

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukce, funkce a účinky střeliva frangible

**Design, Funktion and Effects of Frangible Small Arms
Ammunition**

Student:

Vladimír Plšek

Vedoucí práce:

doc. Ing. Jan Komenda, CSc.

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Vladimír Plšek**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 50 Lovecké, sportovní a obranné zbraně a střelivo
Téma: **Konstrukce, funkce a účinky střeliva frangible**
Design, Function and Effects of Frangible Small Arms Ammunition
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Analýzujte typická konstrukční řešení, funkční vlastnosti a účinky v cíli střeliva typu frangible (FG) pro ruční palné zbraně. Bakalářskou práci vypracuje ve shodě s těmito body:

1. Obecná charakteristika a rozdělení střeliva pro ruční palné zbraně.
2. Požadavky kladené na střelivo.
3. Účel, použití, přednosti a nedostatky střeliva typu FG ve srovnání se standardními druhy střeliva.
4. Konstrukce střeliva typu FG.
5. Funkční vlastnosti střeliva typu FG.
6. Ranivé a průbojné účinky střel FG.
7. Právní klasifikace střeliva frangible.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997.
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996.
Komenda, J. *Střelivo LSOZ*. [Skripta]. Ostrava: VŠB-TU, FS, 2006.
ČSN 39 5002-1 – *Civilní střelné zbraně a střelivo. Všeobecné termíny a definice*. Praha: ČNI 1995.

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

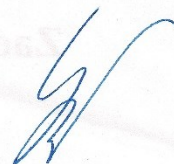
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jan Komenda, CSc.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Janu Komendovi, CSc, za ochotu, připomínky a vedení při jejím zpracování.

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 15.5.2020

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:
Adresa trvalého pobytu autora práce:

Vladimír Plšek
Machová 101, 763 01

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PLŠEK, V. *Konstrukce, funkce a účinky střeliva frangible: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2020, 52 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Komenda, CSc.

Bakalářská práce se zabývá charakteristikou a funkčními vlastnostmi střeliva frangible. V úvodu je popsáno a rozděleno střelivo pro ruční palné zbraně. Je zde popsán historický vývoj frangible střel. V bakalářské práci je popsána konstrukce a vlastnosti tohoto střeliva. Po teoretické stránce byli vypočteny vybrané charakteristiky s následným vyhodnocením. Na závěr je frangible střelivo klasifikováno z právního hlediska.

Klíčová slova: střelivo; střely frangible; ranivost

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

PLŠEK, V. *Design, Function and Effects of Frangible Small Arms Ammunition: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2020, 52 pg. Thesis head: doc. Ing. Jan Komenda, CSc.

This thesis deals with characteristics and functional properties of frangible ammunition. The introduction describes and divides ammunition for small arms. The historical development of frangible bullets is described here. The bachelor's thesis describes the construction and properties of this ammunition. From a theoretical point of view, selected characteristics were calculated with subsequent evaluation. In the end, frangible ammunition is classified from a legal point of view.

Key words: ammunition; frangible bullets (projectiles); wounding capability

Obsah

Úvod	11
1 Obecná charakteristika a rozdělení střeliva pro ruční a palné zbraně	12
1.1 Charakteristika střeliva	12
1.1.1 Nábojnice	12
1.1.2 Střela	13
1.1.3 Výmetná prachová náplň	13
1.1.4 Zápalka	14
1.2 Rozdělení střeliva	15
1.2.1 Podle určení střeliva	15
1.2.2 Podle druhu použité zbraně	15
1.2.3 Podle uživatele	16
1.2.4 Podle balistického výkonu	16
1.2.5 Podle původu	16
1.2.6 Podle právní klasifikace	16
1.2.7 Podle povahy zápalu	17
1.2.8 Podle typu střely	17
2 Požadavky kladené na střelivo frangible	19
2.1 Použití	19
2.2 Střelecké specifikace	19
2.3 Technické specifikace	19
2.4 Účinnost	20
2.5 Životnost	20
2.6 Klimatické podmínky	20
2.7 Sériovost výroby	20
3 Účel, použití, přednosti a nedostatky střeliva frangible ve srovnání se standardními druhy střeliva	22
3.1 Charakteristika střeliva FG	22
3.2 Výroba střel FG a použité materiály	24
3.3 Historie střeliva frangible	24
3.4 Účel a použití střeliva FG	25
3.5 Přednosti a nedostatky ve srovnání se standardními druhy střeliva	26
4 Konstrukce střeliva typu FG	28
4.1 Konstrukční řešení náboje s FG střelou	28
4.2 Balistické charakteristiky střeliva	29

4.3	Výpočet balistických charakteristik střeliva frangible.....	30
4.4	Výpočet balistických charakteristik standardního střeliva.....	34
4.5	Vyhodnocení balistických charakteristik.....	36
5	Funkční vlastnosti střeliva typu FG	37
5.1	Výstřel	37
5.2	Vliv střeliva FG na funkční cyklus pistole	37
5.3	Vyhodnocení vlivu střeliva FG na funkční cyklus pistole.....	41
6	Ranivé a průbojné účinky střel FG.....	42
6.1	Průbojný účinek střel	42
6.1.1	Průbojný účinek frangible střel	42
6.2	Ranivý účinek střel	44
6.2.1	Ranivý účinek frangible střel	44
7	Právní klasifikace střeliva frangible	49
	Závěr.....	50
	Použité zdroje a literatura.....	51

Seznam použitých symbolů a zkratk

C.I.P.	Commission Internationale Permanente pour les épreuves des armes a feu portatives – Mezinárodní stálá komise pro zkoušení ručních palných zbraní pro civilní potřebu
EP	Enhanced penetration
FG	Frangible
Hg(CNO) ₂	Fulminát rtuťnatý (třaskavá rtuť)
HNO ₃	Kyselina dusičná
HP	Hollow point
H ₂ SO ₄	Kyselina sírová
J	Joule, jednotka práce a energie
KNO ₃	Dusičnan draselný
NATO	North Atlantic Treaty Organization – Severoatlantická aliance
S	Síra
SAAMI	Sporting Arms and Ammunition Manufacturers' Institute – Americká obdoba C.I.P.
TNRO	Trinitroresorcinát olovnatý neboli tricínát

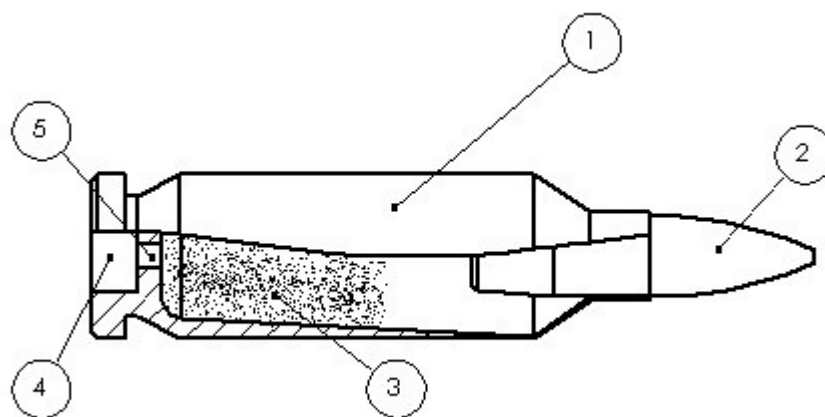
Úvod

Bakalářská práce se zabývá střelivem frangible, jeho konstrukcí a vlastnostmi. Po dohodě s vedoucím se v této práci věnuji zejména pistolím a pistolovému střelivu frangible. Je zde popsáno, z jakých částí se střelivo frangible skládá, k jakým účelům jej lze využít i jeho stručná historie. Část této práce se zabývá balistickými vlastnostmi tohoto střeliva a jeho vliv na funkci pistolí. Na závěr jsou zhodnoceny jeho účinky na cíl a klasifikace tohoto střeliva z právního hlediska.

1 Obecná charakteristika a rozdělení střeliva pro ruční a palné zbraně

1.1 Charakteristika střeliva

Střelivo do ručních palných zbraní je tvořeno náboji a nábojkami různých konstrukčních provedení a určení, jedná se o druh munice určený ke střelbě. Náboj je sestava mechanických dílů a výbušnin, nezbytných k uskutečnění jednoho výstřelu z palné zbraně.



Obr. 1.1: puškový náboj (1 – nábojnice, 2 – jednotná střela, 3 – výmetná prachová náplň, 4 – zápalka, 5 - zátravka)

1.1.1 Nábojnice

Nábojnice je základní část kulového a brokového náboje, která spojuje střelu výmetnou prachovou náplň a zápalku v jeden celek. Nábojnice svojí pružností zajišťuje hermetizaci nábojové komory při výstřelu proti úniku prachových plynů mezi pláštěm nábojnice a stěnou nábojové komory. Je zkonstruována tak aby umožňovala vyjmutí z nábojové komory.

Nábojnice se zhotovují nejčastěji z mosazi, která má potřebnou pružnost a pevnost a dobře se zpracovává tvářením za studena. Dalším materiálem je hlubokotažná ocel, která se docela osvědčila u vojenského střeliva. Ocelové nábojnice nejsou zcela vhodné pro lovecké zbraně, a to z toho důvodu že nábojové komory jednotlivých výrobců loveckých zbraní nejsou natolik shodné, aby bylo možné užití ocelových nábojnic. Zatímco mosaz drží tu výhodu oproti oceli, že se snáz přizpůsobí rozměrovým odchylkám nábojových komor zbraní různých výrobců.

1.1.2 Střela

Střela je část náboje určená k dosažení požadovaného účinku v cíli na definovanou vzdálenost. Je urychlována v hlavní na požadovanou rychlost tlakem plynů vzniklých při hoření výmetné prachové náplně.

Kulové náboje mají střely jednotné, které jsou za letu stabilizovány rotací. Skládají se z válcové vodící části, která slouží k zařiznutí střely do vývrtu tzv. funkční deformací, tím dojde k utěsnění hlavně proti protékání prachových plynů. Na válcovou část navazuje zašpičatělá zpravidla ogivální přední část. Některé střely mají i zadní část ve tvaru komolého kužele a nazývají se biogivální. Ty mají potom lepší balistické vlastnosti např. dostřel. Tohle neplatí pro střely kulového tvaru, které nejsou za letu stabilizovány vůbec.

Brokové náboje mají střely hromadné. Ty jsou tvořeny olověnými nebo ocelovými broky (kulemi) různých průměrů v různém množství. Počet broků je důležitý parametr pro určení krytí brokové zbraně.

1.1.3 Výmetná prachová náplň

Výmetná prachová náplň je obsažena v náboji, tvořena vhodnou střelivinou slouží k vymetení střely z hlavně. Jako první se používal černý prach, který je v dnešní době překonán prachem bezdýmným.

Černý střelný prach se v dnešní době využívá převážně při střelbě z historických (či napodobenin) předových zbraní. Typické složení černého prachu je: KNO_3 , S a dřevěné uhlí v poměru 75:15:10. Černý prach má oproti bezdýmnému prachu méně než poloviční výkon, při výstřelu produkuje obrovské množství dýmu a nespalitelných zbytků z čehož plyne časté čištění zbraně.

