s hodnotou 120,8 dB.

8.2.4 Revolver ALFA steel model 3841

Čtvrtou a zároveň poslední testovanou střelnou zbraní použitou v rámci experimentálního měření na balistické lince byl Revolver ALFA steel model 3841. Použitým střelivem byly náboje .38 Special s hmotností střely 10,25 g.



Graf č. 11: Akustické rázy u revolveru (1. měření)

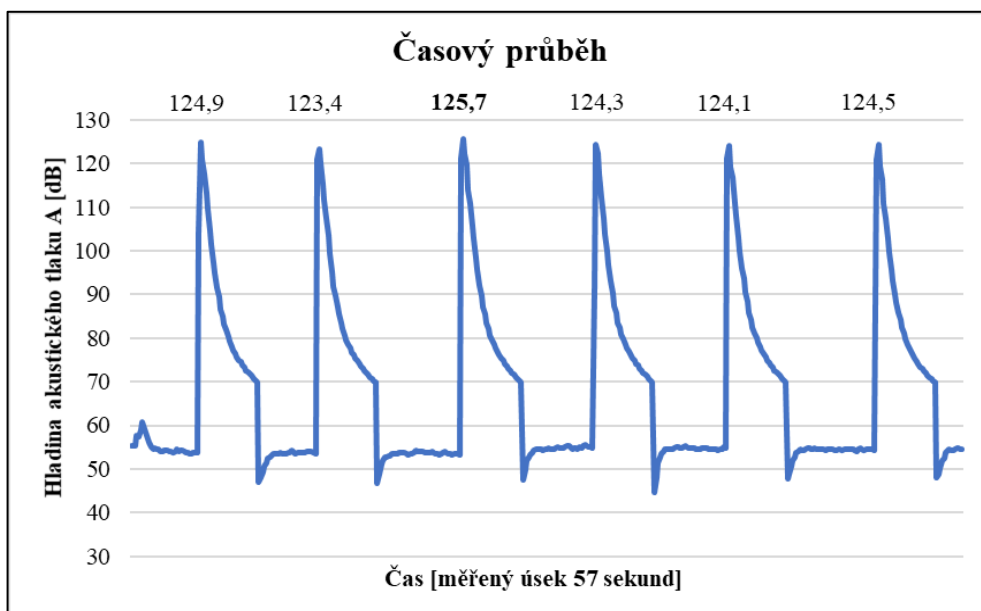


Graf č. 12: Akustické rázy u revolveru (2. měření)

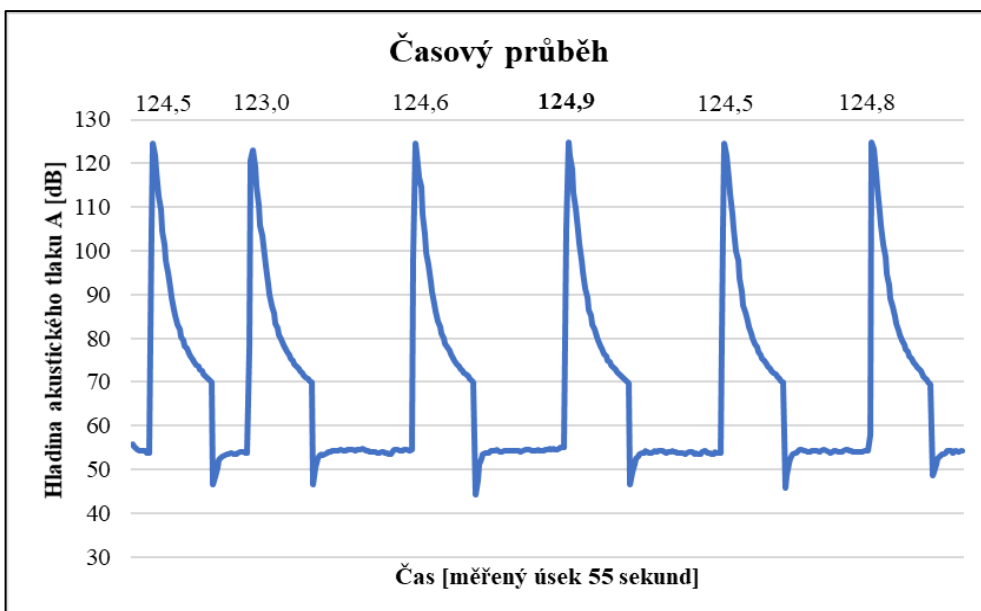
Na grafu č. 11 je pomocí křivky zaznačeno šest impulsních (rázových) hluků způsobených výstřely z revolveru. Maximální hladina akustického tlaku A byla u třetího výstřelu s hodnotou 124,3 dB. Nejnižší zaznamenaná hladina akustického tlaku A se projevila u čtvrtého výstřelu s hodnotou, jež činila 120,2 dB. Z výsledných hodnot druhého měření, které je znázorněno na grafu č. 12, vyplývá, že maximální hladina akustického tlaku A je zjevná u třetího výstřelu s hodnotou 123,6 dB. Naopak druhý a pátý výstřel měly nejnižší totožně naměřenou hladinu akustického tlaku A, která byla 121,0 dB.

8.2.5 Samonabíjecí puška CZ 858 TACTICAL

První použitou palnou zbraní na Střelnici CORRADO byla samonabíjecí puška CZ 858 TACTICAL. Použitým střelivem byly náboje 7,62 x 39 mm s hmotností střely 8,00 g. Měření se uskutečnilo dne 16. 1. 2018.



