



Univerzita Tomáše Bati
Fakulta aplikované informatiky

Disertační práce

**Vliv vzdálenosti střelby na ranivý potenciál
vzduchové zbraně**

**Influence of Shooting Distance on the Wounding Potential of an
Air Weapon**

Autor: **Ing. Martin Ficek**
Studijní program: P3902 - Inženýrská informatika
Studijní obor: 3902V023 - Inženýrská informatika
Školitel: prof. Ing. Ludvík Juříček, Ph.D.

Zlín, 2022

© Martin Ficek

Vydala **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně** v edici disertační práce.
Publikace byla vydána v roce 2022

Klíčová slova: *Balistika, vzduchovka, větrovka, ranivý potenciál.*

Key words: *Ballistics, air rifle, wounding potential.*

Práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto si dovoluji poděkovat svému školiteli prof. Ing. Ludvíku Juříčkovi, Ph.D., za věcné připomínky, konzultace a odborné vedení, které mi poskytl během mého studia a při přípravě této disertační práce. Dále si dovoluji poděkovat také všem akademickým pracovníkům Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně (FAI UTB), odborným pracovníkům za odborně vedené konzultace a připomínky v průběhu mého studia. Rovněž děkuji kolegyni Ing. Michaelle Mikuličové, kolegovi RNDr. Jiřímu Dujkovi a kolegům z ústavu elektroniky a měření FAI UTB za pomoc při vlastní realizaci experimentů.

Mé poděkování patří také rodině, přátelům a kolegům, kteří mě podporovali v průběhu celého studia.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracovanou na téma „Vliv vzdálenosti střelby na ranivý potenciál vzduchové zbraně“ vypracoval samostatně pod odborným vedením prof. Ing. Ludvíka Juříčka, Ph.D., a za použití odborné literatury a zdrojů uvedených na konci mé disertační práce v seznamu použité literatury a zdrojů.

Abstrakt

Tato práce se zabývá vlivem vzdálenosti střelby na úroveň ranivého potenciálu vzduchové zbraně. Hlavním cílem práce je určení vlivu vzdálenosti střelby na ranivý potenciál vzduchové zbraně. V průběhu výzkumu byly užívány standardní metody, jako je analýza, syntéza, indukce a dedukce. Při praktickém výzkumu bylo využito metody experimentu, a to formou balistických experimentů se zaměřením na určení rychlosti střel a jejich průběhů, dopadovou kinetickou energii, hybnost, hustotu dopadové kinetické energie, hloubku zástřelu a maximální průměr dočasné dutiny. Celkem byly hodnoceny čtyři druhy střely typu diablo ráže 4,5 mm a dvě plynové zbraně (vzduchovka a větrovka). Všechny střely mají přibližně stejnou hmotnost, liší se především ve tvarech hlaviček. Vyhodnocením dat z provedených experimentů bylo zjištěno, že sledované parametry mají u všech použitých střel obdobný trend, a tedy bylo možno vytvořit obecný lineární model poklesu rychlosti střel. Poznatky získané při výzkumu lze využít ve vědě i v praxi. Z rešerše literatury a zdrojů vyplývá, že podobný výzkum dosud nebyl ve větší míře prováděn. Tuto práci lze tak považovat za prvotní komplexnější studii a její závěry za první hypotézy, které je však nutno dále experimentálně ověřit podrobnějšími výzkumy a studii.

Abstract

This work deals with the influence of the firing distance on the level of the wounding potential of the air weapon. The main goal of this work is to determine the effect of firing distance on the wounding potential of an air weapon. Standard methods such as analysis, synthesis, induction, and deduction were used during the research. The practical research used the method of experiment, in the form of ballistic experiments focused on determining the velocity of missiles and their courses, impact kinetic energy, momentum, density of impact kinetic energy the depth of the shot and the maximum diameter of the temporary cavity. A total of four types of 4.5 mm diabolo missiles and two gas weapons (air rifle and windbreaker) were evaluated. All missiles have approximately the same weight, differing mainly in the shapes of the heads. By evaluating the data from the performed experiments, it was found that the monitored parameters have a similar trend for all missiles used, and thus. It was possible to create a general linear model of missile velocity decrease. The knowledge gained from research can be used in science and practice. A search of the literature and sources shows that similar research has not yet been conducted to a greater extent. This work can thus be considered the initial, more comprehensive study and its conclusions as to the first hypotheses, which must be further experimentally verified by more detailed research and studies.

Obsah

1. Současný stav řešené problematiky	10
2. Cíle a omezení disertační práce	12
3. Teoretický rámec.....	14
3.1 Úvod do balistiky	14
3.2 Ranivá balistika	16
3.3 Zbraně a střelivo	19
3.4 Princip měření	21
4. Zvolené metody zpracování.....	23
5. Popis experimentů.....	24
5.1 Experimentální pracoviště.....	24
5.2 Radar.....	26
5.3 Zbraně.....	28
5.4 Střelivo.....	29
5.5 Příprava balistická želatiny	31
5.6 Další pomůcky.....	32
6. Výsledky měření a interpretace dosažených výsledků	34
6.1 Okamžitá rychlost střel.....	36
6.2 Kinetická energie střel.....	41
6.3 Hybnost střel.....	47
6.4 Hustota energie střel	52
6.5 Hloubka zástřelu.....	58
6.6 Šířka (průměr) dočasné dutiny	67
6.7 Shrnutí výsledků práce	75
Přínos práce pro vědu a praxi.....	77
Závěr.....	79
Seznam použité literatury.....	82
Seznam obrázků	89
Seznam grafů.....	90
Seznam tabulek	91
Publikační aktivity autora	92
Odborný životopis autora.....	99

Úvod

Tato práce se zabývá vlivem vzdálenosti střelby na účinnost mikrorážového střeliva nízkého balistického výkonu vystřeleného z ruční palné zbraně. Účinnost střely je zde hodnocena prostřednictvím ranivého potenciálu, který vyjadřuje schopnost střely vyvolávat v zasaženém biologickém cíli střelné poranění. Zkoumá se vliv vzdálenosti střelby na ranivý potenciál mikrorážového střeliva relativně nízkého balistického výkonu.

Označení **mikrorážové střelivo** se používá pro střely ráže od 4,5 do 6 mm a hmotnosti přibližně 3 - 4 g. Příkladem takového střeliva je dnes velmi rozšířená ráže .223 Remington (5,56 x 45 mm). Zpřesněný pojem **mikrorážové střelivo nízkého výkonu** označuje střely, které mohou mít ještě menší rozměry či hmotnost, na základě čehož disponují nižším balistickým výkonem. Příkladem mikrorážového střeliva nízkého výkonu je střelivo typu diablolo či střely využívané při airsoftu.

Z pojmu **ruční palná zbraň** jasně vyplývá, že se jedná o zbraň typu puška, brokovnice, pistole, samopal či revolver. Lze je charakterizovat relativně nízkou hmotností, vysokou mobilitou a možností střelby „z ruky“, tedy bez nutnosti opory či instalace zbraně na pevný podklad. Palné zbraně, včetně ručních palných zbraní, jsou dnes nejrozšířenější podskupinou střelných zbraní.

Střelné zbraně jsou konstruovány pro určitou ráži a lze do nich využít jen střelivo odpovídající ráže a provedení, případně podkaliberní střelivo. Výjimkou nejsou ani ruční palné zbraně využívající mikrorážové střelivo nízkého výkonu. Práce je zaměřena na účinnost střeliva používaného právě těmito zbraněmi; konkrétně se jedná o vzduchové zbraně známé jako „vzduchovka“ a „větrovka“ a střely typu diablolo známé pod pojmem „diabolky“.

Téma práce a její zaměření reagují na snadné zneužití těchto typů zbraní pro páchaní trestné činnosti [1]. Tato tematika není z pohledu balistiky, a zejména ranivé balistiky, dostatečně odborně popsána, jedná se pouze o obecně známé skutečnosti.

Potenciální nebezpečnost vzduchových zbraní dokládají následující případy (kazuistiky) reálných střelných poranění člověka způsobených vzduchovou zbraní.

- Usmrcení 17letého chlapce v důsledku střelného zranění vzduchovou zbraní za využití diabolky typu Sheridan ráže 5 mm. Střela vnikla očním víčkem a pronikla do mozku, kde se zastavila [2].
- Dalším případem je zastřelení 7letého chlapce diabolkou ráže 4,5 mm. Projektil vnikl do těla v oblasti čela a pronikl do mozku, kde se zastavil [2].
- Tragicky skončil i případ 12letého chlapce, kterého postřelil kamarád do hrudníku vzduchovkou ráže 5,5 mm. Zde diabolka pronikla do krevního řečiště a byla tokem krve zanesena do pravého stehna. Na následky zranění chlapec zemřel [2].

- Velmi populární vzduchovkou v ČR, Slavia 620 v ráži 4,5 mm, spáchal sebevraždu 57letý muž. Ten se střelil 3x do hlavy (pravého spánku). Pouze jedna střela pronikla lebkou a poškodila mozek, v důsledku čehož nastala smrt po 9 dnech hospitalizace v nemocnici [3].
- Z pohledu ranivé balistiky je zajímavý případ usmrcení 21letého muže po odrazu diabolky od stěny. Střela vnikla do hrudníku, kde došlo k penetraci srdce, přičemž střela byla nalezena v žaludku [4].
- Otřesný je i případ, kdy otec nechtěně postřelil své 11měsíční dítě. Dítě na zranění hlavy (mozku) zemřelo po 9 dnech v nemocnici [5].
- K vraždě 72leté ženy za pomoci vzduchovky ráže 5,5 mm došlo v Japonsku. Střela do těla vstoupila hrudí a poškodila srdce, vlivem průtoku krve však byla diabolka nalezena v podklíčkové tepně [6].
- Posledním zde uvedeným příkladem je 9letý chlapec, kterého zastřelil jeho kamarád při hře se vzduchovkou ráže 4,5 mm. Střela vnikla hrudníkem, poškodila levou plíci, srdce, bránici a zastavila se v játrech [7].

Tyto případy dokazují, že střelná poranění způsobená vzduchovými zbraněmi mohou mít fatální charakter a být neslučitelná se životem. Přitom se nejedná pouze o děti a dospívající, ale tyto zbraně a střelivo mají schopnost způsobit fatální zranění také dospělým nebo seniorům. Významnou skupinou potenciálních poškozených tímto typem zbraňového systému jsou těhotné ženy. Jelikož není oblast ranivého potenciálu vzduchových zbraní dostatečně prozkoumána, je třeba se věnovat problematice zkoumání a kvantitativního hodnocení ranivého potenciálu vzduchových zbraní. Tento fakt dokládají i poznatky kriminalistů, odborníků na balistiku zranění, soudních lékařů a válečných chirurgů, soudců či právníků.

1. Současný stav řešené problematiky

Současný stav poznání v oblasti výzkumu vlivu vzdálenosti střelby na ranivý potenciál vzduchových zbraní spočívá v jednom článku, který publikoval autor této práce [8]. V průběhu zpracování této práce se autorovi nepodařilo dohledat jiný materiál zabývající se touto specifickou oblastí. To, že se nepodařilo dohledat více odborných vědeckých článků, může být způsobeno tím, že nejsou obsaženy v autorem dostupných databázích, že jsou psány v jazyce, který autor neovládá a i přes technologický pokrok je nelze dostatečně kvalitně automaticky přeložit, či mají neobvyklý název vyplývající z teritoriální terminologie. To je příklad i některých publikací v ČR. V podmínkách ČR je možné nalézt pojem zbraně kategorie D, který vyplývá ze zákona č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu, a představuje obecné označení takovýchto zbraní. Dále se ale používají pojmy vztahující se k jednotlivým zbraním, např. vzduchovka, větrovka nebo plynovka.

Alternativně tedy byly při rešerši dohledány práce obsahující relevantní informace o rychlosti střel typu diablo vystřelených ze vzduchových zbraní, neboť to je klíčovým faktorem při zpracování této práce. Ze zdrojů [9–15] bylo zjištěno, že průměrná rychlost střel se pohybuje v rozmezí 80 až 200 m·s⁻¹ v závislosti na typu a konstrukci diabolky. Kinetická energie střel je ve člancích popisována jen okrajově; dle studované literatury dosahuje nejčastěji hodnot v řádu jednotek J. Ve všech případech byla rychlost střel měřena za pomoci balistických hradel. Ovšem lišila se vzdálenost, na které byla rychlost měřena. Liší se taktéž použité zbraně a střelivo. I přes tento fakt jsou tyto údaje v práci uvedeny, jelikož se jedná o jedny z mála dohledatelných informací.

Pro práci jsou nejvíce vypovídající data uvedena ve zdroji [13], kde byly analyzovány rychlosti střel diablo ráže 4,5 mm, vystřelených ze vzduchové pušky, naměřené 2 m od ústí hlavně (před dopadem na cíl). Byly zjištěny maximální (107,8 m·s⁻¹) a minimální (78,5 m·s⁻¹) naměřené průměrné rychlosti střel. Kinetická energie se pohybovala od 1,11 J do 2,85 J. Obě veličiny byly závislé na použitém typu střeliva.

Vhodnými jsou taktéž údaje článku [14] měřené pro několik druhů diabolek vystřelených ze vzduchové pistole v ráži 4,5 mm, měřené ve vzdálenosti 1 m od hlavně (před dopadem na cíl). Ty vykazují, v závislosti na střelivu, maximální průměrné rychlosti 93,0 m·s⁻¹ minimální pak 91,0 m·s⁻¹. U průměrných dopadových energií byla maximální hodnota 2,11 J a minimální hodnota 2,03 J.

Posledními podstatnými dohledanými daty byla data z článku [15] o rychlosti několika druhů střel diablo ráže 4,5 mm vystřelených ze vzduchové pistole a měřených ve vzdálenosti 2 m od ústí hlavně (před dopadem na cíl). Maximální průměrná rychlost byla 112 m·s⁻¹ a minimální 74 m·s⁻¹.

Daly by se zde uvést i některé výstupy autora této práce [16–24], nicméně poznatky z těchto výstupů jsou převážně využívány v této práci, a proto budou v této kapitole vynechány.

Obecné zákonitosti a pravidla balistiky lze nalézt v řadě odborných publikací [25–40]. Tyto obecné poznatky vysvětlují chování střely na dráze letu a její ranivý potenciál, ale také okrajově řeší specifika vzduchových zbraní. Těmito prvky se práce více zabývá v kapitole 3.

Ze zhodnocení současného stavu odborného výzkumu oblasti vlivu vzdálenosti střelby na ranivý potenciál vzduchové zbraně vyplývá, že téma je řešeno pouze okrajově a není terminologicky ani metodicky sjednoceno. Předložená práce je tedy originální a má zásadní význam pro rozvoj poznání v oblasti hodnocení vlivu vzdálenosti střelby na ranivý potenciál vzduchové zbraně.

2. Cíle a omezení disertační práce

Na základě provedené rešerše současného stavu a výsledků konzultací s odborníky z praxe i akademické sféry bylo zjištěno, že v oblasti zkoumání vlivu vzdálenosti střelby na ranivý potenciál vzduchové zbraně existuje jistý deficit v podobě chybějící komplexnější studie. Na základě tohoto zjištění byl stanoven hlavní cíl disertační práce.

Hlavním cílem disertační práce je **navržení způsobu měření a určení vlivu vzdálenosti střelby na ranivý potenciál vzduchové zbraně.**

Pro potřeby naplnění hlavního cíle je nutné realizovat tyto dílčí cíle:

- Stanovení metod měření.
- Provedení měření – experimentu.
- Vyhodnocení dat.
- Definování závěrů.

Hypotéza disertační práce

Hypotéza práce zní: Ranivý účinek střel je závislý na jejich hmotnosti a rychlosti, přičemž se předpokládá lineární průběh poklesu rychlosti střel, a lze tedy předpokládat obdobný lineární pokles ranivého potenciálu pro jednotlivé typy střel vystřelených z daného typu zbraně. Lineární průběh poklesu rychlosti střel je vztažen k předpokládané zkoumané vzdálenosti střelby (pro tuto práci se předpokládá 15 m). Na tomto zvoleném úseku lze lineární průběh předpokládat, protože úsek je příliš krátký na to, aby měla střela dráhu balistické křivky. Při střelbě na větší vzdálenost střelby však již linearitu nelze předpokládat, neboť střela se pohybuje po balistické křivce, a tady i průběh její rychlosti bude mít podobný tvar.

Tato hypotéza staví na faktu, že většina kritérií (kritérium dopadové kinetické energie, kritérium hustoty dopadové kinetické energie, kritérium hybnosti) pro kvantifikované hodnocení ranivého potenciálu střel pracuje s energií, konkrétně s předanou kinetickou energií. Jak dokazují jak tragické případy [2–6], kdy vzduchové zbraně způsobily usmrcení, tak odborné publikace [25, 33, 34], diabolka se v těle zastaví a nedochází k proniknutí tělem. Lze tedy předpokládat, že předaná kinetická energie střely je zároveň dopadovou kinetickou energií střely. Jelikož se hmotnost střel jednoho typu diabolek pohybuje v úzkém rozmezí (rozdíl je v tisícinách či maximálně setinách gramu), lze očekávat, že hmotnost je stálá. Dominantním faktorem práce bude právě skutečná dopadová rychlost střely (diabolky) zjištěná měřením, tedy její okamžitá rychlost při dopadu na cíl.

Omezení disertační práce

Disertační práci limitují především tato 4 hlavní omezení:

- **Omezení množství zkoumaných zbraní**, a to na dvě – větrovka a klasická zlamovací vzduchovka.
- **Omezení množství zkoumaných ráží** střel a zbraní – v této práci se pracuje a zkoumá výhradně s ráží 4,5 mm.
- **Omezení množství typů střel diablo** – v této práci se pracuje pouze se čtyřmi typy střel diablo (Gamo Magnum, Gamo Pro Mach, Gamo Pro Hunter, JSB Ultra Shock).
- **Rozsah měřených vzdáleností střelby** – v této práci jsou provedeny dva balistické experimenty. V prvním experimentu se pracuje se vzdáleností střelby 15 m (14,99 m), přičemž je na této vzdálenosti realizováno celkem 301 měření. V průměru tedy na každých cca 5 cm dráhy střely. Z obou posuzovaných zbraní bylo vystřeleno 50 střel od každého typu diablek (4 výše zmíněné typy). Ve druhém experimentu jsou postřelovány zkušební bloky balistické želatiny o koncentraci 20 % ze vzdáleností střelby 5, 10 a 15 m. Z obou zbraní bylo vystřeleno 10 střel od každého typu diablek. Omezení tedy spočívají ve vzdálenostech střelby a počtech realizovaných měření.

Tato omezení byla zvolena s ohledem na časovou náročnost přípravy a realizaci vlastních střeleckých experimentů při snaze zachovat výpovědní hodnotu výsledků práce.

3. Teoretický rámec

Teoretický rámec je rozdělen do čtyř částí. První část představuje úvod do balistiky a úzce souvisí s druhou částí, která je zaměřena na ranivou balistiku a určení ranivého potenciálu. Třetí část obsahuje teorii spojenou s metodami měření využitými v této práci. Čtvrtá část se zabývá oblastí konstrukce zbraní a střeliva.

3.1 Úvod do balistiky

Balistika je vědní obor zabývající se studiem pohybu střely od uvedení do pohybu až po dopad do cíle a její chování v cíli, případně po proniknutí cílem až do jejího zastavení. V souvislosti s tím balistika také zkoumá děje, které jsou s chováním střel spojené. Balistiku lze z pohledu jejího zaměření rozdělit na čtyři **základní** oblasti, kterými jsou:

- vnitřní balistika,
- přechodová balistika,
- vnější balistika,
- koncová (terminální) balistika [25, 33, 36, 38, 39].

Vnitřní balistika se zabývá ději souvisejícími s uvedením střely do pohybu a jejím pohybem v hlavní ruční palné zbraně až do okamžiku, kdy střela opustí hlaveň. Z pohledu této práce je důležité, že v rámci vnitřní balistiky je předána velká část energie výstřelu střele. U vzduchové zbraně konkrétně dochází k okamžitému uvolnění plynu, jehož tlaková energie působí na střelu, a tím ji uvede do pohybu. Množství či podíl energie předané střele je závislý na balistických parametrech, jako jsou ráže, konstrukční provedení, způsob uvolnění a předání energie, teplota, tlak a další faktory. Zbytková energie, která není předána střele, se uvolňuje v podobě tepla [25, 33, 36].

Přechodová balistika navazuje na vnitřní balistiku, tedy začíná tam, kde vnitřní balistika končí, a je úsekem dodatečného účinku plynů na střelu. Zde dochází k dodatečnému předání energie střele¹ prostřednictvím expandujících prachových plynů a tím i k jejímu urychlení. U vzduchových zbraní se jedná o expandující stlačený vzduch z přídavné nádržky či kartoše [25, 33, 36].

Vnější balistika začíná v okamžiku opuštění oblasti přechodové balistiky, tj. v momentě, kdy plyny vytékající z hlavně přestanou působit na střelu, a končí dopadem střely do cíle. Vnější balistika se tedy zabývá pohybem samotné střely ve vzduchu. V podmínkách planety Země, kde pohyb střely ovlivňuje odpor prostředí a gravitační tíhové zrychlení, odpovídá dráha střely tzv. balistické

¹ Množství předané energie v přechodové balistice je závislé na balistických parametrech stejně jako u vnitřní balistiky.

křivce. Balistická křivka je ovlivněna mnoha vnějšími i vnitřními vlivy, zejména parametry prostředí, zbraně a střely [25, 33, 36].

Koncová (terminální) balistika se zabývá chováním (pohybem) střely v cíli, případně jejím dalším pohybem po jeho opuštění cíle (postterminální balistika). Koncová balistika tedy začíná dopadem střely na cíl a končí zastavením pohybu střely v cíli. Hlavním sledovaným parametrem koncové balistiky je ničivý účinek střely, tedy schopnost střely předávat svoji kinetickou energii zasaženému cíli, a tím měnit jeho vlastnosti či tvar [25, 33, 36]. Dalším sledovaným parametrem je například průbojný účinek střely, tedy schopnost střely pronikat do hloubky cíle. Speciální oblastí koncové balistiky je **ranivá balistika**, jež zkoumá schopnost střel způsobovat střelná zranění živým organismům. Tato schopnost je hodnocena pomocí tzv. ranivého potenciálu metodami nepřímé identifikace. Pro tuto práci je ranivá balistika stěžejním oddílem koncové balistiky a je podrobněji popsána v samostatné podkapitole 3.2 [25, 33, 36].

Jelikož stěžejním sledovaným parametrem vlivu vzdálenosti střelby na ranivý potenciál střely je rychlost střely, je nutné stručně popsat i tento pojem [25, 36].

„Rychlost (okamžitá) střely (v). V kinematice je definována jako poměr dráhy s [m] vykonané hmotným tělesem a doby t [s] potřebné k vykonání této dráhy. Lze ji vypočítat podle vztahu“ [25]:

$$v = \frac{s}{t} [\text{m}\cdot\text{s}^{-1}] \quad (3.1.1)$$

„Zrychlení (a). Jedná se o poměr změny rychlosti střely Δv za dobu Δt nutnou k této změně. Je-li tato veličina kladná, pak se jedná o zrychlení, je-li záporná, jedná se o zpomalení. Zrychlení lze vypočítat podle vztahu“ [25]:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} [\text{m}\cdot\text{s}^{-2}] \quad (3.1.2)$$

S rychlostmi a zrychleními střely se pracuje i v této práci. Jedná se o důležité parametry, které umožňují určit další veličiny jako například kinetickou energii střely. Jelikož probíhá střelba v reálném (hustém) prostředí, dochází na dráze letu střely k jejímu postupnému zpomalování [25, 36]. Zde je třeba uvést, že střela vystřelená ze zbraně s vývrtem hlavně je uvedena do složeného pohybu, tedy pohybu translačního (dopředného) a rotačního, kdy střela rotuje kolem své podélné osy [25, 36].

Tato práce pracuje s vlivem vzdálenosti střelby na ranivý potenciál vzduchové zbraně, proto je možné pro oblast vnější balistiky rotační pohyb střely zanedbat a soustředit se pouze na postupný pohyb střely vpřed. Toto zjednodušení se využívá jak v praxi, tak při akademických měřeních, jak dokládá odborná literatura [25, 36].

3.2 Ranivá balistika

Ranivá balistika představuje specifickou část koncové (terminální) balistiky. Dle definice uvedené v [34] je ranivá balistika „odvětví terminální balistiky, které analyzuje střelná poranění živých tvorů. Zabývá se vzájemnými vztahy mezi konstrukcí a funkcí střely, jejími balistickými charakteristikami a dosaženou úrovní ranivého nebo jiného specifického účinku střely na živý organismus.“

Pojem „ranivá balistika“ (anglicky „wounding ballistic“ nebo zkráceně „wound ballistic“) bývá někdy nahrazován pojmy „vulnerativní balistika“ nebo „traumatická balistika“, lze se taktéž setkat s pojmy „balistika měkkých cílů“ či „balistika zranění“.

V práci dříve zmíněná schopnost střely způsobovat střelná poranění se nazývá **ranivý potenciál**. **Ranivý účinek** střely je pak mírou využití tohoto ranivého potenciálu. Z fyzikálního hlediska se jedná o působení a předání energií. Za předpokladu, že se střela v tkáni zastaví a předá jí veškerou svou kinetickou energii E_S , platí:

$$E_S = E_{DE} + E_H + E_T + E_N \quad (3.2.1)$$

kde:

E_{DE} – energie spotřebovaná k deformaci nebo rozpadu střely na fragmenty,

E_H – energie spotřebovaná na urychlení tkání,

E_T – energie v podobě tepelných ztrát vzniklých při pronikání střely,

E_N – účinná energie využitá k destrukci tkání [28, 31, 33].

Pro zkoumání v oblastech ranivého potenciálu a ranivého účinku využíváme experimentální ranivou balistiku, tedy zkoumání provádíme pomocí experimentů. Ty se dnes provádí za pomoci metod nepřímé identifikace.

Metody nepřímé identifikace souvisí s využitím substitučních fyzikálních modelů, které v balistickém experimentu zastupují reálný biologický cíl (živou tkáň). Metodami nepřímé identifikace jsou:

- metoda dočasné a trvalé dutiny v substitučním fyzikálním modelu,
 - metoda profilu zranění,
 - metoda radiálních trhlin (metoda nepřímá),
 - metoda optická.
- metoda dočasně a trvale narušené tkáně,
- metoda komparační založená na porovnání skutečných střelných poranění s experimentálními měřeními [27, 34, 38].

Pro kvantifikované hodnocení ranivého potenciálu střel na základě poznatků získaných z metod nepřímé identifikace se v ranivě balistické praxi využívá některé z následujících kritérií:

- kritérium předané absolutní kinetické energie střely,
- kritérium měrné kinetické energie střely vztažené na plochu jejího příčného průřezu (hustota energie),
- kritérium hloubky vniku střely,
- kritérium maximální šířky (průměru) dočasné dutiny,
- kritérium hybnosti střely,
- kritérium zastavujícího účinku střely (zbraňové systémy určené pro obranu),
- kritérium relativního ranivého potenciálu střely [34, 35].

Balistický experiment předpokládá zachycení celkového střelného kanálu ve zkušebním bloku. Hlavním cílem práce je určení vlivu vzdálenosti střelby na ranivý potenciál vzduchové zbraně. Ke splnění cíle jsou využita kvantifikovaná hodnotící kritéria. Těmito kritérii jsou:

- kritérium předané absolutní kinetické energie střely pronikajícímu prostředí. Toto kritérium je charakteristické dopadovou (předanou) absolutní kinetickou energií střely,
- kritérium měrné kinetické energie střely vztažené na plochu jejího příčného průřezu (hustota energie), kde měrná energie je dopadovou (předanou) kinetickou energií vztaženou k ploše příčného řezu střely,
- kritérium hloubky vniku střely,
- kritérium maximální šířky dočasné dutiny,
- kritérium hybnosti střely [33–35].

„Energie (E) je schopnost hmoty (tělesa) konat práci.“ [25] Pro potřeby práce je důležitá kinetická energie střely. **Kinetickou energii střely (E_K)** lze vypočítat podle vztahu:

$$E_K = \frac{1}{2} mv^2 \text{ [J]} \quad (3.2.2)$$

kde:

m – hmotnost [kg] (hmotnost střely pak v balistice značíme m_g),
 v – rychlost střely [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] [25, 33].

V závislosti na tom, v jakém místě je měřena rychlost střely, lze pak vypočítat kinetickou energii dopadovou E_D či kinetickou energii ústřovou E_U . Pro potřeby ranivé balistiky je důležitá dopadová kinetická energie E_D . Pokud se střela v cíli zastaví, pak tato energie odpovídá celkové předané kinetické energii střely zasaženému cíli E_{PR} . V rámci práce se pracuje s energií střely při dopadu na cíl

E_D , která je považována za celkovou předanou energii E_{PR} , neboť se předpokládá, že se střela v cíli zastaví a předá veškerou svou energii cíli.

