

# Metodika k expertizám

# MUNICE

**Výpočty pro řešení zraňujících možností standardních a analogických případů při výbuchu tříštivé dělostřelecké munice, min, granátů a NVS**



Václav Bilický  
1995  
doplňené vydání 2012

## Úvod

*Za víc než 30 let praxe jsem prostudoval řadu materiálů o střepinovém účinku kdejaké munice, při svých zjištěních jsem při tom vycházel jak z četby v různých populárních časopisech, tak z ryze odborné literatury. Jedni psali o téměř fantastických účincích vybuchující munice na široké okolí, jiní rádoby odborníci se zaobírali povrchním mnoho let propagovaným, ale přitom plytkým názorem na rozlet střepin s raňujícím účinkem u různé munice, a vydávali závazné předpisy, ve kterých ujišťovali odbornou veřejnost o jejich úplnosti a nezvratnosti. Teprve při potřebách této problematiky ve své znalecké činnosti jsem zjistil, že to tak docela nesedí a že je potřebné s touto věcí něco udělat. Tento můj názor dnes ještě více umocňují každodenní výbuchy a hrozby výbuchem různých teroristických nástrah a bomb. Největší problém však nastane v případě, že je terorista po výbuchu dopaden a obžalován z obecného ohrožení. Na pyrotechnickém expertovi ať zpracovává znalecký posudek pro obhajobu, nebo obžalobu nezbyvá, než se pracně prokousávat zjištěními jiných expertiz anebo nekonečným pročítáním opravdu odborné ale velmi nedostatkové literatury. Expert pak u soudu musí pracně dokazovat na příkladech svých vlastních empirických znalostí, zda střepina z munice nebo nástražného výbušného systému mohla ještě zraňovat nebo usmrctvat v předpokládaných vzdálenostech. Jeho výroky nejsou v mnoha případech podloženy zákonitostmi fyziky, matematiky, balistiky a jiných věd. Výsledkem toho jsou rozhodnutí soudů v souladu s tím, jakých informací se jim dostalo. Přesto, že jsem již několik let mimo službu, věnuji toto své pojednání nejen expertům Policie ČR ale také Vojenské policii a ostatním soudním znalcům v tomto oboru.*

*Václav Bilický*

Jak píše klasik, „za vším je potřeba vidět člověka“, budeme se v této stati zaobírat vztahem živého stojícího a nechráněného člověka a letících střepin rozmetanými výbuchem klasické trhaviny. Následkem střetu člověka se střepinou jsou dvě fáze poranění **slučitelné a neslučitelné** s životem a tyto fáze budeme společně nazývat „**ranivost**“. Plošná velikost lidského těla (vstoje čelem k detonaci) činí cca 1,08 m<sup>2</sup> (1,8m x 0,6m = 1,08m<sup>2</sup>). Tuto plochu budeme pojmenovávat jako „**cil**“. O rozsahu samotných účinků střepin rozhodují následující faktory: Jednak je to na prvním místě samotný materiál střepiny, konstrukce střepiny a zejména její tvar. Nezanedbatelná a mnohdy rozhodující je dopadová energie a dopadová rychlost střepiny, velikost a hmotnost střepiny. **Rychlost střepiny** značně ovlivňuje velikost dopadové energie a jedná se o jeden z podstatných vlivů na samotnou ranivost střepiny. Pro porovnávání ranivých účinků je nezbytný ještě jeden faktor vyplývající z rychlosti střepiny, a tím jsou dynamické vlivy v závislosti na rychlosti střepiny při pronikání živou tkání. Střepina při průniku tkání vytváří tzv. kanál. Vzhledem k tomu, že živá tkáň má ve své podstatě vlastnosti rosolovité tekutiny, tak se při průniku střepiny vytváří rázová vlna. Kolem vytvořeného kanálu se tkáň mžikově rozkmitává a tyto kmity vytvářejí tlakové vlny, které se šíří celým organizmem a způsobují šokové ochromení těla, což je právě závislé na rychlosti průniku střepiny organismem. Tento výsledný efekt je nazýván jako hydrodynamický. Většina autorů předpokládá rozhodný vliv vzniklé tlakové vlny na možnost vzniku vzdáleného poranění především u střepin s vysokou rychlostí (obvykle je uváděn údaj o dopadové rychlosti 700 m/s). V současné době není zcela objasněn vznik vzdálených poranění nervové soustavy, zda jde o poškození vznikající jako důsledek přímého působení tlakové vlny na nervovou soustavu či dojde k poškození mozku v důsledku přenosu tlakové vlny na kapiláry mozku a jejich poškození pak způsobí změny mozkové nebo se kombinují oba jevy. Účinek střepiny se v podstatě nedá přesně stanovit předem, lze jej hodnotit až zpětně na základě podrobného rozboru zásahu. Účinek na organizmus je tedy dán účinností střepiny, umístěním dopadu a rovněž psychic-

kým, fyzickým a zdravotním stavem zasaženého. Zmínil jsem se o dvou dosti analogických pojmech – **účinek**, který jsem popsal a **účinnost**. Účinnost střepiny tedy můžeme chápat také jako schopnost střepiny k vytvoření účinku. Z výše uvedeného vyplývá, že střepina s vysokou účinností tak může, ale mnohdy nemusí, mít významný účinek, zatímco střepina s velmi malou účinností vyvolává až na ojedinělé výjimky velmi malý účinek. Z toho je rovněž jasné, že nějakým způsobem můžeme kvantifikovat pouze účinnost střepiny.