Graf č. 13: Akustické rázy u samonabíjecí pušky (1. měření)



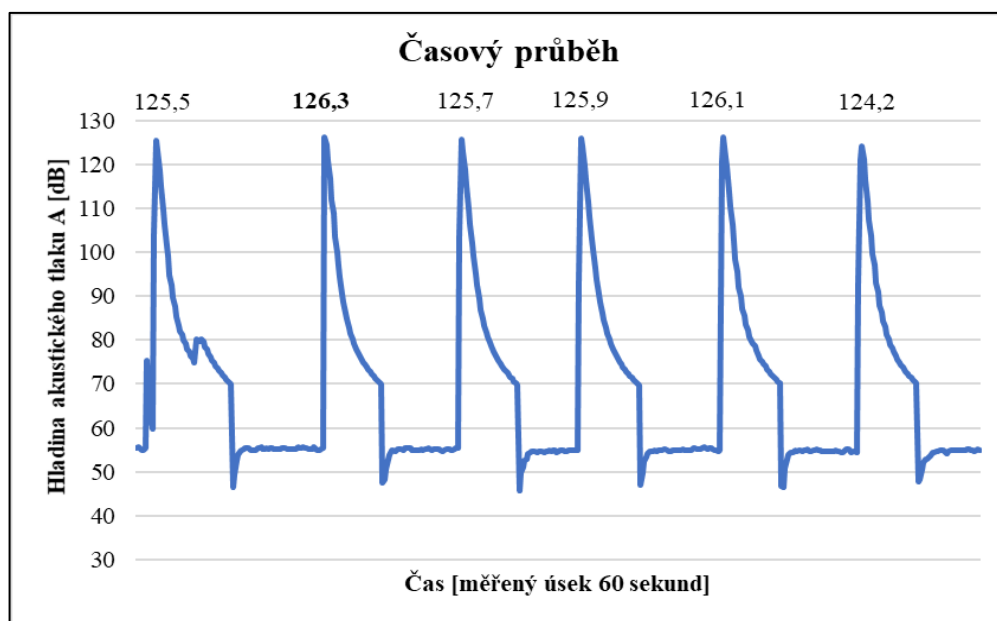
Graf č. 14: Akustické rázy u samonabíjecí pušky (2. měření)

Grafy č. 13 a č. 14 zaznamenávají křivku s časovým průběhem vzniklých akustických rázů vyvolaných výstřely ze samonabíjecí pušky. Z grafu č. 13 je patrné, že maximální

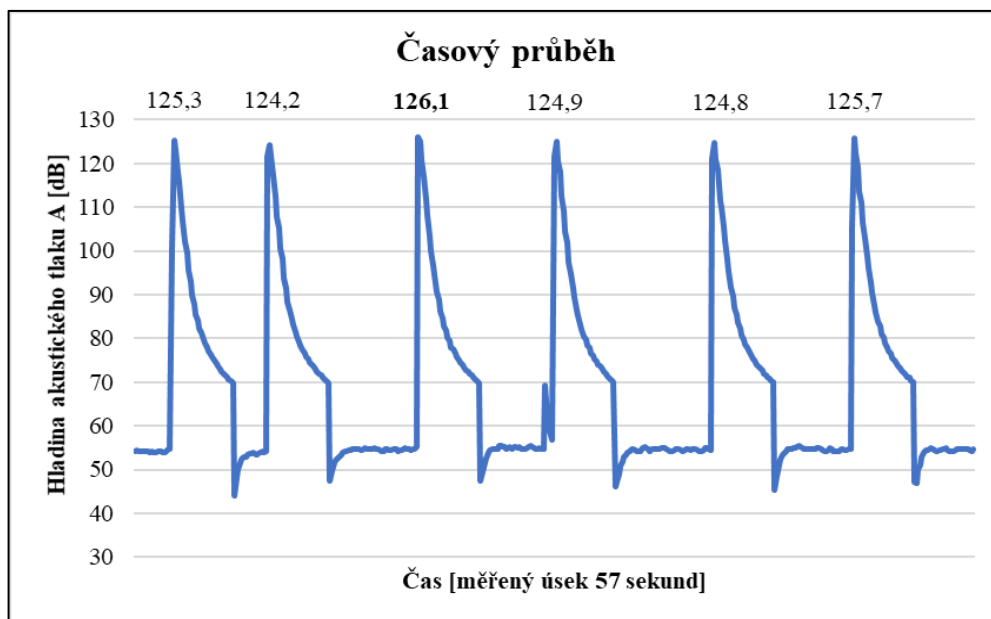
hladiny akustického tlaku A bylo dosaženo u třetího výstřelu s hodnotou 125,7 dB. Naopak nejnižší hodnota hladiny akustického tlaku A se projevila u druhého výstřelu, jehož hodnota dosáhla 123,4 dB. Na grafu č. 14 je zjevné, že maximální hladiny akustického tlaku A bylo dosaženo u čtvrtého výstřelu s hodnotou 124,9 dB a nejnižší hladina akustického tlaku A byla zjištěna u druhého výstřelu s hodnotou 123,0 dB.

8.2.6 Samonabíjecí brokovnice SAIGA–12K

Druhou a zároveň poslední palnou zbraní využitou na Střelnici CORRADO byla samonabíjecí brokovnice SAIGA–12K. U této palné zbraně byly použity brokové náboje 12/70. Hmotnost broků činila 34,00 g.



Graf č. 15: Akustické rázy u samonabíjecí brokovnice (1. měření)



Graf č. 16: Akustické rázy u samonabíjecí brokovnice (2. měření)

Na grafu č. 15 je pomocí křivky zaznačeno šest impulsních (rázových) hluků způsobených výstřely ze samonabíjecí brokovnice. Maximální hladina akustického tlaku A byla naměřena u druhého výstřelu s hodnotu 126,3 dB. Nejnižší zaznamenaná hladina akustického tlaku A se projevila u šestého výstřelu s hodnotou 124,2 dB. Z výsledných hodnot druhého měření, které je znázorněno na grafu č. 16, vyplývá, že maximální hladina akustického tlaku A je zjevná u třetího výstřelu s hodnotou 126,1 dB. Naopak druhý výstřel měl nejnižší naměřenou hladinu akustického tlaku A, která dosáhla 124,2 dB.