„Hybnost (p) popisuje míru posuvného pohybu (pohybový stav) tělesa. Hybnost tělesa je rovna impulzu síly, který je potřeba na jeho uvedení z klidu do pohybu odpovídající rychlosti.“ [25] Hybnost lze vypočítat jako:

$$p = m \cdot v \text{ [kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3.2.3)$$

kde:

m – hmotnost [kg],
 v – rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] [25].

Kritérium měrné kinetické energie střely vztažené na plochu jejího příčného průřezu (kritérium hustoty energie střely) e lze vypočítat jako:

$$e = \frac{E_K}{S_{st}} \text{ [J} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (3.2.4)$$

kde:

E_K – kinetická energie střely [kg],
 S_{st} – plocha příčného řezu [m^2] [25].

Plochu příčného řezu S_{st} lze u střely typu diablo vypočítat jako plochu kruhu:

$$S_{st} = \frac{1}{4} \pi d^2 \text{ [m}^2] \quad (3.2.5)$$

kde:

π – Ludolfovo číslo (3,14159265359); pro potřeby práce uvažujeme, že je rovno 3,14,
 d – průměr [m]. V práci je průměr roven ráži, tedy 4,5 mm [25].

Kritérium maximální šířky dočasné dutiny a kritérium hloubky vniku střely (zástřelu). Tato kritéria se dají změřit v substitučním fyzikálním modelu plastické povahy (schopné trvale zachytit dočasnou dutinu) či transparentního bloku pružně plastické povahy (optickou metodou pomocí rychloběžné kamery). Tato kritéria představují maximální délku střelného kanálu, tj. od vstupu do zkušebního bloku až po zastavení střely v bloku, a maximální šířku (průměr) dočasné dutiny, která vznikne rozpínáním (pulzací) střelného kanálu v zasaženém bloku při přenosu energie střely danému prostředí zkušebního bloku [25, 36].

3.3 Zbraně a střelivo

Pro experimenty byly v této práci použity ruční palné zbraně a střelivo určené do těchto zbraní. Tyto pojmy jsou níže podrobněji definovány, přičemž je kladen důraz především na použité typy zbraní a střeliva.

Pojem **zbraň** lze právně definovat dle ust. § 118 zákona č. 40/2009 Sb., trestní zákoník, podle níž, je „*zbraní cokoli, co může učinit útok proti tělu důraznějším*“ [41]. V České republice problematiku zbraní a střeliva podrobněji upravuje samostatný zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu [42] v platném znění [43].

Vzduchovky (které se v této práci dále využívají) a zbylé plynové zbraně dle zákona č. 13/2021 Sb., o střelných zbraních a střelivu [43] spadají do kategorie C-I a D. Rozhodujícím parametrem pro zařazení je ráže; plynové zbraně s ráží do 6,35 mm spadají do kategorie D, nad tuto ráži poté do kategorie C-I. U zbraní kategorie C-I je nabyvatel povinen nabytí oznámit na Policii ČR, není však potřeba mít povolení pro pořízení zbraně. U zbraní kategorie D je při pořízení nutné doložit, že nabyvatel dovršil 18 let, avšak není potřeba povolení od Policie ČR ani povinnost nabyvatele oznámit Policii ČR nabytí zbraně. U obou výše zmíněných kategorií zbraní není nutný zbrojní průkaz. V této práci se pracuje s plynovými zbraněmi ráže 4,5 mm, tedy se zbraněmi kategorie D.

Podle zákonné definice [42], „*střelná zbraň je definována jako zbraň, která je schopná vysílat hmotné projektily na cíl*“. Střelná zbraň předává energii střele, která je uvedena do pohybu a pohybuje se k cíli, na který následně destruktivně působí. Střelná zbraň může využívat mechanickou energii, energii z chemické reakce nebo energii stlačeného plynu. Tyto typy energií jsou stále dominantní, nicméně probíhá výzkum střelných systémů využívajících například elektromagnetickou energii. Energie je střele předávána zpravidla v podobě kinetické energie. Střelné zbraně můžeme dle druhu (fyzikální podstaty) energie dělit na:

- mechanické, využívající mechanickou energii (luk, kuše, prak a jiné),
- plynové, využívající energii stlačeného vzduchu (foukačka, vzduchové zbraně, expanzní zbraně),
- palné střelné zbraně, využívající energii z chemické reakce (pistole, brokovnice, kulovnice, puška a jiné).

Plynová zbraň je zbraní, kde je funkce odvozená od okamžitého uvolnění energie stlačeného plynu. Plynové zbraně lze rozdělit na:

- **foukačky**, kde je hnací plyn stlačen a uvolněn člověkem (plícemi),
- **vzduchové zbraně**, které se dále dělí na zbraně známé pod označením „*vzduchovka*“, kdy je k vytvoření tlaku využit píst obvykle poháněný

pružinou, a zbraně typu „*větrovka*“, u nichž je vzduchová kartuš (nádržka na stlačený vzduch),²

- **zbraně využívající plyny**, tím je myšleno plyn jiný než vzduch (často CO₂).

Střela (projektil) je předmět, který je určen k vystřelení ze střelné zbraně a k zasažení cíle či vyvolání jiného efektu. Střely lze dělit do několika skupin, ale základní a pro tuto práci dostačující dělení jsou:

- dle množství vystřelených částí střely jedním výstřelem (střely jednotné, střely hromadné),
- dle ráže (průměru střely).

Pojem **střelivo** v podmínkách ČR upravuje zákon o zbraních a střelivu [42]. Zde se uvádí, že střelivo je souhrnné označení nábojů, nábojek a střel do střelných zbraní.

V práci se dle tohoto dělení pracuje s malorážovým střelivem (střelivo určené pro malorážové zbraně do 20 mm ráže), které lze dělit dle ráže na:

- mikrorážové,
- malorážkové a flobertkové,
- střední ráže,
- velkorážní,
- brokové,
- pro expanzní zbraně a přístroje,
- beznábojnicové [37].

Na základě tohoto dělení je možné zařadit střelivo využitě v této práci do kategorie mikrorážového střeliva. Označení mikrorážové střelivo se využívá pro ráže v rozmezí 4,5–6 mm s hmotností střel 3–4 gramy. Mezi nejrozšířenější mikrorážové střelivo, určené pro útočné pušky, patří náboje ráže 5,56 x 45 NATO (lovecký ekvivalent .223 Remington) a konstrukce 5,45 x 39.

Posledním pojmem v této části je **mikrorážové střelivo malého výkonu**, jedná se o střelivo ráže 4,5–6 mm s hmotností 0,4–1 g. Díky malé hmotnosti tyto střely dosahují nižšího balistického výkonu, pohybují se podzvukovou rychlostí a jejich kinetická energie je nižší, než u výkonnějších ráží mikrorážového střeliva. Příkladem takového střeliva jsou střely typu diablo (obecně známé pod označením *diabolky*), které jsou využity v této práci.

² V experimentální části této práce bylo pracováno jak se vzduchovkou, tak s větrovkou.

3.4 Princip měření

K měření rychlosti střel na dráze letu byl použit mikrovlnný Dopplerův radar. Následující podkapitola se zabývá teorií spojenou s tímto zařízením.

Princip **radaru** spočívá ve vysílání vln a vyhodnocení části vyslaných vln, které se po odražení od překážky vracejí zpět k zařízení.

Na základě **Dopplerova jevu** je možno odvodit vztah pro výpočet rychlosti pohybujícího se tělesa při pevně umístěném radaru:

$$f_d \approx \pm 2v_o \frac{f_t}{c} \text{ [Hz]} \quad (3.4.1)$$

kde je:

f_d – Dopplerova frekvence (představuje rozdíl mezi vyslanou a přijatou frekvencí signálu) [Hz],

v_o – rychlost objektu [m.s⁻¹],

f_t – vyslaná frekvence [Hz],

c – rychlost světla ve vakuu [m.s⁻¹] [44].

Podrobnější popis funkce radaru a odvození souvisejících rovnic jsou popsány například v knize Radar Handbook [44].

Při měření je třeba zohlednit Kosinový efekt, tj. pro zajištění co nejvyšší přesnosti minimalizovat úhel mezi radarem a měřeným objektem (zde vektorem pohybu střely) [44]. Kosinový efekt je popsán vztahem:

$$v_m = v_s \cdot \cos(\theta) \quad (3.4.2)$$

kde:

v_s – skutečná rychlosti [m.s⁻¹],

v_m – naměřená rychlosti (ve vzorci 3.4.2 představuje v_o – rychlost objektu) [m.s⁻¹],

θ – úhel mezi směrem pohybu objektu a radarem [°] [44].

Po zohlednění Kosinového efektu a faktu, že při použitém nastavení experimentu se objekt (střela) od radaru vzdaluje, lze uvést následující vztah vyjadřující přibližnou skutečnou rychlost objektu:

$$v_s \approx \frac{f_d c}{2f_t \cos(\theta)} \quad (3.4.3)$$

kde:

v_s – skutečné rychlost objektu [m.s⁻¹],

f_d – Dopplerova frekvence [Hz],

f_t – vyslaná frekvence [Hz],

c – rychlost světla [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],

θ – úhel mezi směrem pohybu objektu a radarem [$^\circ$] [44].

Na základě těchto principů a vztahů pracují zařízení využitá v této disertační práci.

4. Zvolené metody zpracování

Pro zpracování a dosažení cílů disertační práce je nutné využití relevantních metod vědecké práce. Budou využity tyto metody:

Metoda analýzy – při této metodě se složitější systém rozdělí na jednotlivé komponenty, které jsou následně zkoumány společně se vztahy k ostatním komponentům. Tato metoda bude využita při získávání poznatků o vlivu vzdálenosti střelby na ranivý potenciál.

Metoda komparace – zde se provádí srovnání a porovnání shodných či rozdílných zjištění. Tato metoda bude využita při srovnávání výsledků měření jednotlivých typů střel vystřelených z určitého typu zbraně.

Metoda indukce – metoda se zakládá na zobecňování. Zde se na základě jednotlivých získaných poznatků vytváří obecné závěry. V disertační práci bude tato metoda použita při vytváření závěrů na základě provedených měření.

Metoda dedukce – metoda dedukce je opakem metody indukce. Zde jsou uplatňovány obecně známé principy a pravidla. Metoda bude v disertační práci využita pro dovození závěrů.

Metoda experimentu – metoda se zaměřuje na získání dat, testování a ověření stanovených hypotéz. Metoda experimentu je zcela nezbytná pro naplnění cílů disertační práce a určení vlivu vzdálenosti střelby na ranivý potenciál.

5. Popis experimentů

Data a poznatky využití v této práci vycházejí ze dvou realizovaných experimentů. První experiment spočíval v měření rychlosti střel pomocí radarového měřicího přístroje, které bylo provedeno na certifikované tunelové střelnici firmy Prototypa-ZM, s.r.o. v Brně. Při tomto experimentu bylo realizováno 400 výstřelů, přičemž se zkoumaly dvě vzduchové zbraně stejné ráže a 4 typy diabolek. Z každé zbraně tedy bylo vystřeleno 50 střel jednoho typu diabolek.

Radar umožňuje dle informací výrobce kontinuální měření. Reálně provedl 301 měření u každého výstřelu. Střelba probíhala na vzdálenost 14,99 m. Byly zaznamenány údaje vztažené k 0,0498 m (4,98 cm) na celém úseku měření, počínaje 0 m a konče 14,99 m. Střelba byla realizována na svislý papírový terč. Zbraň byla upevněna do držáku zbraně na střelecké stoličce tak, aby střelba probíhala kolmo k papírovému terči. Experimentální pracoviště lze vidět na obr. 5.1.1.

Druhý experiment byl realizován na Fakultě aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně na jednoduché modulární střelnici sestavené pro potřeby tohoto experimentu. Při tomto experimentu byly postřelovány bloky substitučního fyzikálního modelu, a to balistické želatiny o koncentraci 20 % ze vzdálenosti 5; 7,5; 10; 12,5 a 15 m. Využití zbraně a střelivo jsou totožné se zbraněmi a střelivem (typem střeliva) využitými v prvním experimentu. V rámci balistického experimentu bylo z každé vzdálenosti vystřeleno 10 střel daného typu, a to z obou zbraní. Pomocí analýzy záběrů, pořízených rychloběžnou kamerou, byly postupně získány hloubky zástřelů a maximální šířky (průměry) dočasné dutiny. Uspořádání měřicího stanoviště lze spatřit vidět na obrázku č. 5.1.2.

5.1 Experimentální pracoviště

Na obr. 5.1.1 lze spatřit:

- papírový svislý terč ve vzdálenosti 14,99 m od ústí hlavně (vyznačen červenou barvou),
- Dopplerova radarová hlava DRS-SU24 (označená žlutou barvou),
- detektor blesku FD-01M (označen zelenou barvou),
- přibližná dráha střely (označeno modrou barvou)

Střelba je prováděna tak, že ústí hlavně a radarová hlava jsou vedle sebe a umožňují tak měření od počátku výstřelu.

Radarová hlava byla umístěna v bezprostřední blízkosti zbraně tak, aby úhel mezi radarem a vektorem pohybu střel byl roven nule. Dle provedeného měření bylo dosaženo úhlu 3° , nicméně nebylo možné zjistit přesný úhel mezi

jednotlivými trajektoriemi pohybu střel. Běžně v balistické praxi [27, 35, 36] se nicméně uvažuje o úhlu 0° , a tedy s naměřenými hodnotami se pracuje jako s reálnou rychlostí, a ne rychlostí relativní (měřenou).



Obr. 5.1.1: První experimentální pracoviště.



Obr. 5.1.2: Uspořádání druhého experimentálního pracoviště.

5.2 Radar

K měření rychlostí střel bylo využito zařízení Doppler Radar System – DRS-1. Vyvinutý a prodáváný společností Prototypa-ZM, s.r.o. Celý tento systém lze vidět na obr 5.2.1.



Obr. 5.2.1: Doppler radar system – DRS-1 [45].

Základní součástí DRS-1 je mikrovlnný Dopplerův radar, který dle informací výrobce umožňuje kontinuální měření rychlosti střely po trajektorii letu. Výsledkem zpracování jsou data, které představují závislosti rychlosti a zrychlení na čase a vzdálenosti. V rámci práce byla sledována rychlost ve vztahu ke vzdálenosti. Vzdálenost 0 m je totožná s polohou ústí hlavně a vzdálenost 14,99 m je vzdálenost terče od ústí hlavně. Při přípravě bylo uvažováno a nakonec i nastaveno 15 m, bohužel po provedení experimentu bylo zjištěno, že se před započítáním experimentu pohnulo se stolem, na němž byla upevněna zbraň, a to o 1 cm blíže k terči. Z tohoto důvodu je v celé práci počítáno se vzdáleností 14,99 m.

Doppler Radar System – DRS-1 se skládá z radarové hlavy DRS-SU24 a detektoru blesku FD-01M.

Dopplerova radarová hlava DRS-SU24 je klíčovou součástí systému. Obsahuje mikrovlnný vysílač s vysokou frekvenční stabilitou, mikrovlnný mixér, anténu a předzesilovač s nízkým šumem. Výstupem této jednotky je mezifrekvenční (IF) signál, jehož frekvence je úměrná rychlosti střely. Na

zadním panelu je napájecí konektor a konektor výstupního signálu. Ve spodní části je držák se standardním závitem pro montáž na stativ.

Radarová hlava DRS-SU24 má tyto parametry:

- Senzor:
 - RF frekvence: 24,15 GHz,
 - výstupní výkon: 20 dBm (100 mW),
 - šířka paprsku (3 dB): 12°,
 - polarizace: kruhová pravá ruka [45].
- Výstup signálu:
 - amplituda: 0 až 1 V (v závislosti na faktoru odrazivosti a vzdálenosti na snímáný předmět),
 - impedance: 50 Ω,
 - typ konektoru: Bulgin Mini Buccaneer PX0805 (tělo) + SA3157/1 [45].
- Zdroj napájení:
 - napětí: ± 9 V DC,
 - maximální spotřeba: 10 VA,
 - typ konektoru: Bulgin 400 series Buccaneer PX0413/04P,
 - ochrana proti vniknutí: IP63,
 - provozní teplota: -20 ° C až +45 ° C,
 - rozměry: 100 x 157 mm [45].

Detektor blesku FD-01M byl použit pouze při měření větrovky. Při měření vzduchových zbraní detektor blesku nelze použít, neboť při střelbě ze vzduchovky nevzniká záblesk.³ Doppler Radar System – DRS-1 byl pro měření se vzduchovkou upraven tak, že radarová hlava měřila neustále, ale záznam se uskutečnil na základě změny stavu (výstřelu). Měření se pak provádí do nastavené vzdálenosti (14,99 m).

Doppler Radar System – DRS-1 je systém certifikovaný dle norem EN ISO 9001:2016, AQAP 2110, C.I.P., TP-VD, TPF, STANAG, MOP, MIL, SAAMIa.

K vyhodnocení získaných dat byl využit SW Baslistic Measuring System (BMS). Výstupy byly poskytnuty formou tabulek ve formátu MS Excel.

³ Při střelbě ze vzduchovky byl detektor blesku rovněž zapojen. Zapojení detektoru blesku je nutné pro zajištění správné funkce systému, i když pro dané měření není možné detektor blesku použít.

5.3 Zbraně

K experimentům byly využity zbraně Gamo Shadow DX a Hatsan Gladius, obě ráže 4,5 mm.

Gamo Shadow DX ráže 4,5 mm (obr. 5.3.1) je plynová vzduchová zbraň typu „vzduchovka“ s klasickou zlamovací pružinově pístovou konstrukcí, s drážkováním hlavně a energií na ústí hlavně 16 J. Pro tuto zbraň bude dále v práci používáno **označení „vzduchovka“**.



Obr. 5.3.1: Gamo Shadow DX ráže 4,5 mm [46].

Hatsan Gladius ráže 4,5 mm (obr. 5.3.2) je plynová vzduchová zbraň typu PCP neboli „větrovka“ konstrukce bull-pup, s kapacitou kartuše 250 cm³ a kapacitou zásobníku 10 ran. Zbraň má taktéž drážkování hlavně a energii na ústí hlavně 16 J. Větrovka byla tlakována na 150 bar, neboť tento tlak je dle prodejce optimální pro požadovanou energii. V práci bude pro tuto zbraň využíván **pojem „větrovka“**.



Obr. 5.3.2: Hatsan Gladius ráže 4,5 mm [47].

5.4 Střelivo

K experimentům byly použity 4 druhy střel typu diablo. Jedná se o tyto typy diabolůk:

- Gamo Magnum (obr. 5.4.1),
- Gamo Pro Mach (obr. 5.4.2),
- Gamo Pro Hunter (obr. 5.4.3),
- JSB Ultra Shock (obr. 5.4.4).

Záměrně byly zvoleny tři typy střely od výrobce Gamo – výběrem stejného výrobce se případné odlišnosti vzniklé rozdílnými výrobními postupy eliminovaly na minimum. Střely byly vybrány tak, aby představovaly nejčastěji používané diabolky. Tyto tři typy byly doplněny o typ diabolky s expanzní dutinou, neboť expanzní dutina poskytuje zvýšený ranivý účinek. Jelikož od výrobce Gamo nebylo možno dohledat střely s expanzní dutinou, byly použity střely tohoto typu od výrobce JBS.

Střely **Gamo Magnum** ráže 4,5 mm (obr. 5.4.1) mají výrobcem udávanou hmotnost 0,49 g. Střely jsou zhotoveny z olova a mají špičatou hlavičku [48].



Obr. 5.4.1: Střely Gamo Magnum ráže 4,5 m [48].

Sřely **Gamo Pro Mach** ráže 4,5 mm (obr. 5.4.2) mají výrobcem uvedenou hmotnost 0,48 g. Jedná se o terčové sřely s plochou hlavou vyrobené z olova [49].



Obr. 5.4.2: Sřely Gamo Pro Mach ráže 4,5 mm [49].

Sřely **Gamo Pro Hunter** ráže 4,5 mm (obr. 5.4.3) jsou dle výrobce určeny k lovu škůdců. Díky půlkruhové hlavičce a výrobcem udávané hmotnosti 0,48 g by měly maximálně předávat svou energii cíli. Tyto sřely jsou také vyrobeny z olova [50].



Obr. 5.4.3: Sřely Gamo Pro Hunter ráže 4,5 mm [50].

Sřely **JSB Ultra Shock** ráže 4,5 mm (obr. 5.4.4) jsou podstatně těžší než předešlé sřely, jejich udávaná hmotnost je 0,67 g. Tyto sřely mají v hlavičce expanzní dutinu, která by měla poskytnout sřele řízenou deformaci, a tím i vyšší ranivý účinek. I tyto sřely jsou vyrobeny z olova.



Obr. 5.4.4: Střely JSB Ultra Shock v ráži 4,5 mm [51].

5.5 Příprava balistická želatiny

V rámci balistického experimentu byl jako substituční fyzikální model využit želatinový blok o koncentraci 20 %, který v experimentu zastupuje svalovou tkáň [33]. Bloky želatiny byly připraveny postupem uvedeného v [33]:

- želatinu vmíchat do vody o pokojové teplotě za stálého mírného míchání (bez tvorby bublin); přidat látky zabraňující (zpomalující) tvorbu plísní a degradaci balistické želatiny – kyselina askorbová o celkové koncentraci 0,5 %,
- směs nechat na 2 hodiny odstát v chladicím zařízení o teplotě 10 °C,
- následně nádobu s želatinou usadit do lázně s vodou o teplotě 40 °C a za stálého míchání dosáhnout úplného rozpuštění želatiny (bez bublin),
- následně želatinu přelit do předem připravených forem (vymazaných transparentním silikonem),
- formu s želatinou nechat v chladicím zařízení ztuhnout (10 °C),
- po ztuhnutí a kontrole želatinu vyjmout z formy, zabalit do polyetylenové folie a umístit do chladicího zařízení s teplotou 4 °C na dobu 36 hodin k její teplotě.

Hotové želatinové bloky byly následně upraveny na rozměry 10x10x10 cm. Experimentálně, ve spolupráci s odborníky z VUT, byly zjištěny její fyzikální a mechanické vlastnosti, které shrnuje tabulka č. 5.5.1.

Tabulka 5.5.1: Základní fyzikální a mechanické charakteristiky použitého substitučního fyzikálního modelu.

Látka	t	ρ	η	ν	c
	°C	[kg m ⁻³]	[Pa s]	[m ² s ⁻¹]	[m s ⁻¹]
Želatina 20 %	20	1 060	1,0·10 ²	0,1	1 567

Kde: t – teplota, ρ – hustota, η - dynamická viskozita, ν - kinematická viskozita, c - rychlost šíření zvuku.

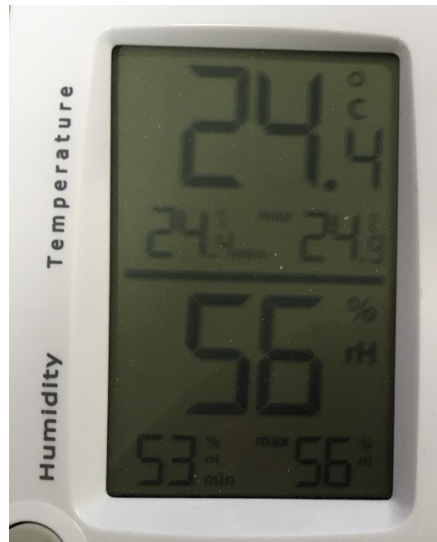
5.6 Další pomůcky

Ve střeleckých experimentech byly dále použity následující pomůcky:

- konstrukce pro upnutí zbraně – Sten,
- fotoaparát pro dokumentaci,
- digitální váhy KERN PCB (1000-2; 1000 g / 0,01 g) pro určení hmotnosti střel před výstřelem,
- digitální posuvné měřítko KINEX ICONIC Labo (přesnost měření 0,02 mm v rozsahu do 100 mm) pro měření průměru střely.
- Balistická hradla Caldwell Chronograph, kterými se měří rychlost střel po výstřelu a před dopadem. Výrobce uvádí, že rozsah měření je 1,524 - 3047,6952 m·s⁻¹ a odchylka měření je ± 0,25 %. Balistická hradla fungují na principu záznamů časů průchodu mezi jejich dvěma bránami a dopočetním rychlosti. Na základě komunikace s výrobcem bylo zjištěno, že hradla měří rychlost ve svém středu, tedy 15 cm od obou bran. Při měření byla použita dvojí hradla. Jedna hradla byla postavena 10 cm od substitučního fyzikálního modelu (důvodem je zamezení ovlivnění měření vlivem vylétajícího materiálu ze substitučního fyzikálního modelu při tvorbě trvalé dutiny). Druhá hradla byla umístěna 30 cm od hlavní zbraně, přičemž 30 cm je zvoleno z důvodu možného ovlivnění měření přechodovou fází balistiky.
- Rychloběžná kamera Olympus I-SPEED FS s rozlišením 1280x1024, maximální rychlostí 1 000 000 fps. Pro experiment byla zvolena rychlost (frekvence) snímání 10 000 fps. Kamera byla umístěna 1,5 m od balistické želatiny kolmo k dráze letu střely. Za substituční fyzikální model byl umístěn silný světelný zdroj pro osvětlení potřebné ke snímání pomocí rychloběžné kamery.

- Software Olympus I-speed software suite pro analýzu záznamů z rychloběžné kamery.

Podmínky měření lze spatřit na obr. 5.6.1. Horní údaje uvádí teplotu vzduchu ve °C a spodní relativní vlhkost vzduchu v %. Tyto podmínky byly po dobu měření stálé a stejné.



Obr. 5.6.1: Podmínky měření

6. Výsledky měření a interpretace dosažených výsledků

V této kapitole jsou prezentovány získané výsledky měření z experimentů zaměřených na měření rychlosti střel na dráze letu a působení střel na substituční fyzikální model. Z důvodu velkého množství naměřených dat je nemožné zde všechna data uvést a zároveň dodržet rozumný rozsah počtu stran disertační práce. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k prezentování výsledků formou aritmetických průměrů a odchylek naměřených hodnot. Tato kapitola je členěna do podkapitol dle sledovaných parametrů, a to na okamžitou rychlost střel, kinetickou energii střel, hustotu energií střel, hybnosti střel, hloubku zástřelu (vniku) a maximální šířku (průměr) dočasné dutiny.

Aritmetické průměry naměřených hmotností střel a průměrů střel jsou uvedeny v tabulce 6.1 a platí pro celou práci.

Tabulka 6.1: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky průměrů střel a hmotností střel pro jednotlivé střely a zbraně

Zbraň	Střela	Hmotnost střely – m_g	Průměr střely – d
		[g]	[mm]
Větrovka	Magnum	$0,49 \pm 0,02$	$4,40 \pm 0,01$
	Pro Hunter	$0,48 \pm 0,03$	$4,40 \pm 0,01$
	Pro Match	$0,48 \pm 0,02$	$4,40 \pm 0,01$
	Ultra Shock	$0,67 \pm 0,04$	$4,40 \pm 0,01$
Vzduchovka	Magnum	$0,48 \pm 0,02$	$4,40 \pm 0,01$
	Pro Hunter	$0,48 \pm 0,01$	$4,40 \pm 0,01$
	Pro Match	$0,49 \pm 0,02$	$4,40 \pm 0,01$
	Ultra Shock	$0,69 \pm 0,04$	$4,40 \pm 0,01$

V následujících podkapitolách budou data uvedena vždy pro určitý typ zbraně, naměřené hodnoty se vztahují ke vzdálenosti střelby 0,00 m až 14,99 m. Tato data jsou ve vhodných intervalech (2 m u naměřených či dopočtených dat, 0,5 m u modelů) doplněna o chybové úsečky. V těchto intervalech jsou data prezentována v tabulkách.

Údaje jsou vztaženy ke vzdálenosti střelby (ke konkrétní vzdálenosti), přičemž kinetická energie E_k je dopočtena dle vztahu 3.2.2, hybnost p dopočtena dle vztahu 3.2.3 a hustota energie střely e dopočtena dle vztahu 3.2.4.

V rámci práce je snaha nalézt pro střely, které vykazují podobné naměřené hodnoty i jejich průměry, univerzální model. Tento model však lze prokazatelně vztahovat pouze ke střelám zkoumaným v této práci a pro zbraně využitě v této práci. Další střely či zbraně by musely být testovány a následně zohledněny, přesto lze předpokládat alespoň částečnou využitelnost tohoto modelu. Je nutné zde uvést, že modely, lineární rovnice a data jsou vztaženy k měřenému úseku (0,00–14,99 m). Mimo tento interval nemusejí získané poznatky platit a bylo by nutné je ověřit měřením.