Moderní bezdýmné prachy se vyrábějí z čisté nitrocelulózy získané z bavlněného odpadu, ze které při působení nitrační směsi (směs HNO_3 a H_2SO_4) vznikne čistá nitrocelulóza. Po vyčištění se mísí s vhodným rozpouštědlem, tím vznikne plastická masa, která se protlačuje matricemi na pásy a trubičky, které se potom řezou na požadovanou délku prachových zrn.

Vlastnosti bezdýmného prachu lze ovlivnit přidáním dalších látek.

- difenylamin, centralit – stabilizační látka k zabránění rozkladu prachu
- kafr – flegmatizátor, slouží ke zpomalení hoření prachových zrn
- grafit – zvýšení bezpečnosti při laboraci prachu tím že eliminuje elektrostatický náboj na povrchu zrn

Jestliže bezdýmný prach obsahuje pouze nitrocelulózu, nazýváme jej nitrocelulóзовý tedy jednosložkový. Přidáním nitroglycerínu do prachové masy vznikne prach nitroglycerínový tedy dvousložkový. Výhoda nitroglycerínového prachu je malá citlivost na podmínky hoření a nízké výrobní náklady. Tento prach má oproti prachu jednosložkovému vyšší obsah chemické energie za vyšších teplot, tím pádem více opotřebovává hlaveň. Dalšími nevýhodami jsou vyšší procento pevných zbytků, sklon k výšlehům plamene na ústí a ztížený zážeh.

1.1.4 Zápalka

Zápalka slouží jako iniciátor výmetné prachové náplně při odpálení zbraně. Původně se používala u kolíčkového zápalu typu Lefauchaux, kde byla zápalka umístěna svou podélnou osou kolmo na osu náboje a byla iniciována úderem ocelového kolíčku s hrotem ze strany nábojnice. Dnes se v drtivé většině používají náboje se středovým zápalem, kdy je zápalka zalisována v lůžku uprostřed dna nábojnice.

Ve dně zápalky je vetřené malé množství třaskaviny. Při uvolnění bicího mechanismu zápalník narazí na dno zápalky, tím ji deformuje a třaskavina narazí na kovadlinku, čímž dojde k zažehnutí zápalkové složky. Takto vzniklý plamen prošlehne přes jednu nebo dvě zátravky (obr.1.1) a zažehne střelivinu.

Zápalky lze rozdělit podle konstrukce:

- zápalka Berdan – zápalka nemá vlastní kovadlinku, kovadlinka je součástí nábojnice, nábojnice má dvě mimostředné zátravky
- zápalka Boxer – zápalka má vlastní kovadlinku, nábojnice má jednu centrální zátravku, vhodné pro přebíjení
- zápalka Gevelot – zápalka má vlastní kovadlinku, jedná se o starý typ zápalky pro brokové náboje
- perkusní zápalka – nemá vlastní kovadlinku, nasazuje se na píston (komínek) předovek a historických revolverů, plamen prošlehne zátravkou k výmetné prachové náplni

Zápalkové slože:

- 1. gen. – $Hg(CNO)_2$
- 2. gen. – *TNRO* + tetrazen, tzv. NEROXIN = zápalky nezpůsobující korozi
- 3. gen. – dinol, NONTOX = zápalky se považují za ekologické, ale opět způsobují korozi

1.2 Rozdělení střeliva

Střelivo lze rozdělit do mnoha různých kategorií, přičemž jednotlivé kategorie se budou vzájemně překrývat. Asi nejpraktičtější bude rozdělení do kategorií podle určení, druhu použité zbraně, uživatele, balistického výkonu, původu a také právní klasifikace střeliva.

1.2.1 Podle určení střeliva

- Ostré – používá se k využití primární funkce zbraně, tou je střelba na cíl.
- Cvičné – používá se ke střeleckému výcviku. Patří sem i střelivo redukované. Redukované střelivo má nižší balistický výkon a tím pádem i menší dostřel.
- Školní – určené pro výukové účely konstrukce střeliva a k nácviku manipulace se střelivem a zbraní. Nesmí obsahovat žádné výbušné prvky. Nelze jej tvarem rozeznat od střeliva ostrého, proto musí být nějakým způsobem označené např. barevně.
- Zkušební – používá se pro provedení funkčních zkoušek zbraní a střeliva. Patří sem střelivo svědečné, referenční (porovnávací) a přetlakové (tormentační). Svědečné střelivo je ve velmi vysoké kvalitě a má zaručené balistické vlastnosti, jako je tlak plynů a rychlost střely. Referenční střelivo je vybrané sériové střelivo, určené k ověřování správné funkce měřících přístrojů. Tormentační střelivo je určené pro zkoušení zbraní vyššími tlaky v hlavni, ve srovnání s tlaky spotřebního střeliva.

1.2.2 Podle druhu použité zbraně

- Puškové střelivo – pro dlouhé kulové a brokové zbraně.
- Pistolové a revolverové střelivo

1.2.3 Podle uživatele

- Střelivo pro ozbrojené sbory – určené pro armádu, policii a ostatní ozbrojené složky státní moci, popř. i soukromé bezpečnostní služby.
- Civilní střelivo – určeno k loveckým, sportovním a popř. sebeobraným účelům.

1.2.4 Podle balistického výkonu

Je určeno podle počáteční kinetické energie střely. Ovlivňuje dostřel zbraně a účinky střely v cíli. Také ovlivňuje chování zbraně při výstřelu jako je např. zpětný ráz.

- Střelivo nízkého bal. výkonu – max. 600 J, patří sem pistolové a revolverové střelivo.
- Střelivo středního bal. výkonu – úst'ová energie střely 600 ÷ 2 000 J, puškové střelivo.
- Střelivo vysokého bal. výkonu – více jak 2 000 J, puškové střelivo.

1.2.5 Podle původu

- Sériové – vyráběné ve větších firmách ve velkém množství určené pro spotřební trh.
- Nesériové – patří sem přebíjené nebo experimentální střelivo. Je vyráběné v malém množství nestandardním způsobem, nebo v domácích podmínkách. Můžeme sem zahrnout i střelivo wildcats. Jedná se o přebíjené střelivo v „profesionálních“ podmínkách.

1.2.6 Podle právní klasifikace

V ČR právní klasifikaci o zbraních a střelivu upravuje zákon č. 119/2002 Sb. Podobnou klasifikaci má většina států EU.

- Zakázané střelivo – (pro civilní sektor) průbojné, výbušné nebo zápalné, náboje pro krátké kulové zbraně se střelou šokovou nebo střelou se zvýšeným ranivým účinkem a náboje neodpovídající dovolenému výrobnímu provedení. V případě lovecké činnosti je možné využít expanzivní střelivo, přestože se jedná o střelivo se zvýšeným ranivým účinkem ale pouze při střelbě z dlouhých kulových zbraní.
- Dovolené střelivo – veškeré střelivo které svým charakterem nezapadá do kategorie zakázaného střeliva.

1.2.7 Podle povahy zápalu

- Středový zápal – zápalka je umístěna v lůžku uprostřed dna nábojnice.
- Okrajový zápal – zápalková slož je vetřena v okraji nábojnice. Používá se u malorážkových zbraní.
- Elektrický zápal

1.2.8 Podle typu střely

- Jednotná střela – po vystřelení se pohybuje jako jeden celek.
- Hromadná střela – brokové střely které se po výstřelu pohybují jako tzv. brokový shluk. Kromě broků mohou být tvořeny i jinými tělesy.
- Vícenásobné střely (duplex, triplex) – náboje obsahující vícenásobné střely jsou tvořeny jednotnými střelami, uloženými v náboji tandemově za sebou.

Střely dále můžeme rozdělit do mnoha skupin podle jejich samotných tvarových vlastností, uvedu zde nejrozšířenější typy a jejich značení od výrobce:

- FMJ – (Full metal jacket), celoplášťová střela, olovené jádro je překryto kovovým pláštěm.
- LRN – (Lead round nose), olovená neoplášťovaná střela s oblou špičkou. Některé jsou pokryty vrstvou plastu, který má za úkol snížit při střelbě otěr olova v hlavni.
- WC – (Wad cutter), střela určená pro střelbu do papírových terčů, kde tvoří zřetelné průstřely, jsou používány především v revolvrech.
- HP – (Hollow point), poloplášťová střela s dutinou ve špičce, při zásahu cíle dochází k expanzi střely a předání více energie cíli, expanze může být buď řízená nebo neřízená.
- SP – (Soft point), poloplášťová střela s odkrytou nejčastěji plochou špičkou.
- AP – (Armour piercing), průbojná střela k prostřelení obrněných cílů, balistických ochran apod., obsahuje tvrdé jádro (nejčastěji ocelové).
- TFMJ – (Total full metal jacket), Používá se u střeliva NONTOX, jedná se o oplášťovanou střelu, která má pláštěm zakrytou i zadní část, takže nedochází k uniku olova do ovzduší např. při dopadu na lapač.



Obr. 1.2: některé typy nábojů, střel a zápalek

2 Požadavky kladené na střelivo frangible

2.1 Použití

- Střelivo lze v ČR použít pro střelecký výcvik armádních složek (dále jen AČR), ozbrojených sborů státu a civilního sektoru.
 - Na rozdíl od klasických střelnic, kde je nízké riziko odrazu střely a zranění střelce, tak v případě ozbrojených sborů, které provádějí nácvik zásahu v různých simulačních budovách a místnostech, je toto riziko podstatně vyšší a při použití frangible střel lze toto riziko minimalizovat.
- V praxi lze střelivo použít ozbrojenými sbory státu při zásahu proti nebezpečným pachatelům, v civilním sektoru v zemích, kde to nezakazuje legislativa při sebeobraně.
- V případě armády nelze střelivo prakticky využít pro vedení ozbrojených konfliktů, protože to zakazují mezinárodní úmluvy.

2.2 Střelecké specifikace

- Snížení rizika zranění odrazem střely.
- Zvýšení ranivého a zastavovacího účinku.
- Snížení rizika zranění nezúčastněných osob, protože je zde eliminována možnost tzv. čistého průstřelu pachatele.
- Střelivo musí svojí konstrukcí v nejvyšší možné míře zajišťovat přesnost zbraňového systému.
- Střela musí v cíli splnit požadovanou funkci na definovanou vzdálenost.

2.3 Technické specifikace

- Střelivo lze zhotovit v jakékoliv ráži, která se dnes běžně vyskytuje na trhu.
- Minimální pevnost střely musí být taková, aby nedocházelo k rozpadu střely při výstřelu již v hlavni.
- Střela nesmí mít ostrou špičku ale zaoblení, v lepším případě plošku, protože by docházelo ke zlomení špičky při přepravě nebo manipulaci a ke znehodnocení střely. Také by se mohla lámat při podávání náboje do nábojové komory a z toho plynou nežádoucí závady zbraně.
- Náboj musí tvořit konstrukčně jednotnou sestavu.