8.3 Zhodnocení akustických rázů a jejich účinek na sluchové ústrojí

Pro porovnání a zhodnocení akustických rázů byl proveden výpočet aritmetického průměru nejvyšších dosažených hladin akustického tlaku A u jednotlivých výstřelů v každém měření podle vzorce:

$$\overline{L_{pA}} = \frac{L_{pA1} + L_{pA2} + L_{pA3} + L_{pA4} + L_{pA5} + L_{pA6}}{n} \quad [4]$$

kde:

$\overline{L_{pA}}$ – aritmetický průměr hladin akustického tlaku A [dB],

$L_{pA1}, L_{pA2}, L_{pA3}, L_{pA4}, L_{pA5}, L_{pA6}$ – nejvyšší hladiny akustického tlaku A u výstřelů [dB],

n – počet výstřelů v jednom měření.

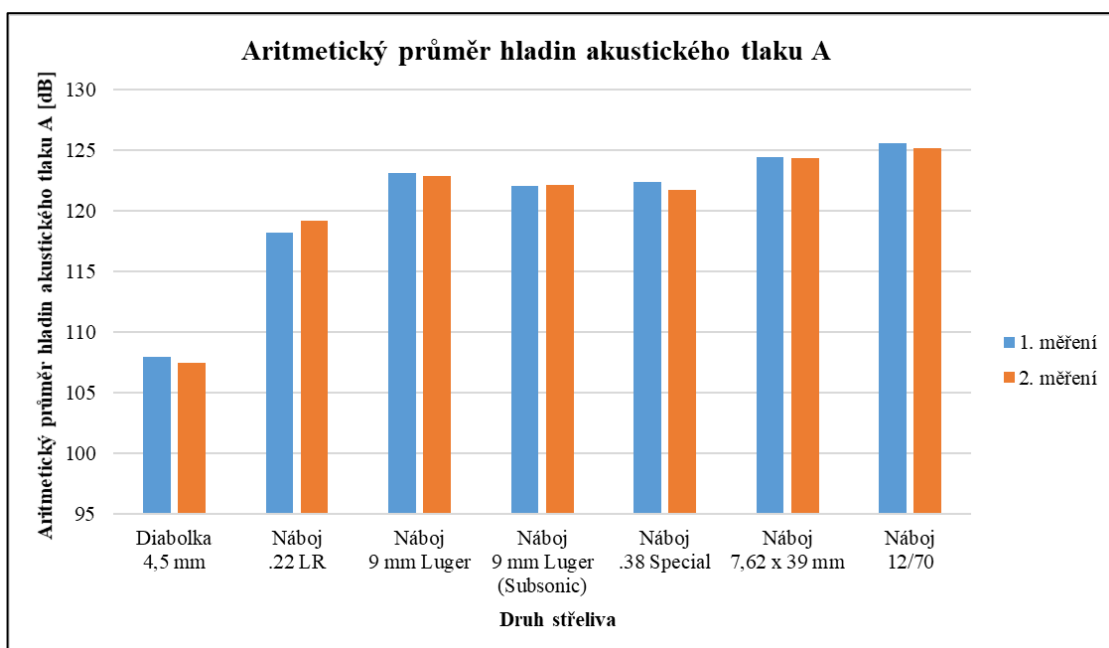
$$\overline{L_{pA}} = \frac{108,5 + 108,7 + 109,7 + 106,6 + 106,8 + 107,5}{6} = 107,97 \text{ dB}$$

V tabulce č. 3 jsou uvedeny výsledné hodnoty aritmetických průměrů hladin akustického tlaku A u prvního a druhého měření.

Tabulka č. 3: Aritmetický průměr hladin akustického tlaku A jednotlivých měření

Druh střeliva:	Aritmetický průměr hladin akustického tlaku A [dB]	
	1. měření	2. měření
Diabodka 4,5 mm	107,97	107,50
Náboj .22 LR	118,25	119,22
Náboj 9 mm Luger	123,15	122,88
Náboj 9 mm Luger (Subsonic)	122,08	122,17
Náboj .38 Special	122,38	121,70
Náboj 7,62 x 39 mm	124,48	124,38
Náboj 12/70	125,62	125,17

Z tabulky č. 3 je patrné, že nejnižších aritmetických průměrů hladin akustického tlaku A dosáhla vzduchová puška s diabolkami 4,5 mm. Za vzduchovou puškou byla se značným odstupem malorážková pistole s náboji .22 LR. Hodnoty u samonabíjecí pistole s náboji 9 mm Luger, 9 mm Luger (Subsonic) a revolveru s náboji .38 Special byly téměř totožné. Nejvyšších hodnot dosáhla samonabíjecí puška se střelivem 7,62 x 39 mm, a zejména pak samonabíjecí brokovnice s brokovými náboji 12/70.



Graf č. 17: Porovnání aritmetických průměrů hladin akustického tlaku A

Na grafu č. 17 jsou pomocí histogramu zobrazeny aritmetické průměry hladin akustického tlaku A u prvního a druhého měření. Z předešlé tabulky a grafu lze odhadem určit míru nebezpečí akustických rázů pro sluchový orgán střelce a osob, které se nachází v bezprostřední blízkosti střelby.

V podkapitole 4.2 *Specifické účinky* byly uvedeny hodnoty hladin akustického tlaku A, při nichž dochází ke vzniku akutního akustického traumatu. Avšak je důležité podotknout, že každý člověk je zcela individuální, tudíž sluch jedince může být poškozen i při nižších hodnotách impulsního hluku, než jsou stanovené hraniční hodnoty.

Na základě realizovaného experimentálního měření akustických rázů lze konstatovat, že minimální pravděpodobnost vzniku akutního akustického traumatu je spojena se střelbou ze vzduchové pušky, jejíž hodnoty akustických rázů získané jejich aritmetickým zprůměrováním nepřesáhly 110 dB. Tuto hodnotu nepřekročil žádný z celkových dvanácti výstřelů. Na základě těchto zjištění lze usuzovat, že riziko poškození sluchu se vyskytne zejména u osob, které mají citlivější sluch, popřípadě dlouhodobé zdravotní obtíže sluchového ústrojí. U těchto osob je vhodné během střelby použít alespoň levné běžně dostupné zátkové chrániče sluchu.