Účinnost střepiny se obvykle popisuje na základě dvou veličin **energie a hybnosti**. Co se týče energie, používá se poměr dopadové energie střepiny k ploše jejího příčného průřezu (energetické zatížení průřezu střepiny), přičemž hranice, kdy střepina průřezu dopadové plochy 2,5 - 20 mm může způsobit těžké zranění, se pohybuje okolo 50 J/cm<sup>2</sup>. Střepiny s energetickým zatížením průřezu při dopadu v rozmezí 5-50 J/cm<sup>2</sup> mohou těžké zranění nebo smrt způsobit jenom výjimečně (např. při zásahu oka). Při ještě menším energetickém zatížení průřezu již střepina těžké zranění nezpůsobí. Na základě hybnosti střepiny jsou známy dvě kritéria účinnosti. Do dnešních dob je na střepiny částečně aplikováno pouze Relative Stopping Power (RSP). Jeho autorem je J. S. Hatcher a bylo publikováno v roce 1935. Existuje však celá řada dalších kritérií, která se více či méně úspěšně pokoušejí stanovit účinnost střepin, kde je jako měřítko účinnosti použita velikost objemu pronikového kanálu, další kritéria jsou např. Relative Energy Transmission RET zjišťovaný experimentálně, kde jako cíl je želatínový blok, který věrně zachovává trhavý, tříštivý a průbojný účinek střepiny.

Na samém počátku si musíme sjednotit, za účelem ustálení, některé odborné termíny, které budou souviset s touto problematikou.

## **Základní terminologie:**

### **Vzdálenost značné ranivosti.**

Je vzdálenost od míst výbuchu po hranici, kde je zasaženo 70% cílů. U munice s kruhovým střepinovým účinkem se obvykle namísto tohoto termínu užívá označení "**poloměr ranivosti**", čili na obvodu tohoto popisovaného poloměru („r“) bude zasaženo nejméně 70% cílů. Pásmo oblasti umístěné v okruhu tohoto poloměru se jmenuje "**okruh ranivosti**" nebo "**plocha ranivosti**". Pro municí se směrovým ovládaným rozletem střepin nekruhového charakteru (sektorového) se pod tímto odborným názvem rozumí výseč s orientací na vnější hranici, ve které je zasaženo nejméně 70% cílů.

**Vzdálenost efektivní ranivosti** . Je vzdálenost užitečné účinnosti střepin (poloměr efektivní ranivosti), kde na její hranici bude zasaženo nejméně 50% cílů. Přiměřeně je záhodno chápat termín "**okruh užitečné ranivosti**" (plocha efektivní ranivosti). V praxi má tento termín přechodový charakter, stanovující průměrné hodnoty.

**Vzdálenost nízké ranivosti** . Je vzdálenost od míst výbuchu po hranici, kde je zasaženo pouze 20% cílů. Stejně tak je záhodno chápat odborný název „**prostor ranivosti**“ (plocha ranivosti).