U jednoho vybraného průměru střel (střely Magnum) bude sledována i vzdálenost, kdy jednotlivé sledované parametry dosáhnou hodnoty 0. Tedy kdy by se střela měla zastavit, předat veškerou svou kinetickou energii a hybnost, a nulový by měl být i údaj o hustotě energie. Tyto vzdálenosti by logicky měly být stejné či, vlivem chyby měření, velmi blízké. Pokud by se tak nestalo, lze předpokládat, že by průběhy jednotlivých střel na delším intervalu mohly být rozdílné. Je dokonce pravděpodobné, že se vzdálenosti budou rozdílné, neboť na delším úseku se projeví tzv. balistická křivka a průběh poklesů bude podobný této křivce.

Pro účely srovnání naměřených dat se zbraněmi jiných kategorií, než je kategorie D je vytvořena tabulka 6.2. Zde byly vytipovány pistolové a revolverové střely, které se v současnosti nejvíce ve střelectví vyskytují, a zároveň mají alespoň trochu blízké některé sledované parametry (úst'ová rychlost, průměr střely, hmotnost). Dále v tabulce 6.2 byly pro tyto vybrané střely dopočteny parametry nutné pro srovnání ranivého potenciálu využívané v této práci.

Tabulka 6.2: Sledované parametry pro výkonnější ráže.

Střela	Hmotnost střely m_g [g]	Průměr d [mm]	Úst'ová rychlost v [$m \cdot s^{-1}$]	Kinetická energie E_k [J]	Hybnost p [$kg \cdot m \cdot s^{-1}$]	Hustota energie e [$J \cdot mm^{-2}$]
.22 LR	2,59	5,59	351	160	0,91	6,52
.380 auto	6,15	9,00	290	259	1,78	4,56
.45 ACP	14,90	11,43	238	422	3,55	4,11
.38 Spec.	10,24	9,07	271	376	2,78	5,82

Střely použité v Tabulce č. 6.2:

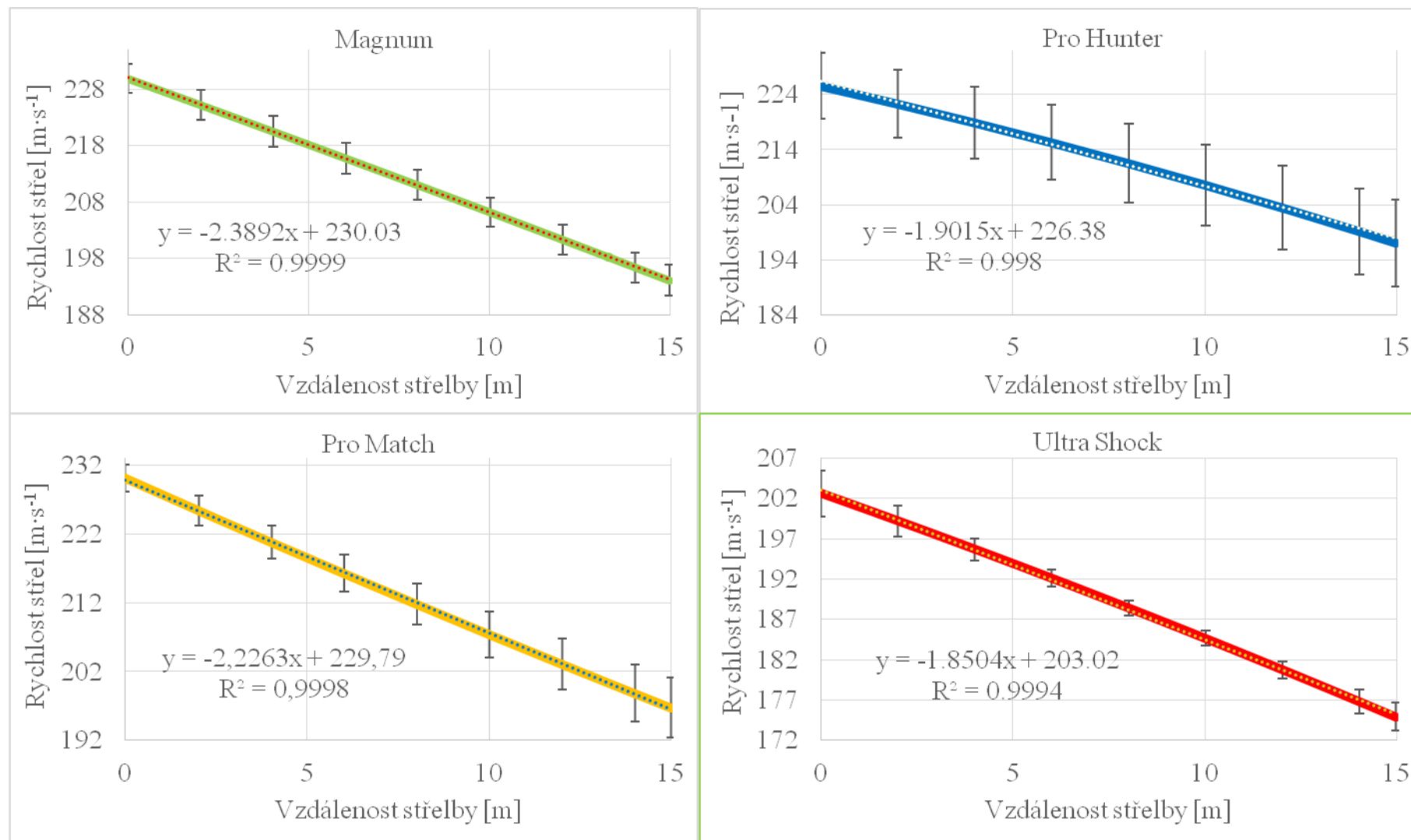
- .22 LR STD – Olověná ogivální střela výrobce Magtech [52],
- .380 auto (9 mm Browning) – Ogivální střela s tombakovým pláštěm a olověným jádrem výrobce Magtech [53],
- .45 ACP – Plášť střely je tombakový a jádro z olova, konstrukce má střížnou hranou; Výrobce je firma Magtech [54],
- .38 Spec. – Střela konstrukce komolého kuželu s tombakovým pláštěm a olověným jádrem od výrobce Magtech [55].

6.1 Okamžitá rychlost střel

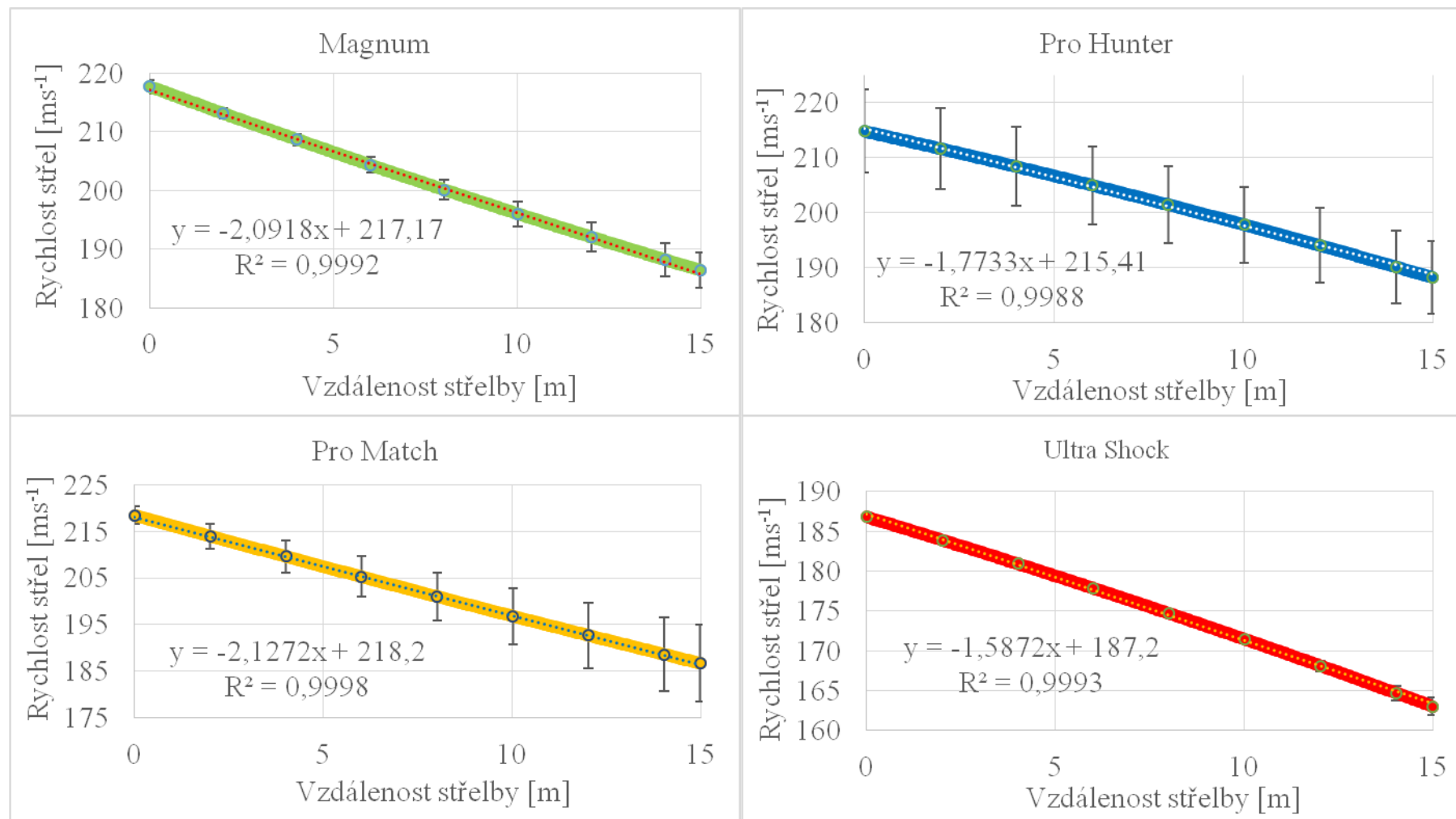
Vybrané průměry okamžitých rychlostí naměřených střel lze spatřit v tabulce 6.1.1 . Jednotlivé průběhy jsou prezentovány v souhrnných grafech 6.1.1 a 6.1.2. Na jednotlivých grafech lze nalézt i lineární funkce, které jsou odvozeny na základě dat vnesených v grafu. Tyto funkce dosahují shody přesahující 99 %.

Tabulka 6.1.1: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky pro okamžité rychlosti střel.

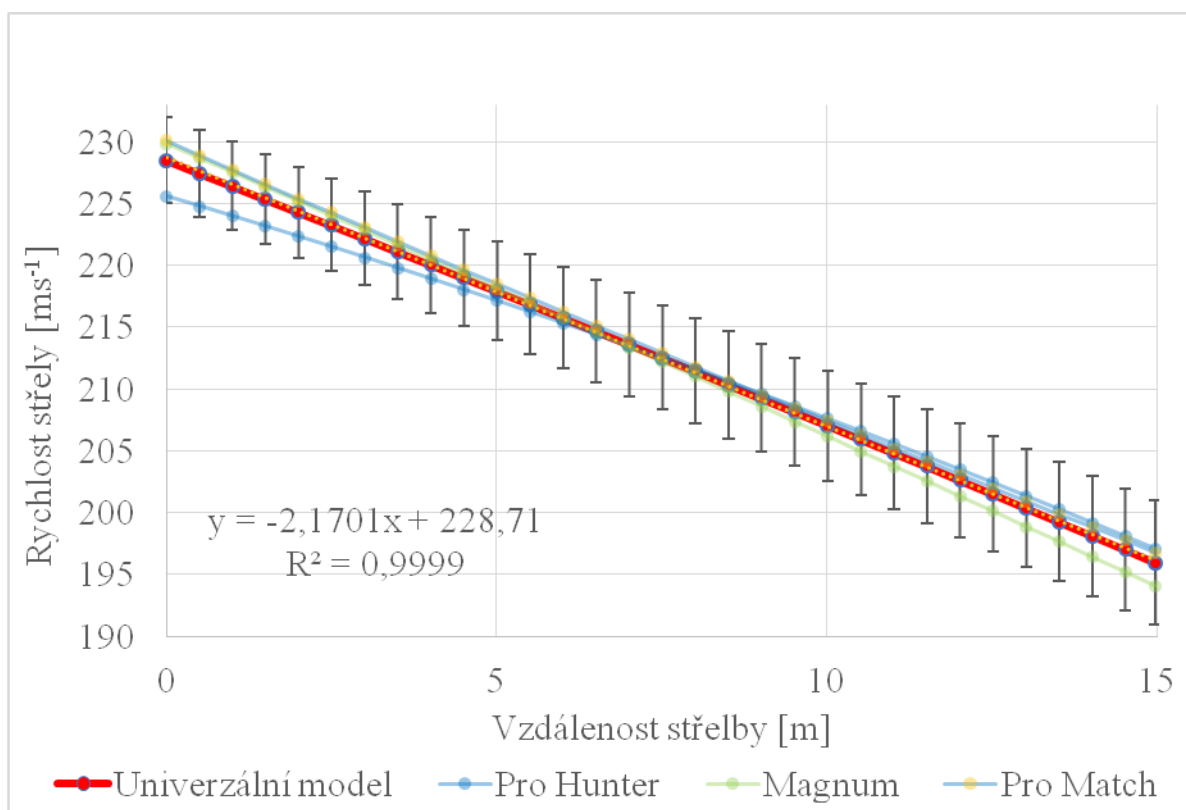
Rychlost střely – v [$m \cdot s^{-1}$]										
Zbraň	Střela	Vzdálenost střelby – s [m]								
		0	2	4	6	8	10	12	14	14,99
Větrovka	Magnum	229,9 ±2,9	224,6 ±2,8	220,3 ±3,0	216,2 ±3,1	211,2 ±3,1	206,0 ±3,0	201,0 ±2,9	196,2 ±2,7	194,1 ±3,2
	Pro Hunter	226,3 ±5,7	222,4 ±5,8	218,8 ±6,8	214,9 ±7,0	212,1 ±6,7	207,6 ±6,7	203,0 ±8,1	198,6 ±8,3	197,1 ±7,9
	Pro Match	229,7 ±2,2	225,0 ±2,1	220,9 ±2,0	215,6 ±2,9	212,3 ±3,1	206,6 ±2,8	202,7 ±3,7	199,3 ±4,2	196,7 ±4,1
	Ultra Shock	203,0 ±3,1	198,9 ±1,7	196,0 ±0,9	192,3 ±1,1	188,0 ±1,0	185,0 ±1,0	180,8 ±0,7	177,3 ±1,1	174,8 ±1,8
Vzduchovka	Magnum	217,9 ±1,1	213,2 ±0,9	208,7 ±1,2	204,0 ±0,7	199,9 ±2,0	195,6 ±2,0	191,9 ±2,2	187,8 ±2,8	186,2 ±3,1
	Pro Hunter	215,0 ±8,2	212,1 ±6,7	207,7 ±7,3	204,6 ±7,3	201,0 ±7,1	197,7 ±6,6	194,4 ±7,3	190,2 ±7,1	187,9 ±6,7
	Pro Match	219,1 ±2,2	213,7 ±3,1	209,9 ±3,0	205,4 ±4,3	200,7 ±5,4	196,8 ±5,5	193,1 ±7,0	189,3 ±7,9	187,0 ±7,8
	Ultra Shock	186,8 ±0,2	183,9 ±0,2	180,9 ±0,2	177,8 ±0,2	174,7 ±0,3	171,4 ±0,4	168,1 ±0,7	164,7 ±0,9	163,0 ±1,1



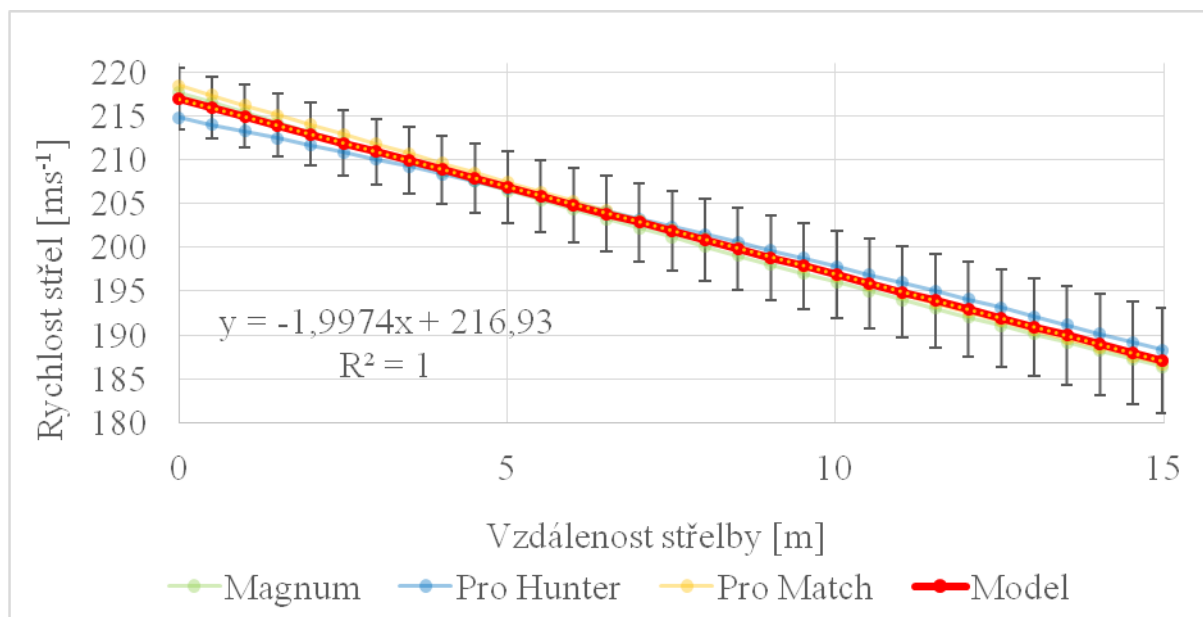
Graf 6.1.1: Závislosti rychlostí střel ke vzdálenosti střelby u střel vystřelených z větrovky.



Graf 6.1.2: Závislosti rychlostí střel ke vzdálenosti střelby u střel vystřelených ze vzduchovky.



Graf 6.1.3: Model závislosti rychlostí střel ke vzdálenosti střelby z větrovky.



Graf. 6.1.4: Model závislosti rychlostí střel ke vzdálenosti střelby ze vzduchovky.

Maximální průměrná počáteční rychlost u střel Magnum vystřelených z větrovky je $229,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a u střel vystřelených ze vzduchovky $217,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Teoreticky by střela měla dosáhnout nulové rychlosti ve vzdálenosti 96,3 m pro větrovku a 103,9 m pro vzduchovku.

Na základě poznatků z této podkapitoly lze vyvodit, že střely o stejné či velmi blízké hmotnosti (Pro Hunter – 0,48 g; Magnum – 0,49 g; Pro Match – 0,48 g) mají obdobné poklesy a naměřené hodnoty. Lze tedy v těchto případech, na základě indukce, vyvodit obecnou hypotézu: U střel stejné či velmi podobné hmotnosti bude pokles rychlostí obdobný. Na základě dat byl vytvořen jednoduchý model pro střely stejné či obdobné hmotnosti využitý v této práci. Tento model vznikl zprůměrováním rychlostí všech těchto střel a zprůměrováním jejich směrodatných odchylek. Model také logicky odpovídá lineární funkci a lze jej i funkci vidět v grafech 6.1.3 a 6.1.4.

Z pohledu srovnání ranivého potenciálu je vhodné zde uvést tabulku 6.1.2, která ukazuje limitní hodnoty dopadových rychlostí a energií u tupohranných těles pro způsobení těžkého zranění. Přestože střely typu diablo nejsou tupohranné, blíží se svými údaji hodnotám pro tupohranná tělesa. Tupohranná tělesa zpravidla mívají vyšší potřebnou rychlosti i energii nutnou ke způsobení poranění než tělesa ostrohranná.

Tabulka 6.1.2: Limitní hodnoty dopadových rychlostí pro vznik těžkého poranění [33].

Hmotnost střely	Dopadová rychlost střely v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	
	1 g	0,5 g
Hlava	128	256
Hrudník	113	226
Břicho a končetiny	71	142

Je třeba si uvědomit, že střely, které se v této práci využívají, mají hmotnost 0,48; 0,49 či 0,67 g a v tabulce jsou uvedeny informace pro 1 g a 0,5 g. Na základě komparace lze říci, že střely typu diablo mohou mít ranivý potenciál, který může způsobit závažná poranění.

6.2 Kinetická energie střel

I v této podkapitole jsou data prezentována formou tabulek a grafů, tentokrát je sledovaným parametrem kinetická energie střely, vybrané průměry lze vidět v tabulce 6.2.1.. Jednotlivé průběhy jsou poté prezentovány v souhrnných grafech 6.2.1 a 6.2.2. Na jednotlivých grafech lze nalézt i lineární funkce, které jsou vyvozeny na základě vynesení dat v grafu. Tyto funkce dosahují shody přesahující 99 %.

Maximální průměrná počáteční kinetická energie u střel Magnum vystřelených z větrovky je 12,91 J a u střel vystřelených ze vzduchovky 11,57 J.

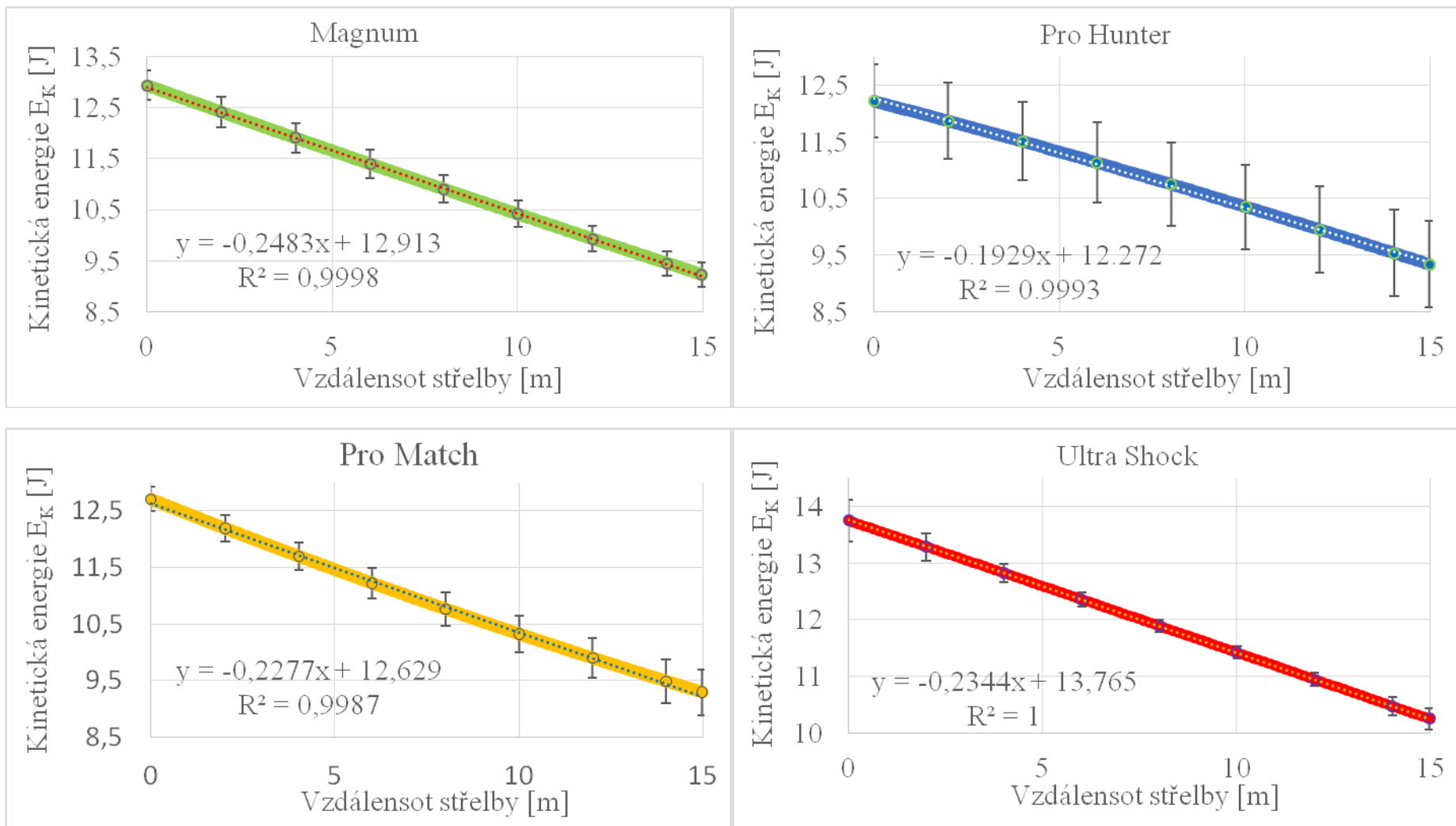
Teoreticky by střela měla dosáhnout nulové kinetické energie ve vzdálenosti 52,0 m pro větrovku a 64,7 m pro vzduchovku.

Stejně jako v předchozí podkapitole, lze i u kinetické energie dojít k závěru, že střely o stejné či velmi blízké hmotnosti (Pro Hunter – 0,48 g; Magnum – 0,49 g; Pro Match – 0,48 g) mají obdobné poklesy a naměřené hodnoty. Lze tedy v těchto případech, na základě indukce, vyvodit obecnou hypotézu: U střel stejné či velmi podobné hmotnosti bude pokles kinetické energie obdobný.

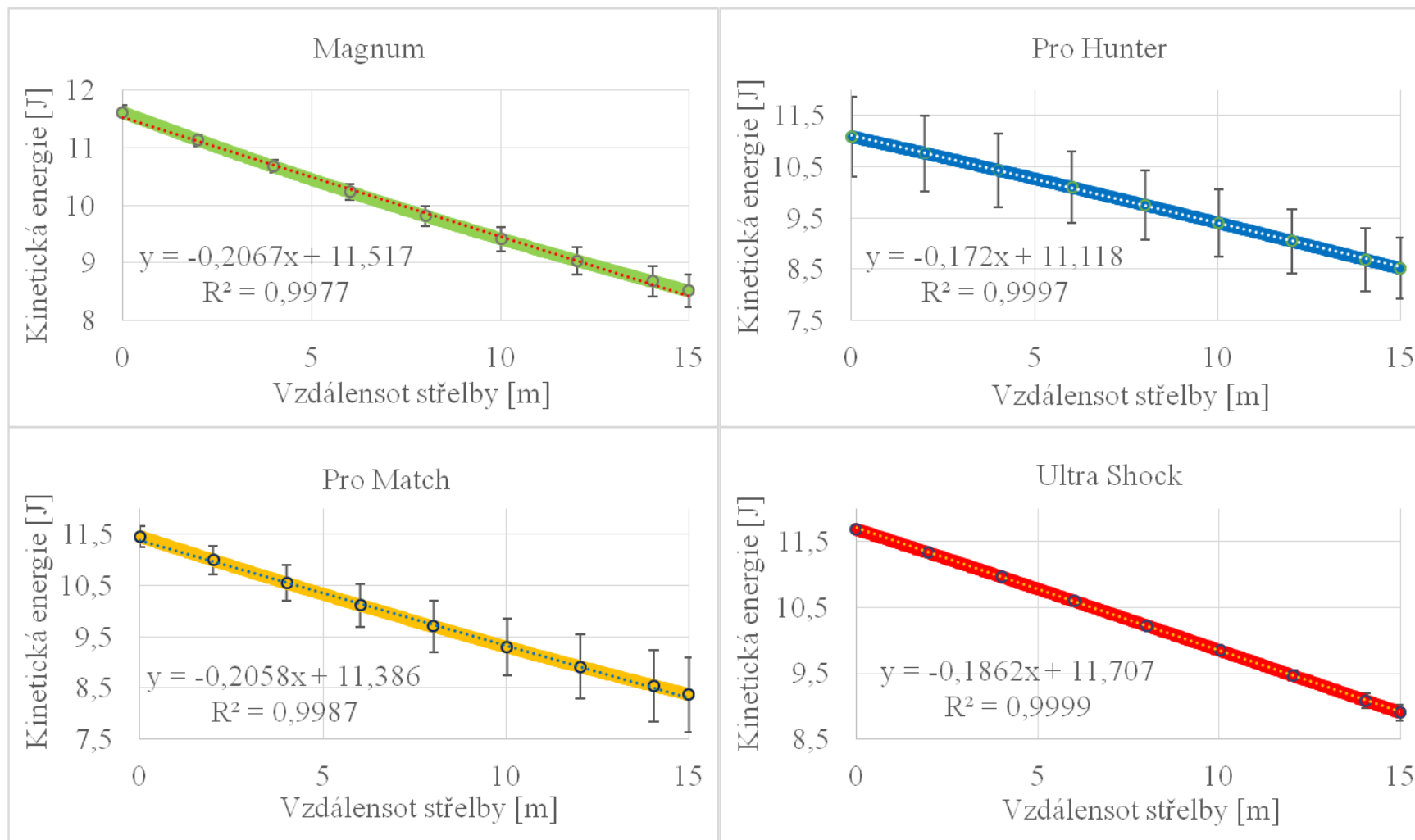
I zde byl na základě dat vytvořen jednoduchý model pro střely stejné či obdobné hmotnosti využitých v této práci. Tento model vznikl zprůměrováním rychlostí všech těchto střel a zprůměrováním jejich směrodatných odchylek. Model také logicky odpovídá lineární funkci a lze jej i funkci vidět v grafech 6.2.3 a 6.2.4.