Zvýšené nebezpečí lze upozorovat u malorážkové pistole, u níž se aritmetické průměry hladin akustického tlaku A pohybují těsně pod hranicí 120 dB, avšak některé výstřely v průběhu měření tuto hranici překročily. Na základě tohoto zjištění lze konstatovat, že v důsledku střelby z této palné zbraně se mohou prokazatelně objevit příznaky odpovídající akutnímu akustickému traumatu s permanentním poškozením sluchu již po prvním (resp. jediném) uskutečněném výstřelu. Střelec a osoby nacházející se v jeho bezprostřední blízkosti by měli během střeleckých aktivit použít chrániče sluchu s vysokou mírou útlumu hluku. Příkladem těchto preventivních prostředků ochrany sluchu mohou být kvalitní zátkové chrániče sluchu nebo kvalitní mušlové chrániče sluchu, popřípadě jejich kombinace. Tyto lze doporučit i při střelbě z následujících palných zbraní. O možnostech prevence dále pojednává kapitola devátá.

Aritmetické průměry hladin akustického tlaku A u výstřelu ze samonabíjecí pistole a revolveru vždy překročily 120 dB. Jednotlivé naměřené hodnoty akustických rázů tuto hodnotu taktéž předčily. Závěrečné hodnocení je obdobné se závěry u malorážkové pistole.

I zde hrozí vznik akutního akustického traumatu, avšak pravděpodobnost rozsáhlejšího a trvalého poškození sluchového orgánu je zde vyšší, a to již při samotném prvním výstřelu.

Z grafu č. 17 je patrné, že nejvyšší nebezpečí permanentního poškození sluchového ústrojí vzniká v důsledku střelby ze samonabíjecí pušky a brokovnice. Akustické rázy po aritmetickém zprůměrování u samonabíjecí pušky dosahovaly hranice 125 dB, u samonabíjecí brokovnice obě hodnoty překročily 125 dB. Nejvyšší zaregistrovaný akustický ráz v průběhu celého experimentálního měření byl způsoben právě samonabíjecí brokovnicí u druhého výstřelu v prvním měření s hodnotou 126,3 dB.

Výsledky experimentálního měření jsou ovlivněny jednak přesností měření digitálním hlukoměrem, jednak měřením akustických rázů v uzavřených prostorech, což do určité míry zkresluje získané hodnoty oproti hodnotám, které bychom získali uskutečněním externího experimentálního měření.

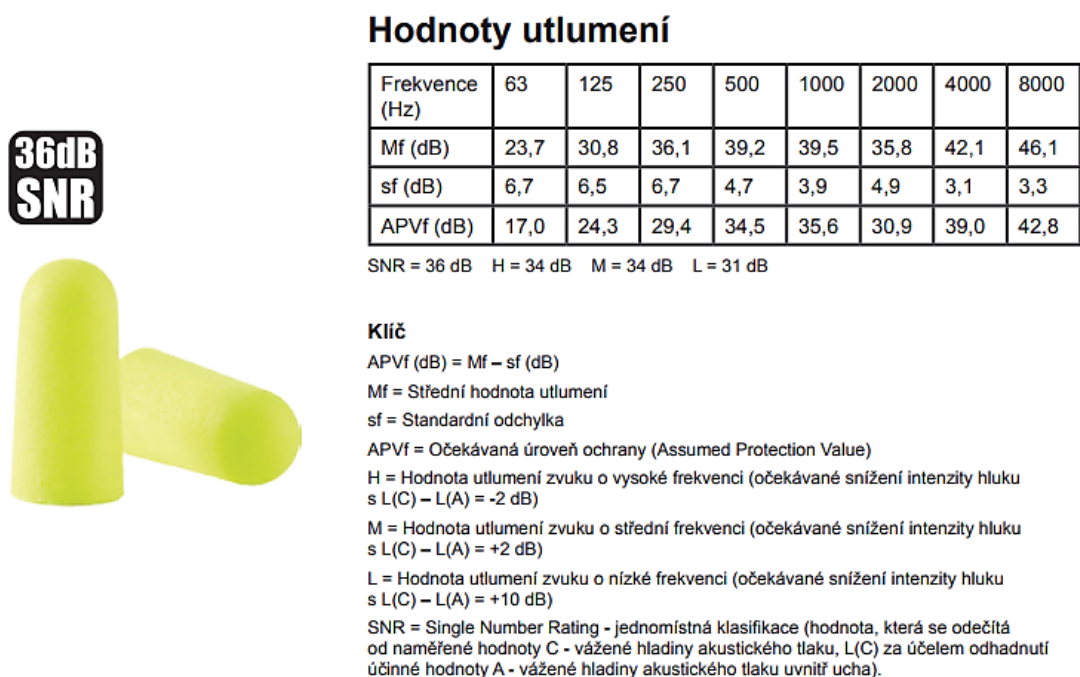
9 Preventivní opatření

V předposlední kapitole jsou popsány preventivní opatření ochrany sluchu. Pozornost je věnována zejména výběru zátkových a mušlových chráničů sluchu vhodných pro střelecké aktivity.

Z uvedených výsledků předchozí kapitoly vyplývá, že je nutné při veškerých činnostech spojených se střelbou dostatečně chránit sluchové orgán. Současné konstrukční řešení palných zbraní neumožňuje, až na jedinou výjimku, částečné utlumení vzniklého impulsního hluku při výstřelech. Výjimkou se myslí použití tlumiče hluku, jenž je podle platné legislativy brán jako zakázaný doplněk zbraní – kategorie A. Z tohoto důvodu je nutné sluch chránit osobními ochrannými prostředky.