- Střelivo musí zajistit spolehlivý pohon funkčního cyklu zbraně do které je určen.

2.4 Účinnost

- V případě použití střeliva při policejním zásahu, musí mít takový účinek, aby při použití vhodné ráže na definovanou vzdálenost vyřadilo pachatele bez balistické ochrany z dalšího provádění trestné činnosti, nejlépe na jeden zásah.
- V případě lovecké činnosti musí mít takový účinek, aby při použití vhodné ráže na definovanou vzdálenost usmrtilo lovenou zvěř v co nejkratším možném čase a bez zbytečných útrap na jeden zásah.
- V případě střeleckého výcviku musí vykazovat takovou fragmentaci, aby nedošlo k odrazu a zranění střelce.

2.5 Životnost

- Při skladování v tmavé a suché místnosti musí střelivo vykazovat spolehlivou funkci:
 - AČR a ozbrojené sbory – minimálně 15 let
 - Civilní sektor – minimálně 5 let

2.6 Klimatické podmínky

- Střelivo si musí zachovat svoji funkci při teplotách od -50 do +50 °C.
- Střelivo musí být hermetizováno takovým způsobem, aby i při případném nevhodném skladování si zachovalo svoji funkci po určitou dobu a také, aby nedocházelo k pronikání konzervačních olejů do vnitřních prostor náboje.

2.7 Sériovost výroby

- AČR – kvůli ceně střeliva bude výhodnější používat alternativy nebo standardní střelivo.
- Ozbrojené sbory státu – zde může být střelivo využito při zásahu proti nebezpečným pachatelům ale i v takovém případě bude odbyt minimální.
- Civilní sektor – protože je zakázané českou legislativou bude odbyt nulový.

Na rozdíl např. od USA kde je legislativa ohledně zbraní a střeliva benevolentnější, tak v Evropských zemích zatím nelze očekávat vysokou poptávku. Dobře to jde vidět i na tom že v USA je daleko více firem které mají v portfoliu výrobu frangible střel, zatímco v Evropě je to opravdu minimum. Český výrobce Sellier & Bellot pro necivilní trh laboruje frangible střely americké firmy Sinterfire, Inc.

V dnešní době je běžný požadavek, aby střelivo mělo co nejmenší dopad na ekologii, to se projevuje snahou redukovat nebo nahrazovat toxické materiály. Střelivo frangible tento požadavek splňuje.

3 Účel, použití, přednosti a nedostatky střeliva frangible ve srovnání se standardními druhy střeliva

3.1 Charakteristika střeliva FG

Jedná se o speciální druh střeliva, jehož střela se při dopadu na tvrdou překážku (betonová zeď, dopadiště na střelnici, kost...) může rozpadat na velmi drobné fragmenty (Obr. 3.1). Přestože existují různé definice tohoto typu střeliva tak zatím nebyla nalezena oficiální definice, která by přesně vystihovala jeho vlastnosti. V českém jazyce není stanoven přesný ekvivalent tohoto střeliva, nejbližší k tomu má slovo „*křehký*“, které je odvozeno z anglického jazyka (křehký = fragile) a také popisuje základní vlastnost tohoto střeliva. Považuje se za ekologické, protože neobsahuje olovo. Střelivo frangible lze používat u krátkých i dlouhých palných zbraní.



Obr. 3.1: Střela frangible před a po výstřelu

Zdroj: <https://sites.google.com/site/ecomasstechnologies/frangible-bullets-a-lead-free-alternative>

Vizuálně střely frangible není snadné často rozpoznat od běžných střel (Obr. 3.2), určitým vodítkem může být větší či menší ploška na čele střely (tzv. flatpoint), která je u frangible střeliva vždy. Tato ploška je tam z toho důvodu obtížné prolisovatelnosti kulaté přední části střely, v důsledku toho by při přepravě, manipulaci a podávání náboje do komory mohlo dojít k ulomení špičky, což by znehodnotilo střelu a ve zbrani by zbytek špičky mohl způsobit další sekundární závady.



Obr. 3.2: Různé typy frangible střel od fy. Sinterfire – vzhledově není snadné rozpoznat od běžných střel

Zdroj: <https://americanhandgunner.com/gear/handloading-lead-free-frangible-bullets-for-pistols/>

Za samostatnou podskupinu frangible střel lze označit střely typu ultrafrangible. Na rozdíl od frangible střeliva se vyznačují vysokou fragmentací, která záměrně nastává již při zasažení měkkých tkání. Toto střelivo je výrobcem určeno pro služební zákroky, civilní sebeobranu či lov zvěře.

Na obrázku 3.1.1 lze vidět efekt ultrafrangible střely po zásahu želatinového bloku snímaného vysokorychlostní kamerou. Je patrné že toto střelivo se vyznačuje velmi vysokou ranivostí s trvalými následky. Při rozkladu částice nepravidelného tvaru pronikají tkáněmi v kuželovém sektoru a poškozují svalová vlákna, nervy a cévy v masivním objemu, ačkoliv nedokážou vzhledem ke své velikosti proniknout do větší hloubky tkání. Hloubka vniku fragmentů do tkáně roste s jejich zvyšující se hmotností, obvykle nepřesahuje 150 mm.



Obr. 3.3: Blok balistické substance po zásahu střelou ultrafrangible

Zdroj: https://www.handgunsmag.com/editorial/ammunition_hg_totallyshocking_200808/138019

3.2 Výroba střel FG a použité materiály

Střely frangible se vyrábějí z kovových prášků, doplněných vhodným pojivem tzv. práškovou metalurgií, lisováním buď za tepla nebo za studena. Jsou tvořeny jednou složkou nebo dvěma a to kov-kov nebo kov-nekov.

Lisování za studena probíhá vysokými tlaky při pokojové teplotě. Lisování za tepla (spékání, sintrování) se provádí při vysokých teplotách, které se však pohybují pod teplotou tání jednotlivých kovových prášků, čímž dochází ke vzájemnému splynutí práškových částic. Konečný produkt, tedy střela, může být zahřívána již během lisování, nebo se zahřívá v peci až po dokončení lisování.

Materiály:

- Spojitá fáze (výplň): kovový prášek – měď, železo, bismut, wolfram
- Nespojité fáze (pojivo): polymer nebo další měkký kov – hliník, cín, zinek, měď

Pro výrobu lze použít různé kombinace těchto materiálů, avšak nejčastěji se setkáváme s kombinací měď-cín (CuSn), popř. se střelami zhotovenými pouze z mědi. To je dáno tím, že měď je dobře tvarovatelná, tažná a lisovatelná. Může být vylisována do různých tvarových podob při zachování strukturální kvality. Jestliže jsou použity dva kovy o různé tvrdosti, tak měkčí kov zastává funkci pojiva.

Díky výrobní technologii a materiálům k výrobě frangible střel lze tyto střely zhotovit v širokém spektru tvarů, hmotností a křehkostí na rozdíl od olověných střel. Základní podmínkou pro výrobu frangible střel je, že musí mít takovou soudržnost, aby nedošlo k desintegraci střely v hlavni již při samotném výstřelu, tomu se dá zabránit vytvořením tenkostěnného pseudopláště galvanickým pokovením střely.

3.3 Historie střeliva frangible

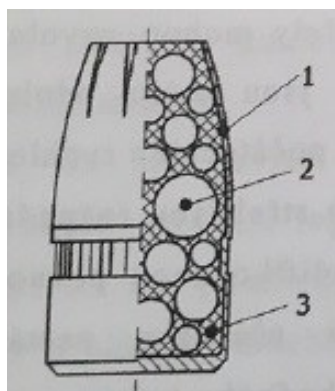
První užití střeliva frangible se datuje od období druhé světové války, kdy bylo potřeba nalézt vhodné střelivo pro protiletectký výcvik. Při ostřelování letadel se používaly kulometry minimální ráže .50. Plochy pro takový výcvik zabíraly plochu mnoha čtverečních kilometrů. Jako první náhrada se používaly zinkové střely, které kvůli svojí hmotnosti ztrácí za letu rychlost velmi brzy takže ohrožený prostor střelnic se značně snížil. Takhle první náhrada nebyla zrovna ideální, největší nevýhodou bylo že aby došlo ke spolehlivé samonabíjecí funkci kulometů musely se zvýšit tlaky v nábojové komoře.

Benjamin K., 1961 – patent č. 2 995 090

Patent na střely z kovového prášku, obsahující jako pojivo termoplastickou pryskyřici, lisované za studena.

Steyerberg a Kaseler, 1968 – patent č. 3 570 406

Patent na plášťované střely, jejichž jádro je tvořeno ocelovými kuličkami uložené v matrici.



Obr. 3.4: Frangible střela jejíž jádro je tvořeno ocelovými kuličkami (1 – měděný plášť, 2 – kuličky, 3 – matrice)

Zdroj: Střelivo LSOZ, J. Komenda, 2016

Dinka, Jasa etc., 1989 – patent č. 4 850 278

Keramické střely zhotovené lisováním základního materiálu a pojiva a následně ohřáté v peci k roztavení pojiva a zesíťování. Tento způsob výroby umožňuje vysokou sériovost a z toho plynoucí nižší konečnou cenu oproti nesériové výrobě. Nevýhodou je že takto vzniklá střela je tvrdší než materiál hlavně, a proto dochází ke značnému opotřebenosti vývrtní hlavě.

3.4 Účel a použití střeliva FG

Účel:

- **Frangible** – střelivo určené pro desintegraci při dopadu na tvrdou překážku. Z toho plyne minimální odrazivost střely, takže nehrozí při střeleckém výcviku zranění střelce, popř. ostatních střelců. Při služebním zákroku minimalizace zasažení nezúčastněných osob odraženou střelou.
- **Ultrafrangible** – střelivo určené pro desintegraci při zásahu měkkých tkání živého cíle. Z toho plyne vysoká ranivost a zastavovací účinek. Kvůli rozkladu střely na velmi drobné fragmenty střela předá veškerou svoji energii zasaženému cíli a nedochází tak k „čistému průstřelu“, kdy hrozí následné zranění nezúčastněných osob, např. při zákroku v letadle apod. Tyto střely se obvykle vyznačují dutinou

v přední části, která je známá u expanzivního střeliva typu hollow-point (dále jen HP), tato dutina umocňuje „frangibilitu“ střely.

Praktické využití:

- **Armádní složky** – využití pro střelecký výcvik a nácvik bojových situací. Tohle střelivo je pro bojové podmínky nevyužitelné z důvodu mezinárodního válečného práva.
- **Policie a speciální policejní složky** – použití nejen pro výcvik ve střelbě ale také využití při protiteroristických akcích a zásazích proti osobám, které konají závažnou trestnou činnost (ultrafrangible), kdy je třeba pachatele co nejdříve eliminovat. Využití v zastavěných oblastech, kdy hrozí riziko zásahu nezúčastněných osob odraženou střelou nebo v uzavřených budovách, kde hrozí zranění případných rukojmích. V případě, že by byl veden zásah proti pachateli s balistickou ochranou, tak by se zde značně projevila nevýhoda tohoto střeliva, a tou je nízká průbojnost.
- **Civilní sektor** – střelecký výcvik a lovecké účely. Tohle střelivo je pro ochranu zdraví a majetku z legislativních důvodů v ČR a ostatních zemí EU nevyužitelné. V případě lovecké činnosti tohle střelivo lze využít, protože se požaduje, aby lovená zvíř byla usmrcena v co nejkratším možném čase, ale takhle lovená zvíř bude znehodnocená. Za předpokladu, že se použije frangible střelivo, které je lisované takovým tlakem, aby se nerozpadlo ani při zásahu lovené zvíře, lze využít jako ekologické.