Tabulka 6.2.1: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky pro kinetickou energii střel.

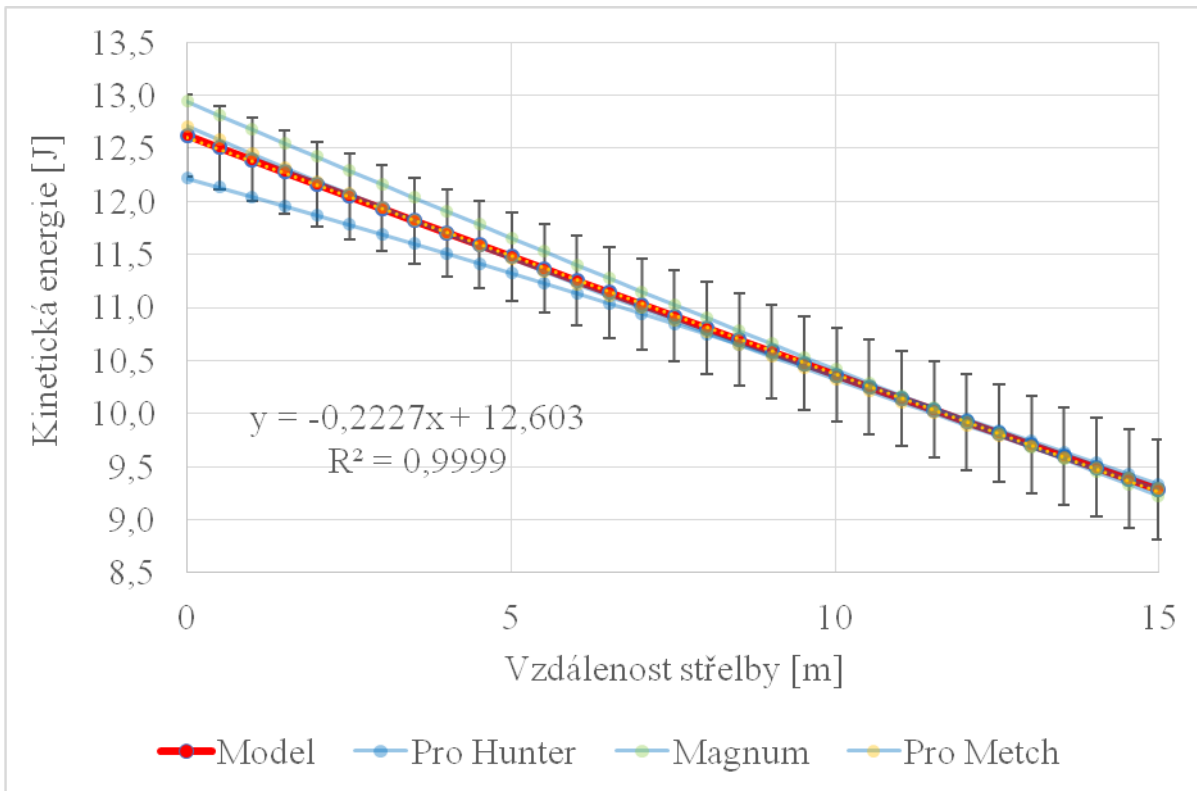
Kinetická energie střely – E_k [J]										
Zbraň	Střela	Vzdálenost střelby – s [m]								
		0	2	4	6	8	10	12	14	14,99
Větrovka	Magnum	12,91 ±0,30	12,36 ±0,31	11,87 ±0,33	11,44 ±0,29	10,92 ±0,27	10,37 ±0,29	9,90 ±0,21	9,51 ±0,23	9,19 ±0,23
	Pro Hunter	12,21 ±0,62	11,87 ±0,70	11,50 ±0,72	11,12 ±0,72	10,73 ±0,71	10,36 ±0,68	9,87 ±0,78	9,47 ±0,79	9,33 ±0,81
	Pro Match	12,70 ±0,20	12,22 ±0,23	11,66 ±0,34	11,18 ±0,29	10,78 ±0,31	10,32 ±0,29	9,91 ±0,37	9,53 ±0,37	9,31 ±0,41
	Ultra Shock	13,75 ±0,36	13,30 ±0,21	12,84 ±0,21	12,40 ±0,09	11,88 ±0,13	11,36 ±0,14	10,89 ±0,12	10,47 ±0,18	10,21 ±0,22
Vzduchovka	Magnum	11,57 ±0,09	11,10 ±0,08	10,58 ±0,11	10,22 ±0,10	9,79 ±0,18	9,42 ±0,21	9,01 ±0,20	8,72 ±0,27	8,49 ±0,31
	Pro Hunter	11,10 ±0,79	10,78 ±0,70	10,36 ±0,72	10,08 ±0,72	9,77 ±0,67	9,43 ±0,71	9,01 ±0,60	8,71 ±0,63	8,52 ±0,62
	Pro Match	11,52 ±0,21	11,02 ±0,30	10,53 ±0,27	10,08 ±0,41	9,73 ±0,54	9,31 ±0,80	8,79 ±0,59	8,50 ±0,70	8,44 ±0,65
	Ultra Shock	11,69 ± 0,02	11,33 ±0,02	10,96 ±0,02	10,60 ±0,02	10,22 ±0,04	9,85 ±0,05	9,47 ±0,08	9,09 ±0,11	8,90 ±0,12



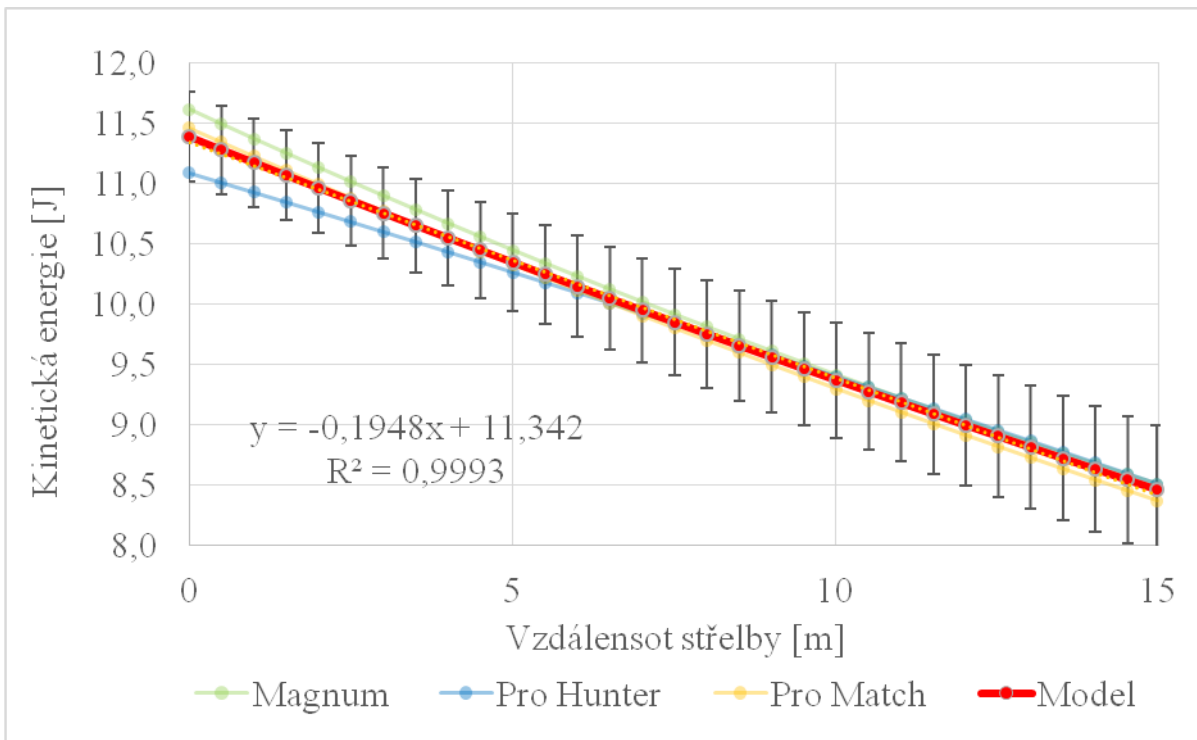
Graf 6.2.1: Závislosti kinetických energií střel ke vzdálenosti střelby z větrovky.



Graf 6.2.2: Závislosti kinetických energií střel ke vzdálenosti střelby ze vzduchovky.



Graf 6.2.3: Model závislosti kinetických energií střel ke vzdálenosti střelby z větrovky.



Graf 6.2.4: Model závislosti kinetických energií střel ke vzdálenosti střelby ze vzduchovky.

Kinetickou energii lze použít pro kvantifikované hodnocení ranivého potenciálu. Je však třeba uvažovat, že kinetická energie střely v určitém bodě bude dopadovou kinetickou energií. Data uvedená v tabulce 6.2.1 lze srovnat s tabulkou 6.2.2, která zobrazuje limitní hodnoty dopadových energií pro vznik těžkého poranění.

Tabulka 6.2.2: Limitní hodnoty dopadových energií pro vznik těžkého poranění [33].

Druh limitů energie	Dopadová kinetická energie E_d
	[J]
Limit smrtící energie střely	100–120
Limit kontuzní energie střely ⁴	30–50
Limit účinnost střely	20–30

Na základě komparace údajů o kinetické energii střel využitých v práci a tabulky 6.2.2. lze vyvodit, že střely využitá v této práci se pohybují pod hranici účinnosti, tedy schopnosti způsobovat významné zranění.

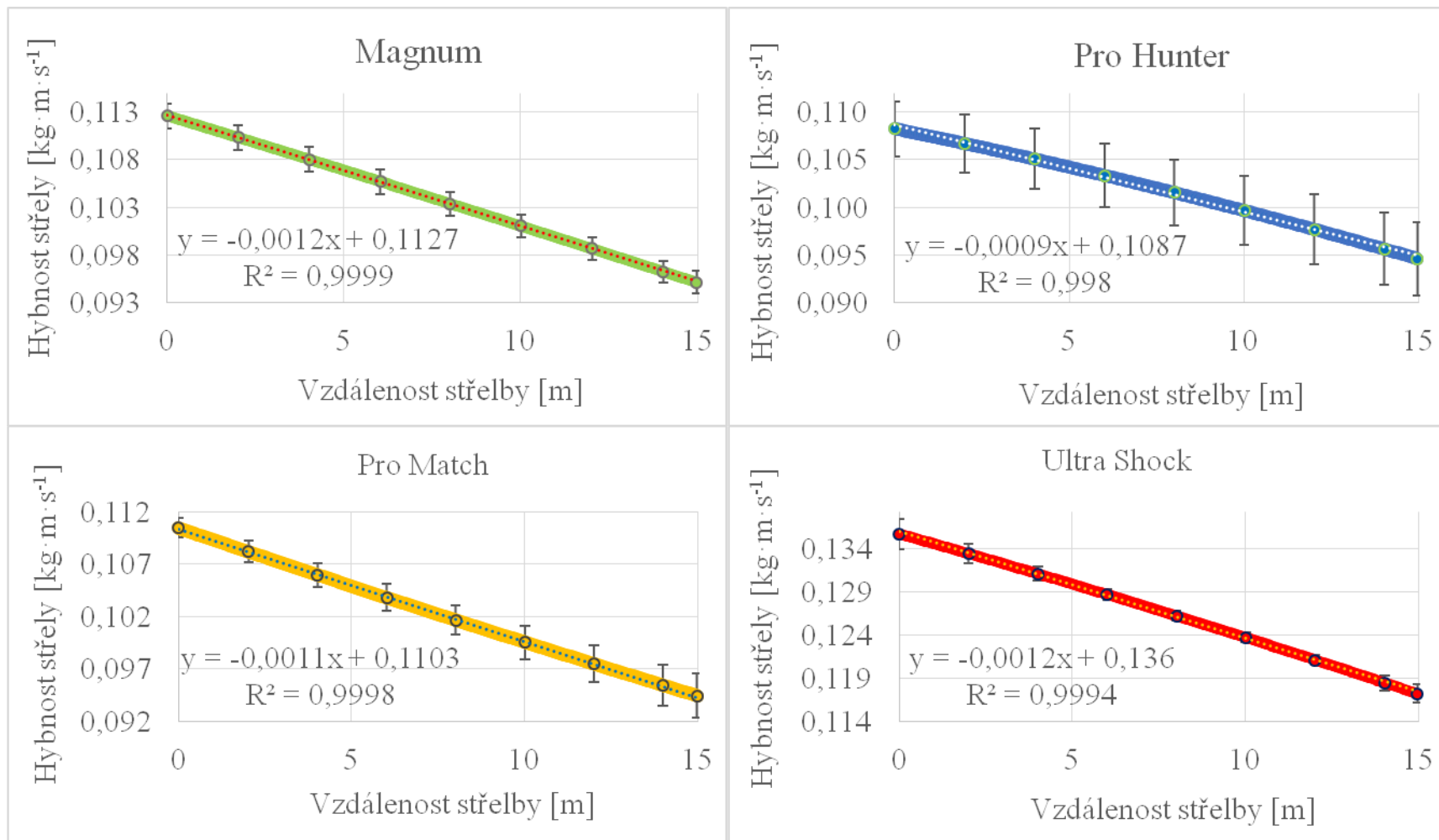
6.3 Hybnost střel

V této podkapitole je sledovaným parametrem hybnost střely, vybrané průměry lze vidět v tabulce 6.3.1. Jednotlivé průběhy jsou poté prezentovány v souhrnných grafech 6.3.1 a 6.3.2. Na jednotlivých grafech lze nalézt i lineární funkce, které jsou vyvozeny na základě vnesených dat v grafu. Tyto funkce dosahují shody přesahující 99 % a lze říci, že se většinou blíží k hranici 100 %.

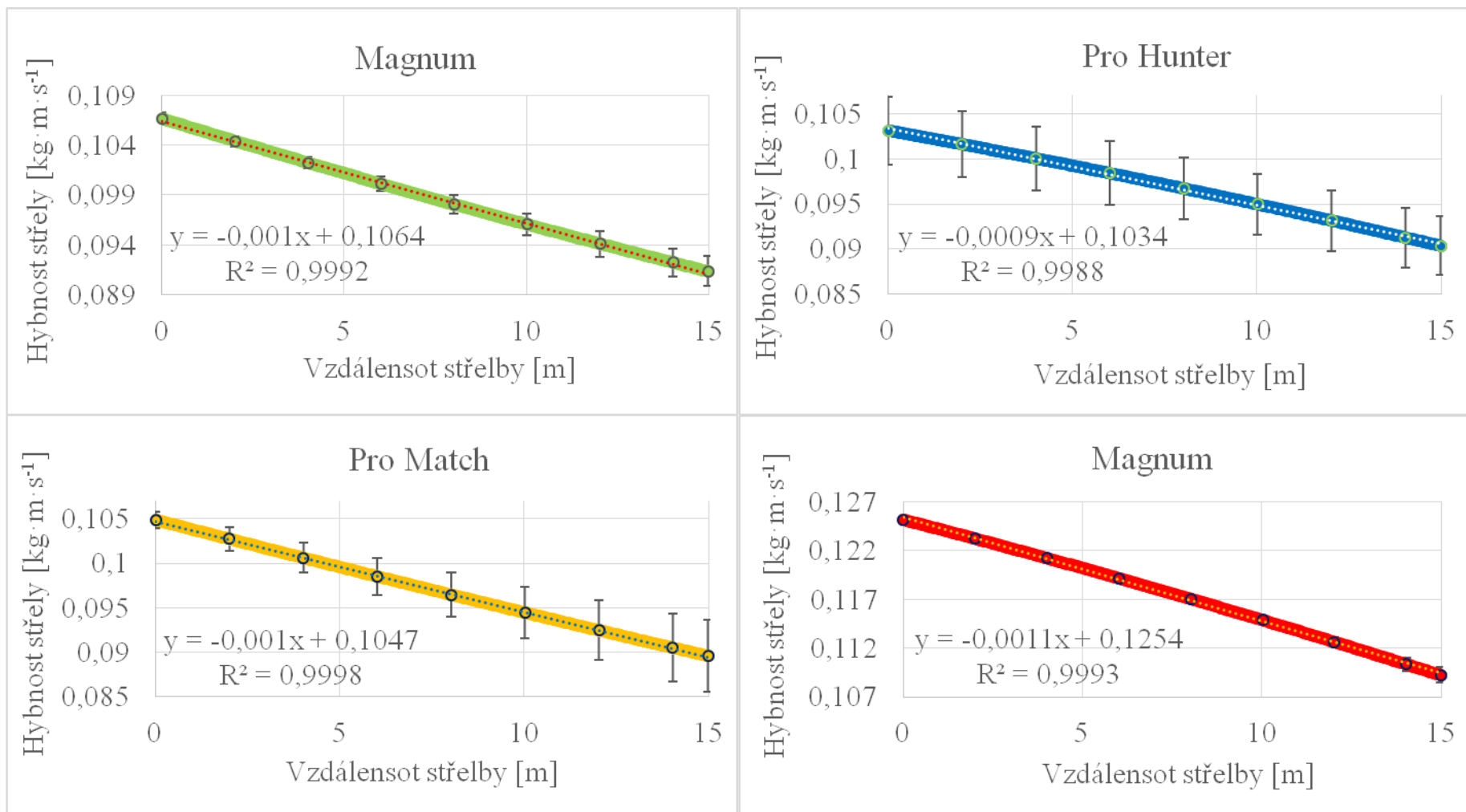
⁴ Kontuze = zhmožděniny; tento limit je brán pro neletální střely.

Tabulka 6.3.1: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky pro hybnosti střel.

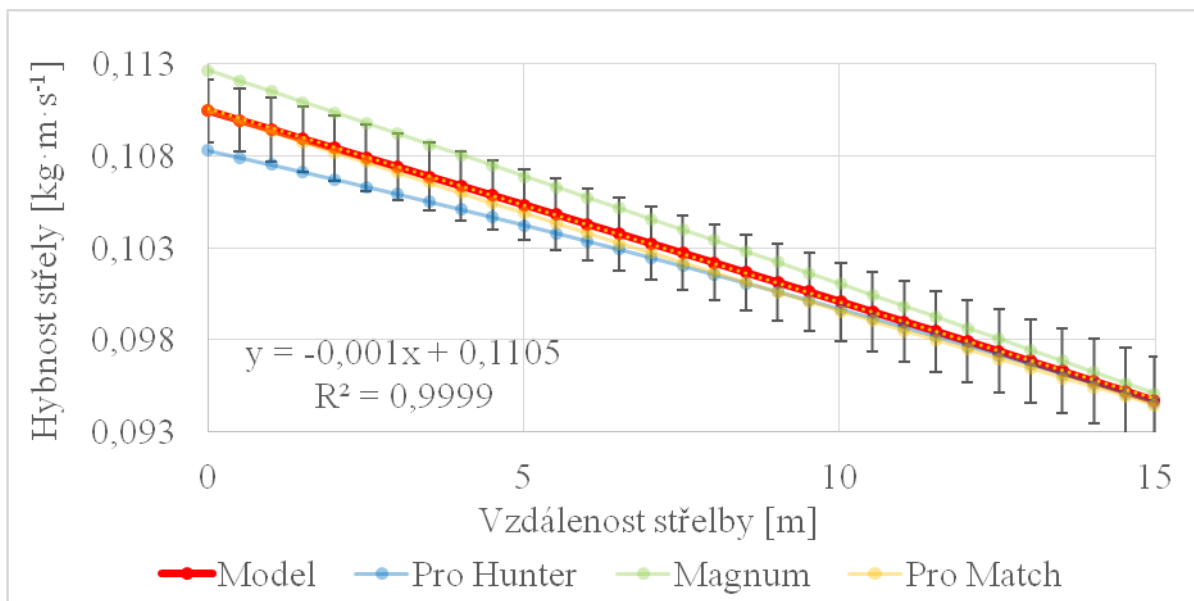
Hybnost střely – p [kg·m·s ⁻¹]										
Zbraň	Střela	Vzdálenost střelby – s [m]								
		0	2	4	6	8	10	12	14	14,99
Větrovka	Magnum	0,1131 ±0,0005	0,1108 ±0,0006	0,1086 ±0,0010	0,1062 ±0,0009	0,1034 ±0,0004	0,1015 ±0,0007	0,0990 ±0,0007	0,0960 ±0,0009	0,0951 ±0,0010
	Pro Hunter	0,1081 ±0,0032	0,1067 ±0,0030	0,1053 ±0,0029	0,1034 ±0,0027	0,1022 ±0,0028	0,1006 ±0,0036	0,0981 ±0,0036	0,0959 ±0,0037	0,0951 ±0,0040
	Pro Match	0,1100 ±0,0011	0,1084 ±0,0023	0,1062 ±0,0010	0,1038 ±0,0011	0,1024 ±0,0007	0,1001 ±0,0016	0,0973 ±0,0022	0,0949 ±0,0018	0,0938 ±0,0020
	Ultra Shock	0,1362 ±0,0016	0,1330 ±0,0014	0,1309 ±0,0014	0,1288 ±0,0010	0,1263 ±0,0016	0,1240 ±0,0011	0,1211 ±0,0009	0,1183 ±0,0013	0,1171 ±0,0009
Vzduchovka	Magnum	0,1067 ±0,0006	0,1067 ±0,0006	0,1067 ±0,0006	0,1067 ±0,0006	0,1067 ±0,0006	0,1067 ±0,0006	0,1067 ±0,0006	0,1067 ±0,0006	0,1067 ±0,0006
	Pro Hunter	0,1029 ±0,0039	0,1018 ±0,0037	0,100 ± 0,0037	0,0983 ±0,0034	0,0966 ±0,0038	0,0947 ±0,0038	0,0931 ±0,0035	0,0912 ±0,0039	0,0904 ±0,0036
	Pro Match	0,1050 ±0,0005	0,1029 ±0,0007	0,1014 ±0,0012	0,0991 ±0,0015	0,0959 ±0,0022	0,0941 ±0,0026	0,0918 ±0,0033	0,0910 ±0,0039	0,0904 ±0,0041
	Ultra Shock	0,1252 ±0,0001	0,1232 ±0,0001	0,1212 ±0,0001	0,1192 ±0,0002	0,1170 ±0,0002	0,1148 ±0,0003	0,1126 ±0,0005	0,1103 ±0,0007	0,1092 ±0,0008



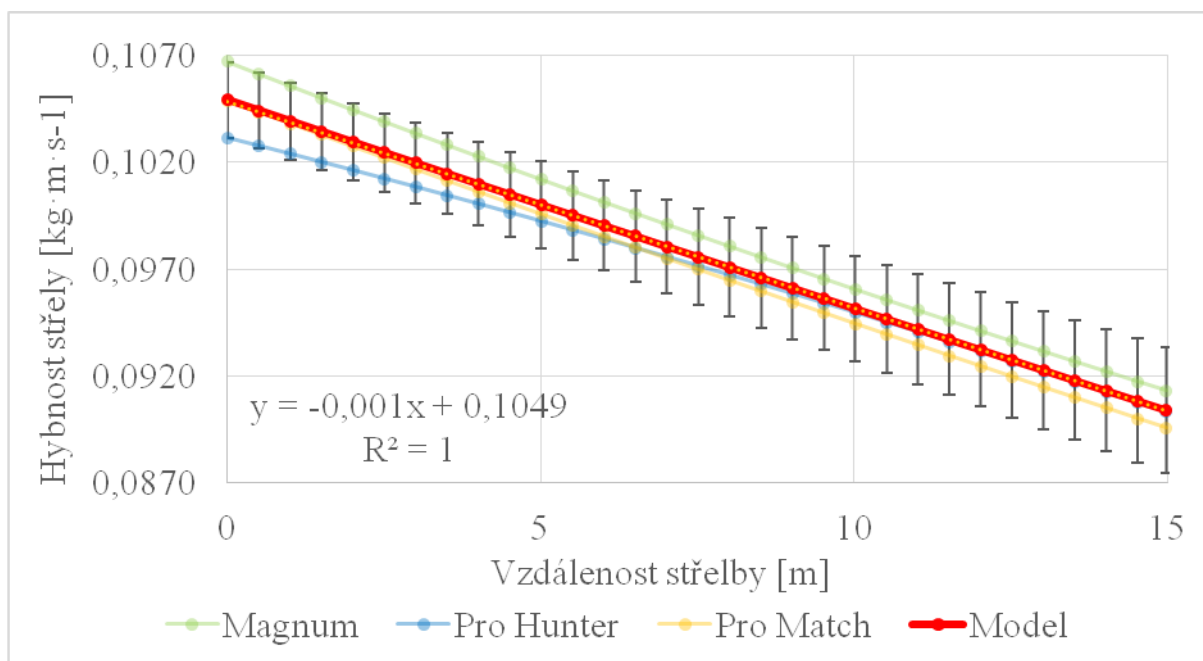
Graf 6.3.1: Závislosti hybností střel ke vzdálenosti střelby u střel vystřelených z větrovky.



Graf 6.3.2: Závislosti hybností střel ke vzdálenosti střelby u střel vystřelených ze vzduchovky.



Graf 6.3.3: Model závislosti hybnosti střel ke vzdálenosti střelby z větrovky.



Graf 6.3.4: Model závislosti hybnosti všech střel ke vzdálenosti střelby ze vzduchovky.

Maximální průměrná počáteční hybnost u střel Magnum vystřelených z větrovky je $0,1131 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ a u střel vystřelených ze vzduchovky $0,1067 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Teoreticky by střela měla dosáhnout nulové hybnosti ve vzdálenosti 94,1 m pro větrovku a 106,4 m pro vzduchovku.

Tak jako i v předchozích podkapitolách, lze i u hybnosti dojít k závěru, že střely o stejné či velmi blízké hmotnosti (Pro Hunter – 0,48 g; Magnum – 0,49 g; Pro Match – 0,48 g) mají obdobné poklesy a naměřené hodnoty. Lze tedy v těchto případech, na základě indukce, vyvodit obecnou hypotézu: U střel

stejně či velmi podobné hmotnosti bude pokles hybnosti obdobný. Tuto hypotézu však bude nutné v budoucnu ověřit.

I zde byl na základě dat vytvořen jednoduchý model pro střely stejné či obdobné hmotnosti využitých v této práci. Tento model vznikl zprůměrováním rychlostí všech těchto střel a zprůměrováním jejich směrodatných odchylek. Model také logicky odpovídá lineární funkci a lze jej i funkci vidět v grafech 6.3.3. a 6.3.4.