9.1 Zátkové chrániče sluchu

Nejlevnějšími osobními ochrannými prostředky jsou zátkové chrániče sluchu, které se vsunují přímo do zevního zvukovodu. Z této kategorie lze doporučit produkt „Tvarovatelné zátkové chrániče 3M™ E-A-R SOFT™ Yellow Neon“ (viz obrázek č. 16). [10]

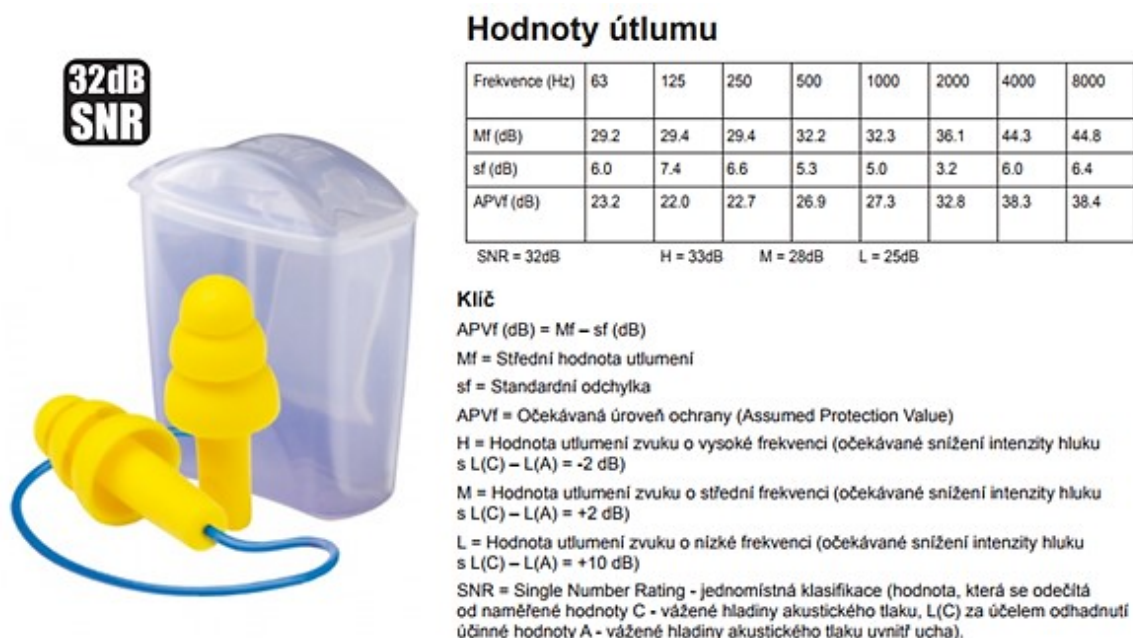


Obrázek č. 16: Tvarovatelné zátkové chrániče s útlumem na daných frekvencích [10]

Tyto chrániče jsou vyrobeny z polyuretanové pěny, jež se po jejich zmáčknutí a následném vsunutí do zevního zvukovodu rovnoměrně zvětšují a zároveň se přizpůsobují

velikosti a tvaru konkrétního zevního zvukovodu. Vyrábí se v provedení se šňůrkou proti ztrátě a snadnějšímu vytažení z uší a bez šňůrky. Výhodou těchto chráničů je jejich nízká pořizovací cena, která se pohybuje okolo 4–6 Kč za pár. Další výhodou je, že tyto chrániče mají podle výrobce vysokou jednomístnou klasifikaci útlumu, která činí 36 dB. Mezi nevýhody patří jejich jednorázové použití. Při dalších aplikacích se zvyšuje riziko jejich poškození, a tudíž dochází ke snížené ochraně sluchu. Sluch je nedostatečně chráněn také v situaci nesprávného zavedení zátkových chráničů do zevního zvukovodu. [10]

Dalším typem mohou být tvarované zátkové chrániče. Vhodným zástupcem této kategorie je výrobek „Tvarované zátkové chrániče 3M™ E-A-R™ ULTRAFIT™“ (viz obrázek č. 17). [10]



Obrázek č. 17: Tvarované zátkové chrániče s útlumem na daných frekvencích [10]

Tyto chrániče jsou vyrobeny z termoplastického elastomeru. Jak již bylo uvedeno u předchozího typu chráničů sluchu, jsou i tyto vyráběny ve variantě se šňůrkou nebo bez ní. Oproti tvarovatelným zátkovým chráničům se tvarované zátkové chrániče pouze vsunují do zevního zvukovodu. Výhodou je jejich v omezené míře opakovatelné použití a cena, jež se pohybuje okolo 50 Kč za pár. Podle výrobce činí jednomístná klasifikace útlumu 32 dB, což je o něco nižší ochrana než u předchozích zátkových chráničů. I zde je důležité dbát na správné zavedení do zevního zvukovodu, aby se zabránilo případnému poškození sluchového ústrojí. [10]

Doporučené zátkové chrániče sluchu nesou označení CE a jsou v souladu s normou ČSN EN 352-2. [10]

9.2 Mušlové chrániče sluchu

V důsledku zmíněných nevýhod zátkových chráničů jsou pro střelecké aktivity daleko vhodnější mušlové chrániče. Mušlové chrániče jsou výhodné svou neomezenou délkou životnosti, snadnější a rychlejší aplikací, jelikož se pouze nasazují na ušní boltce a není nutné, jako je tomu u tvarovatelných zátkových chráničů, je zasouvat do vnějšího zvukovodu a vyčkat určitou dobu, než se zformují v této trubici do požadovaného tvaru. Nevýhodou kvalitních mušlových chráničů sluchu je především jejich vyšší cena.