3.5 Přednosti a nedostatky ve srovnání se standardními druhy střeliva

V této práci budu jako standardní považovat světově nejrozšířenější a masově nejpoužívanější střelivo, obsahující olovenou celoplášťovanou střelu, pro porovnání se střelivem frangible.

Přednosti:

- **Omezená odrazivost** při dopadu na pevnou překážku.
- **Vysoká ranivost a zastavovací efekt** v případě služebních zásahů a nutné obraně (v případě ultrafrangible).
- **Minimální průbojnost** (platí spíše pro ultrafrangible) např. v případě zákroku ochrankou na palubě letadla (tzv. Air Marshal), kdy je velmi vysoké riziko zranění nezúčastněných osob nebo poškození pláště letadla.
- Kvůli absenci olova je obecně považované za **ekologické**.

- **Variabilita funkčních vlastností** – změnou výrobní technologie, geometrie a hmotnosti střely lze měnit ranivý průbojný potenciál, fragmentaci a hmotnost střel ve velmi širokých mezích.

Nevýhody:

- V případě některých výrobců **deformace střely** u samonabíjecích a samočinných zbraní. V některých případech nastává rozpad střely u revolverů při přechodu z nábojové komory do hlavně.
- **Lékařské hledisko** – špatná léčitelnost střelných poranění s vysokou mortalitou a trvalými následky.
- **Minimální průbojnost** – v případě vedení palby proti pachateli, který je ukrytý za lehkou překážkou buď nemusí dojít k prostřelení překážky a zneškodnění pachatele, nebo k prostřelení překážky dojde ale za současné fragmentace střely. Takle situace často nastává při průstřelu okna automobilu, V takovém případě se střela chová jako hromadná a může dojít ke zranění očí, tepen na krku apod.
- **Finanční hledisko** – vysoká výrobní i prodejní cena která se pohybuje u ráže 9 mm v USA v přepočtu minimálně 30 Kč za náboj. To je dáno nejen použitou technologií výroby, ale především cenou materiálů pro výrobu střely.
- **Znehodnocení lovené zvěře**
- **Kriminalistické hledisko** – velmi omezená možnost zjištění balistických stop na povrchu střely a tím i nemožnost identifikace zbraně.

4 Konstrukce střeliva typu FG

4.1 Konstrukční řešení náboje s FG střelou

Dnešní frangible střely, díky technologii výroby, mají specifické vlastnosti v cíli (i během letu), oproti standardním střelám s olověným jádrem. Svými vlastnostmi se dokáží vyrovnat, v některých případech i překonat, běžným střelám.

Frangible střely se skládají z kombinace kovových prášků a polymerů, které zajišťují, aby se střela během podání do komory a při pohybu hlavní nerozpadla. Z toho důvodu jsou ve střele použity tvrdé ale i houževnaté kovy.

Další možností, jak zajistit soudržnost střely je vytvořením pláště galvanickým pokovením. Tento plášť zvyšuje odolnost střely, poddajnost při zařezávání střely do drážek vývrtu a uzavírá jádro. Jestliže to není žádoucí, tak plášť nesmí ovlivňovat celkové chování střely po dopadu na cíl.

Při návrhu FG střel se „fantazii“ výrobců nekladou meze. Tyhle střely lze zhotovit v široké škále hmotností, pevností ale i tvarech (obr.4.1) na rozdíl od standardních střel.



Obr. 4.1: I takhle může vypadat FG střela (vyvinutá společností G2-Research)
Zdroj: <https://www.elitereaders.com/rip-bullet-worlds-deadliest/>

4.2 Balistické charakteristiky střeliva

Základní balistické charakteristiky střeliva lze zjistit výpočtem ze základních rozměrových charakteristik, jako je ráže, hmotnost a součinitel tvaru střely. Rozměrové a balistické charakteristiky lze také zjistit z katalogu výrobce střeliva, nicméně ne každý výrobce uvádí všechny uvedené veličiny.

Počáteční rychlost střely – v_0

Smluvní rychlost postupného pohybu střely na počátku dráhy (na ústí hlavně), při zanedbání dodatečného účinku prachových plynů (dále jen DÚPP). Získává se extrapolací z hodnoty, kterou získáme z výpočtu ve vzdálenosti, kde už nepůsobí DÚPP. Počáteční rychlost střely je potřebná pro výpočet balistického výkonu.

Poměrná hmotnost střely – C_q

Konstrukční charakteristika střely, která vyjadřuje poměr hmotnosti a třetí mocniny ráže střely.

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} \left[\frac{g}{cm^3} \right]^{[12]} \quad (4.1)$$

Kde: m_q – hmotnost střely [g]

D – ráže střely [mm]

Průřezové zatížení střely – C_p

Jedná se o důležitou balistickou charakteristiku střely, protože významným způsobem ovlivňuje balistické poměry střely a uplatňuje se ve všech částech balistiky. Vyjadřuje poměr hmotnosti střely a plochy jejího příčného průřezu. Za plochu střely ve vnější balistice se považuje její odporová plocha. Za předpokladu ideálního obtékání střely s nulovým úhlem náběhu se bude plocha příčného průřezu střely rovnat ploše kruhu, který je roven průměru střely její ráže. Tato veličina nezahrnuje samotný tvar střely.

Střely s vyšším průřezovým zatížením mají lepší letové vlastnosti a větší schopnost pronikat překážkami. U střel s nízkým průřezovým zatížením převládá ranivý účinek.

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} \left[\frac{g}{cm^2} \right]^{[12]} \quad (4.2)$$

Při pronikání vzduchem (materiálem cíle), je podstatná síla, kterou střela dokáže vyvinout na jednotku plochy. Čím větší energii na menší plochu střela vyvine, tím lépe proniká materiálem. Tato definice vede k myšlence, že menší ráže střely by mohla být lepší. Avšak hmotnost klesá s ráží rychleji než průměr střely a hmotnost střely je přímo úměrná její schopnosti setrávat v pohybu (setrvačná energie). Při vyšších hodnotách C_p střela snáze

překonává odpor vzduchu, má lepší letové vlastnosti a snadno proniká cílem. Naopak při nízkých hodnotách C_p má střela nižší pronikací schopnost, ale vykazuje vyšší ranivý účinek na cíl.

V případě střeliva ultrafrangible, kdy je z určitých důvodů požadavek na rozpad střely při zásahu vitálních částí, můžeme říct, že hodnota C_p musí být alespoň taková, aby střela překonala např. silnější vrstvu oblečení. Následně při proniknutí do živé tkáně dojde k fragmentaci střely, skokovému snížení hodnoty C_p a maximalizaci ranivého účinku.

Balistický koeficient střely – c

Komplexně charakterizuje letové vlastnosti střely v závislosti na hmotnosti, velikosti a tvaru střely na velikost odporu vzduchu. Lepší letové vlastnosti za obdobných podmínek mají střely s nižší hodnotou balistického koeficientu, protože značí nízký odpor vzduchu proti pohybu střely, vyšší stabilitu a lepší letové vlastnosti střely, střela si také dokáže uchovat více energie za kratší dobu letu.

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_q} \cdot 10^3 [-]^{[12]} \quad (4.3)$$

Kde: i – tvarový koeficient střely

4.3 Výpočet balistických charakteristik střeliva frangible

Při výpočtech se zaměřím pouze na pistolové náboje se střelou frangible ráže 9 mm, .40 S&W a .45 ACP. V následující tabulce je střela č.1 (obr. 4.1) tvaru který označuje výrobce jako EP a střela č. 6 a 13 (obr. 4.2 a obr. 4.3) je tvaru HP výrobcem označená jako „fracturing“ (lámající se) tvořená pevnou mědí. Zbytek střel mají tvar FP (obr. 4.4). Hodnoty v tabulce jsem zjistil z katalogů jednotlivých výrobců.



Obr. 4.1: Náboj se střelou Extreme Shock Air Marshall ráže .40 S&W

Zdroj: <https://www.sportsmansguide.com/product/index/extreme-shock-air-marshall-40-sw-100-gr-pistol-ammo-6-rds?a=892564>



Obr. 4.2: Náboj ráže 9 mm Fracturing
Zdroj: <https://vendevor.com/items/view/24475/20326>



Obr. 4.3: Náboj ráže .45 ACP Fracturing
Zdroj: <https://vendevor.com/items/view/25774/20326>



Obr. 4.4: Náboj ráže .45 ACP FP
Zdroj: <https://vendevor.com/items/view/21014/20326>

č.	hmotnost střely – m_q [g]	rychlost střely – v_0 [m/s]	energie střely – E_0 [J]	výrobce	ráže
1	7,45	360	482,8	Cheaper than dirt, USA	9 mm
2	5,83	411,5	493,6	L-techs ammunition, USA	9 mm
3	5,83	396	457,1	L-techs ammunition, USA	9 mm
4	5,83	381	423,1	Fenix ammunition, USA	9 mm
5	6,48	342,9	381	Engel ballistic research, Inc., USA	9 mm
6	7,45	335,3	418,8	Engel ballistic research, Inc., USA	9 mm
7	7,45	381	540,7	L-techs ammunition, USA	.40 S&W
8	7,45	389	563,7	L-techs ammunition, USA	.40 S&W
9	6,8	381	493,5	L-techs ammunition, USA	.40 S&W
10	8,1	335	454,5	Engel ballistics research, Inc., USA	.40 S&W
11	9,39	358	601,7	L-techs ammunition, USA	.45 ACP
12	11,98	259	401,8	Engel ballistics research, Inc., USA	.45 ACP
13	10,04	335	563,4	Engel ballistics research, Inc., USA	.45 ACP

Tab. 4.1

Pozn: 0.40" = 1,016 cm

0.45" = 1,143 cm

Střela č. 1

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{7,45}{0,9^3} = \frac{7,45}{0,729} = 10,22 \frac{g}{cm^3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 7,45}{\pi \cdot 0,9^2} = \frac{29,8}{2,5447} = 11,71 \frac{g}{cm^2}$$

Střela č. 2

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{5,83}{0,729} = 8 \frac{g}{cm^3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{23,32}{2,5447} = 9,16 \frac{g}{cm^2}$$

Střela č. 3

Tahle střela bude mít stejné hodnoty C_p a C_q jako střela č.2 liší se pouze počáteční rychlostí o -15,5 m/s.

Střela č. 4

Tahle střela bude mít stejné hodnoty C_p a C_q jako střela č.2 liší se pouze počáteční rychlostí o -30,5 m/s.