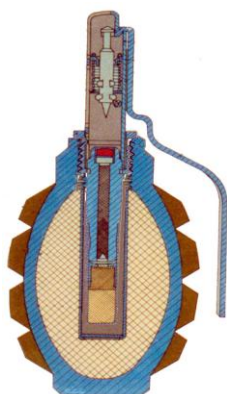
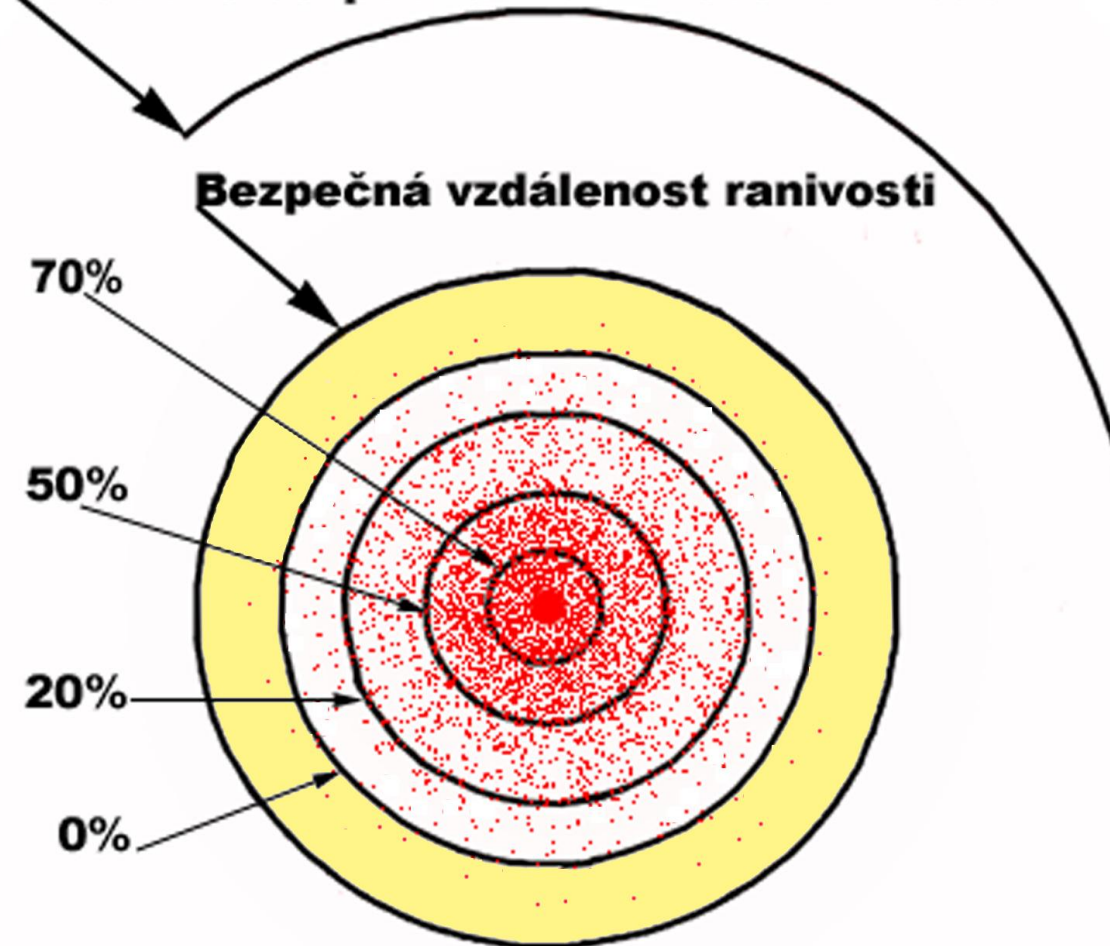
**Vzdálenost (poloměr) rozletu střepin..** Je téměř totéž, co maximální poloměr ranivosti, ale s tím rozdílem, že na této hranici je zasaženo cílů s velmi malým procentem.

Z hlediska čistě matematického se zvýšením vzdáleností od míst výbuchu se bude pravděpodobnost ranivosti blížit k nule a nabývat nekonečně malých hodnot, ale nikdy nebude rovna nule. Vzhledem k fyzikálním zákonům a zákonům vnější balistiky nelze zcela přesně tuto vzdálenost definovat.

**Bezpečná vzdálenost ranivosti.** Obvykle se tento výraz používá na vzdálenostech rovných nebo překračujících vnější hranici pravděpodobnosti ranivosti minimálně přesahující 0%. Odchylnost tohoto termínu od předcházejícího je v tom, že na této vzdálenosti vědomě není možné zasažení cíle střepinou. Termínu "...okruh" nebo "...plocha" se obvykle nepoužívá.

**Zaručeně bezpečná vzdálenost ranivosti.** Je vzdálenost, která se rovná jednomu a půl nebo dvojnásobku bezpečné vzdálenosti ranivosti.

## Zaručeně bezpečná vzdálenosti ranivosti



***Poznámka autora.*** Tato pojmová transformace zabředává do vychytralosti samotné podstaty. Uvedu příklad s tabulkovými hodnotami dvou vzájemně si podobných typů ručních granátů sovětského F-1 a anglického Milse. Všeobecně je známo a v tabulkách výrobců se to píše, že poloměr ranivosti těmito granáty je 200 metrů, ale málokdo ví, že 200 metrů není ta vzdálenost efektivní ranivosti, ale pouze garantovaná náhodná ranivost. To znamená, že ve vzdálenosti 200 metrů od míst výbuchu je dvojnásobná záruka že nedostaneme žádnou střepinou. Ve skutečnosti je vzdálenost značné ranivosti (dokonce ne efektivní ranivosti, ale prostě ranivosti) u F-1 nanejvýš 5 metrů.

**Cíl.** Už jsme se o něm na začátku zmiňovali. Je to vlastně člověk, proti kterému nebo kterého zasahují střepiny dané munice. Jako bilanční cíl se předpokládá obdélník postavený na výšku o rozměrech 1,8 x 0,6m, který má plochu 1,08 m<sup>2</sup>. Čili v tomto pravoúhelníku spatřujeme středně velkého člověka stojícího čelem k detonaci.