Mušlové chrániče dělíme na pasivní a elektronické. Vhodným pasivním mušlovým chráničem sluchu pro střelce se jeví produkt „Mušlové chrániče 3M™ Peltor™ X5A“ (viz obrázek č. 18). [10]



Mušlové chrániče 3M™ Peltor™ X5A - standardní náhlavní páska

Frekvence (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Střední útlum (dB)	23,0	22,3	28,8	39,7	44,2	39,8	43,0	40,2
Standardní odchylka (dB)	3,1	2,4	2,4	2,7	3,4	4,6	2,8	2,9
Předpokládaná ochrana (dB)	19,8	19,9	26,4	37,0	40,9	35,2	40,2	37,3

SNR = 37 dB H = 37 dB M = 35 dB L = 27 dB

Klíč

H = Hodnota utlumení zvuku o vysoké frekvenci (očekávané snížení intenzity hluku s L(C) – L(A) = -2 dB)

M = Hodnota utlumení zvuku o střední frekvenci (očekávané snížení intenzity hluku s L(C) – L(A) = +2 dB)

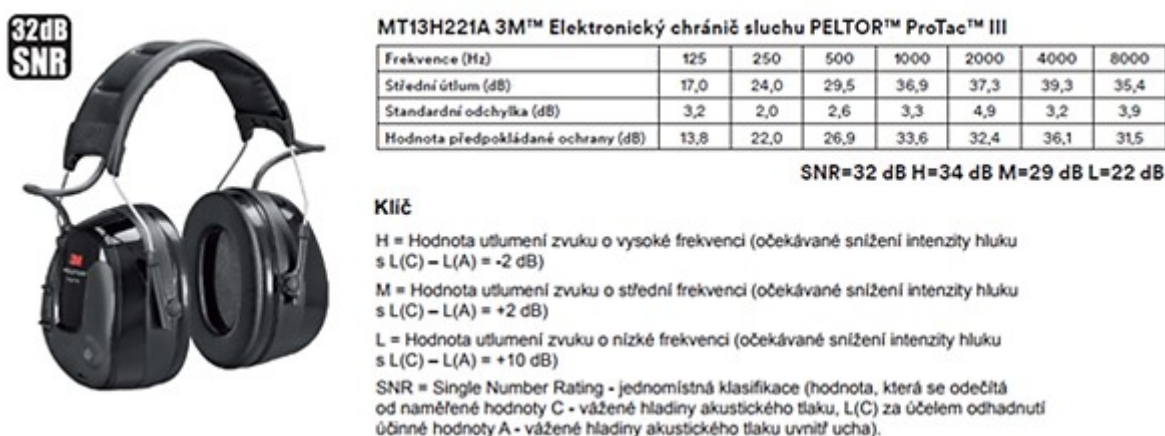
L = Hodnota utlumení zvuku o nízké frekvenci (očekávané snížení intenzity hluku s L(C) – L(A) = +10 dB)

SNR = Single Number Rating - jednomístná klasifikace (hodnota, která se odečítá od naměřené hodnoty C - vážené hladiny akustického tlaku, L(C) za účelem odhadnutí účinné hodnoty A - vážené hladiny akustického tlaku uvnitř ucha).

Obrázek č. 18: Pasivní mušlové chrániče s útlumem na daných frekvencích [10]

Výrobce uvádí, že jednomístná klasifikace útlumu v tomto případě dosahuje 37 dB, kterého je dosaženo vhodně zformovanou pěnou v mušlích a kvalitními širokými těsnícími kroužky, které jsou měkké, díky čemuž jsou velmi pohodlné. V současné době se jedná o mušlové chrániče s největším možným útlumem na trhu. Jejich váha činí 351 g. Pořizovací cena se liší u jednotlivých prodejců, cenová relace činí 850–1 100 Kč. Mimo standardní mušlové chrániče s náhlavní páskou je možné zakoupit variantu s úchytem na přilbu. [10]

Dosud uvedený výběr osobních ochranných prostředků je díky vysokým hodnotám útlumu vhodný pro veškeré střelecké aktivity. Jejich nevýhoda spočívá v nutnosti častého sejmutí během střeleckých pauz, a to v důsledku zhoršené komunikace a srozumitelnosti mezi střelci a ostatními osobami. Neustálé odkládání a následné použití chráničů sluchu lze považovat za nepraktické a obtěžující. Zmíněné nevýhody se neprojevují u elektronických mušlových chráničů sluchu, které jsou vhodné zejména pro sportovní a lovecké účely. Z tohoto druhu je možné doporučit výrobek „3M™ Elektronický chránič sluchu PELTOR™ ProTac™ III“ (viz obrázek č. 19). [10]



Obrázek č. 19: Elektronické mušlové chrániče s útlumem na daných frekvencích [10]

Hlavní předností tohoto chrániče je vybavenost příslušnou elektronikou, tj. mikrofonom umístěným na vnější části mušle, který převádí dovnitř veškeré okolní zvuky až do úrovně hluku 82 dB. Při vyšších úrovních dochází k okamžitému útlumu mikrofonomu. Jednomístná klasifikace útlumu je u tohoto produktu 32 dB. Mušlový chránič je vybaven tlačítkem „ON/OFF“ pro zapínání/vypínání mikrofonomu a tlačítky „+“, „-“ pro nastavení hlasitosti přenášeného zvuku do chrániče. Tento typ elektronického chrániče sluchu je napájen pomocí dvou tužkových baterií AA s dobou provozu až 100 hodin. Chránič sluchu je opatřen funkcí automatického vypnutí, jenž nastává po 4 hodinách nepoužívání pro úsporu baterie. Váha mušlového chrániče ve verzi s náhlavní páskou činí 355 g. Cena se řádově pohybuje mezi 2 500–3 000 Kč. Dostupná je také varianta s uchycením na přilbu. [10]

Doporučené pasivní a elektronické mušlové chrániče sluchu vyhovují požadavkům na označení CE. Výrobky jsou v souladu s normami ČSN EN 352-1 a ČSN EN 352-3. Elektronické mušlové chrániče jsou navíc v souladu s normami ČSN EN 352-4 a ČSN EN 352-6. [10]

10 Závěr

Teoretickou část bakalářské práce tvoří celkem čtyři kapitoly. V kapitole *Základy akustiky* byly vymezeny fyzikální veličiny, které jsou významné pro tuto bakalářskou práci, přičemž tou nejpodstatnější veličinou byla hladina akustického tlaku A . V následující kapitole byly popsány jednotlivé části sluchového ústrojí. V pořadí čtvrtou kapitolou byla kapitola věnující se vzniku specifických a systémových účinků souvisejících se střeleckými aktivitami při nechráněném sluchovém orgánu střelce. V poslední kapitole teoretické části byly vymezeny zbraně a střeliva, které byly stěžejní pro následující šestou kapitolu.