Střela č. 5

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{6,48}{0,729} = 8,89 \frac{g}{cm^3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{25,92}{2,5447} = 10,19 \frac{g}{cm^2}$$

Střela č. 6

Tahle střela bude mít stejné hodnoty C_p a C_q jako střela č.1 liší se pouze počáteční rychlostí o -24,7 m/s.

Střela č. 7

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{7,45}{1,016^3} = \frac{7,45}{1,0488} = 7,1 \frac{g}{cm^3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 7,45}{\pi \cdot 1,016^2} = \frac{29,8}{3,2429} = 9,19 \frac{g}{cm^2}$$

Střela č. 8

Tahle střela bude mít stejné hodnoty C_p a C_q jako střela č.7 liší se pouze počáteční rychlostí o +8 m/s.

Střela č. 9

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{6,8}{1,0488} = 6,48 \frac{g}{cm^3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{27,2}{3,2429} = 8,39 \frac{g}{cm^2}$$

Střela č. 10

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{8,1}{1,0488} = 7,72 \frac{g}{cm^3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{32,4}{3,2429} = 9,99 \frac{g}{cm^2}$$

Střela č. 11

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{9,39}{1,143^3} = \frac{9,39}{1,4933} = 6,29 \frac{g}{cm^3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 9,39}{\pi \cdot 1,143^2} = \frac{37,56}{4,1043} = 9,15 \frac{g}{cm^2}$$

Střela č. 12

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{11,98}{1,4933} = 8,02 \frac{g}{cm^3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{47,92}{4,1043} = 11,68 \frac{g}{cm^2}$$

Střela č.13

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{10,04}{1,4933} = 6,72 \frac{g}{cm^3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{40,16}{4,1043} = 9,79 \frac{g}{cm^2}$$

4.4 Výpočet balistických charakteristik standardního střeliva

V následující tabulce je uvedeno střelivo od firmy Sellier & Bellot. Veškeré střely jsou typu FMJ. Tohle střelivo je zde uvedeno, protože se jedná o nejrozšířenější typ střeliva a bude sloužit pro porovnání střeliva v předchozí podkapitole.

Č.	hmotnost střely – m [g]	rychlost střely – v_0 [m/s]	energie střely – E_0 [J]	ráže
14	7,5	390	570,4	9 mm
15	8	360	518,4	9 mm
16	10,7	313	524,1	.40 S&W
17	11,7	295	509,1	.40 S&W
18	14,9	260	503,6	.45 ACP

Tab.: 4.2

Střela č. 14

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{7,5}{0,9^2} = \frac{7,5}{0,729} = 10,28 \frac{g}{cm^3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 7,5}{\pi \cdot 0,9^2} = \frac{30}{2,5447} = 11,79 \frac{g}{cm^2}$$

Střela č. 15

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{8}{0,729} = 10,97 \frac{g}{cm^3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 8}{2,5447} = \frac{32}{2,5447} = 12,58 \frac{g}{cm^2}$$

Střela č. 16

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{10,7}{1,016^3} = \frac{10,7}{1,0488} = 10,20 \frac{g}{cm^3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 10,7}{\pi \cdot 1,016^2} = \frac{42,8}{3,2429} = 13,2 \frac{g}{cm^2}$$

Střela č. 17

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{11,7}{1,0488} = 11,16 \frac{g}{cm^3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 11,7}{3,8429} = \frac{46,8}{3,2429} = 14,43 \frac{g}{cm^2}$$

Střela č. 18

$$C_q = \frac{m_q}{d^3} = \frac{14,9}{1,143^3} = \frac{14,9}{1,4933} = 9,98 \frac{g}{cm^3}$$

$$C_p = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 14,9}{\pi \cdot 1,143^2} = \frac{59,6}{4,1043} = 14,52 \frac{g}{cm^2}$$

4.5 Vyhodnocení balistických charakteristik

	C_q [g/cm ³]	C_p [g/cm ²]	ráže
1	10,22	11,71	9 mm
2	8	9,16	9 mm
3	8	9,16	9 mm
4	8	9,16	9 mm
5	8,89	10,19	9 mm
6	10,22	11,71	9 mm
7	7,1	9,19	.40 S&W
8	7,1	9,19	.40 S&W
9	6,48	8,39	.40 S&W
10	7,72	9,99	.40 S&W
11	6,29	9,15	.45 ACP
12	8,02	11,68	.45 ACP
13	6,72	9,79	.45 ACP
14	10,28	11,79	9 mm
15	10,97	12,58	9 mm
16	10,02	13,2	.40 S&W
17	11,16	14,43	.40 S&W
18	9,98	14,52	.45 ACP

Tab. 4.3

Při zhodnocení letových vlastností střely č. 1, 6 a 12 je potřeba brát v potaz i to, že se jedná o tvarově jinou střelu, než zbytek uvedených frangible střel, takže zde bude hrát významnou roli balistický koeficient. U střely č. 1 teoreticky tvar můžeme zanedbat ale u střely č. 6 a 12 bude mít otevřená dutina výrazný význam na letové vlastnosti.

Veškeré frangible střely mají nižší hmotnost oproti standardnímu střelivu a z toho plynoucí nižší hodnotu C_p . Tím pádem u frangible střel lze očekávat horší letové vlastnosti při pronikání atmosférou. V případě ranivého účinku by hodnota C_p neměla mít podstatný vliv na ranivý účinek. Míra ranivého účinku zde totiž bude záviset na míře fragmentace, a tedy velikosti jednotlivých úlomků. Takže vyšší hodnota C_p zlepší letové vlastnosti frangible střely a její průbojnost, aniž by znehodnotila její ranivý účinek tak jako v případě standardního střeliva, které by při vysoké hodnotě způsobovalo čistý průstřel.

5 Funkční vlastnosti střeliva typu FG

5.1 Výstřel

Výstřel je děj dynamický. Z fyzikálně-chemického hlediska je výstřel složitý proces, protože dochází k rychlé přeměně chemické energie střelného prachu na tepelnou energii za současného vzniku prachových plynů jejichž expanze se využije pro zvýšení kinetické energie střely – tedy pro mechanickou energii.

Výstřel začíná v době, kdy zápalník zbraně dopadne na zápalku náboje, tím dojde k iniciaci zápalky a zažehnutí prachové náplně, vývinu prachových plynů vzniklých hořením a po překonání výtahové síly k začátku pohybu střely v hlavní zbraně. Při následném rozpínání prachových plynů je střela urychlována až dojde k jejímu vymetení ven z hlavně. Potom probíhá výtok plynů z hlavně, kdy je střela plyny ještě urychlována do určité vzdálenosti od ústí hlavně.

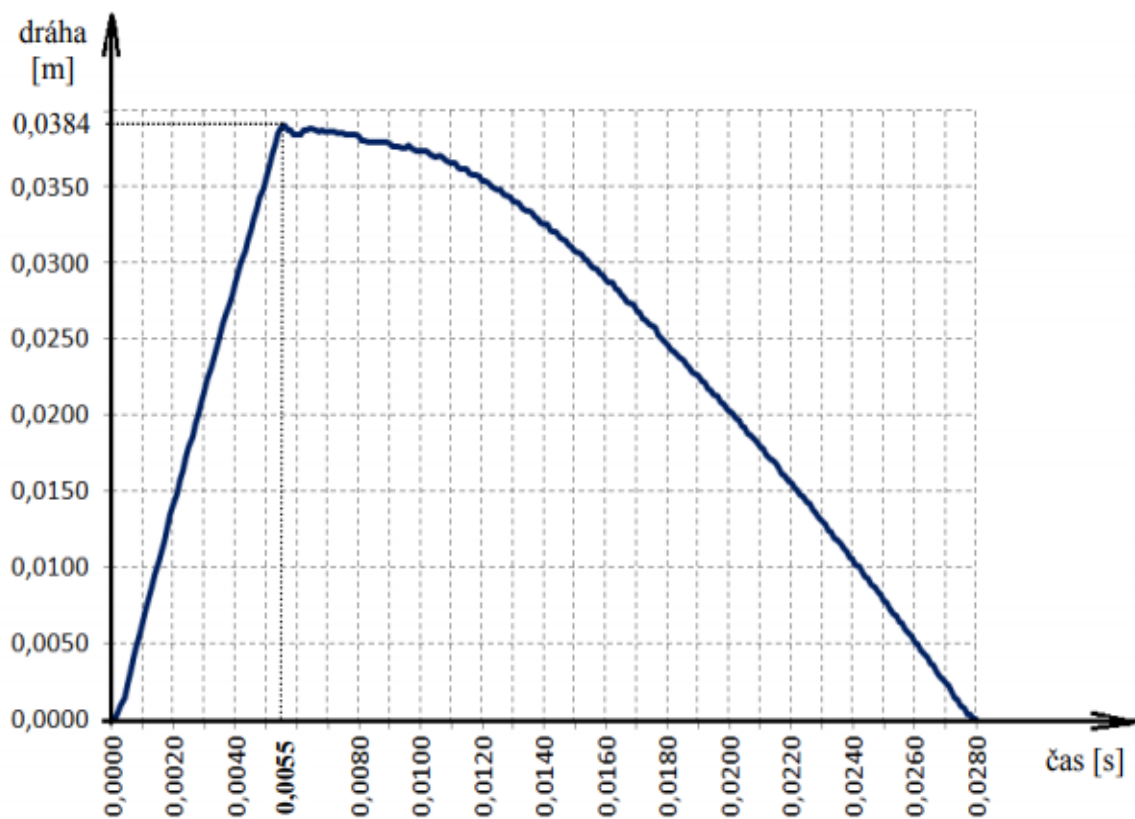
Výstřel ze zbraně je z následujících důvodů považován za extrémní děj mechaniky:

- Doba výstřelu trvá cca $0,0001 \div 0,1$ s
- Pracovní tlak vzniklých prachových plynů dosahuje hodnot několik set MPa
- Střely jsou urychlovány se zrychlením $10\,000 \div 200\,000$ g
- Teplota prachových plynů se pohybuje v hodnotách $2\,000 \div 3\,800$ K

Těmito popsanými jevy se zabývá vnitřní a přechodová balistika – aplikovaná vědní disciplína, která je východiskem pro návrh, použití a hodnocení zbraňových systémů.

5.2 Vliv střeliva FG na funkční cyklus pistole

Funkční cyklus je postupný sled činností ve zbraní, které proběhnou mezi dvěma po sobě jdoucími výstřely. Funkční cyklus zajišťuje základní funkční mechanismus – závěr. U jednoranných a opakovacích zbraní je ovládán střelcem a u zbraní samonabíjecích tzv. automatikou, ovládanou pohonem. U sledovaných pistolí je pohon prakticky vždy autonomní, tj. využívají energii hnací náplně. Funkční cyklus zbraně je graficky vyjádřen funkčním diagramem zbraně (obr. 5.1), jehož nedílnou součástí je kinematicko-geometrický diagram (dále jen cyklogram) (obr. 5.2).