V kriminalisticko technických expertizách povýbuchových materiálů zejména pak střepin by se měly objevit ještě dva nové termíny: **Střepiny ovládané a střepiny neovládané**

***Poznámka autora:** Prostor a čas ve smyslu ryze filozofickém jsou kategoriemi, jež ztrácejí svůj smysl bez hmoty. Ve fyzice jsou základními pojmy převzatými z praxe a vázanými na existenci těles či polí. Prostor a čas musíme respektovat, neboť je vázán na jednotlivé částice, v našem případě střepiny, které tvoří určitou fyzikální soustavu. Rozsah tohoto poznání není dodnes ukončen a závisí na schopnosti našich smyslů (či smyslů násobených technikou) jak zachytit strukturu této fyzikální soustavy a provádět v ní měření. Naštěstí máme Ludolfovo číslo  $\pi$  jednu z nejdůležitějších matematických (a fyzikálních) konstant, která se používá při výpočtu obvodu a obsahu kružnice. Je to vlastně číslo, které udává vztah mezi poloměrem kružnice a jejím obvodem. Hodnota  $\pi$  na čtyřicet desetinných míst je  $\pi = 3.14159\ 26535\ 89793\ 23846\ 26433\ 83279\ 50288\ 41971$  to jenom když si chcete trochu započítat a zahrát kalkulačku.*

Terorismus přinesl nevidaný rozvoj systémů podomácky nebo dílensky vyrobených náloží, které jsou, světe div se, rozmetávány klasickou trhavinou a jejich charakter se přibližuje k známým typům vojenské munice. Velmi rozšířené jsou střepinové „bomby“, které ve své podstatě mají systém rozložení ovládaných střepin jako v nejmodernější armádní municí světa. Je pravda, že střepiny nejsou tak pravidelné co do tvaru a jednotné hmotnosti, ale převážně se vejdu do celkové charakteristiky munice například protipěchotních min. Proto, abychom si ukázali možnosti různých výpočtů a jejich analogických uplatnění. Budeme se zabývat v první řadě protipěchotními minami, které zasahují vojáka nepřítele svými ovládanými nebo neovládanými střepinami. Protipěchotní miny jsme ve vztahu k ranivosti schopni doposud zařadit do tří skupin vzhledem k principu rozletu jejich střepin.

1 skupina. -Protipěchotní miny kruhové ranivosti tříštivé se střepinami vytvořenými roztrháním jejich těla. Jsou analogické s některými trubkovými „bombami“ teroristů. Jedná se sice o neovládané střepiny, ale jejich rozlet má své fyzikální zákonitosti, které lze matematicky a také geometricky vyjádřit.

2 skupina. -Protipěchotní miny kruhové ranivosti s ovládanými střepinami střepinami, které jsou zvlášť vyrobeny a uloženy u stěny válcového těla. Jsou analogické s osamělými časovanými teroristickými „bombami“ uloženými v zavazadlech nebo v malých vozidlech.

3 skupina. -Protipěchotní miny směrovaného účinku se střepinami ovládanými resp. Vystřelovanými ve stanoveném sektoru a úhlu. Střepiny jsou dimenzované se stejnými rozměry a o shodné hmotnosti se značně zvýšenou ranivostí díky směrovému využití energie výbušniny. Střepiny jsou uloženy u plastové stěny těla miny. Podobnost můžeme spatřit u teroristů sebevrahů, kteří útočí přímo na vybraný cíl tak, že na prsou mají umístěnou výbušninu z vnější strany posetou nejrůznějšími úlomky nebo industriálními výrobky jako jsou šrouby hřebíky matice apod.

Přiměřená a také poněkud rozdílná je rovněž metodika výpočtu ranivosti min, a ostatní munice a NVS (nástražný výbušný systém), i když ve své podstatě se mění pouze metoda definice plochy ranivosti a metoda stanovení množství zasahujících střepin a jejich průměrné hmotnosti.

## 1 skupina

Vzhledem k metodice výpočtu ranivé schopnosti min tohoto typu lze rovněž odhadovat zraňující schopnosti ručních tříštivých granátů, a také v určité míře běžných dělostřeleckých tříštivých granátů, minometných min a v neposlední řadě trubkových „bomb“ teroristů.

Musíme si však říci, že se budeme, pro standardizaci problému, plně věnovat pouze klasické munici, mající běžné kovové tělo, které je plněno běžnými brizantními standardními trhavinami typu TNT, a které v čase výbuchu leží nehybně na povrchu země a rozmetává své střepiny všemi směry.