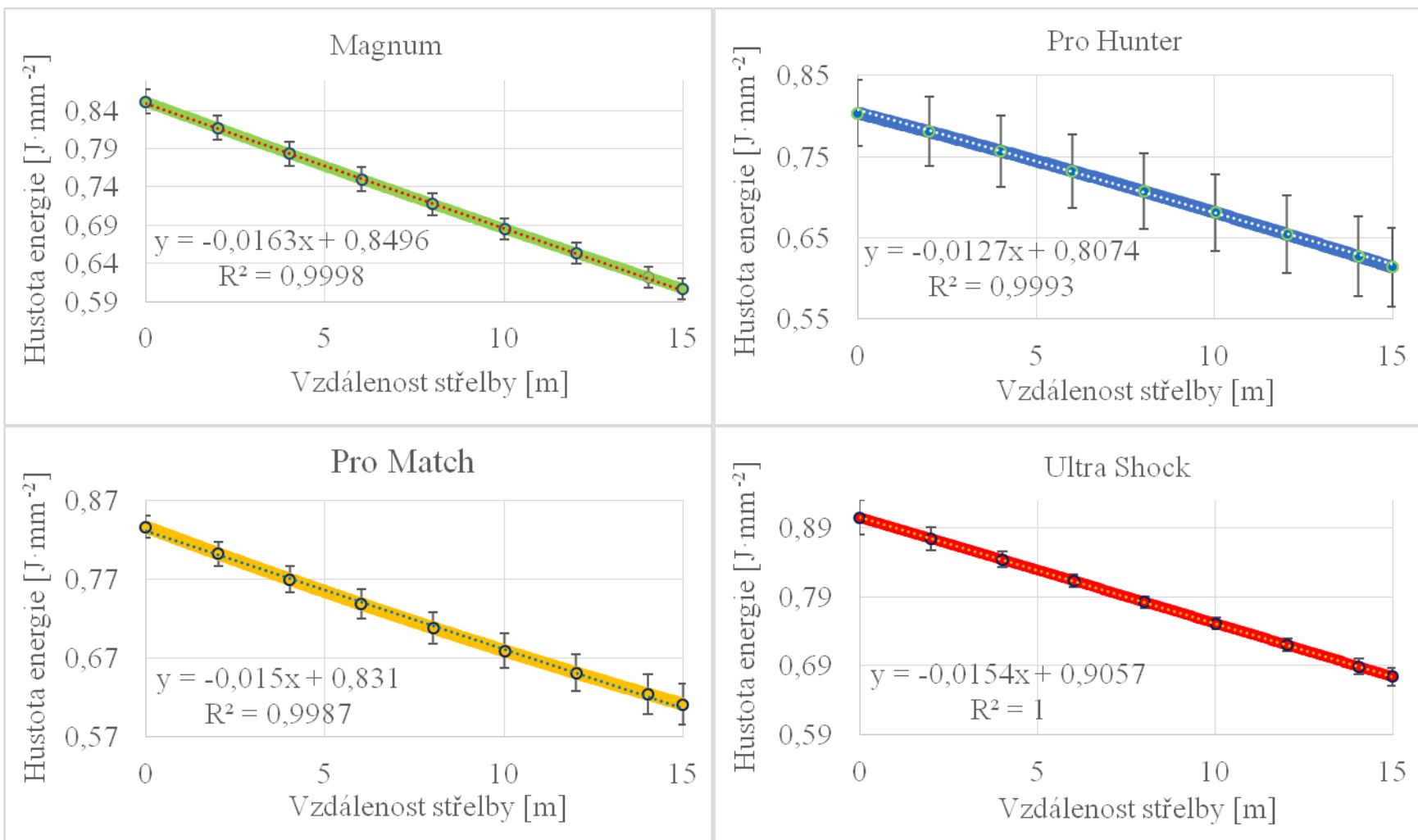
Bohužel se z dostupné literatury nepodařilo dohledat limitní hodnoty pro vznik těžkého či fatálního poranění, a proto údaje z tabulky 6.3.1 budou srovnány s údaji z tabulky 6.2. Na základě takovéto komparace, lze říci, že zbraně zkoumané v této práci dosahují pouhého zlomku hodnot výkonnějších ráží, a lze tedy předpokládat, že i způsobené následky budou násobně menší.

6.4 Hustota energie střel

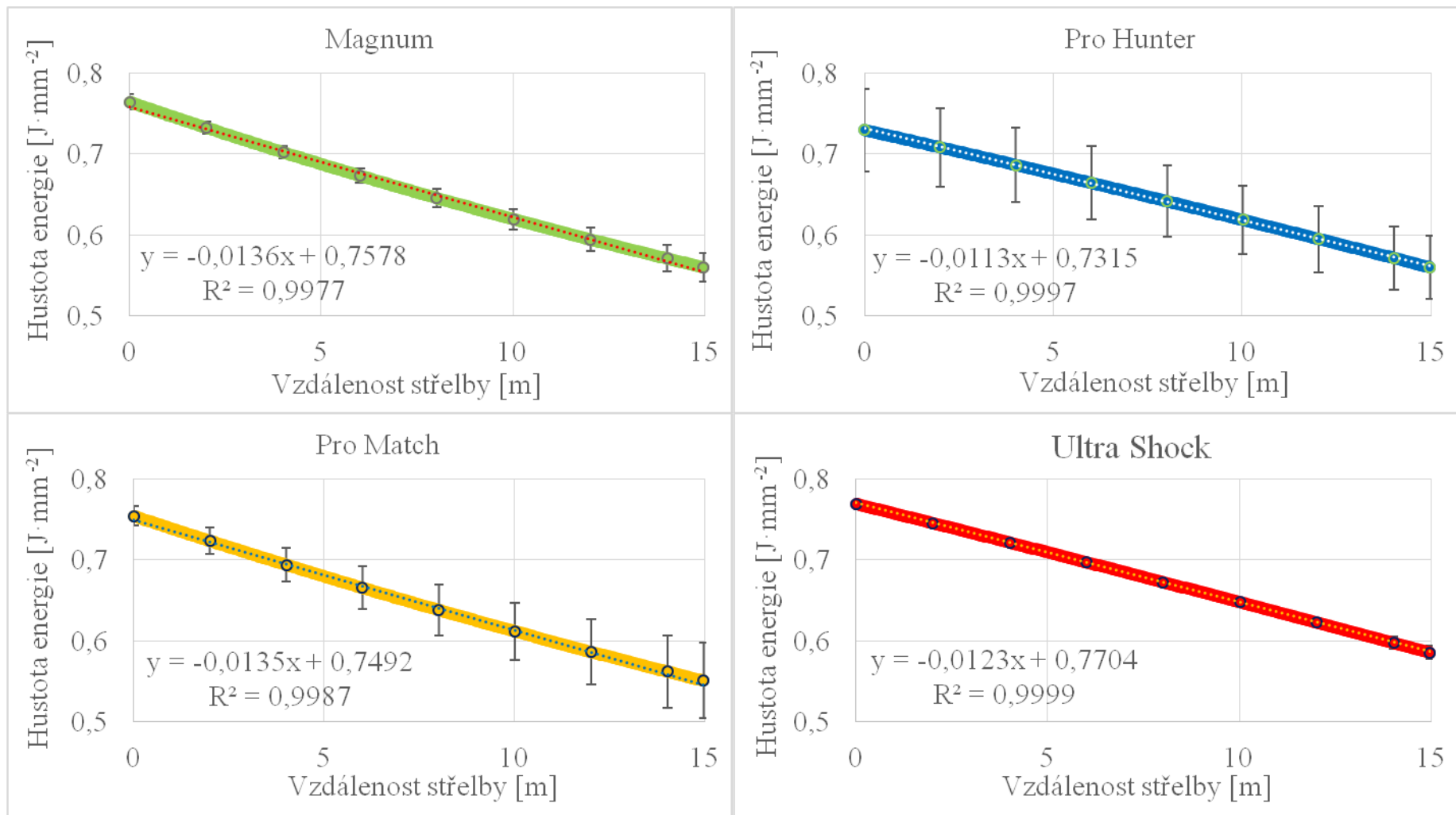
Hustota energie střely, nebo také měrná kinetická energie střely vztažená na plochu jejího příčného řezu, bude taktéž prezentována dle stejné struktury. Jedná se tedy o tabulku 6.4.1, kde jsou uvedeny průměrné hodnoty v určitých vzdálenostech střelby, a jednotlivé průběhy zobrazené v grafech 6.4.1 a 6.4.2. Na jednotlivých grafech lze nalézt i lineární funkce, které jsou vyvozeny na základě vnesených dat v grafu. Tyto funkce dosahují shody přesahující 99 % a lze říci, že se většinou blíží k hranici 100 %.

Tabulka 6.4.1: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky pro hustoty energií střel.

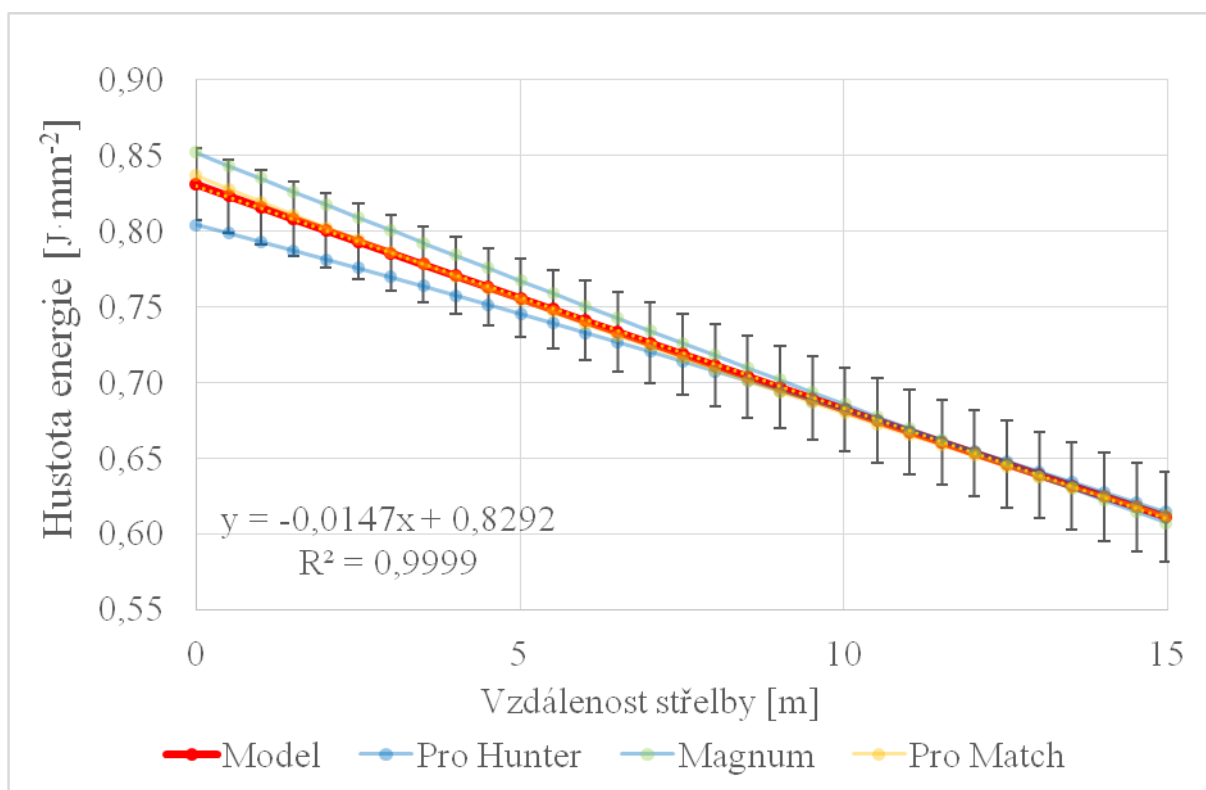
Hustota energie střely – e [$J \cdot mm^{-2}$]										
Zbraň	Střela	Vzdálenost střelby – s [m]								
		0	2	4	6	8	10	12	14	14,99
Větrovka	Magnum	0,851 ±0,021	0,823 ±0,019	0,783 ±0,020	0,754 ±0,018	0,721 ±0,013	0,692 ±0,010	0,653 ±0,011	0,620 ±0,009	0,610 ±0,010
	Pro Hunter	0,804 ±0,040	0,781 ±0,042	0,760 ±0,039	0,732 ±0,048	0,708 ±0,053	0,679 ±0,047	0,650 ±0,050	0,627 ±0,051	0,610 ±0,048
	Pro Match	0,840 ±0,009	0,799 ±0,018	0,773 ±0,021	0,741 ±0,022	0,708 ±0,020	0,682 ±0,016	0,654 ±0,021	0,623 ±0,031	0,613 ±0,033
	Ultra Shock	0,902 ±0,019	0,869 ±0,017	0,842 ±0,011	0,813 ±0,009	0,777 ±0,013	0,749 ±0,010	0,720 ±0,011	0,691 ±0,011	0,672 ±0,011
Vzduchovka	Magnum	0,764 ±0,010	0,732 ±0,007	0,702 ±0,007	0,673 ±0,009	0,646 ±0,011	0,620 ±0,013	0,595 ±0,015	0,571 ±0,016	0,560 ±0,017
	Pro Hunter	0,730 ±0,050	0,710 ±0,050	0,690 ±0,050	0,660 ±0,050	0,640 ±0,040	0,620 ±0,040	0,600 ±0,040	0,570 ±0,040	0,560 ±0,040
	Pro Match	0,750 ±0,010	0,720 ±0,020	0,690 ±0,020	0,570 ±0,030	0,640 ±0,030	0,610 ±0,040	0,590 ±0,040	0,560 ±0,040	0,550 ±0,040
	Ultra Shock	0,769 ±0,003	0,745 ±0,003	0,721 ±0,003	0,697 ±0,003	0,673 ±0,003	0,648 ±0,004	0,623 ±0,005	0,598 ±0,007	0,769 ±0,003



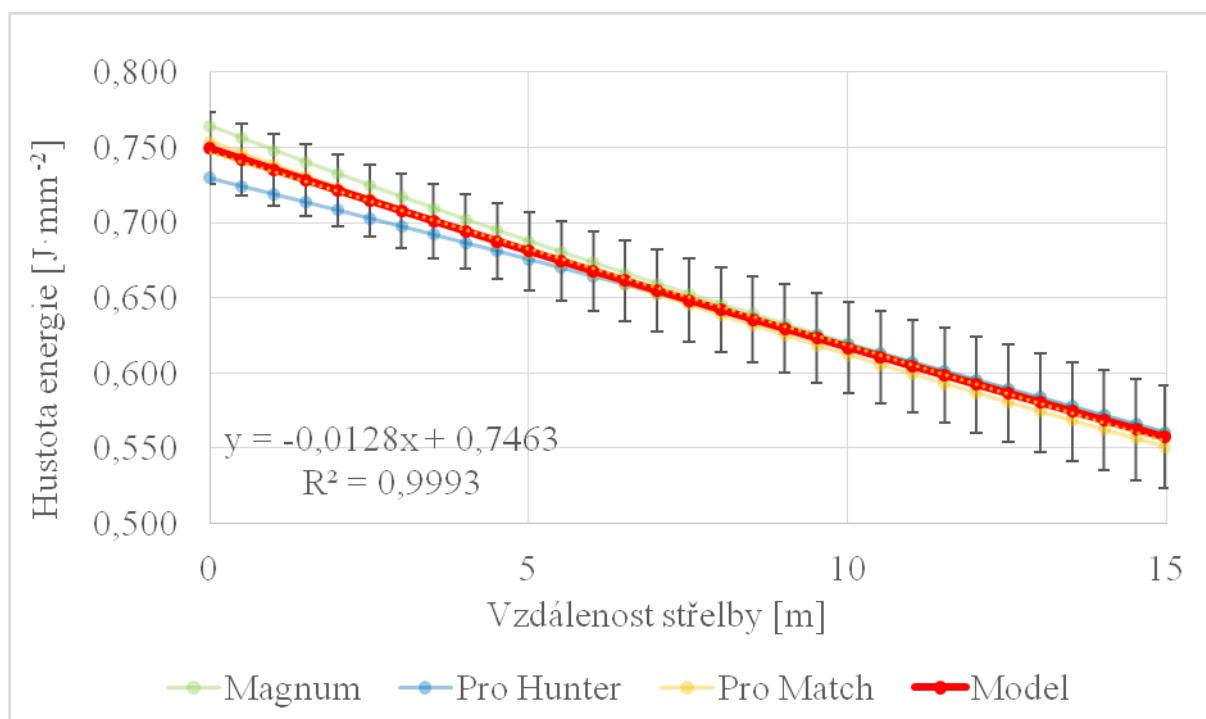
Graf 6.4.1: Závislosti hustot energií střel ke vzdálenosti střelby u střel vystřelených z větrovky.



Graf 6.4.2: Závislosti hustot energií střel ke vzdálenosti střelby u střel vystřelených ze vzduchovky.



Graf 6.4.3: Model závislosti hustot energií střel ke vzdálenosti střelby z větrovky.



Graf 6.4.4: Model závislosti hustot energií střel ke vzdálenosti střelby ze vzduchovky.

Maximální průměrná počáteční hustota energie střel Magnum vystřelených z větrovky je $0,851 \text{ J}\cdot\text{mm}^{-2}$ a u střel vystřelených ze vzduchovky $0,764 \text{ J}\cdot\text{mm}^{-2}$. Teoreticky by střela měla dosáhnout nulové hustoty energie ve vzdálenosti 52,2 m pro větrovku a 55,8 m pro vzduchovku.

Tak jako i v předchozích podkapitolách, lze i u hustoty energie dojít k závěru, že střely o stejné či velmi blízké hmotnosti (Pro Hunter – 0,48 g; Magnum – 0,49 g; Pro Match – 0,48 g) mají obdobné poklesy a naměřené hodnoty. Lze tedy v těchto případech, na základě indukce, vyvodit obecnou hypotézu: U střel stejné či velmi podobné hmotnosti bude pokles hybnosti obdobný. Tuto hypotézu však bude nutné v budoucnu ověřit.

I zde byl na základě dat vytvořen jednoduchý model pro střely stejné či obdobné hmotnosti využitých v této práci. Tento model vznikl zprůměrováním rychlostí všech těchto střel a zprůměrováním jejich směrodatných odchylek. Model také logicky odpovídá lineární funkci a lze jej i funkci vidět v grafech 6.4.3 a 6.4.4.

Pro hodnocení kritéria hustoty energie střel je využita tabulka 6.4.2, která znázorňuje limitní hodnoty hustoty energie.

Tabulka 6.4.2: Limitní hodnoty hustoty energie (dopadové měrné kinetické energie) e_d . [33]

Druh limitu energie	e_d [kJ·m⁻²]
Limitní smrtící energie střely	1000
Limitní energie k proniku do hloubky tkáně	500
Limitní energie střely pro pronik kůží	100
Limitní energie proniku oka	60

Aby se usnadnila komparace je zde uvedena tabulka 6.4.3 znázorňující dopočtené hodnoty dopadové měrné kinetické energie (hustoty energie) pro střely využitě v této práci pro vzdálenosti 0 a 14,99 m převedené na kJ·m⁻².

Tabulka 6.4.3: Hodnoty dopadové měrné kinetické energie pro střely využitě v práci pro vzdálenosti 0 a 14,99 m.

Zbraň	Typ střely	Průměrné hodnoty dopadové měrné kinetické energie e_d [$\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$]	
		0 m	14,99 m
Větrovky	Magnum	812	578
	Pro Hunter	768	587
	Pro Match	799	586
	Ultra Shock	865	642
Vzduchovka	Magnum	728	534
	Pro Hunter	698	536
	Pro Match	725	531
	Ultra Shock	735	560

Jak lze vidět, limitní hodnoty pro usmrcení ($1000 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$) zkoumané diabolky nedosáhly. Nejbližše se této hodnotě přiblížily střely Ultra Shock vystřelené z větrovky s hodnotou na ústí $865 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$. Nicméně všechny sledované střely přesáhly hodnotu $500 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$, což je limitní energie k proniku do hloubky tkáně. Střely typu diablo tedy dle kritéria ranivého potenciálu, založeném na hodnotě dopadové měrné kinetické energie, mají schopnost způsobit i těžká zranění. Jak dokazují příklady uvedené v úvodu této práce mají tyto střely v krajním případě schopnost usmrtit člověka.

6.5 Hloubka zástřelu

V této podkapitole budou prezentovány výsledky získané z postřelování substitučního fyzikálního modelu, konkrétně balistické želatiny o koncentraci 20 %. Výsledky jsou tak jako v předchozích podkapitolách prezentovány formou aritmetických průměru a odchylek naměřených hodnot pro danou vzdálenost na dráze střely.

Protože se rychlostmi střel a jejich kinetickou energií podrobně zabýval předchozí podkapitoly, budou tyto údaje vztažené k tomuto (druhému) experimentu prezentovány již jen formou tabulky č. 6.5.1 pro počáteční a dopadovou rychlost a tabulkou č. 6.5.1 pro kinetickou energii a platí pro podkapitoly 6.5 i 6.6.

Tabulka 6.5.1. Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky rychlosti střel.

Rychlost střely – v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]							
Zbraň	Střela	Vzdálenost – s [m]					
		0	5	7,5	10	12,5	15
Větrovka	Magnum	227,6 ±3,0	213,1 ±2,9	207,3 ±3,2	202,0 ±3,3	205,9 ±3,5	199,5 ±2,7
	Pro Hunter	228,4 ±4,9	218,6 ±5,5	213,6 ±5,7	208,9 ±6,7	204,2 ±6,9	199,9 ±5,1
	Pro Match	229,9 ±2,9	220,0 ±2,2	214,7 ±2,6	210,0 ±2,7	204,6 ±3,4	200,1 ±4
	Ultra Shock	201,9 ±2,3	192,9 ±1	188,9 ±1,5	184,4 ±0,8	179,7 ±2,1	175,0 ±1,9
Vzduchovka	Magnum	217,9 ±2,1	208,3 ±2,0	203,9 ±1,9	199,1 ±2,2	103,9 ±1,6	99,6 ±2,8
	Pro Hunter	214,6 ±6,7	206,2 ±7,1	202,5 ±6,5	199,3 ±5,9	195,7 ±6,7	192,4 ±7,1
	Pro Match	220,0 ±2,8	209,9 ±2,8	204,0 ±3,1	199,4 ±2,9	194,0 ±2,6	189,2 ±3,2
	Ultra Shock	184,3 ±0,5	177,0 ±0,6	173,8 ±0,6	167,2 ±0,5	164,1 ±0,4	161,7 ±0,3

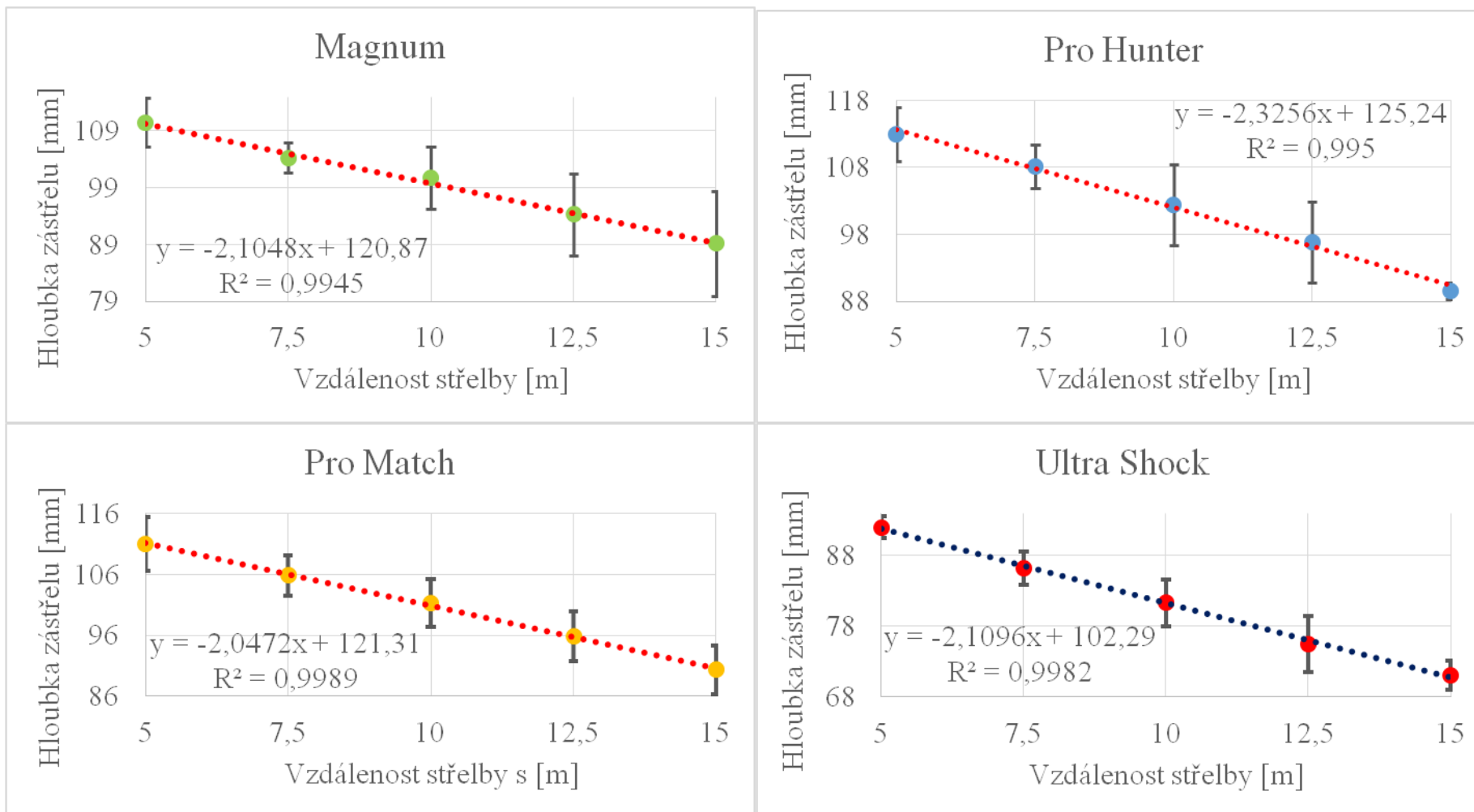
Tabulka 6.5.2. Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky pro kinetickou energii.

Kinetická energie střely – E_k [J]						
Zbraň	Střela	Vzdálenost střelby – s [m]				
		5	7,5	10	12,5	15
Větrovka	Magnum	11,13 ±0,23	10,53 ±0,28	10,00 ±0,31	10,39 ±0,29	9,75 ±0,33
	Pro Hunter	11,47 ±0,60	10,95 ±0,70	10,47 ±0,65	10,01 ±0,71	9,59 ±0,67
	Pro Match	11,62 ±0,34	11,06 ±0,32	10,58 ±0,38	10,05 ±0,37	9,61 ±0,4
	Ultra Shock	12,47 ±0,31	11,95 ±0,28	11,39 ±0,19	10,82 ±0,23	10,26 ±0,21
Vzduchovka	Magnum	10,41 ±0,21	9,98 ±0,18	9,51 ±0,19	9,02 ±0,20	8,63 ±0,16
	Pro Hunter	10,20 ±0,59	9,84 ±0,53	9,53 ±0,49	9,19 ±0,56	8,88 ±0,60
	Pro Match	10,79 ±0,32	10,20 ±0,36	9,74 ±0,41	9,22 ±0,39	8,77 ±0,44
	Ultra Shock	10,81 ±0,09	10,42 ±0,12	9,64 ±0,10	9,29 ±0,14	9,02 ±0,12

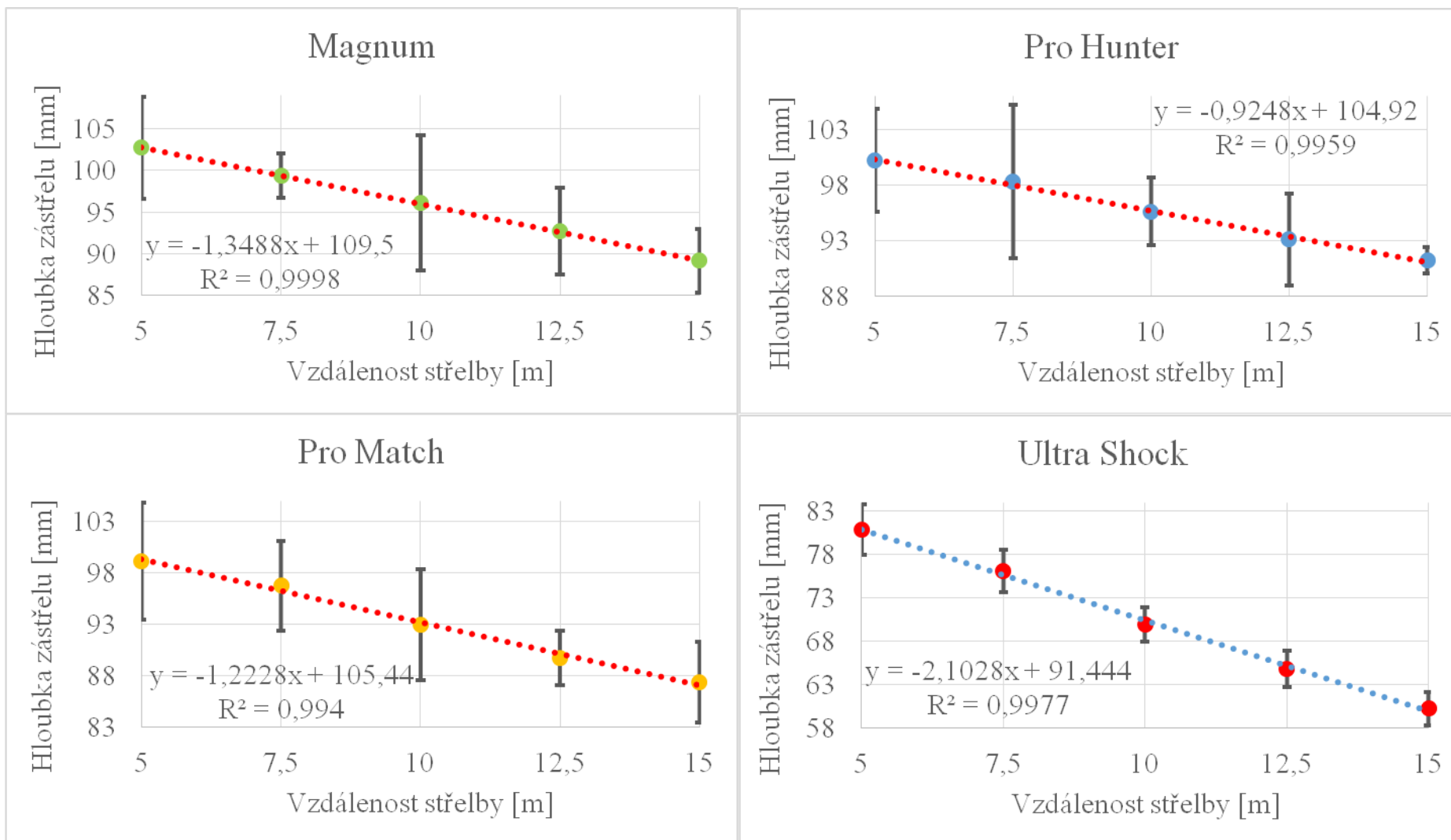
Sledovaný parametr hloubka zástřelu (vniku) ve zkušebním bloku balistické želatiny o koncentraci 20 % je prezentován formou aritmetických průměrů a odchylek vztažených k určité vzdálenosti. Data jsou uvedena v tabulce 6.5.3, dále jsou data prezentována formou grafů graf 6.5.4 a 6.5.7.