Obr. 5.1: Příklad funkčního diagramu samonabíjecí pistole s dynamickým závěrem
 Zdroj: Hlavňové zbraně a střelivo, Jankových R., 2012

ČINNOST		DRÁHA ZÁVĚRU [mm]	
celkový zdvih závěru (otevření závěru)		0	38,4
vzad	Vytažení nábojnice	0	26
	Vyhození nábojnice		26 27
	Napnutí bicího mechanismu	4	24
	Snížení přerušovače	0	4
	Podání dalšího náboje		31 38,4
vpřed	Podání dalšího náboje		31 38,4
	Zasouvání náboje	0	31

Obr. 5.1: Příklad cyklogramu samonabíjecí pistole s dynamickým závěrem
 Zdroj: Hlavňové zbraně a střelivo, Jankových R., 2012

U autonomního pohonu působí hnací síly velmi krátkou dobu, takže pokrývají pouze krátkou počáteční fázi funkčního cyklu při pohybu závěrového systému vzad. Velká část zpětného pohybu je zajištěna setrvačnou silou a energie potřebná pro navrácení závěrového systému do výchozí polohy je obvykle vyvolána vratnými pružinami.

Základní funkční cyklus se skládá:

- Odemčení závěru (u uzamčených závěrů)
- Otevření závěru → akumulace energie do předsuvné pružiny
- Napínání bicího mechanismu
- Vytažení prázdné nábojnice z nábojové komory
- Vyhození prázdné nábojnice z prostoru zbraně
- Přemístění následujícího náboje do nábojiště
- Zasunutí náboje do nábojové komory
- Uzavření (u dynamických závěrů zde cyklus končí)
- Uzamčení

Konstrukční parametry a z nich vyplývající funkce různých druhů střeliva závisí především na jeho předpokládaném určení a druhu zbraně ze které má být vystřelen. Každý z výrobců střeliva vyrábí různé sestavy nábojů ať už se jedná o navážku prachu či hmotnosti a tvaru střely tak aby splnil požadavky zákazníků. Tohle platí i o střelivu frangible, jednotlivé frangible náboje od různých výrobců se budou lišit svými vlastnostmi stejně jako dva různé druhy nábojů stejné ráže od stejného výrobce.

I přes odlišnosti konstrukce frangible nábojů (tvar, hmotnost střely...) musí být dodržena rozměrová charakteristika náboje, kterou pro Evropu udává norma C.I.P a pro USA norma SAAMI. Uvedené normy platí pro civilní zbraně a střelivo. Kromě rozměrových charakteristik střel tyto normy také obsahují údaje o zkušebních tlacích, energiích střel, rozměrech vývrtů hlavní a nábojových komor.

Aby byla funkce samonabíjecí pistole spolehlivá musí být zajištěná spolehlivá funkce náboje. K tomu patří spolehlivá iniciace zápalky, zažehnutí prachových zrn a také musí být zajištěno spolehlivé přebití náboje. K tomu je potřeba dostatečný pohyb impulz síly od výstřelu (zpětný ráz), ta se odvíjí od hybnosti střely H_0 .

Pro analýzu ověření funkčního cyklu pistole použiji stejné střelivo jako v kapitole 4, pořadí a číslování nábojů zůstává stejné. Tyto náboje se liší typem střely, její hmotností m_q a počáteční rychlostí. Hodnoty jsem zjistil z internetových stránek jednotlivých výrobců střeliva.

Z těchto údajů vypočítáme hybnost střely H_0 :

$$H_0 = m_q \cdot v_0 [N \cdot s]^{[11]} \quad (5.1)$$

Jestliže má být zachována bezporuchová funkce samonabíjecí pistole, měla by se tato hodnota pohybovat pro ráži 9 mm v mezích^[11]:

$$H_{min} = 2,5 [N \cdot s] \quad (5.2)$$

$$H_{max} = 3,1 [N \cdot s] \quad (5.3)$$

Jestliže by byla hodnota menší než H_{min} , může docházet k poruchám ve funkčním cyklu zbraně – nedovření nábojové komory, nevyhození prázdné nábojnice (zaseknutí nábojnice ve výhozním okénku), nepodání nového náboje atp. Naopak při vyšších hodnotách H_{max} by se u zbraně mohl vyskytovat nežádoucí vysoký zpětný ráz a snížení životnosti či okamžité poškození závěrového mechanismu.

Střela č.1

$$H_0 = m_q \cdot v_0 = 0,00745 \cdot 360 = 2,68 [N \cdot s]$$

Střela č.2

$$H_0 = m_q \cdot v_0 = 0,00583 \cdot 411,5 = 2,4 [N \cdot s]$$

Střela č.3

$$H_0 = m_q \cdot v_0 = 0,00583 \cdot 396 = 2,31 [N \cdot s]$$

Střela č.4

$$H_0 = m_q \cdot v_0 = 0,00583 \cdot 381 = 2,22 [N \cdot s]$$

Střela č.5

$$H_0 = m_q \cdot v_0 = 0,00648 \cdot 342,9 = 2,22 [N \cdot s]$$

Střela č.6

$$H_0 = m_q \cdot v_0 = 0,00745 \cdot 335,3 = 2,49 [N \cdot s]$$

Střela č.14

$$H_0 = m_q \cdot v_0 = 0,0075 \cdot 390 = 2,93 [N \cdot s]$$

Střela č.15

$$H_0 = m_q \cdot v_0 = 0,008 \cdot 360 = 2,88 [N \cdot s]$$

Č.	m_q [g]	v_0 [m/s]	H_0 [N·s]	<i>ráže</i>
1	7,45	360	2,68	9 mm
2	5,83	411,5	2,40	9 mm
3	5,83	396	2,31	9 mm
4	5,83	381	2,22	9 mm
5	6,48	342,9	2,22	9 mm
6	7,45	335,3	2,49	9 mm
14	7,5	390	2,93	9 mm
15	8	360	2,88	9 mm

Tab.: 5.1

5.3 Vyhodnocení vlivu střeliva FG na funkční cyklus pistole

Podle mých vlastních očekávání vyšlo najevo, že ne všechny náboje s frangible střelou dosahují minimálních hodnot pro zachování spolehlivé samonabíjecí funkce pistole, konkrétně střela č. 2÷6. Je to dáno jejich nízkými hmotnostmi, přestože střela č.2 má nejvyšší počáteční rychlost (411,5 m/s) tak díky její nejnižší hmotnosti (5,83 g) se její hybnost pohybuje desetinu pod spodní hranicí.

Takovéto střelivo sice lze používat ale nemůžeme počítat se 100% spolehlivostí. V případě použití střeliva v revolveru, kde je absence funkčního cyklu v závislosti na impulsu výstřelu tohle střelivo také není vhodné, protože u méně kvalitních nebo starších zbraní, kdy nábojová komora a hlaveň nejsou dostatečně souosé může při přechodu střely z nábojové komory do hlavně docházet k předčasné fragmentaci střely.

Další možností pro využití tohoto střeliva je použít zbraň která by byla dimenzovaná přesně tomuto střelivu. Tedy zbraň která by byla zkonstruovaná pro střelivo s nižší hybností, např. nižší hmotnost závěrového mechanismu nebo nižší tuhost vratné pružiny. V tomto případě by ale vznikal problém, že by u této zbraně nebylo vhodné zaměňovat střelivo frangible za standardní.

Ani v případě střely č. 1 nelze říct že bude ve všech samonabíjecích pistolích spolehlivá, protože údaje v_0 uvedené výrobcí platí obvykle pro hlaveň standardní délky 150 mm u zkušební zbraně. U skutečných zbraní je hlaveň často podstatně kratší. V takovéto hlavní střela nestihne dosáhnout požadované rychlosti, takže pistole s tímto střelivem nedokáže vykonat spolehlivý samonabíjecí cyklus.

Obecně lze tedy říct, že frangible střely v ráži 9 mm (obdobně platí i pro ráže .40 S&W a .45 ACP) nedokáže zajistit spolehlivou funkci běžně vyráběných pistolí.

6 Ranivé a průbojné účinky střel FG

6.1 Průbojný účinek střel

Jedná se o ničivý účinek střel, který spočívá v pronikání překážek (balistických ochran) střelami nebo různými tělesy za současného využití dopadové kinetické energie. Průbojný účinek střely je závislý na velkém množství vlivů. Průnik překážkou je výsledkem interakce střely a překážky. Při téhle interakci dochází k extrémnímu zatížení střely i překážky a překročení pevnostních hranic materiálu překážky, popř. střely.

Hodnota průbojnosti střely je závislá na těchto základních faktorech:

- Balistické charakteristiky – jako je ráže, hmotnost, tvar, dopadová rychlost střely, stabilita střely v okamžiku dopadu a při pronikání překážkou, ale i její schopnost průniku s minimálním předáním energie zasaženému cíli, které je určena celkovou konstrukcí střely (pevnost, tuhost, tvrdost, deformovatelnost a odrazivost)
- Vlastnosti překážky – její celková tloušťka, geometrie a fyzikální vlastnosti (struktura, hustota, tvrdost, mechanická pevnost, elasticita, homogennost...)
- Geometrie interakce – která je určena úhlem dopadu střely (jedná se o úhel mezi podélnou osou střely a normálou k překážce v bodu jejich prvního kontaktu). S rostoucím úhlem dopadu stoupá riziko odrazu střely od překážky.

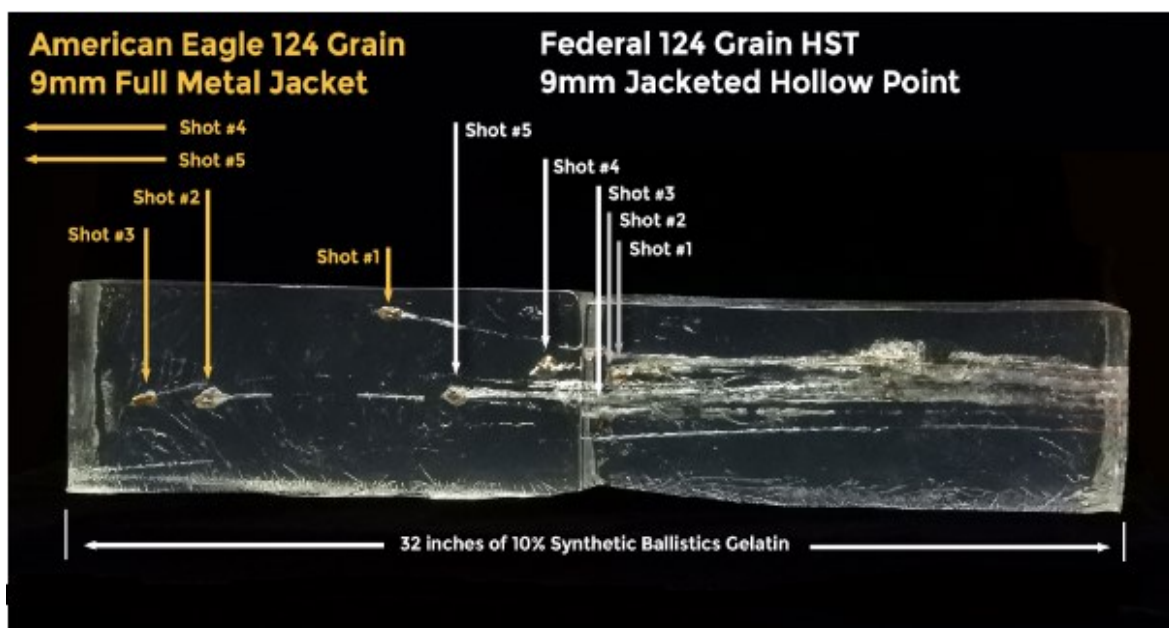
Průbojnost střely obecně klesá (za předpokladu že ostatní podmínky jsou totožné)

- S klesající hmotností střely
- S klesající dopadovou rychlostí střely
- Se zvětšující se ráží střely (snižuje se dopadová plocha S [mm²])
- Se zvětšujícím se úhlem dopadu
- Se zhoršující se stabilitou střely

6.1.1 Průbojný účinek frangible střel

Průbojnost střeliva frangible je velice variabilní, a to z toho důvodu že díky použité technologii lze střelivo zhotovit v široké škále pevností. U tohoto střeliva je potřeba rozlišovat, zda se jedná o frangible střelivo (nefragmentuje při zásahu měkkých tkání), nebo o ultrafrangible (rozpadá se i při zásahu měkkých tkání). Frangible střely svojí průbojností lze do jisté míry srovnávat se standardním střelivem FMJ. Protože při použití vysokých lisovacích tlaků při výrobě, je lze vyrobit v takové pevnosti, aby se nerozpadaly ani při průniku některými druhy pevných překážek.