Kovové střepiny ve standardním množství o minimální hmotnosti 2 gramů mají ranivé vlastnosti, to znamená, že mohou zabít anebo podstatně zranit. (poškodit člověka tak, že nebude moci vykonávat předpokládanou činnost). Optimálními, vzhledem k hmotnosti, se považují střepiny v rozmezí hmotnosti 2-5 gramů. Ovšem, při výbuchu vznikají střepiny nejrůznějších velikostí a hmotností. Plně nevyhovující je případ kdy u celokovové nálože (teroristická trubková „bomba“) jsou vytvořeny celkově 2 – 3 střepiny přesto se zde hovoří o ranivosti, i když se zde musíme podřídít zákonu náhody. Právě z těchto a i jiných důvodů musíme vycházet z některých matematických předpokladů, které umožní vypočítat maximální pravděpodobnosti ranivosti. Náhodná veličina (náhodná proměnná, stochastická veličina, stochastická proměnná) je jedním ze základních pojmů teorie pravděpodobnosti. Je to veličina, která může obecně nabývat více hodnot, každé s nějakou pravděpodobností. To, které hodnoty veličina nabude, je určeno náhodnými vlivy. A tak budeme počítat, že při výbuchu munice obal vytváří značné množství střepin o hmotnosti od 2 do 5 gramů.

*Poznámka autora.* Abychom mněli představu o jakou velikost střepiny jde, uvedeme si příklad s porovnáním obecně známé malorážkové střely ráže 5,6 mm o hmotnosti 2,5 g a střely pistolové (Makarov) hmotnosti 5,9 g.

Při výbuchu munice se střepiny rozlétají rovnoměrně v prostoru celých 360° vzhledem k horizontále a od momentu výbuchu s rozvojem detonace, kdy tlak detonačních plynů tříští tělo na střepiny, které se pohybují ve frontě rázové vlny, mají tvar sférický. Podle zvětšování sféry a současného rozletu střepin od epicentra výbuchu jednotlivé vzdálenosti mezi střepinami zákonitě rostou, což můžeme nejlépe přirovnat efektu nafukovaného balonku s pravidelnou sítí teček.

Dokud jsou vzdálenosti mezi střepinami menší nebo rovné ploše lidského těla (1,08 m<sup>2</sup>), tak pravděpodobnost toho, že se střepina ocitne v člověku se rovná 100%. Proto se přirozeně pravděpodobnost zásahu člověka střepinou zmenšuje a se zvětšením vzdáleností od místa výbuchu směřuje až k 0%.

Z hlediska geometrie je nulová hodnota nedosažitelná, ale podle zákona pravděpodobnosti je natolik dostatečně malá, že se pravděpodobnost ranivosti považuje za nulovou. Fyzikálními vlastnostmi výbuchu a metacími schopnostmi nálože trhaviny se nebudeme zabývat, ale je potřeba říci, že z hlediska fyziky existuje hraniční akční rádius střepiny.

Jak jsme již několikrát četli tak plošná velikost lidského těla (vstojе čelem k detonaci) činí cca 1.08 m<sup>2</sup> (1,8 x 0,6 = 1.08). Proto abychom zajistili stoprocentní pravděpodobnost ranivosti musí nevyhnutelně být volná plocha mimo cíle menší než plocha samotného cíle (<1,08m<sup>2</sup>) Pro výpočet vzdálenosti značné ranivosti neboli poloměru ranivosti, postačuje účinnost 70% a pak je plocha mezi cíli 1,54 m<sup>2</sup>. Vycházíme přitom z celkem známého vzorečku výpočtu povrchu sféry:

$$S = 4\pi r^2$$

Museli jsme však zjistit kolik potřebujeme vytvořených střepin pro 70% pravděpodobnost ranivosti na plochu 1,54 m<sup>2</sup>. Čili vzorec potřebného množství střepin v dané vzdálenosti:

$$P_s = \frac{4\pi r^2}{1,54}$$

Nám odhadne, kolik musí vytvořit tělo munice střepin ve sférické vzdálenosti 5 metrů od centra výbuchu:

$$P_s = (4 \times 3,14 \times 5^2) / 1,54 = \underline{\underline{204 \text{ střepin}}}$$



Pokud vytvořené střepiny budou mít průměrnou hmotnost od 2 do 5 gramů, potom potřebná hmotnost tříštivého těla munice se musí pohybovat v rozmezí 408 - 1020 gramů.

Mimochodem, hmota těla sovětské protipěchotní miny POMZ-2 je 1500g a vzhledem k takticko-technickým charakteristikám kde se okruh smrtelné ranivosti uvádí 4 metry, tak to docela koliduje s našimi propočty. A to jsme vybrali ideální případ, proto zcela jednoduše řečeno, když jsou střepiny velké, pak potřebná hmota těla munice bude mnohem vyšší.

Přepočteme-li totéž pro poloměr ranivosti s pravděpodobností 20%, ve stejné vzdálenosti čela sféry střepinového účinku nebude v takovém případě náš součinitel 1,54 ale 5,25 tedy získavších střepin bude:

$$P_s = (4 \times 3,14 \times 5^2) / 5,25 = \underline{\underline{60}}$$

čili hmotnost munice musí být v rozmezí 120 - 600g.

Tělo granátu F-1 má hmotnost 540 gramů.