Praktická část bakalářské práce je tvořena taktéž čtyřmi kapitolami. V šesté kapitole byly popsány vybrané střelné zbraně a jejich střelivo, jež byly použity při experimentálním měření akustických rázů. Sedmá kapitola byla zaměřena na vlastní experimentální měření, jejíž součástí byla charakteristika hlukoměru a míst, v nichž se experimentální měření uskutečnilo a na závěr popis způsobu a průběhu měření. V první podkapitole osmé kapitoly byly uvedeny rychlosti střel a kinetické energie krátkých kulových palných zbraní. Bylo zjištěno, že nejvyšších rychlostí i kinetických energií dosáhla střela v ráži 9 mm s hmotností střely 7,50 g. Obsahem druhé podkapitoly byla analýza akustických rázů a v třetí podkapitole bylo provedeno jejich zhodnocení. Na základě zjištěných výsledků lze říci, že již výstřely ze vzduchové pušky mohou u některých osob vyvolat příznaky odpovídající akutnímu akustickému traumatu.

Na základě zjištěných informací lze s jistotou konstatovat, že při nechráněném či nedostatečně chráněném sluchovém ústrojí, při střelbě z testovaných palných zbraní, může již při prvním výstřelu nastat akutní akustické trauma s trvalými následky. Absolutně nejvyšší akustický ráz byl naměřen při druhém výstřelu prvního měření ze samonabíjecí brokovnice s hodnotou hladiny akustického tlaku A 126,3 dB.

V kapitole deváté pojednávající o preventivních opatřeních, byly charakterizovány zátkové a mušlové chrániče sluchu. Každý jedinec disponuje individuální citlivostí vlastního sluchového aparátu, proto každé osobě vyhovuje jiný typ osobního ochranného prostředku. V případě, že osoba cítí nedostatečnou ochranu daného chrániče sluchu, je vhodné vzájemně kombinovat zátkový a mušlový chránič sluchu. Dále lze doporučit využití vhodných střeleckých brýlí během střelby za účelem ochrany zraku střelce.

V rámci bakalářské práce byly definovány a analyzovány současné trendy bezpečnostních rizik vznikajících v průběhu akustických rázů při výstřelech ze střelných zbraní a popsán jejich vliv na zdraví střelce. Na základě zjištěných poznatků a informací byly porovnány a doporučeny vhodné osobní ochranné prostředky.

Seznam použité literatury

Knižní zdroje

- [1] HRNČÍŘ, Karel. *Hluk: Slyšení, účinky, limity, preventivní opatření, prohlídky, legislativa*. 2. vydání. Rožnov pod Radhoštěm: RoVS – Rožnovský vzdělávací servis, 2006. ISBN 80-254-2486-3.
- [2] KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. 2. vydání. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3773-4.
- [3] KOPEČNÝ, Jan, JANUROVÁ, Eva, FOUKAL, Jaroslav, BARČOVÁ, Karla, UHLÁŘ, Radim, KUŠNEROVÁ, Milena. *Fyzika pro bakaláře*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006. ISBN 80-248-1200-2.
- [4] ŠVÁBOVÁ, Květa a kolektiv. *Vybrané kapitoly z pracovního lékařství: Díl 3, Fyzikální faktory v pracovním prostředí, návykové látky*. 1. vydání. Praha: Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, 2015. ISBN 978-80-87023-34-1.

Nařízení, návody a zákony

- [5] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
- [6] Návod na použití digitálního hlukoměru VOLTCRAFT PLUS SL – 300.
- [7] Návod na použití hradla HS – 02.
- [8] Zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu a o změně zákona č. 156/2000 Sb., o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů a o změně zákona č. 288/1995 Sb., o střelných zbraních a střelivu (zákon o střelných zbraních), ve znění zákona č. 13/1998 Sb., a zákona č. 368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, (zákon o zbraních).

Internetové zdroje

- [9] 12/70/3,1 MM B&P F2 CLASSIC 34 G. *ŠUBRT: ZBRANĚ A STŘELIVO* [online]. České Budějovice: Zbraně a střelivo Šubrt, © 2010–2015 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://zbrane.subrt.cz/12-70-3-1-mm-b-p-f2-classic-34-g/>.
- [10] *3M: Safetyportal* [online]. Praha: 3M Česko, © 2018 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <https://safetyportal.3mcesko.cz/cs/>.