Při rozpadu střely jednotlivé fragmenty rychle ztrácejí svoji energii, přesto i při zásahu některých překážek, dojde k prostřelení překážky za současné fragmentace. Typickým příkladem je střelba na čelní sklo automobilu – v takovémto případě může dojít k fragmentaci střely, kdy jednotlivé fragmenty pokračují v letu a chovají se jako hromadná střela. Byly zaznamenány případy kdy frangible střela typu HP, která bez fragmentace dokáže prostřelit sádkokarton i tenký plech se rozpadla při průletem jakéhokoliv skleněného okna. Někteří výrobci dokáží frangible střely zhotovit s takovými vlastnostmi, že střela proletí pevnou překážkou bez rozpadu, ale při průletu živou tkání dojde k rozpadu střely (to je dáno tím, že tahle střela je citlivá na teplotu objektu, který zasáhne).



Obr. 6.1: Hloubka průniku střel 9 mm FMJ a JHP do balistického gelu
Zdroj: <https://www.ammoman.com/blog/mixing-carry-ammo/>



Obr. 6.2: Průnik střely 9 mm FG do balistického gelu
Zdroj: <https://sinterfire.com/media/videos/>

Na uvedených obrázcích lze vidět porovnání, jak vypadá průnik střely 9 mm FMJ a 9 mm FG do balistického gelu který simuluje měkké tkáně živého cíle. Hloubka průniku standardní střely o 9mm hmotnosti 8 g se pohybuje v rozmezí 70 ÷ 80 cm. 9mm střela frangible se rozpadne na velké množství menších částí, které proniknou do hloubky několika centimetrů, přičemž obvykle zůstává jedna (či více) větší část která, dokáže proniknout do hloubky až 10 ÷ 15 cm.

Z konstrukce a funkce střel je zřejmé, že se nejedná o střely, které by neměly zásadním způsobem ohrožovat bezpečnost balistické ochrany jednotlivce. Výsledky testů^[18], se standardem č. 0101.04 (standard NATO), prováděné na vzorcích balistických ochran třídy II.a a III.a prokázaly že ačkoliv v závislosti na konkrétní střele FG došlo k prostřelení 1 ÷ 8 vrstev, tak nedošlo k úplnému prostřelení balistické ochrany.

6.2 Ranivý účinek střel

Ranivý účinek je stejně jako průbojnost ničivý účinek akorát s tím že se jedná o ničivý účinek na živé cíle. Výsledkem tohoto účinku je vznik střelných poranění. V tkáních vzniká průnikem střely tzv. střelný kanál, jehož velikost a tvar je míra ranivého účinku. Takže základním ukazatelem kvantitativního ranivého účinku bude objem střelného kanálu, který se zjednodušeně určí z hloubky vniku střely (délka střelného kanálu) a střední plochou příčného průřezu kanálu.

Střelná poranění lze rozdělit na primární a sekundární. Samotná střela, která je vystřelena na cíl způsobuje primární poranění svojí kinetickou energií. Jestliže se střela rozpadne či roztříští (např. o kost), tak těmto fragmentům říkáme sekundární střely, ty se pohybují po vlastních drahách a způsobují sekundární poranění.

Ranivým účinkem (střel a střepin) na tkáně, orgány a organismy živočichů (popř. jejich substitute) se zabývá ranivá balistika (odvětví koncové balistiky).

6.2.1 Ranivý účinek frangible střel

Některé střely frangible se chovají v měkkých tkáních živých cílů obdobně, jako standardní celoplášťové střely, ale u jiných dochází k rozpadu na velmi drobné fragmenty, doprovázenému extrémně zvýšenými ranivými účinky. Z toho důvodu, lze u některých frangible střel očekávat při zásahu živého cíle vznik devastujících poranění, které můžou mít závažné trvalé následky.

Výkonné pistolové náboje, ale hlavně puškové náboje s fragmentujícími střelami vytváří při průstřelu bloků z balistického gelu dočasnou dutinu extrémních rozměrů, někdy doprovázenou destrukcí bloku srovnatelnou pouze s výbušnými střelami.

Jestliže je soudržnost střely taková, že se nerozpadne při průniku měkkými tkáněmi tak vytváří klasický střelný kanál. Jestliže nemá dostatečnou soudržnost nebo narazí na kost, vznikají desítky menších kanálů, vzniklé pohybem drobných fragmentů po rozpadu střely. Tyhle nepravidelné fragmenty pronikají tkáněmi v kuželovém sektoru (vzniká z důvodu rotace střely), ve velkém počtu, a poškozují nejen svalová vlákna, ale i nervy a cévy ve značném množství, ačkoliv kvůli své hmotnosti nejsou schopny proniknout do větší hloubky.

Na následujících obrázcích jsou znázorněny situace při střelbě na balistický blok různými frangible rážemi. Obr. 6.3 ÷ 6.5 ilustruje, jak vypadá dočasná dutina způsobená frangible střelou fy. Sinterfire, Inc. Obr. 6.6 ukazuje vstřel způsobený wolframovou střelou 9 mm EPR (Enhanced Penetration Round) lisovaná z wolframového prášku. Obr. 6.6 ÷ 6.9 zobrazuje vznik dočasné dutiny, až do bodu částečného zničení balistického bloku střelou .308 HPBT 10,88g, taktéž zhotovenou z wolframu.



Obr. 6.3: Vznik dočasné dutiny, ráže 9 mm

Zdroj: <https://www.youtube.com/watch?v=97h1XHTi6us>



Obr. 6.4: Vznik dočasné dutiny, ráže 9 mm

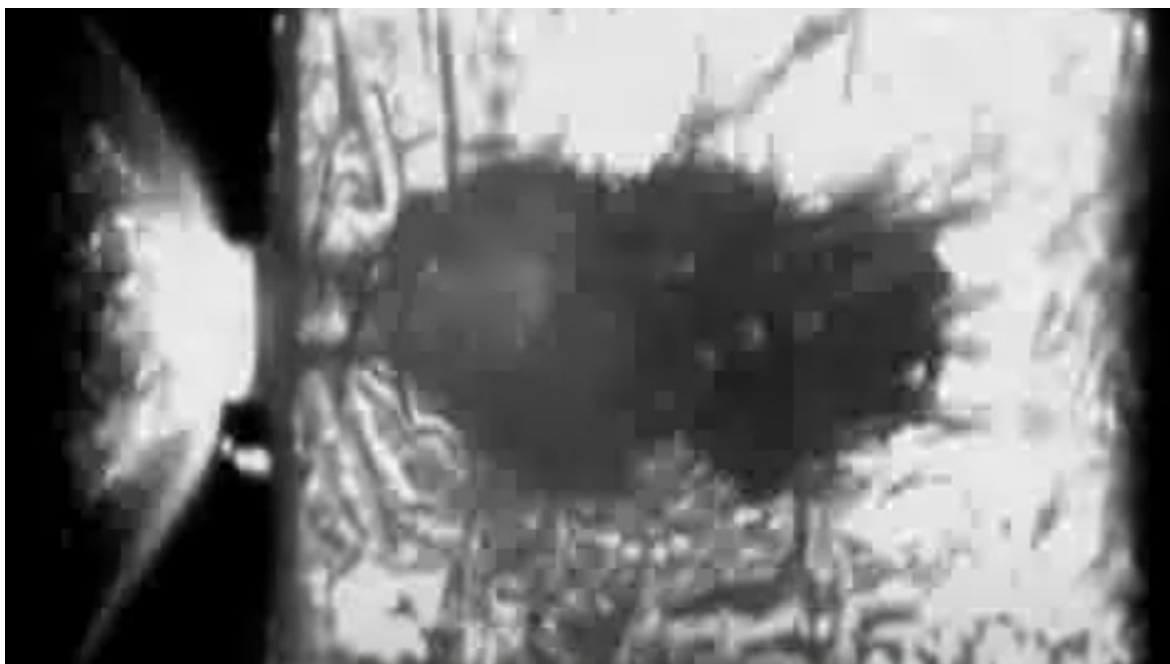
Zdroj: <https://www.youtube.com/watch?v=97h1XHTi6us>



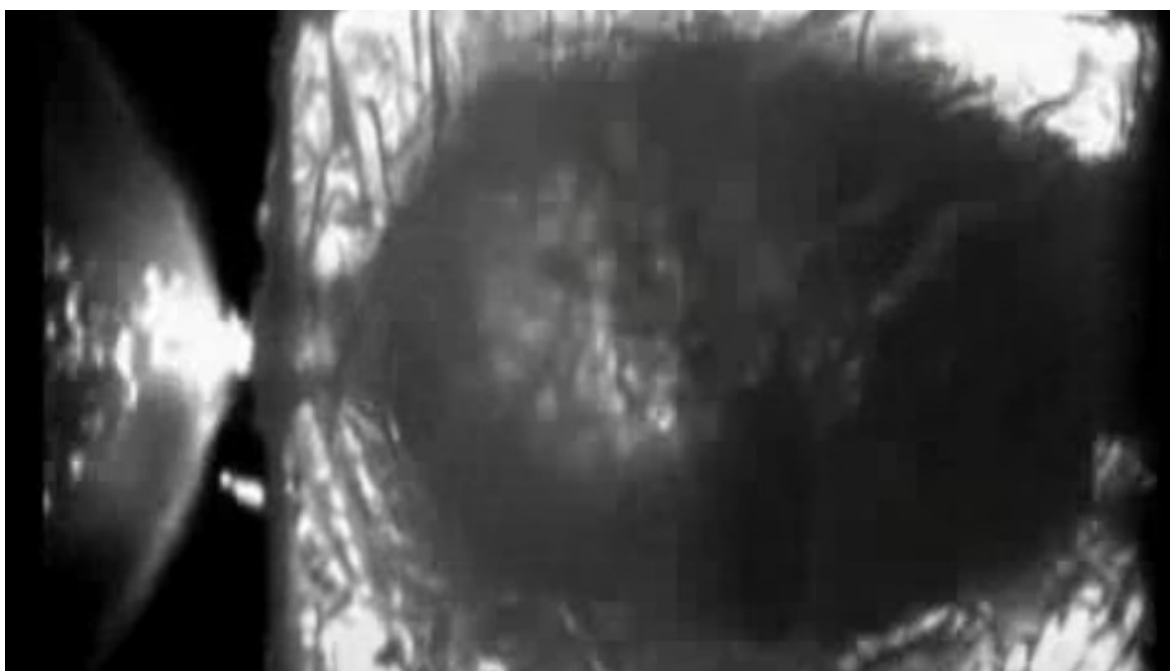
Obr. 6.5: Vznik dočasné dutiny, ráže 9 mm
Zdroj: <https://www.youtube.com/watch?v=97h1XHTi6us>