**Poznámka autora:** Při některých zkušebních testech RG F-1 jsme společně s mjr. Ing Bohumilem Marešem zjistili skutečnost, že u specifické série z roku 1966 je na vytvoření zraňujících střepin spotřebováno pouze 40-50% materiálu těla granátu, ostatních 50 – 60% se přetvoří v neškodný prach. Na vině je s největší pravděpodobností velký obsah uhlíku v litině. Rozbor však nebyl proveden.

„Tabulkově je uváděna ranivost 200 metrů pro F-1 ?“ otázka se vnímavý čtenář. Zkusme to spočítat naší metodou:  $(4 \times 3,14 \times 4000) / 5,25 = 9569$  střepin. Mají-li být střepiny o průměrné hmotnosti od 2 do 5 gramů, byla by potřebná hmotnost těla ručního granátu v rozsahu od 19,1 do 47,9 kg. Každý si pod tímto údajem představí dělostřelecký granát ráže 122 ne-li 152 mm. Budiž, ale podle tohoto výpočtu ověříme, že nelze spatřovat 70% účinnost ranivosti ani ve vzdálenosti 100 m ba ani 40 m, to umí jen granáty s ovládanou střepinou jako je RG-75, kde je přibližně 4000 kuliček?“ otázka se téměř každý z nás, protože v dobách Lidových milicí řešil ne jeden případ zranění nebo smrti na házelištích a na tuto vzdálenost. Samozřejmě, že lze střepinou na takové vzdálenosti dostat, ale jedná se o střepinu, kterou běžně nazýváme, „bláznivou“ a která je již plně v kategorii náhody. Proto se v žádném případě nedoporučuje opouštět v ohroženém prostoru úkryt.

I když nemáme příliš klasického, myslím tím matematického vzdělání, můžeme i při svých nevelkých rozumových schopnostech snadno aplikovat proces rozletu střepin při výbuchu teroristických „bomb“ anebo pohybuující se munice se značnou hybnou silou v momentu výbuchu (dělostřelecký granát).



Kdybychom měli věřit všem technicko-taktickým datům okruhu ranivosti, které nám předkládá výrobce, dostali bychom se do fikce. Nevěříme jim my odborníci, ale ani laikové teroristé. Představte si činnost teroristy věřícího v komerční data o účinku ranivosti třeba našeho RG F-1, podle dat by mu stačilo umístit granáty od sebe na 200 m a měl by vystaráno, ale ani silně věřící terorista těmto datům nevěří a vše si dobře spočítá. Nedbá na náhodu, že střepina potká nějakého smolaře.

A jak si to takový terorista resp. znalec spočítá, si můžeme ukázat. Základní vzorec má tyto veličiny:

**R** = vypočtený rádius ranivosti (m)

**P<sub>c</sub>** = plocha cíle (stojící člověk 1,08m<sup>2</sup>)

**M<sub>n</sub>** = hmotnost kovového těla nálože (g)

**K<sub>r</sub>** = koeficient ranivosti

velká – 0,7

efektivní – 0,5

běžná – 0,2

**m<sub>s</sub>** = hmotnost jedné střepiny (g)

$$R = \sqrt{\frac{P_c M_n}{4\pi K_r m_s}}$$

Pro snadnější pochopení doplníme a zjednodušíme vzorec veličinami v číslech:

**Poloměr účinnosti ranivosti (70%) R<sub>2</sub>** = poloměr ranivosti střepinou o hmotnosti 2g

**R<sub>5</sub>** = poloměr ranivosti střepinou o hmotnosti 5g

$$R_2 = \sqrt{\frac{1,54 M_n}{8\pi}}$$

$$R_5 = \sqrt{\frac{1,54 M_n}{20\pi}}$$

**Poloměr účinnosti ranivosti (50%)**



$$R_2 = \sqrt{\frac{2,16 M_n}{8\pi}}$$

$$R_5 = \sqrt{\frac{2,16 M_n}{20\pi}}$$

**Poloměr účinnosti ranivosti (20%)**

$$R_2 = \sqrt{\frac{5,25 M_n}{8\pi}}$$

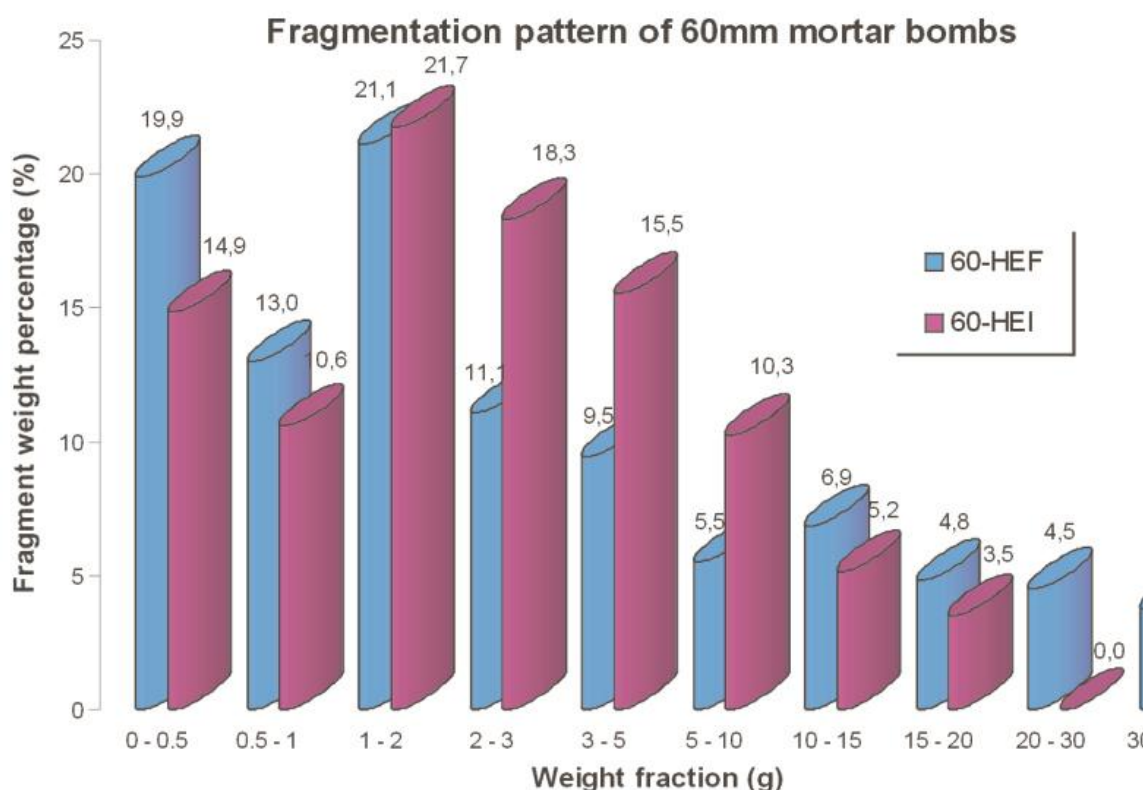
$$R_5 = \sqrt{\frac{5,25 M_n}{20\pi}}$$

Jsou uváděny vždy dva vzorečky kvůli tomu, aby byl stanoven poloměr vzhledem k hmotnosti střepin 2 a 5g. Lze však podle vlastního uvážení odvodit střední okruh při sloučení  $R_1$  a  $R_2$  a výsledek dělit dvěma.

Bezpečná vzdálenost, to je 0% účinné ranivosti, se určuje podle jiného vzorce, kde se vychází ze samotné fyziky výbuchu a respektuje se pravděpodobnost možnosti úletu střepiny za hranici vzdálenosti rozletu střepin s účinností ranivosti blížící se k 0%, přičemž se přihlíží k síle a směru větru, hustotě vzduchu a zejména k aerodynamické kvalitě vytvořených střepin. Všichni jsme již zažili situaci, kdy po značné době od výbuchu jsme teprve uslyšeli příznačný zvuk padající střepiny, která měla tvar vrtulky. Dosud jsme hovořili o munici mající stejnou tloušťku stěn kovového těla na všech stranách a pro dané výpočty byl stanoven závěr, že v každém směru může letět stejné množství střepin a všechny tyto střepiny mají optimální velikost a hmotnost (2-5 gramů). V praxi se však tělo munice trhá nepravidelně a střepiny sami o sobě tak získávají nejrůznější velikosti a hmotnosti - od mikroskopických do rozměru poloviny těla. Přirozeně, že skutečná ranivá schopnost munice je zcela obvykle pod hranicí bilanční (leckdy velmi značně), přičemž jednotlivý fragment může odlétnout mnohem dále, než jsou vypočítané vzdálenosti. Proto je nezbytné důkladné ohledání místa výbuchu a zajištění podstatného množství střepin pro další co nejpřesnější rozhodování.

Pro tento případ presentace jsem vás nechtěl unavovat složitými výpočty a tak jsem připravil tabulku, ve které jsou uvedeny zaručené hodnoty bezpečnostní vzdálenosti při explozích jednotlivých typických celků, které se nepatrně liší od našich zažitých předpisových vzdáleností:

Trhavina ekvivalentu TNT do hmotnosti 10 kg bez obalu na zemi	<b>-100m.</b>
Trhavina ekvivalentu TNT do hmotnosti 0,2-0,4 kg v kovovém obalu na povrchu	<b>-500m</b>
Trhavina ekvivalentu TNT do hmotnosti 0,4-0,6 kg v kovovém obalu na povrchu	<b>-700m</b>
Trhavina ekvivalentu TNT do hmotnosti 0,6-0,8 kg v kovovém obalu na povrchu	<b>-1000m</b>
Trhavina ekvivalentu TNT do hmotnosti 0,8-1 kg v kovovém obalu na povrchu	<b>-1200m</b>
Trhavina ekvivalentu TNT od hmotnosti 1kg a více v kovovém obalu na povrchu	<b>-1500m</b>