Tabulka 6.5.3: Hloubka zástřelu.

Hloubka zástřelu – s_z [mm]						
Zbraň	Střela	Vzdálenost střelby – s [m]				
		5	7,5	10	12,5	15
Větrovka	Magnum	110,52 ±4,31	104,32 ± 2,70	100,74 ± 5,49	94,30 ± 7,21	89,22 ± 9,21
	Pro Hunter	112,98 ±4,02	108,14 ±3,25	102,40 ±6,07	96,80 ±6,02	89,58 ±1,21
	Pro Match	110,94 ±4,37	105,83 ±3,32	101,27 ±3,85	95,81 ±4,11	90,36 ±3,98
	Ultra Shock	92,02 ±1,60	86,20 ±2,36	81,29 ±3,27	75,46 ±3,95	71,02 ±2,05
Vzduchovka	Magnum	102,72 ±6,12	99,34 ±2,70	96,10 ±8,09	92,70 ±5,20	89,18 ±3,78
	Pro Hunter	100,18 ±4,62	98,30 ±6,86	95,58 ±3,04	93,10 ±4,14	91,22 ±1,21
	Pro Match	99,16 ±5,71	96,77 ±4,36	92,99 ±5,41	89,76 ±2,67	87,38 ±3,94
	Ultra Shock	80,90 ±2,94	76,13 ±2,41	69,93 ±1,95	64,88 ±2,10	60,24 ±1,88



Graf 6.5.1: Hloubka zástřelu ve vztahu ke vzdálenosti střelby při střelbě z větrovky.



Graf 6.5.2: Hloubka zástřelu ve vztahu ke vzdálenosti střelby při střelbě ze vzduchovky.

Ze získaných dat vyplývá, že střely přibližně stejné hmotnosti způsobují přibližně stejnou hloubku zástřelu (vniknutí), přičemž tvar střely je méně podstatný. Vliv tvaru střely na její ranivý potenciál je možné pro další hodnocení zanedbat. Významnou roli, ale hraje hmotnost střely. Pokles hloubky zástřelu na naměřeném úseku vykazuje linearitu. Dalším zajímavým poznatkem je, že střely diabolo se při průchodu pružně plastickým materiálem výrazně nedeformují. Deformaci těla střely je velmi nesnadné rozpoznat a lze ji proto také v dalším hodnocení zanedbat, jak lze spatřit na obrázcích 6.5.1 – 6.5.3. Střely se při předání své kinetické energie cíli prakticky nedeformují. Tyto poznatky a tvrzení platí pro všechny střely využitě v této práci.



Obr. 6.5.1: Střely Magnum: vpravo dvě nevystřelené, vlevo dvě vystřelené.

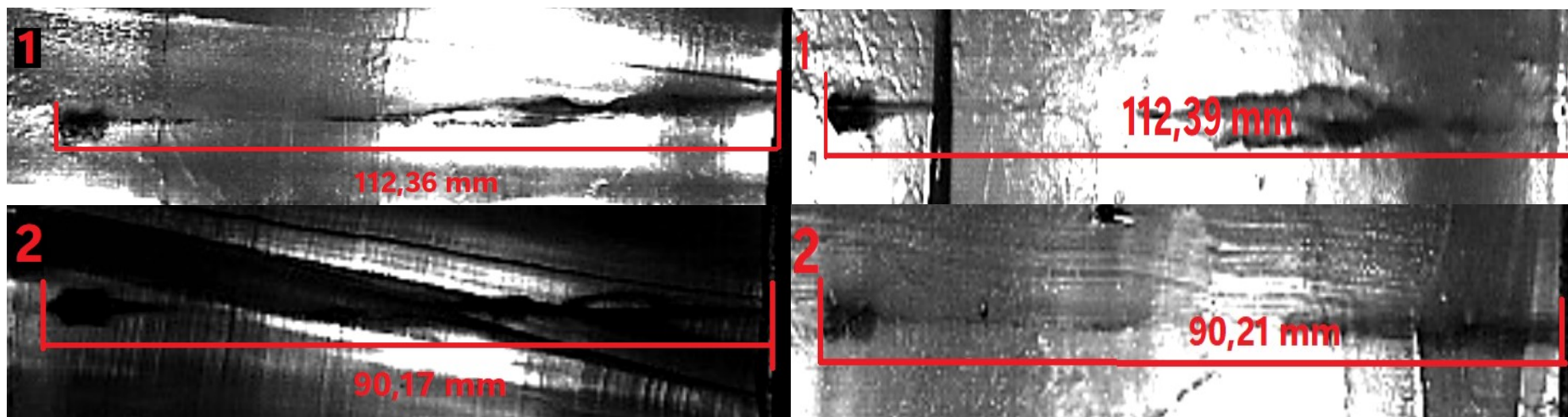


Obr. 6.5.2: Střely Pro Match: vpravo dvě nevystřelené, vlevo dvě vystřelené.

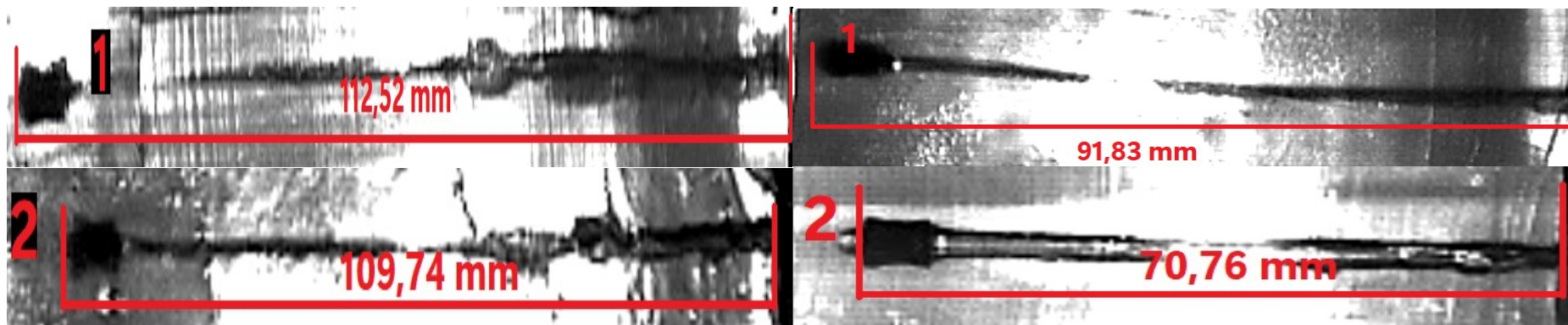


Obr. 6.5.3: Vystřelené střely Pro Match

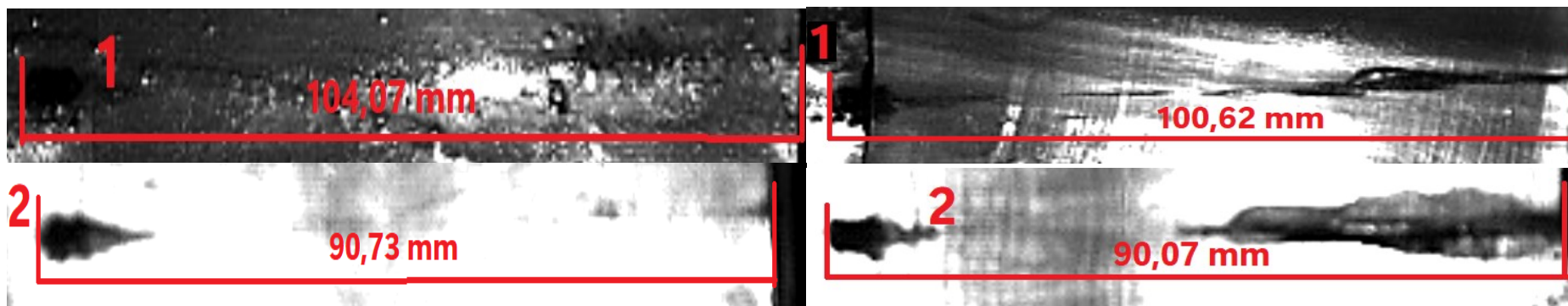
V závěru této podkapitoly jsou zobrazeny optické záznamy z rychloběžné kamery s údaji o hloubce zástřelu v bloku balistické želatiny o koncentraci 20 %. Z důvodu zestručnění a zpřehlednění prezentace výsledků, budou vždy pod sebou zobrazeny záznamy z 5 m (označené číslem 1) a 15 m (označené číslem 2), a to pro první vystřelené střely daného typu na danou vzdálenost střelby.



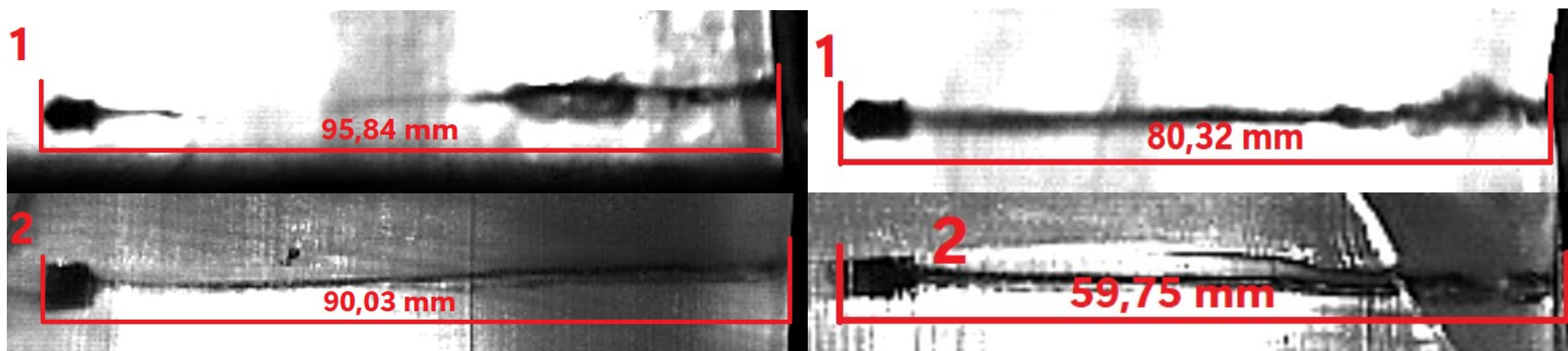
Obr. 6.5.4: Záznamy z rychloběžné kamery doplněné o údaj hloubky vniku pro střely Magnum a Pro Hunter vystřelené z větrovky.



Obr. 6.5.5: Záznamy z rychloběžné kamery doplněné o údaj hloubky vniku pro střely Pro Match a Ultra Shock vystřelené z větrovky.



Obr. 6.5.6 Záznamy z rychloběžné kamery doplněné o údaj hloubky vniku pro střely Magnum a Pro Hunter vystřelené ze vzduchovky.



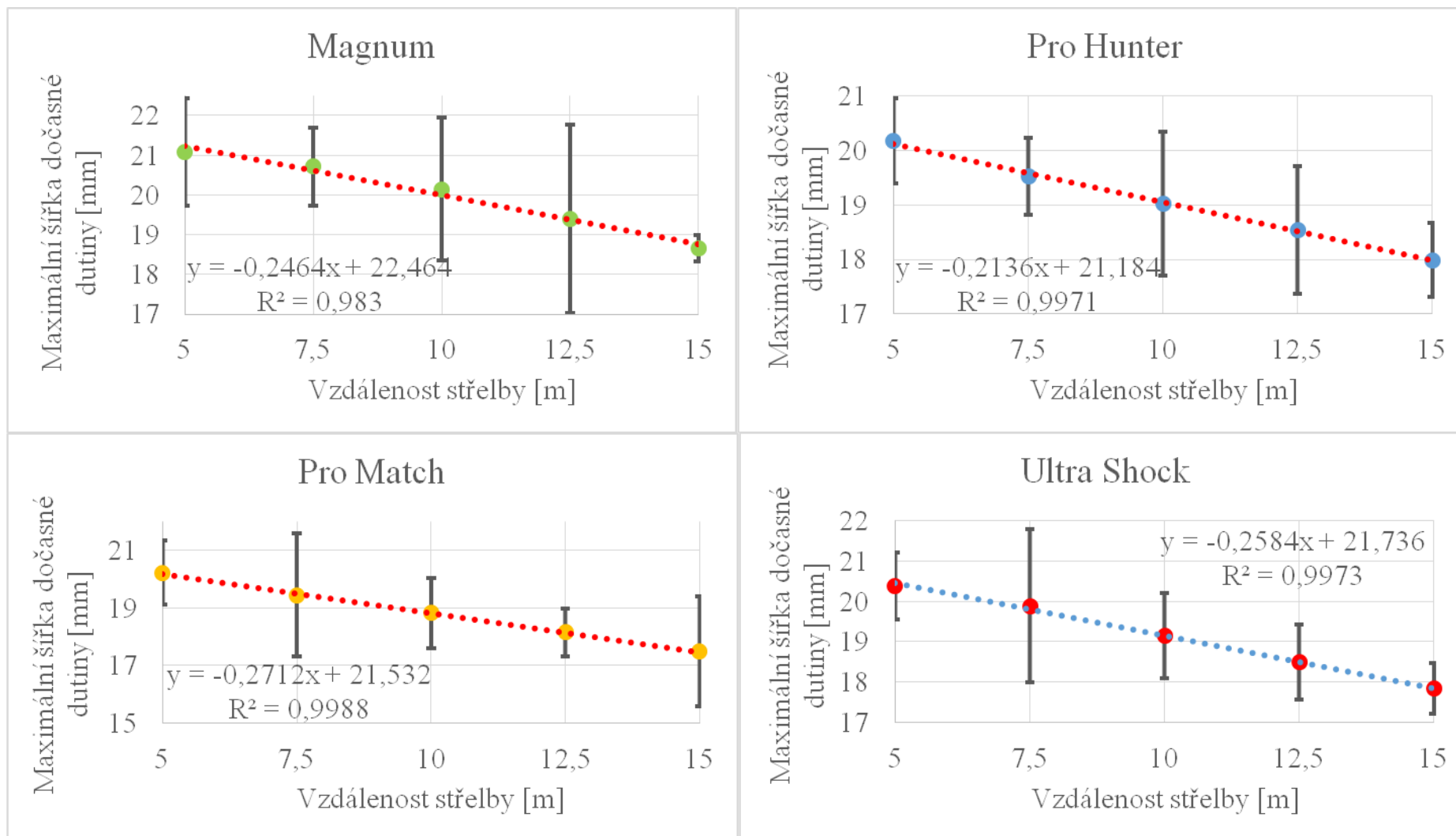
Obr. 6.5.7 Záznamy z rychloběžné kamery doplněné o údaj hloubky vniku pro střely Magnum a Pro Hunter vystřelené ze vzduchovky.

6.6 Šířka (průměr) dočasné dutiny

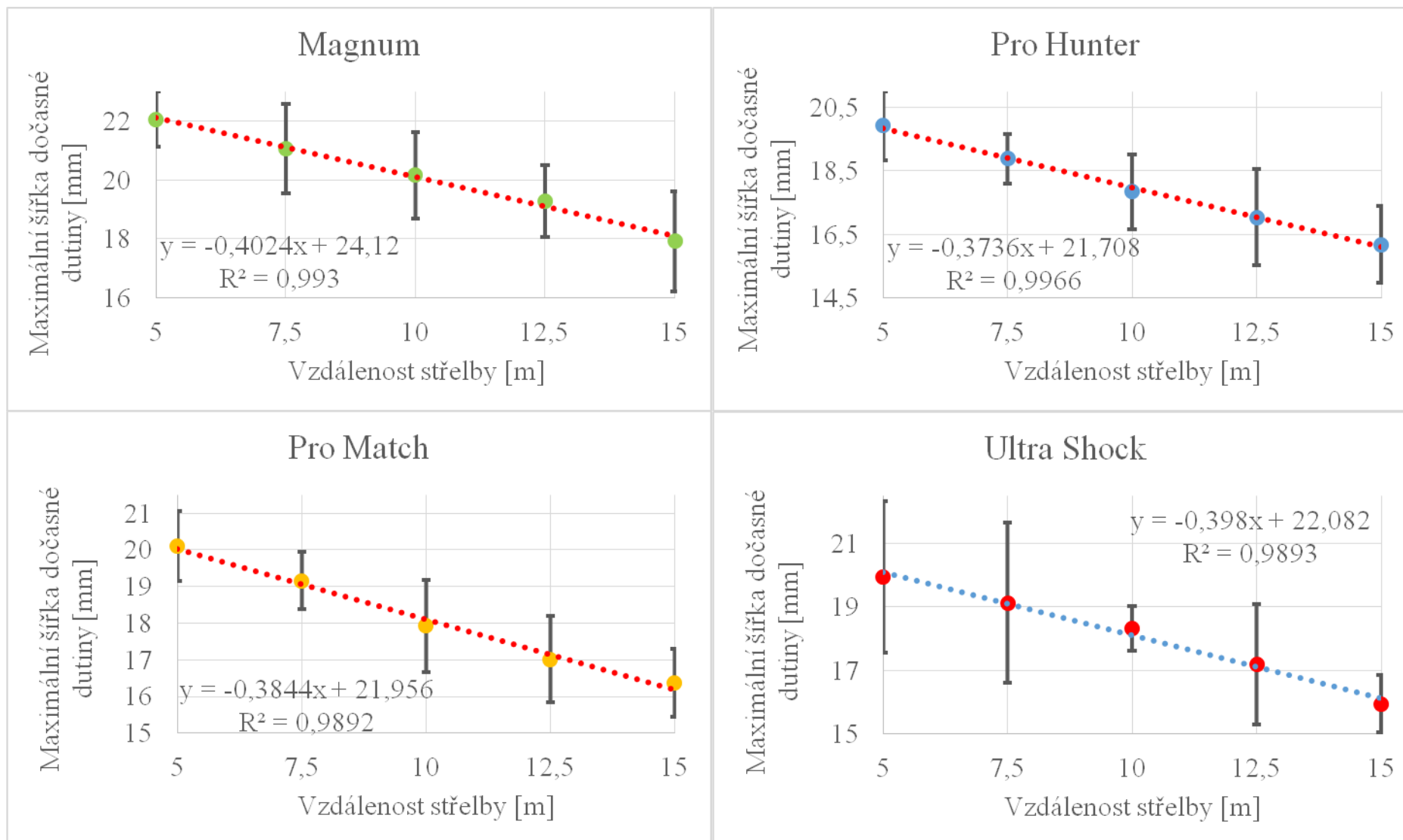
Sledovaný parametr maximální šířka (průměr) dočasné dutiny v homogenním bloku balistické želatiny o koncentraci 20 % je prezentován v tabulce 6.6.1 a v grafech 6.6.1 a 6.6.2. Také jsou v rámci této podkapitoly prezentovány vybrané záběry z rychloběžné kamery (obrázky 6.6.1 – 6.6.4).

Tabulka 6.6.1: Maximální šířka (průměr) dočasné dutiny.

Maximální šířka (průměr) dočasné dutiny – $s_{mš}$ [mm]						
Zbraň	Střela	Vzdálenost střelby – s [m]				
		5	7,5	10	12,5	15
Větrovka	Magnum	21,08 ±1,34	20,72 ±0,98	20,14 ±1,80	19,40 ±2,37	18,66 ±0,34
	Pro Hunter	20,17 ±0,78	19,52 ±0,70	19,02 ±1,32	18,54 ±1,17	17,99 ±0,68
	Pro Match	20,22 ±1,10	19,44 ±2,15	18,82 ±1,22	18,14 ±0,84	17,48 ±1,90
	Ultra Shock	20,38 +0,83	19,88 +1,89	19,16 ±1,05	18,50 ±0,92	17,84 ±0,63
Vzduchovka	Magnum	22,06 ±0,94	21,06 ±1,53	20,16 ±1,47	19,28 ±1,23	17,92 ±1,70
	Pro Hunter	19,92 ±1,08	18,89 ±0,78	17,84 ±1,19	17,03 ±1,52	16,18 ±1,21
	Pro Match	20,10 ±0,95	19,16 ±0,78	17,92 ±1,25	17,01 ±1,18	16,37 ±0,93
	Ultra Shock	19,94 ±2,39	19,13 ±2,51	18,32 ±0,70	17,18 ±1,89	15,94 ±0,90



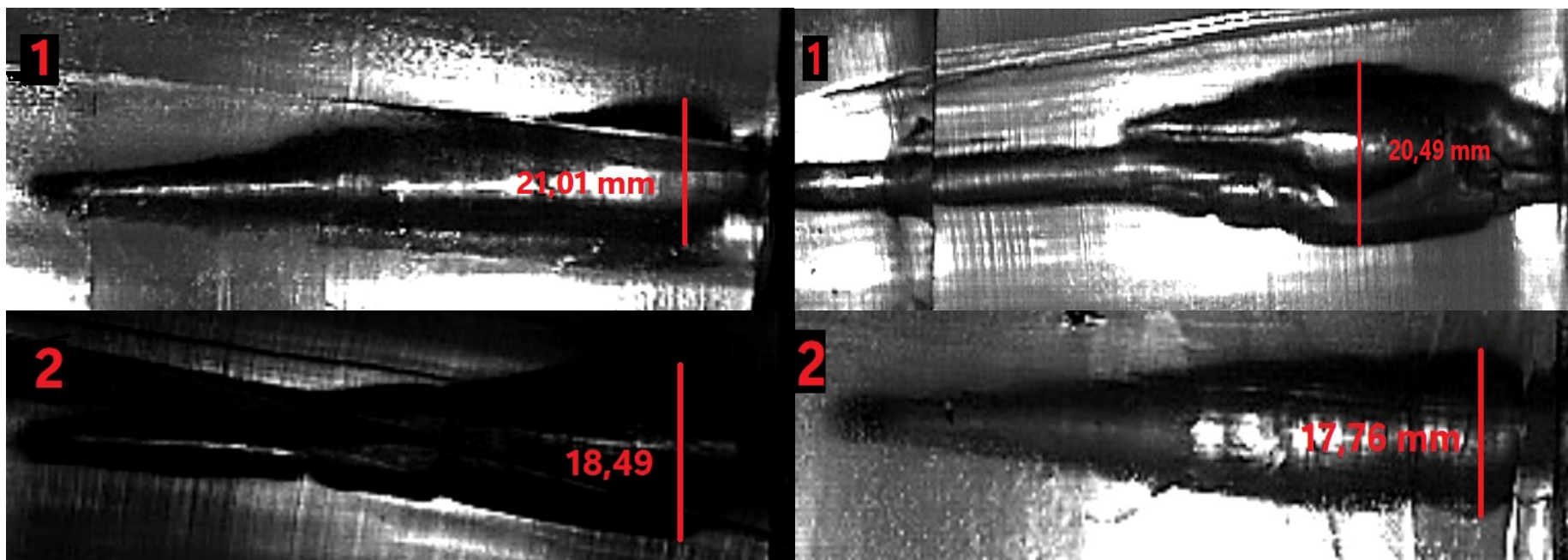
Graf 6.6.1: Maximální šířka dočasné dutiny ve vztahu ke vzdálenosti střelby při střelbě z větrovky.



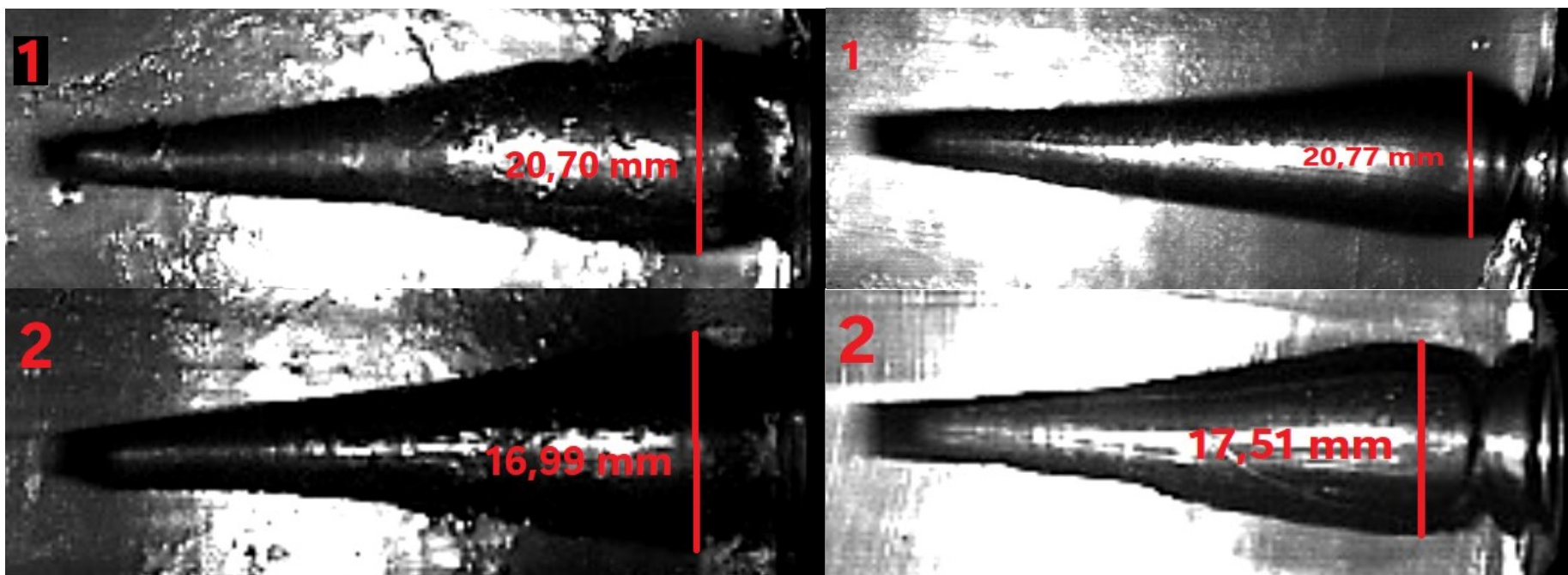
Graf 6.6.2: Maximální šířka dočasné dutiny ve vztahu ke vzdálenosti střelby při střelbě ze vzduchovky.

Na základě získaných dat lze vyvodit důležitý poznatek, a to, že střely přibližně stejné hmotnosti způsobují přibližně stejnou maximální šířku (průměr) dočasné dutiny v želatinovém bloku, přičemž tvar střely nehraje významnou roli. Vliv tvaru střely na ranivý potenciál je možné proto zanedbat. Důležitou roli, ale hraje hmotnost střely. Pokles hloubky zástřelu v závislosti na změně (růstu) vzdálenosti střelby na naměřeném úseku vykazuje linearitu. Dalším zajímavým poznatkem je, že střely diabolo se při průchodu pružně plastickým materiálem výrazně nedeformují.