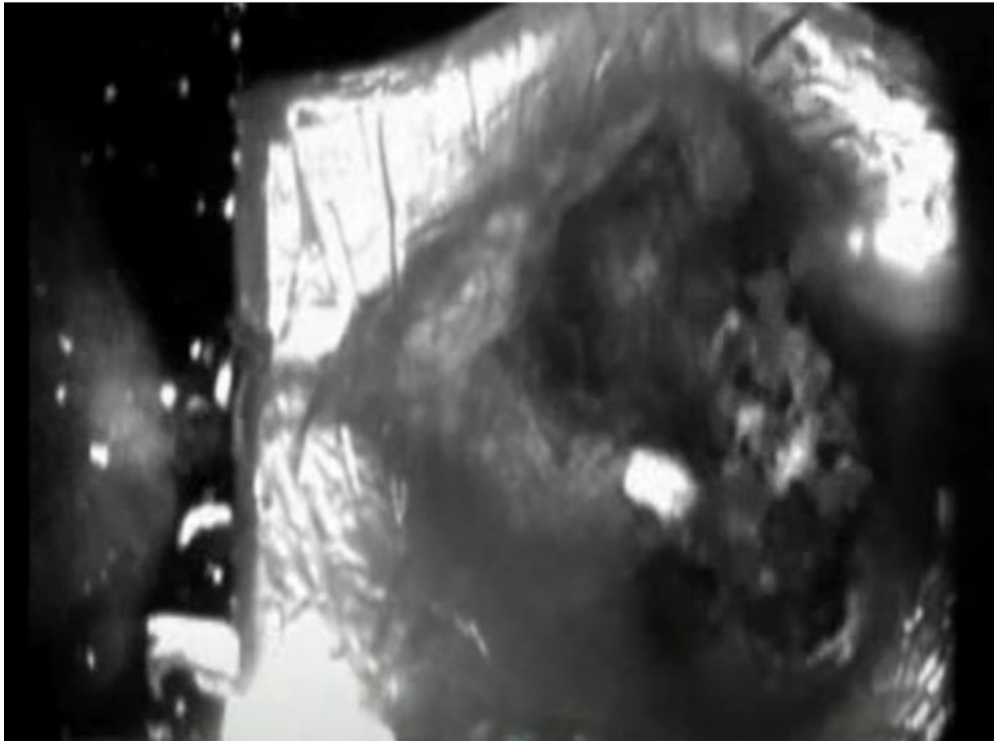
Obr. 6.6: Střela 9 mm EPR v balistickém bloku
Zdroj: https://www.youtube.com/watch?v=_MclBT3ZKpw



Obr. 6.7: Vznik dočasné dutiny, ráže .308 HPBT
Zdroj: https://www.youtube.com/watch?v=_MclBT3ZKpw



Obr. 6.8: Vznik dočasné dutiny, ráže .308 HPBT
Zdroj: https://www.youtube.com/watch?v=_MclBT3ZKpw



Obr. 6.9: Vznik dočasné dutiny, ráže .308 HPBT
Zdroj: https://www.youtube.com/watch?v=_MclBT3ZKpw

Frangible střely mají nesporně vyšší ranivost než střelivo, které se nerozpadá při zásahu. Ačkoliv i standardní střelivo, při určité konstrukci, dokáže vyvolat vysoký ranivý potenciál tak oproti FG střelivu nezůstávají v ráně fragmenty, ale jeden celek. Tyhle fragmenty nejsou snadno operovatelné, a mohou způsobovat další problémy např. při průniku do krevního řečiště.

7 Právní klasifikace střeliva frangible

Legislativu ohledně střelných zbraní a střelivu primárně upravuje zákon č. 119/2002 Sb. o střelných zbraních a střelivu (dále jen zákon o zbraních), a také zákon č. 156/2000 Sb. o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů (dále jen zákon o ověřování).

Podle zákona o zbraních se do kategorie A (zakázané) řadí:

1. Střelivo se střelou průbojnou, výbušnou, nebo zápalnou.
 - Průbojnou střelu definuje zákon o zbraních jako střelu, která je tvořena materiálem tvrdším než 250 HB (podle Brinella), nebo střelu, která svojí konstrukcí či energií dokáže způsobit průbojný účinek.
2. Střelivo pro krátké kulové zbraně se střelou šokovou nebo střelou určenou ke zvýšení ranivého účinku.
 - Definice střely se zvýšeným ranivým účinkem není zákonem o zbraních ani příslušnou vyhláškou vysvětlena. Posudek o zařazení typu střeliva do konkrétní kategorie vydává Český úřad pro zkoušení zbraní a střeliva (dále jen CUZZS). Podle rozhodnutí CUZZS lze vyhodnotit, že střela se zvýšeným ranivým účinkem je každá střela, která způsobuje živému organismu větší zranění než standardní střela.
3. Střelivo, které neodpovídá dovolenému výrobnímu provedení.
 - Střelivo, které neodpovídá dovolenému výrobnímu provedení je veškeré střelivo, které není uvedeno ve vyhlášce Ministerstva průmyslu a obchodu č. 370/2002 Sb.

Zařazení střeliva FG

Frangible střelivo se podle výše uvedeného řadí do kategorie A – zakázané střelivo, protože:

- V závislosti na konstrukci, frangible střely mohou být průbojné.
- Jádru střely může být lisováno z tvrdého kovu (např. wolfram).
- V závislosti na konkrétní konstrukci střely se obvykle jedná o střelivo se zvýšenou ranivostí.
- Nejedná se o střelivo dovoleného výrobního provedení.

Závěr

Základní charakteristikou frangible střely je její rozpad na drobné fragmenty, ať už při dopadu na pevnou překážku nebo v měkké tkáni. Nespornou výhodou tohoto střeliva je nejen variabilita funkčních vlastností ale hlavně jeho ekologičnost. Podle zjištěných poznatků frangible střelivo v pistolích nelze univerzálně zaměňovat za střelivo standardní a naopak. Vzhledem k průbojným a ranivým účinkům tohoto střeliva nelze očekávat legální hromadné rozšíření, protože vlastnosti tohoto střeliva lze zneužít k páchání trestné činnosti, a navíc se zde objevuje otázka humánnosti při použití proti živým cílům.

Použité zdroje a literatura

- [1] KOMENDA, Jan. *Střelivo loveckých, sportovních a obranných zbraní*. Ostrava: VŠB-TUO, 2015, 2. vydání. ISBN 978-80-248-3773-4.
- [2] FAKTOR, Z. a LANKAŠ, K. *Rukověť loveckého střelectví*. SZN, 1982. ISBN 07-010-82.
- [3] JEDLIČKA, Jakub. *Analýza konstrukce a funkce civilního pistolového střeliva* [online]. Ostrava, 2014. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/105146>. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [4] TŮMA, Václav. *Analýza konstrukce a funkční vlastnosti zápalek* [online]. Ostrava, 2016. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/114898>. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [5] VICHER, Jaromír. *Analýza vlivu konstrukce puškového náboje na jeho funkci* [online]. Ostrava, 2018. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/129674>. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [6] Zákon č.119/2002 Sb. *Zákon o zbraních a střelivu* [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-119>
- [7] Sellier & Bellot. *Katalog střeliva* [online]. Dostupné z: <https://www.sellier-bellot.cz/produkty/pistolove-a-revolverove-naboje/pistolove-a-revolverove-naboje/>
- [8] Článek: *Ultrafrangible – novodobé Dum-Dum???* [online]. Dostupné z: <https://www.rucevzhuru.cz/technika/224-ultrafrangible-novodobe-dum-dum.html>
- [9] KOMENDA, J., et.al. *Střely frangible: ranivost a klinické aspekty jejich použití*. Soudní lékařství, 2012, č.2, str. 21-24.
- [10] MULLINS, John F. *Frangible ammunition – The new wave in firearms ammunition*. Colorado: Paladin press, 2001. ISBN 1-58160-267-7.
- [11] MATYÁŠTÍK, Dušan. *Vliv konstrukce pistolového náboje na funkčnost zbraně* [online]. Ostrava, 2016. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/114893>. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [12] KOMENDA, Jan. A kol. *Vnější balistika loveckých, sportovních a obranných zbraní*. Ostrava: VŠB-TUO, 2015, 2. vydání. ISBN 978-80-248-3772-7.
- [13] FŮRST, Jiří. *Bezolovnaté pistolové střelivo* [online]. Ostrava, 2012. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/94035>. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [14] FIŠER, Miloslav. *Konstrukce loveckých, sportovních a obranných zbraní*. Ostrava: VŠB-TUO, 2017, 2. vydání. ISBN 978-80-248-3769-7.
- [15] FIŠER, M. a PROCHÁZKA, S. *Projektování loveckých, sportovních a obranných zbraní*. Ostrava: VŠB-TUO, 2015, 2. vydání. ISBN 978-80-248-3770-3.
- [16] MACKO, Martin. *Teorie a výpočty*. Ostrava: VŠB-TUO, 2010. ISBN 978-80-248-1255-7.

- [17] PELKA, Robert. *Zraňující agens protipěchotní munice a popis jeho působení na člověka. Faktory a složky ranivého účinku* [online]. Brno, 2014. Dostupné z: https://is.vske.cz/th/nzh4f/BP_-_Robert_Pelka.pdf. Bakalářská práce: Vysoká škola Karla Engliše, a.s.
- [18] POKORNÝ, Zdeněk. *Konstrukce a funkce střeliva frangible*. Brno, 2006. Diplomová práce: Univerzita obrany v Brně.
- [19] JANKOVÝCH, Robert. *Hlavnové zbraně a střelivo*. Brno, 2012. ISBN 978-80-260-2384-5.
- [20] Zákon č. 156/2000 Sb. *Zákon o ověřování střelných zbraní, střeliva a pyrotechnických předmětů* [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-156>