- [11] Akustika, základní pojmy a veličiny v akustice. *Ústav fyziky a materiálového inženýrství* [online]. Zlín: Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_02.pdf.
- [12] CZ [online]. Uherský Brod: CZUB.cz, © 2016 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://www.czub.cz/>.
- [13] Decibelové veličiny v akustice, kmitočtová pásma. *Ústav fyziky a materiálového inženýrství* [online]. Zlín: Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_03.pdf.
- [14] Diabolky, střelivo. *JSB MATCH DIABOLO: MADE IN CZECH REPUBLIC* [online]. Bohumín: JSB Match Diabolo, © 2018 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <http://www.schulzdiabolo.cz/cz/diabolky/>.
- [15] *Gun shop. Zbraně, střelivo, optika, přebíjení střeliva.* [online]. Blížešov: Gun shop. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://shop.vmcustom.cz/data/zbrane/skladleden.pdf>.
- [16] HELLMUTH, Tomáš, MICHAL, Jiří, POTUŽNÍKOVÁ, Dana. Hluk v komunálním prostředí. *KHS Královéhradeckého kraje* [online]. Ústí nad Orlicí: KHS Královéhradeckého kraje, © 2013 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://www.khshk.cz/e-learning/kurs2a/index.html>.
- [17] HYBÁŠEK, Ivan. Nemoci ušní. *Otorinolaryngologie* [online]. Verze I., 2018 [cit. 2018-03-10]. ISSN 1803-280. Dostupné z: <http://www.eorl.cz/kniha/09-NEMOCI-USNI.pdf>.
- [18] NÁBOJE 7,62X39 CA, FMJ, OLOVĚNÉ JÁDRO, 8G, 123GRS, PRODEJ POUZE PO CELÝCH BALENÍCH (500KS). *SELECTION ARMORY* [online]. Praha: SELECTION SERVICES, © 2018 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <https://www.selection-armory.cz/naboje-762x39-ca-fmj-olovene-jadro-8g-123grs-prodej-pouze-po-celych-balenich-500ks>.
- [19] Nauka o střelivu. *ZbraněKvalitně.cz* [online]. CZECHNOLOGY, © 2005–2018 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <https://zbrankvalitne.cz/zbrojni-prukaz/nauka-o-strelivu>.
- [20] Revolvery ALFA steel 38 Special, 32 S&W - Revolver 3841. *ALFAPROJ* [online]. Brno: ALFA - PROJ, © 2004 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <http://www.alfa-proj.cz/>

index.php?typ=APA&showid=41&shopid=289345&PHPSESSID=96e5d69465a724a54bf2859a3994e06.

- [21] Saiga 12K. *DETEX: ZBRANĚ & STŘELIVO* [online]. Praha: DETEX, © 2009 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://www.detex.cz/saiga-12k/>.
- [22] *Sellier & Bellot* [online]. Vlašim: Sellier & Bellot, © 2017 [cit. 2018-02-26]. Dostupné z: <http://www.sellier-bellot.cz/>.
- [23] USP Expert | Technical Data. *HK* [online]. Oberndorf a.N.: Heckler & Koch, © 2018 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://www.heckler-koch.com/en/products/sport/sport/usp-expert/usp-expert/technical-data.html>.
- [24] VÁGNEROVÁ, Monika. *Základy akustiky. Příručka pro začátečníky*. [online]. Praha: Greif-akustika, © 2013 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://www.greif.cz/download/its075-zaklady-akustiky-prirucka-pro-zacatecniky.pdf>.

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Zjednodušené schéma sluchového ústrojí [16]	7
Obrázek č. 2: Konstrukce kulového pistolového náboje [19].....	14
Obrázek č. 3: Konstrukce brokového náboje s hromadnou střelou [19]	15
Obrázek č. 4: Vzduchová puška Slavia 634	17
Obrázek č. 5: Samonabíjecí pistole CZ–83 JANE.....	18
Obrázek č. 6: Samonabíjecí pistole USP Expert.....	19
Obrázek č. 7: Revolver ALFA steel model 3841	20
Obrázek č. 8: Samonabíjecí puška CZ 858 TACTICAL	21
Obrázek č. 9: Samonabíjecí brokovnice SAIGA–12K	22
Obrázek č. 10: Digitální hlukoměr VOLTCRAFT PLUS SL – 300	24
Obrázek č. 11: Ovládací prvky hlukoměru VOLTCRAFT PLUS SL – 300 [6]	25
Obrázek č. 12: Zobrazované symboly na LCD displeji [6]	26
Obrázek č. 13: Balistická linka	27
Obrázek č. 14: Střelnice CORRADO	28
Obrázek č. 15: Graf s rychlostí střely v ráži 9 mm o hmotnosti 7,50 g	30
Obrázek č. 16: Tvarovatelné zátkové chrániče s útlumem na daných frekvencích [10]	47
Obrázek č. 17: Tvarované zátkové chrániče s útlumem na daných frekvencích [10]	48
Obrázek č. 18: Pasivní mušlové chrániče s útlumem na daných frekvencích [10]	49
Obrázek č. 19: Elektronické mušlové chrániče s útlumem na daných frekvencích [10].....	50

Seznam grafů

Graf č. 1: Porovnání aritmetických průměrů rychlostí střel	33
Graf č. 2: Porovnání kinetických energií střel	33
Graf č. 3: Akustické rázy u vzduchové pušky (1. měření)	35
Graf č. 4: Akustické rázy u vzduchové pušky (2. měření)	35
Graf č. 5: Akustické rázy u malorážkové pistole (1. měření)	36
Graf č. 6: Akustické rázy u malorážkové pistole (2. měření)	36
Graf č. 7: Akustické rázy u samonabíjecí pistole (1. měření)	37
Graf č. 8: Akustické rázy u samonabíjecí pistole (2. měření)	38
Graf č. 9: Akustické rázy u samonabíjecí pistole (1. měření)	38
Graf č. 10: Akustické rázy u samonabíjecí pistole (2. měření)	39
Graf č. 11: Akustické rázy u revolveru (1. měření)	40
Graf č. 12: Akustické rázy u revolveru (2. měření)	40
Graf č. 13: Akustické rázy u samonabíjecí pušky (1. měření)	41
Graf č. 14: Akustické rázy u samonabíjecí pušky (2. měření)	41
Graf č. 15: Akustické rázy u samonabíjecí brokovnice (1. měření)	42
Graf č. 16: Akustické rázy u samonabíjecí brokovnice (2. měření)	43
Graf č. 17: Porovnání aritmetických průměru hladin akustického tlaku A	44

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Naměřené rychlosti střel	31
Tabulka č. 2: Výsledné hodnoty	32
Tabulka č. 3: Aritmetický průměr hladin akustického tlaku A jednotlivých měření	44