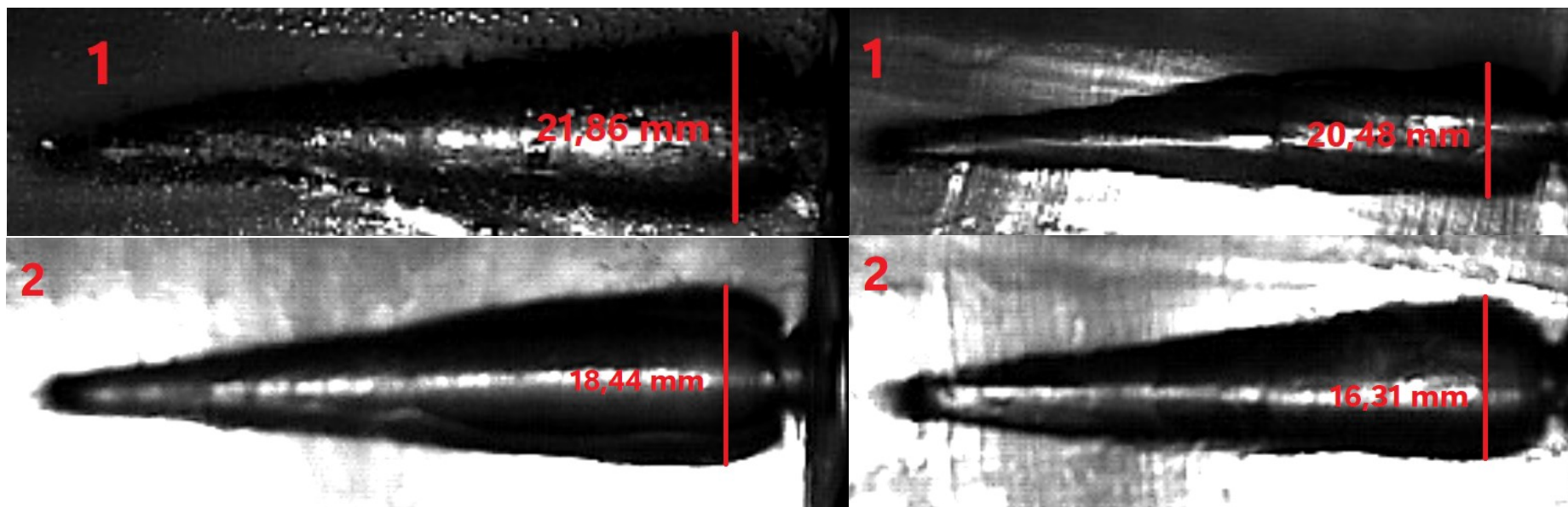
V závěru této podkapitoly jsou zobrazeny záznamy z rychloběžné kamery. Z důvodu zestručnění a zpřehlednění budou vždy pod sebou zobrazeny záznamy z 5 m (označené číslem 1) a 15 m (označené číslem 2), a to pro první vystřelené střely daného typu na danou vzdálenost střelby.



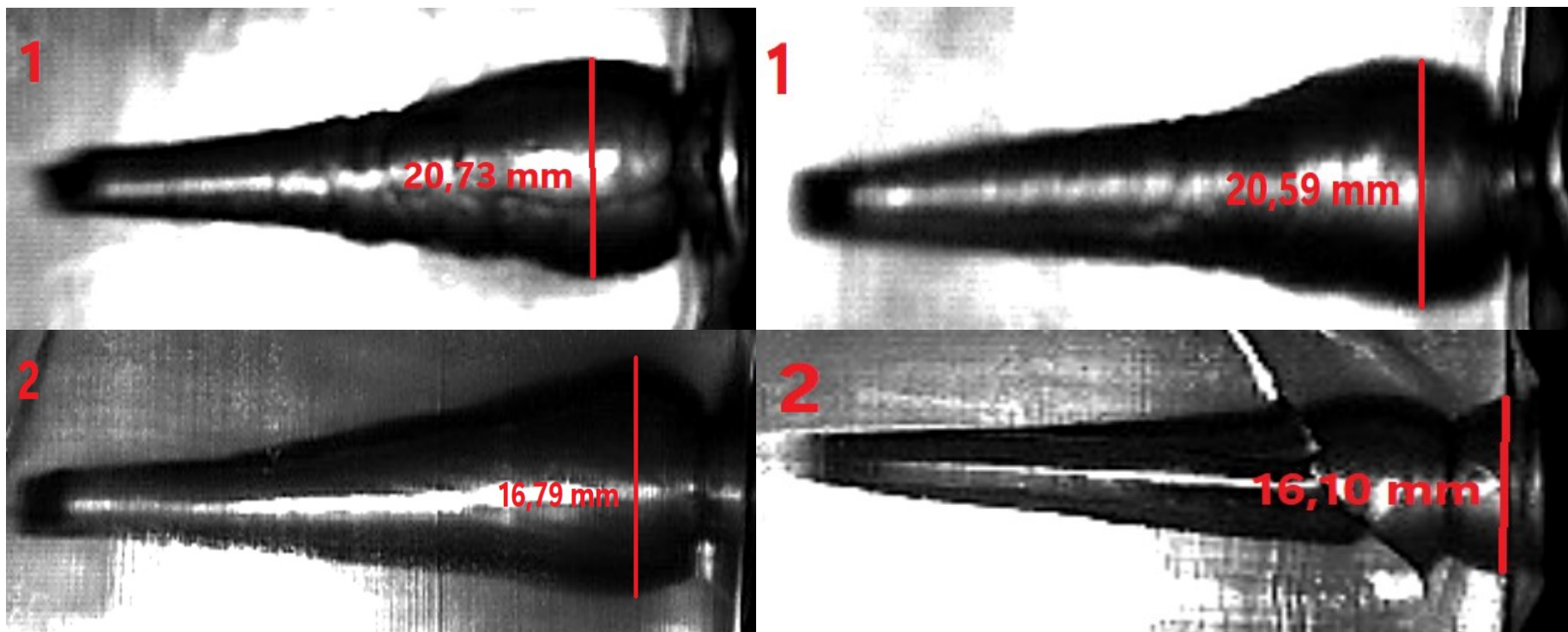
Obr. 6.6.1: Záznamy z rychloběžné kamery doplněné o údaj maximální šířky (průměru) dočasné dutiny pro střely Magnum a Pro Hunter vystřelené z větrovky.



Obr. 6.6.2: Záznamy z rychloběžné kamery doplněné o údaj maximální šířky (průměru) dočasné dutiny pro střely Pro Match a Ultra Shock vystřelené z větrovky.



Obr. 6.6.3: Záznamy z rychloběžné kamery doplněné o údaj maximální šířky (průměru) dočasné dutiny pro střely Magnum a Pro Hunter vystřelené ze vzduchovky.



Obr. 6.6.4: Záznamy z rychloběžné kamery doplněné o údaj maximální šířky (průměru) dočasné dutiny pro střely Magnum a Pro Hunter vystřelené ze vzduchovky.

6.7 Shrnutí výsledků práce

Výsledky práce dokládají, že zkoumané střely typu diablo jsou na hranici schopností způsobovat závažné zranění. Některá kritéria (hybnost a kinetická energie) naznačují, že tuto schopnost nemají, jiná kritéria (hustota energie a rychlost) naznačují pravý opak. Je třeba zde zopakovat, že v této práci zkoumané zbraně využívaly k výstřelu energii 16 J. Právě 16 J bylo v době provádění experimentů legislativním omezením pro vzduchové zbraně, ale toto omezení již od 1. 2. 2022 neplatí a na trhu v ČR lze běžně nalézt zbraně i s několikanásobkem této energie, takové zbraně pochopitelně budou mít výrazně větší účinek.

Jednotlivé sledované parametry a kritéria mají dle získaných dat lineární charakter, který průměrům naměřených dat odpovídá ve více než 99 %.

Taktéž je třeba zde připomenout, že data a výsledky jsou průkazné pouze na měřeném úseku od 0,00 m do 14,99 m. Jakékoli prognózy a odhady chování střely mimo tento interval se nezakládají na datech, jsou čistě teoretické a nemusejí odpovídat realitě. Údaje o teoretické vzdálenosti, kdy jednotlivé sledované veličiny dosáhnou hodnoty 0, dokazují, že lineární trendy sledovaných parametrů nemusejí odpovídat realitě. Jinak by mezi nimi nemohl být rozdíl až 50 m. Z toho plyne, jak již bylo zmíněno, že dané lineární trendy a rovnice jsou platné pouze pro měřený úsek a jejich případná platnost mimo měřený interval by musela být experimentálně ověřena. Na základě konzultace s odborníky lze předpokládat, že reálný pokles na delším neměřeném úseku nebude lineární, ale po určité vzdálenosti nastane prudší pokles odpovídající balistické křivce. Tak jako nelze přesně vypočítat balistická křivka, nelze ani přesně vypočítat průběh poklesu jednotlivých parametrů, a pro určení poklesu by bylo potřeba mít naměřená data na delším úseku či celé délce dráhy střely.

Na základě srovnání naměřených a dopočtených dat sledovaných parametrů u střel posuzovaných v této práci a stejných parametrů výkonnějších střel z tabulky č. 6.2 lze konstatovat, že diabolky jsou slabší a méně výkonné, v některých případech je rozdíl mnohanásobný.

Tak jako výše zmíněná kritéria, i hloubka zástřelu a maximální šířka (průměr) dočasné dutiny ve zkušebním želatinovém bloku s rostoucí vzdáleností střelby vykazují pokles hodnot, a i zde pokles na měřeném úseku vykazuje linearitu. Významným poznatkem ovšem zůstává, že střely přibližně stejné hmotnosti způsobují obdobné hloubky vniku i maximální šířky (průměru) dočasné dutiny. Jelikož ostatní podmínky experimentu byly stejné, lze konstatovat, že tvar střely nemá významný vliv na její ranivý potenciál. Taktéž velmi důležitým poznatkem je, že střely diablo se při průchodu homogenní biologickou tkání nebo její substitucí nijak významně nedeformují, čímž nevzrůstá odpor pronikání prostředí proti jejímu postupu.

Doložené příklady však ukazují na to, že i zbraně podobné uvedeným v práci, mohou mít schopnost způsobit i fatální zranění s následkem smrti. Důležitou roli zde hraje místo zásahu živého cíle. Přesto jsou laickou veřejností často tyto zbraně podceňovány a brány jako dětské hračky. Tomu je třeba zabránit, to již však není úkolem balistika. Avšak co úkolem balistika je, je upozornit na ranivý potenciál těchto zbraní a jeho vývoj v závislosti na vzdálenosti střelby, a přinést kvantitativní i kvalitativní hodnocení ranivého potenciálu, tak jak se o to snaží i tato práce.

Přínos práce pro vědu a praxi

Na základě poznatků plynoucích z této práce lze nalézt několik přínosů této práce, které jsou uplatnitelné jak v praxi, tak ve vědě.

První přínos práce spočívá v poznacích o vývoji rychlosti střel a dalších parametrů jako jsou dopadová kinetická energie, hybnost či hustota energie na dráze letu. Na základě naměřených či dopočtených dat lze konstatovat, že průběh poklesu všech sledovaných parametrů lineární. Průkazné jsou ovšem poznatky pro vzdálenost střelby 0,00 m až 14,994 m, zde jsou poznatky vztaženy k reálným datům. Závěry vztažené k větší vzdálenosti jsou pak vyvozeny na základě lineárních funkcí, jsou pouze teoretické a nemusí se shodovat s realitou a bylo by třeba je ověřit dalším měřením.

Druhý přínos práce spočívá ve zjištění, že střely typu diablo různých tvarů hlavičky, ale přibližně stejné hmotnosti, vykazují relativně blízká data a lze pro ně vytvořit univerzální model. To platí pro střely Pro Hunter, Pro Match a Magnum. Pro jiné střely to je ovšem hypotéza, která je pravděpodobná, nicméně je třeba ji ověřit dalšími experimenty.

Třetím přínosem je určení vlastního ranivého potenciálu střely vystřelené z posuzovaných zbraní. Jednotlivá kritéria ranivého potenciálu, založená na vhodně zvolené fyzikální veličině, mohou hovořit někdy protichůdně. Kritérium hybnosti slouží převážně ke srovnání střel typu diablo se střelami vyššího balistického výkonu, tedy střel vyšší hmotnosti vystřelované vyšší počáteční rychlostí. Diabolky ale dosahují pouze zlomky hodnot balisticky výkonnějších střel.

Kritérium měrné hustoty dopadové kinetické energie ukazuje, že střely typu diablo jsou schopny vyvolat závažná poranění, některé se dokonce blíží hranici nutné pro vyvolání smrtelného zranění.

Kritérium dopadové kinetické energie je nejednoznačné, je totiž náročnější zařadit střely typu diablo. Dle jednoho srovnání dosahují hodnot nutných pro vyvolání těžkého zranění kdekoli na těle, dle druhého jsou pod hranicí účinnosti střely. Jak ale ukazují příklady, střely reálně mohou způsobit i smrtící zranění. Tento fakt a výsledky zohledňující kritérium měrné hustoty dopadové kinetické energie umožňují vyvodit závěr, že střely typu diablo mají ranivý potenciál, který je schopen vyvolat i smrtelná zranění.

Další přínos spočívá ve zjištění, že tvar střel typu diablo nepředstavuje významný faktor ovlivňující jejich ranivý potenciál střely.

Posledním praktickým přínosem je experimentálně ověřené zjištění, že střely typu diablo, při svém proniku prostředím homogenní biologické tkáně nebo její substitucí nijak významně nedeformují. Toto není možné očekávat

ani v případech balisticky výkonnějších ráží střel konstrukce, umožňující jejich řízenou deformaci.

Jak bylo zmíněno v úvodu této práce, je s určitou pravděpodobností jednou z mála, ne-li jediná, obsáhlejší studie zabývající se vzduchovými zbraněmi a vlivem vzdálenosti střelby na jejich ranivý potenciál.

Přínos pro vědu spočívá právě ve zmapování dosud málo prozkoumané oblasti ranivé balistiky mikrorážového střeliva nízkého výkonu. Je třeba brát tuto práci jako prvotní ucelenější studii a navázat na ni dalšími komplexnějšími výzkumy v této oblasti. Poznatky, ač jsou podloženy naměřenými daty, lze pro budoucí výzkum brát spíše jako hypotézy s vysokou pravděpodobností reálnosti.

Přínos pro praxi pak lze spatřit pro oblast teoretické balistiky, soudního lékařství a válečné chirurgie, kriminalistiky obecně či při návrhu konstrukce nových typů střel a vhodného hodnotícího kritéria jejich ranivého potenciálu.

Závěr

Tato práce řeší vliv vzdálenosti střelby na ranivý potenciál vzduchové zbraně. Je třeba hned v úvodu této kapitoly uvést stručné a jednoznačné resumé výsledků a to je, že s rostoucí vzdáleností ranivý potenciál klesá. To je způsobeno poklesem kinetické energie střely, které má na zkoumaném úseku dráhy střely lineární trend. Hypotéza práce je tedy potvrzena.

Podrobnější shrnutí a závěry práce jsou pak následující. Vzduchová zbraň v pojetí této práce využívá homogenní mikrorážové střelivo ráže 4,5 mm nízkého balistického výkonu. Nepodařilo se dohledat žádnou vědeckou práci zabývající se komplexně takto specifickou oblastí. Práce je tedy původní a s vysokým stupněm originality v přístupu k řešení ranivého potenciálu této kategorie zbraňového systému. Práce dále zpřístupňuje skupinu poznatků, které bude nutné v dalším období teoreticky ověřit a experimentálně potvrdit.

Hlavním cílem práce bylo navrhnout, připravit a realizovat balistické měření k určení vlivu vzdálenosti střelby na ranivý potenciál vzduchové zbraně. Tento cíl byl i přes přijatá dílčí omezení práce splněn, nicméně je potřeba podniknout další měření a studie pro definitivní potvrzení či vyvrácení přijatých tvrzení a poznatků této práce.

V práci byla využita základní vědecká metoda zkoumání, metoda experimentu. Pro zkoumání a srovnání ranivého potenciálu se využila kritéria: hustoty dopadové kinetické energie, dopadové kinetické energie, hybnosti, hloubky zástřelu a maximální šířky dočasné dutiny. Sledována byla také rychlost střely pro jednotlivé posuzované případy.

Parametry hustoty dopadové kinetické energie, dopadové kinetické energie, hybnosti byly sledovány na vzdálenost střelby od 0,00 m do 14,99 m. Na tomto úseku bylo měřeno 301 bodů, tedy každých 4,98 cm. V rámci práce byly zkoumány 4 typy střel, a to střely Gamo: Pro Hunter, Magnum, Pro Match a střely JSB Ultra Shock. Tyto střely byly vystřelovány z dvou typů zbraní, a to z klasické zlamovací pístové vzduchovky a z moderní větrovky. Obě zbraně shodně v ráži 4,5 mm.

Stejně střely i zbraně byly využity v rámci měření hloubky zástřelu i maximální šířky (průměru) dočasné dutiny v bloku balistické želatiny o koncentraci 20 %. Měření probíhalo na vzdálenosti střelby 5; 7,5; 10; 12,5 a 15 m.

Sledované parametry na daném úseku vykazují lineární pokles. Tento vývoj je prokazatelný na měřeném úseku a jeho aplikace na delší vzdálenosti je pouze teoretická a nemusí odpovídat realitě.

Zajímavým zjištěním je, že střely velmi blízké hmotnosti, bez ohledu na tvar přední čelní plochy, vykazují velmi blízké hodnoty měřených parametrů a s jistou dávkou tolerance pro ně lze navrhnout univerzální matematický model. Toto tvrzení lze jednoznačně říci o střelách Pro Match, Magnum a Pro Hunter. Pro ostatní střely by toto tvrzení bylo pouhou hypotézou, kterou by bylo nutné ověřit experimentálně. Na základě indukce lze tedy dojít k závěru, že u střel typu diablo je vliv tvaru hlavičky střely na její ranivý potenciál zanedbatelný.

Důležitým zjištěním je skutečnost, že se střely tohoto typu při průchodu prostředím homogenní biologické tkáně nebo její substitucí výrazně nedeformují.

Jednotlivá kritéria vypovídají o jiném ranivém potenciálu těchto zbraní. Kritérium hybnosti vypovídá o tom, že střely diablo dosahují pouze zlomků hodnot střel vyššího balistického výkonu. Kritérium dopadové kinetické energie není jednoznačné, dle jednoho srovnání střely diablo jsou pod hranicí účinnosti. Dle dalšího srovnání mají jednoznačně posuzované střely schopnost způsobit závažná zranění. Kritérium hustoty dopadové kinetické energie pak jednoznačně dokazuje, že střely typu diablo, mají schopnost způsobovat závažná zranění, přičemž některé se dokonce blíží k hranici nutné pro způsobení smrtelných zranění. Toto tvrzení potvrzují i příklady kazuistik zmíněné v úvodu, které dokládají, že vzduchové zbraně mohou i usmrtit člověka.

Lze tedy říci, že vzduchové zbraně v závislosti na typu střel mají ranivý potenciál, který může způsobovat závažná střelná poranění a v závislosti na směru a místu zásahu a stavu zasaženého člověka, mohou vést až k jeho smrti.

Poznatky práce lze uplatnit jak v praxi (soudní znalci působící v oboru střelivo a výbušniny, soudnictví, návrhy konstrukce střel), tak ve vědě. V oblasti vědy práce mapuje dosud nedostatečně probádanou oblast kvantifikovaného hodnocení účinků vzduchových zbraní. Z tohoto důvodu lze považovat tuto práci jako určitou první komplexněji pojatou vědeckou studii, jejíž závěry lze považovat za prvotně prokázané hypotézy s jejich verifikací pro vědecké bádání a praxi, které je však nutno podpořit dalšími širšími výzkumy a studii.

Z tohoto důvodu si autor dovoluje navrhnout několik směrů, kam lze dále směřovat další aplikovaný výzkum:

- rozšířit škálu zkoumaných zbraní, střel či ráží této kategorie,
- měření provádět na delším úseku střelby (např. 100 m),
- navrhnout další metody a hodnotící kritéria pro hodnocení ranivého potenciálu mikrorážového střeliva relativně nízkého výkonu.

Zkoumaná oblast je velmi zajímavá a ve vědeckém oboru ranivé balistiky v současné době reprezentuje doplnění jistého deficitu relevantních údajů pro

oblast teorie a balistické praxe. Poznatky zde publikované mají výrazný publikační a citační charakter.

Pro jednoho vědce s výrazně omezenými možnostmi může stanovení cíle komplexně zpracovat problematiku ranivého potenciálu vzduchových zbraní (včetně vlivu vzdálenosti střelby) znamenat celoživotní pracovní náplň. Proto by bylo vhodné zapojit do této oblasti více vědců z dané vědní oblasti podpořených také studenty a zanícenými nadšenci pro věc. Pro nadšence by byla potřeba vytvořit jasnou a jednoduchou metodiku a posléze kvalifikovaně verifikovat jejich výsledky.

Autor práce velmi rád poskytne pomoc každému, kdo bude chtít v této oblasti seriózně bádát.

Seznam použité literatury

- [1] Trestné činy spáchané střelnými zbraněmi - Policie České republiky, 2021. In: Policie České republiky [online]. Praha: Policie ČR, 18. 7. 2017 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/trestne-ciny-spachane-strelnymi-zbranemi.aspx>
- [2] DiMaio, Vincent J.M. *Gunshot wounds: practical aspects of firearms, ballistics, and forensic techniques*. Third edition. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis Group, [2016], ©2016. xxi, 355 stran. Practical aspects of criminal and forensic investigations. ISBN 978-1-4987-2569-9.
- [3] KRAJSA, Jan, Miroslav HIRT, Ludvík JUŘÍČEK and Miroslav ĎATKO. Poranění hlavy vzduchovou puškou Slavia 620. In 3. *Trilaterální symposium s mezinárodní účastí 25. - 27. 5. 2011 Rožnov pod Radhoštěm*. 2011. ISBN 978-80-254-8741-9.
- [4] GUENTHER, T. et al. Fatal cardiac injury sustained from an air gun: Case report with review of the literature. *International Journal of Surgery Case Reports* [online]. 2020, vol. 70, s. 133-136 [cit. 31 October 2021] Dostupné z: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85084584158&doi=10.1016%2fj.ijscr.2020.04.039&partnerID=40&md5=b43103f4025283a2baf47fae2ed82aca>.
- [5] SIMON, G. et al. Brain death of an infant caused by a penetrating air gun injury. *Legal Medicine* [online]. 2019, vol. 39, s. 41-44 [cit. 31 October 2021] Dostupné z: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85067178540&doi=10.1016%2fj.legalmed.2019.06.004&partnerID=40&md5=446d6455de4961884b445cfc3f48ded8>
- [6] NG'WALALI, P. M. et al. Unusual homicide by air gun with pellet embolisation. *Forensic Science International* [online]. 2001, vol. 124, no. 1, s. 17-21 [cit. 31 October 2021] Dostupné z: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0035892677&doi=10.1016%2fS0379-0738%2801%2900547-3&partnerID=40&md5=183a82c43757777e45f81fdde6860a84>.
- [7] DUMENČIĆ, B. et al. Fatal injury by air gun: a case report. *Egyptian Journal of Forensic Sciences* [online]. 2020, vol. 10, no. 1 [cit. 31 October 2021] Dostupné z: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85079210661&doi=10.1186%2fs41935-020-00182-7&partnerID=40&md5=1680d0d3d4f1de39a318d60614bd69e2>.

- [8] FICEK, M. et al. *Influence of the shooting distance on the depth of penetration of the bullet into the replacement material for air gun weapons* [online], 2019 [cit. 22 September 2021]. 663-672 s. Cited By :1 Dostupné z: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85077912393&doi=10.2507%2f30th.daaam.proceedings.091&partnerID=40&md5=1cf1c836f0cd2326255e3d51ad9c0c83>
- [9] OGUNC, G. I. et al. The wounding potential and legal situations of air guns - Experimental study. *Australian Journal of Forensic Sciences* [online]. 2014, vol. 46, no. 1, s. 39-52 [cit. 23 September 2021] Dostupné z: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84890489979&doi=10.1080%2f00450618.2013.789078&partnerID=40&md5=e681b329279d52cd0495d5704df3d8c5>
- [10] STEINDLER, R. A. Air Gun Pellet Penetration. *Medicine, Science and the Law* [online]. 1980, vol. 20, no. 2, s. 93-98 [cit. 23 September 2021] Dostupné z: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0019188728&doi=10.1177%2f002580248002000205&partnerID=40&md5=7174f0fb4e9aa657f2a27d0912b96e4b>
- [11] KAMPHAUSEN, T. et al. Wounding potential of 4.4-mm (.173) caliber steel ball projectiles. *International Journal of Legal Medicine* [online]. 2019, vol. 133, no. 1, s. 143-150 [cit. 22 September 2021] Dostupné z: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85060395843&doi=10.1007%2fs00414-018-1816-6&partnerID=40&md5=8f752cd8449b929cc1966e7fa57e7f20>
- [12] HSIAO, Y. -T a H. -H MENG. Evaluation of wounding potential of airguns using aluminium witness plates. *Australian Journal of Forensic Sciences* [online]. 2020, vol. 52, no. 4, s. 417-427 [cit. 23 September 2021] Dostupné z: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85058192767&doi=10.1080%2f00450618.2018.1553207&partnerID=40&md5=b1074284ecdaa27b24dc7fa9cf21bf25>
- [13] MIKULICOVA, M. et al. *Comparison of depth of incomplete penetration for different types of pellets for shooting weapon of category D* [online]. , 2017 [cit. 25 September 2021]. 66-69 s. Cited By :6 Dostupné z: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85029374209&doi=10.1109%2fMILTECHS.2017.7988732&partnerID=40&md5=4dc468ee0e12e181fcfe61daf3fa2d41>

- [14] GRACLA, Michal, Aleš CHOCHOLATÝ a Zdeněk MALÁNÍK, 2017. Analýza ranivého účinku základních zbraní kategorie D. In: BRADÁČ, Albert a Michal KŘIŽÁK. *Sborník příspěvků konference Expert Forensic Science Brno 2017 (ExFoS 2017): XXVI. mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství* [USB disk]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, s. 327-336 [cit. 2017-01-31]. ISBN 978-80-214-5459-0. Dostupné z: www.exfos.cz
- [15] GRACLA, M. a V. KŘESÁLEK. Determining the wounding potential of shooting weapons in the course forensic science at the faculty of applied informatics tomas bata university in Zlin. *Turkish Online Journal of Educational Technology* [online]. 2017, vol. 2017, no. October Special Issue INTE, s. 802-810 [cit. 23 September 2021] Dostupné z: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85044709536&partnerID=40&md5=7572a589a7dd865b6c60cae000af7017>
- [16] FICEK, Martin, 2017. Náhradní balistický materiál a jeho využití u zbraní kategorie D. In: *Bezpečnostní technologie, systémy a management 2017: Sborník příspěvků 6. mezinárodní konference*. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, s. 1-6. ISBN 978-80-7454-696-9.
- [17] FICEK, Martin, Ludvík JURÍČEK a Olga VOJTĚCHOVSKÁ, 2018. Hodnocení ranivého potenciálu expanzní zbraně. In: *Krizové řízení a řešení krizových situací*. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, s. 29-36. ISBN 978-80-7454-821-5.
- [18] FICEK, Martin, Ludvík JURICEK a Michaela MIKULICOVA, 2018. Expansion Weapons and their Wounding Potential. In: *Proceedings of the 29th International DAAAM Symposium 2018*. DAAAM International Vienna, s. 0786-0790. DAAAM Proceedings. DOI: 10.2507/29th.daaam.proceedings.114. ISBN 9783902734204. Dostupné také z: http://www.daaam.info/Downloads/Pdfs/proceedings/proceedings_2018/114.pdf
- [19] FICEK, Martin a Ludvík JURÍČEK, 2019. Měření průběhu předané energie v bloku náhradního balistického materiálu. In: *Sborník příspěvků konference Expert Forensic Science Brno 2019*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, s. 435-439. ISBN 978-80-214-5708-9.

- [20] FICEK, Martin et al., 2019. Influence of distance to depth shot of a CO₂-powered airsoft gun with lead shot ammunition and shape of the temporary and permanent cavity in ballistic gelatine. *MATEC Web of Conferences*. **292**. ISSN 2261-236X. Dostupné z: doi:10.1051/mateconf/201929203010
- [21] FICEK, Martin a Ludvík JUŘÍČEK, 2019. Vliv vzdálenosti střelby na hloubku zástřelu airsoftové zbraně. In: *Krizové řízení a řešení krizových situací*. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, s. 1-9.
- [22] FICEK Martin, Ludvík JUŘÍČEK, Michal GRACLA, Michaela MIKULIČOVÁ, Zdeněk MALÁNÍK, Aleš MIZERA. 2019. Evaluation of Wounding Potential of Florbert Weapon. *Transylvanian Review*. ISSN 15849422, 12211249
- [23] FICEK, Martin, LUDVÍK, Juříček, MALÁNÍK, Zdeněk, GRACLA, Michal, MIKULIČOVÁ, Michaela. DETERMINATION OF WOUNDING POTENTIAL OF GUNS KNOWN FROM CHILDHOOD - BLOWPIPE AND SLINGSHOT. *DAAAM International Scientific Book 2020*. Vienna: DAAAM International Vienna, 2020, s. 227-236. ISBN 978-3-902734-27-3.
- [24] FICEK, Martin, Ludvík JUŘÍČEK a Kateřina BOČKOVÁ. Ranivá balistika vybraného mikrorážového střeliva. In: *Sborník konference CRISCOM 8. - 9. 9. 2021*. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2021, s. 22-42. ISBN 978-80-7678-028-6.
- [25] KNEUBUEHL, Beat P., 2004. *Balistika: střely, přesnost střelby, účinek*. Praha: Naše vojsko. ISBN 80-206-0749-8.
- [26] BEAT P. KNEUBUEHL (ED.) a Robin M. Coupland, Markus A. Rothchild, Michael J. Thali. ROBIN M. COUPLAND, MARKUS A. ROTHCHILD, MICHAEL J. THALI., 2011. *Wound Ballistics*. Transl. of the rev. 3. Germaned. (2008). Dordrecht: Springer. ISBN 978-364-2203-565.
- [27] SELLIER, Karl G. a Beat P. KNEUBUEHL, 1994. *Wound ballistics and the scientific background: a text and atlas of gun shot wounds*. New York: Elsevier. ISBN 978-0444815118.
- [28] MANNERS, Steven, 2002. *Wound ballistics*. Toronto, ON: Gutter Press. ISBN 978-1896356419.
- [29] DODD, Malcolm J. a Karen BYRNE, 2006. *Terminal ballistics: a text and atlas of gun shot wounds*. Boca Raton, FL. ISBN 978-084-9335-778.

- [30] DI MAIO, Vincent J. M., c1999. *Gun shot wounds: practical aspects of firearms, ballistics, and forensic techniques*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press. ISBN 08-493-8163-0.
- [31] ROSENBERG, Zvi a Erez DEKEL, 2016. *Terminal ballistics*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-9811003936.
- [32] BREEZE, John et al., 2017. *Ballistic trauma: a practical guide*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3319613635.
- [33] JUŘÍČEK, Ludvík, 2017. *Ranivá balistika: technické, soudnělékařské a kriminalistické aspekty*. Ostrava: KeyPublishing. Vědecká monografie. ISBN 978-80-7418-274-7.
- [34] JUŘÍČEK, Ludvík, 2015. *Ranivý potenciál malorážových střel a jeho hodnocení*. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-222-8.
- [35] JUŘÍČEK, Ludvík, 2020. *The bullets wounding potential and safety management*. The first edition. London: STS Science Centre, Ltd. in coedition with Key Publishing. Monograph (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-346-1.
- [36] JIRSÁK, Čestmír a Pravoslav KODYM, 2017. *Vnější balistika a teorie střelby*. Praha: Naše vojsko. ISBN 978-80-206-1650-0.
- [37] PLANKA, Bohumil, 2010. *Kriminalistická balistika*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-036-9.
- [38] BUCHAR, Jaroslav a Josef VOLDŘICH, 2003. *Terminální balistika: střely, přesnost střelby, účinek*. Praha: Academia. ISBN 80-200-1222-2.
- [39] PÍRKO, Zdeňek, 1944. *Co je to balistika a zvukoměřičství*. Praha: Jednota českých matematiků a fyziků v Praze.
- [40] POLANSKÝ, František, 1951. *Vnitřní balistika děl a raket*. 6th Edition. Praha: Technicko-vědecké vydavatelství.
- [41] Zákon č. 40/2009 Sb. Zákon trestní zákoník. In: *Sbírka zákonů*. 2009. ISSN 1211-1244.

- [42] Zákon č. 119/2002 Sb. Zákon 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). In: *Sbírka zákonů*. 2002. ISSN 1211-1244.
- [43] Zákon č. 13/2021 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu (zákon o zbraních), ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 156/2000 Sb., o ověřování střelných zbraní a střeliva, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů*. 2021. ISSN 1211-1244.
- [44] Skolnik, M.: *Radar Handbook*, Third Edition. McGraw Hill Professional, 2008, ISBN 978-0-07-148547-0.
- [45] *TARGET SCORING SYSTEM POTSS-2011, POTSS-2012, POTSS2016, POTSS-2016S, POTSS-2017, POTSS-2019 - USER'S MANUAL*. Brno: Prototypa - ZM, 2019.
- [46] Vzduchovka Gamo Shadow DX cal.4,5mm I Colosus.cz. Colosus.cz - zbraně, střelivo, Umarex, pyrotechnika [online]. [cit. 2021-10-5]. Dostupné z: <https://www.colosus.cz/vzduchovka-gamo-shadow-dx-cal-4-5mm-x137217>
- [47] Vzduchovka Hatsan Gladius cal.4,5mm I Colosus.cz. Colosus.cz - zbraně, střelivo, Umarex, pyrotechnika [online]. [cit. 2021-10-5]. Dostupné z: <https://www.colosus.cz/vzduchovka-hatsan-gladius-cal-4-5mm-x143910>
- [48] GAMO MAGNUM PELLETS - 4.5MM (PACK OF 250) I Airgun Ammo. *Gamo Airguns Online Shop I South Africa I Gamo.co.za* [online]. [cit. 2021-10-7]. Dostupné z: <https://www.gamo.co.za/gamo-magnum-pellets-4-5mm-pack-of-250>
- [49] GAMO PRO-MATCH PELLETS - 4.5MM (PACK OF 500) I Airgun Ammo. *Gamo Airguns Online Shop I South Africa I Gamo.co.za* [online]. [cit. 2021-10-7]. Dostupné z: <https://www.gamo.co.za/gamo-pro-match-pellets-4-5mm-pack-of-500>
- [50] GAMO PRO-HUNTER PELLETS - 4.5MM I Airgun Ammo. *Gamo Airguns Online Shop I South Africa I Gamo.co.za* [online]. [cit. 2021-10-7]. Dostupné z: <https://www.gamo.co.za/gamo-pro-hunter-pellets-4-5mm>

- [51] Diabolo JSB Ultra Shock Heavy 350ks cal.4,5mm I Colosus.cz. *Colosus.cz - zbraně, střelivo, Umarex, pyrotechnika* [online]. [cit. 2021-10-5]. Dostupné z: <https://www.colosus.cz/diabolo-jsb-ultra-shock-heavy-350ks-cal-4-5mm-x143254>
- [52] MALORÁŽKOVÉ NÁBOJE 22 LR STANDARD LRN, 40 GR, 50 KS, MAGTECH, 2022. *Army zboží online ARMED.CZ* [online]. Praha: ARMED STORE [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: <https://www.armed.cz/naboje-magtech-22lr-std-2-59g-lrn-50ks/>
- [53] PISTOLOVÉ NÁBOJE 9 MM BROWNING COURT FMJ, 95 GR, 50 KS, MAGTECH, 2022. *Army zboží online ARMED.CZ* [online]. Praha: ARMED STORE [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: <https://www.armed.cz/naboje-magtech-9mm-browning-380-auto-95grs-fmj-50ks/>
- [54] PISTOLOVÉ NÁBOJE 45 AUTO FMJ-SWC, 230 GR, 50 KS, MAGTECH, 2022. *Army zboží online ARMED.CZ* [online]. Praha: ARMED STORE [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: <https://www.armed.cz/naboje-magtech-45-auto-230grs-fmj-swc-50ks/>
- [55] REVOLVEROVÉ NÁBOJE 38 SPECIAL FMJ FLAT, 158 GR, 50 KS, MAGTECH, 2022. *Army zboží online ARMED.CZ* [online]. Praha: ARMED STORE [cit. 2022-07-03]. Dostupné z: <https://www.armed.cz/naboje-magtech-38-special-158grs-fmj-flat-50ks/>

Seznam obrázků

Obr. 5.1.1: První experimentální pracoviště.....	25
Obr. 5.1.2: Uspořádání druhého experimentálního pracoviště.....	25
Obr. 5.2.1: Doppler radar system – DRS-1 [45].....	26
Obr. 5.3.1: Gamo Shadow DX ráže 4,5 mm [46].....	28
Obr. 5.3.2: Hatsan Gladius ráže 4,5 mm [47].....	29
Obr. 5.4.1: Střely Gamo Magnum ráže 4,5 m [48].....	29
Obr. 5.4.2: Střely Gamo Pro Mach ráže 4,5 mm [49].....	30
Obr. 5.4.3: Střely Gamo Pro Hunter ráže 4,5 mm [50].....	30
Obr. 5.4.4: Střely JSB Ultra Shock v ráži 4,5 mm [51].....	31
Obr. 5.6.1: Podmínky měření.....	33
Obr. 6.5.1: Střely Magnum: vpravo dvě nevystřelené, vlevo dvě vystřelené....	63
Obr. 6.5.2: Střely Pro Match: vpravo dvě nevystřelené, vlevo dvě vystřelené.	63
Obr. 6.5.3: Vystřelené střely Pro Match	64
Obr. 6.6.1: Záznamy z rychloběžné kamery doplněné o údaj maximální šířky (průměru) dočasné dutiny pro střely Magnum a Pro Hunter vystřelené z větrovky.....	71
Obr. 6.6.2: Záznamy z rychloběžné kamery doplněné o údaj maximální šířky (průměru) dočasné dutiny pro střely Pro Match a Ultra Shock vystřelené z větrovky.....	72
Obr. 6.6.3: Záznamy z rychloběžné kamery doplněné o údaj maximální šířky (průměru) dočasné dutiny pro střely Magnum a Pro Hunter vystřelené ze vzduchovky.	73
Obr. 6.6.4: Záznamy z rychloběžné kamery doplněné o údaj maximální šířky (průměru) dočasné dutiny pro střely Magnum a Pro Hunter vystřelené ze vzduchovky.	74

Seznam grafů

Graf 6.1.1: Závislosti rychlostí střel ke vzdálenosti střelby u střel vystřelených z větrovky.	38
Graf 6.1.2: Závislosti rychlostí střel ke vzdálenosti střelby u střel vystřelených ze vzduchovky.	39
Graf 6.1.3: Model závislosti rychlostí střel ke vzdálenosti střelby z větrovky. ...	40
Graf. 6.1.4: Model závislosti rychlostí střel ke vzdálenosti střelby ze vzduchovky.	40
Graf 6.2.1: Závislosti kinetických energií střel ke vzdálenosti střelby z větrovky.	44
Graf 6.2.2: Závislosti kinetických energií střel ke vzdálenosti střelby ze vzduchovky.	45
Graf 6.2.3: Model závislosti kinetických energií střel ke vzdálenosti střelby z větrovky.	46
Graf 6.2.4: Model závislosti kinetických energií střel ke vzdálenosti střelby ze vzduchovky.	46
Graf 6.3.1: Závislosti hybností střel ke vzdálenosti střelby u střel vystřelených z větrovky.	49
Graf 6.3.2: Závislosti hybností střel ke vzdálenosti střelby u střel vystřelených ze vzduchovky.	50
Graf 6.3.3: Model závislosti hybností střel ke vzdálenosti střelby z větrovky. ...	51
Graf 6.3.4: Model závislosti hybností všech střel ke vzdálenosti střelby ze vzduchovky.	51
Graf 6.4.1: Závislosti hustot energií střel ke vzdálenosti střelby u střel vystřelených z větrovky.	54
Graf 6.4.2: Závislosti hustot energií střel ke vzdálenosti střelby u střel vystřelených ze vzduchovky.	55
Graf 6.4.3: Model závislosti hustot energií střel ke vzdálenosti střelby z větrovky.	56
Graf 6.4.4: Model závislosti hustot energií střel ke vzdálenosti střelby ze vzduchovky.	56
Graf 6.5.1: Hloubka zástřelu ve vztahu ke vzdálenosti střelby při střelbě z větrovky.	61
Graf 6.5.2: Hloubka zástřelu ve vztahu ke vzdálenosti střelby při střelbě ze vzduchovky.	62
Graf 6.6.1: Maximální šířka dočasné dutiny ve vztahu ke vzdálenosti střelby při střelbě z větrovky.	68
Graf 6.6.2: Maximální šířka dočasné dutiny ve vztahu ke vzdálenosti střelby při střelbě ze vzduchovky.	69

Seznam tabulek

Tabulka 5.5.1: Základní fyzikální a mechanické charakteristiky použitého substitučního fyzikálního modelu.	32
Tabulka 6.1: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky průměrů střel a hmotností střel pro jednotlivé střely a zbraně	34
Tabulka 6.2: Sledované parametry pro výkonnější ráže.....	35
Tabulka 6.1.1: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky pro okamžité rychlosti střel.	37
Tabulka 6.1.2: Limitní hodnoty dopadových rychlostí pro vznik těžkého poranění [33].	41
Tabulka 6.2.1: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky pro kinetickou energii střel.	43
Tabulka 6.2.2: Limitní hodnoty dopadových energií pro vznik těžkého poranění [33].	47
Tabulka 6.3.1: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky pro hybnosti střel. ..	48
Tabulka 6.4.1: Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky pro hustoty energií střel.	53
Tabulka 6.4.2: Limitní hodnoty hustoty energie (dopadové měrné kinetické energie) e_d . [33].....	57
Tabulka 6.4.3: Hodnoty dopadové měrné kinetické energie pro střely využité v práci pro vzdálenosti 0 a 14,99 m.	58
Tabulka 6.5.1. Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky rychlosti střel.	59
Tabulka 6.5.2. Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky pro kinetickou energii.	59
Tabulka 6.5.3: Hloubka zástřelu.	60
Tabulka 6.6.1: Maximální šířka (průměr) dočasné dutiny.	67

Publikační aktivity autora

Publikační činnost autora je složena z příspěvků do časopisů evidovaných v databázi Scopus, ale také českých recenzovaných časopisů. Dále autor publikoval kapitolu v knize Encyklopedie českých právních dějin. Současně autor prezentoval svou práci na několika zahraničních konferencích, které jsou hodnoceny v databázi Scopus a Web of Science. V neposlední řadě byly příspěvky prezentovány na tuzemských nehodnocených konferencích.

Únor 2013

FICEK, Martin, 2013. Analýza stavu připravenosti obce s rozšířenou působností na řešení mimořádných situací. In: *XVI. ročník konference Medicína katastrof*. Uherské Hradiště.

Příspěvek ve sborníku nehodnocené konference

Březen 2014

FICEK, Martin, 2014. Pohled studentů Ochrany obyvatelstva Fakulty logistiky a krizového řízení Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně na výuku. In: *Zkvalitnění systému vzdělávání a výzkumu v oblasti ochrany obyvatelstva*. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, s. 73-75. ISBN 978-80-7454-337-1.

Příspěvek ve sborníku nehodnocené konference

Září 2014

FICEK, Martin, 2014. Návrh na řešení výuky OO na základních školách. In: *Metody a postupy ke zkvalitňování výuky krizového řízení a přípravy obyvatelstva na řešení krizových situací II*. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, s. 432-433. ISBN 978-80-7454-413-2.

Příspěvek ve sborníku nehodnocené konference

Říjen 2016

FICEK, Martin et al., 2016. Using the SW modeling and simulating tools in transport of hazardous cargos. In: *Transport Means – Proceedings of the International Conference*. Kaunas: Kaunas University of Technology, s. 862-865. ISSN 1822296X.

Příspěvek ve sborníku konference evidované v databázi Scopus

Únor 2017

FICEK, Martin a Michal GRACLA, 2017. Influence of the security situation on the numbers of weapons of category D in the Czech Republic. *International Journal of Applied Engineering Research*. 12(15), 5053-5059. ISSN 0973-4562.

Příspěvek v časopise evidovaného v databázi Scopus

Červen 2017

MIKULICOVA, Michaela et al., 2017. Comparison of depth of incomplete penetration for different types of pellets for shooting weapon of category D. In: *2017 International Conference on Military Technologies (ICMT)*. IEEE, s. 66-69. DOI: 10.1109/MILTECHS.2017.7988732. ISBN 978-1-5090-5666-8. Dostupné také z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7988732/>

Příspěvek ve sborníku konference evidované v databázi IEEE

FICEK, Martin a Roman JAŠEK, 2017. Bezpečnost informací v SW krizového řízení. In: *Trilobit*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, s. 1-13. ISSN 1804-1795.

Příspěvek v časopise uvedeném v seznamu českých recenzovaných časopisů.

Listopad 2017

FICEK, Martin a Dušan VIČAR, 2017. Simulation and Modelling System for the Purposes of Crisis Management. In: *Proceedings of the 28th International DAAAM Symposium 2017*. DAAAM International Vienna, s. 0974-0980. DAAAM Proceedings. DOI: 10.2507/28th.daaam.proceedings.135. ISBN 9783902734112. Dostupné také z: http://www.daaam.info/Downloads/Pdfs/proceedings/proceedings_2017/135.pdf

Příspěvek ve sborníku konference evidované v databázi Scopus

PAVLÍK, Lukáš a Martin FICEK, 2017. Identifikace aktiv ovlivňujících cenu informačního systému organizace v rámci poskytování pojištění proti kybernetickým hrozbám. In: *Bezpečnostní technologie, systémy a management 2017: Sborník příspěvků 6. mezinárodní konference*. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, s. 1-6. ISBN 978-80-7454-696-9.

Příspěvek ve sborníku nehodnocené konference

FICEK, Martin, 2017. Náhradní balistický materiál a jeho využití u zbraní kategorie D. In: *Bezpečnostní technologie, systémy a management 2017: Sborník příspěvků 6. mezinárodní konference*. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, s. 1-6. ISBN 978-80-7454-696-9.

Příspěvek ve sborníku nehodnocené konference

Září 2018

FICEK, Martin, 2018. Simulation and modeling in crisis management. *Journal of Applied Engineering Science*. 16(3), 320-327. DOI: 10.5937/jaes16-16447. ISSN 1451-4117. Dostupné také z: <https://scindeks.ceon.rs/Article.aspx?artid=1451-41171803320F>

Příspěvek v časopise evidovaného v databázi Scopus

FICEK, Martin, Ludvík JUŘÍČEK a Olga VOJTĚCHOVSKÁ, 2018. Hodnocení ranivého potenciálu expanzní zbraně. In: *Krizové řízení a řešení krizových situací*. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, s. 29-36. ISBN 978-80-7454-821-5.

Příspěvek ve sborníku nehodnocené konference

JUŘÍČEK, Ludvík, Olga VOJTĚCHOVSKÁ a Martin FICEK, 2018. Poranění obličeje člověka po zásahu plynovkou. In: *Krizové řízení a řešení krizových situací*. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, s. 119-130. ISBN 978-80-7454-821-5.

Příspěvek ve sborníku nehodnocené konference

Říjen 2018

FICEK, Martin, Ludvík JURICEK a Michaela MIKULICOVA, 2018. Expansion Weapons and their Wounding Potential. In: *Proceedings of the 29th International DAAAM Symposium 2018*. DAAAM International Vienna, s. 0786-0790. DAAAM Proceedings. DOI: 10.2507/29th.daaam.proceedings.114. ISBN 9783902734204. Dostupné také z: http://www.daaam.info/Downloads/Pdfs/proceedings/proceedings_2018/114.pdf

Příspěvek ve sborníku konference evidované v databázi Scopus

VICHOVA, Katerina et al., 2018. The Comparative Analysis of Safety in the Czech Republic and in Abroad. In: *Proceedings of the 29th International DAAAM Symposium 2018*. DAAAM International Vienna, s. 1181-1186. DAAAM Proceedings. DOI: 10.2507/29th.daaam.proceedings.170. ISBN 9783902734204. Dostupné také z: http://www.daaam.info/Downloads/Pdfs/proceedings/proceedings_2018/170.pdf

Příspěvek ve sborníku konference evidované v databázi Scopus

Leden 2019

FICEK, Martin a Ludvík JUŘÍČEK, 2019. Měření průběhu předané energie v bloku náhradního balistického materiálu. In: *Sborník příspěvků konference Expert Forensic Science Brno 2019*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, s. 435-439. ISBN 978-80-214-5708-9.

Příspěvek ve sborníku nehodnocené konference

Srpen 2019

FICEK, Martin et al., 2019. Influence of distance to depth shot of a CO₂-powered airsoft gun with lead shot ammunition and shape of the temporary and permanent cavity in ballistic gelatine. *MATEC Web of Conferences*. **292**. ISSN 2261-236X. Dostupné z: doi:10.1051/mateconf/201929203010

Příspěvek ve sborníku konference evidované v databázi Scopus

Září 2019

FICEK, Martin a Ludvík JUŘÍČEK, 2019. Vliv vzdálenosti střelby na hloubku zástřelu airsoftové zbraně. In: *Krizové řízení a řešení krizových situací*. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, s. 1-9.

Příspěvek ve sborníku nehodnocené konference

Říjen 2019

FICEK Martin, Ludvík JUŘÍČEK, Michal GRACLA, Michaela MIKULIČOVÁ, Zdeněk MALÁNÍK, Aleš MIZERA. 2019. Evaluation of Wounding Potential of Florbert Weapon. *Transylvanian Review*. ISSN 15849422, 12211249

Příspěvek v časopise evidovaného v databázi Web of Science

FICEK Martin, MALÁNÍK Zdeněk, Michaela MIKULIČOVÁ & GRACLA Michal (2019). Influence of the shooting distance on the depth of penetration of the bullet into the replacement material for air gun weapons, *Proceedings of the 30th DAAAM International Symposium*, pp.1-11, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-xx-x, ISSN 1726-9679, Vienna, Austria DOI: 10.2507/30th.daaam.proceedings.xxx

Príspevek ve sborníku konference evidované v databázi Scopus

Listopad 2019

Blahová, Marta, Václav Mach, Lukas Pavlik, Martin Hromada, Ficek Martin, The Information Security to Software of Crisis Management, *Proceedings of the 30th DAAAM International Symposium*, pp.1019-1025, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-22-8, ISSN 1726-9679.

Príspevek ve sborníku konference evidované v databázi Scopus

FICEK, Martin, Zdeněk MALÁNÍK a Michaela MIKULOČOVÁ, 2019. INFLUENCE OF THE SHOOTING DISTANCE ON THE DEPTH OF PENETRATION OF THE BULLET INTO THE REPLACEMENT MATERIAL FOR AIR GUN WEAPONS. In: *Proceedings of the 30th International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation"*. Zadar: DAAAM International, s. 663-672. DOI: DOI: 10.2507/30th.daaam.proceedings.091. ISBN 978-3-902734-22-8. ISSN 1726-9679.

Príspevek ve sborníku konference evidované v databázi Scopus

Leden 2020

JUŘÍČEK, Ludvík, FICEK, Martin, MORAVANSKÝ, Norbert. INŽENÝRSKÝ PŘÍSTUP TECHNICKÉHO ZNALCE K HODNOCENÍ STŘELNÝCH PORANĚNÍ ČLOVĚKA. *Sborník příspěvků konference Expert Forensic Science Brno 2020*. Brno: VUT Brno, 2020, ISBN 978-80-214-5829-1.

Príspevek ve sborníku nehodnocené konference

MALÁNÍK, Zdeněk, JIŘÍ, Svoboda, FICEK, Martin, GRACLA, Michal, MIKULIČOVÁ, Michaela. Znalecké dokazování ve specializaci sebeobrana a použití zbraně. *Sborník příspěvků konference Expert Forensic Science Brno 2020*. Brno: VUT Brno, 2020, ISBN 978-80-214-5829-1.

Príspevek ve sborníku nehodnocené konference

Březen 2020

JUŘÍČEK, Ludvík, FICEK, Martin. Analýza rizik použití redukováného puškového náboje ráže 7,62x51 proti člověku. *Trestně právní a kriminalistické aspekty dokazování*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2020, ISBN 978-80-7408-206-1.

Příspěvek ve sborníku nehodnocené konference

Listopad 2020

FICEK, Martin, LUDVÍK, Juříček, MALÁNÍK, Zdeněk, GRACLA, Michal, MIKULIČOVÁ, Michaela. DETERMINATION OF WOUNDING POTENTIAL OF GUNS KNOWN FROM CHILDHOOD - BLOWPIPE AND SLINGSHOT. *DAAAM International Scientific Book 2020*. Vienna: DAAAM International Vienna, 2020, s. 227-236. ISBN 978-3-902734-27-3.

Příspěvek v časopise evidovaného v databázi Scopus

JUŘÍČEK, Ludvík, FICEK, Martin, MORAVANSKÝ, Norbert. Hodnotící kritéria ranivého potenciálu malorážových střel a jejich vývoj. *Soudní inženýrství*, 2020, roč. 31, č. 3, s. 10-20. ISSN 1211-443X

Příspěvek v časopise uvedeném v seznamu českých recenzovaných časopisů

Leden 2021

JUŘÍČEK, Ludvík, FICEK, Martin, BOČKOVÁ, Kateřina, MORAVANSKÝ, Norbert, LAJČIN, Daniel, ZAPLETAL, Ladislav. *The bullets wounding potential and safety management*. Londýn: STS Science Centre Ltd., 2020. 159s. Monograph. ISBN 978-1-908235-11-4.

Odborná kniha v AJ.

LUDVÍK Juříček; FICEK Martin; KATEŘINA Bočková; FUJDIAK Ina. Methoden indirekter Identifikation – methodologische Grundlagen der Auswertung des Wundpotenzials von Handwaffengeschossen in der experimentellen Wundballistik. *Kriminalistik*, 2021. ISSN 00234699.

Příspěvek v časopise evidovaného v databázi Web of Science

Září 2021

FICEK, Martin, Ludvík JUŘÍČEK a Kateřina BOČKOVÁ. Ranivá balistika vybraného mikrorážového střeliva. In: *Sborník konference CRISCOM 8. - 9. 2021*. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2021, s. 22-42. ISBN 978-80-7678-028-6.

Příspěvek ve sborníku nehodnocené konference

JUŘÍČEK, Ludvík, Martin FICEK, Kateřina BOČKOVÁ, Daniel LAJČIN a Norbert MORAVANSKÝ. Kvantitativní hodnotící nástroje krizového manažera. In: *Sborník konference CRISCOM 8. - 9. 9. 2021*. Uherské Hradiště: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2021, s. 92-111. ISBN 978-80-7678-028-6.

Příspěvek ve sborníku nehodnocené konference

Prosinec 2021

Schelle, Karel – Tauchen, Jaromír (eds). *Encyklopedie českých právních dějin, XXII. svazek Zákon ob-Ž*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2021. 814 s. ISBN 978-80-7380-813-6 v koedici Ostrava: KEY Publishing, 2021. ISBN 978-80-7418-375-1.

Kapitoly v odborné knize.

Odborný životopis autora

Osobní údaje

Titul, jméno a příjmení: Ing. Martin Ficek

Adresa: SNP 1180, 765 02 Otrokovice

Telefonní spojení: 731 829 550

Email: ficek@utb.cz

Datum narození: 01. 04. 1991

Stav: svobodný

Vzdělání:

2016 – doposud Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Inženýrská informatika – doktorské studium.

2014 – 2016 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Bezpečnostní technologie, systémy a management – Ing.

2011 – 2014 Univerzita Tomáše Bati, Fakulta logistiky a krizového řízení, Ochrana Obyvatelstva – Bc.

Pracovní zkušenosti:

01/01/2018 – 31/03/2018 C-Labs s. r. o. – Odborná stáž – IT

01/04/2018 – 31/10/2018 C-Labs s. r. o. – Junior developer

01/10/2019 – doposud Univerzita Tomáše Bati, Fakulta logistiky a krizového řízení, Ústav ochrany obyvatelstva – asistent.

Organizační dovednosti a kompetence:

IGA/FAI/2021/002 Analýza odolnosti zdravotnického zařízení v případě epidemie a ozbrojeného útoku

IGA/FAI/2020/003 Aplikace pokročilých technologií ke zvýšení odolnosti měkkých cílů a ochraně zdraví osob

IGA/FAI/2019/003	Ochrana měkkých cílů před útokem pomocí volně dostupných zbraní a improvizovaných výbušnin
IGA/FAI/2018/014	Moderní trendy v oblastech střelných zbraní a výbušnin.
IGA/FAI/2017/015	Ochrana kritické infrastruktury složkami IZS a možná použití asistivních technologií a softwarů modelování a simulace v krizovém řízení.
RVO/FLKŘ/2020/03	Nouzové zásobování obyvatelstva pitnou vodou
RVO/FLKŘ/2020/04	Aplikovaná informatika v ochraně obyvatelstva
RVO/CEBIA/2019/002	Technické vědy pro bezpečnou společnost
VI04000080	Informační platforma krizové logistiky
02/1/2020/GAMA2	Platforma informační podpory bezpečnosti obcí
TA11200001721	Platforma informační podpory bezpečnosti obcí

Studijní stáže:

06/2019 – 09/2019 Odborná stáž v IPBeja - Instituto Politécnico de Beja

Znalost cizích jazyků:

anglický jazyk – aktivní znalost slovem i písmem – B2

23. 9. 2022

Ing. Martin Ficek

Ing. Martin Ficek

Vliv vzdálenosti střelby na ranivý potenciál vzduchové zbraně
Influence of Shooting Distance on the Wounding Potential of an Air Weapon

Disertační práce

Vydala Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín.

Sazba: Ing. Ficek Martin

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Rok vydání 2022