Došli-li jste v četbě a pozorném studiu až sem, tak jste určitě získali nějakou představu o smysluplném využití výpočtů sféry ranivosti pevných kovových těl munice nebo takzvaných trubkových „bomb“ teroristů. Předložené vzorce můžete analogicky použít například při zjišťování hmotnosti těla vybuchlé nástrahy v případě, že budete mít v určité vzdálenosti zasažený cíl nebo plochu s rozsetým účinkem střepin a v případě výbuchu munice se nebudete muset řídit komerčními a mnohdy velmi nepřesnými údaji ranivosti v technicko-taktických datech. Pochopitelně, v plné míře platí všechny shora vyjádřené vzorce i pro ruční tříštivé granát, protipěchotní tříštivé miny kruhové střepinové účinnosti apod. S určitou hypotézou musíme počítat (*vzhledem k tomu, že v důsledku značné svislé rychlosti dělostřelecké miny nebude čelo rázové vlny mít tvar ideální sféry, ale sféra bude poněkud přimáčklá a v přízemním pásmu bude střepin poněkud víc, než v horních vrstvách sféry*) je možné tento vzorec aplikovat i na minometných minách při vyšetřování zranění na polygonech střelnic nebo i v místech válečných misí. U dělostřeleckých granátů explodujících při nárazu na zem tento vzorec aplikujeme s přibližným až velmi hrubým výsledkem a to z jednoduchého důvodu, protože dopad

rychle letící střely má rozlet střepin stanovený podle jiných složitějších zákonitostí. Část střepin je vrhána kupředu po směru letu střely a další podstatné části střepin se rozlétávají nalevo a napravo od podélných os střely a dozadu letí pouze nepatrná část střepin.

## Střepiny ovládané

Nejsou žádnou novinkou, takovou jako je náš nový pojem. Použití speciálně vyrobených střepin sahá do období středověkých válek, kdy kovové kuličky byly obsahem trhavých náplní v dělových koulích a měly tak základní vlastnost ovládané střepiny „sférickou“. Pozdějším vývojem cylindrických střel získaly ovládané střepiny vlastnost „směrovou“. Typické tvary těchto střepin jsou koule, kostky, tyčinky a šipky. NVS může také obsahovat ovládané střepiny zejména u trubkových představitelů. Zde jsou střepiny vesměs vhodnými industriálními výrobky, jako jsou matice, šrouby, hřebíky apod. Všechny tyto objekty nejsou v přímém styku s výbušninou, jsou uloženy v různých pojivech a snadno lámavých hmotách.

Ovládanou „sférickou“ vlastnost střepin můžeme se vši odpovědností zařadit také do kategorie střepin ovládaných, byť se to někomu nezdá. Jsou to takzvané **regulované střepiny**, které jsou již z výroby stanoveny tak, aby měly optimální tvar a rozměr, který během detonace trhací náplně získají a který se dále již nezmění. Takovou ovládanou střepinu můžeme dále charakterizovat jako **střepinu „vystřelenou“**. Vývojem „vystřelovaných“ střepin se došlo k formám až bizarním, které lidská fantazie vytvořila, ale které mají svůj fyzikální řád. Některé návrhy mnohavrstvých různorodých stěn se ujaly zejména u munice malé a střední ráže. Z válečných období se dochovaly různé kalené spirály, obruče nebo jen navinuté předfragmentované dráty a také rýhované vložky. Raketová munice přijala formát standardního hranolu přibližných rozměrů 10x10x10 mm, které drží pohromadě pouze lakovaný textilní ovin.

V protipěchotních minách s předfragmentovanými střepinami nejsou cíle zraňovány střepinami těla ale nanesenými fragmenty nejčastěji po obvodu pláště těla. Obvykle to jsou ocelové kuličky nebo válečky optimálního formátu a hmotnosti disponované uvnitř min optimálním způsobem, čili ničící komponenty se rozmísťují pouze v bočních stěnách munice, v horních a dolních částech takovéto munice nejsou. Takto umístěné ovládané střepiny snižují celkovou hmotnost munice a působí pouze ve směru, kde je předpokládán cíl. Energie trhaviny se nepotřebává v trhání těla munice a střepiny opouští municí se značným zrychlením a s přihlédnutím ke stejné velikosti a hmotnosti se ve sféře rozptýlu rozmísťují téměř v geometrickém pořádku víc než rovnoměrně a díky velmi dobrým aerodynamickým tvarům si rozhodně déle uchovávají svou rychlost a tím dopadovou energii. Pokud přitom minou ještě poněkud vyzdvihneme nad úroveň terénu, tak menší množství střepin odejde do země a několikanásobně se zvýší zraňující schopnost takové munice. Ostatně, toto je podstatná veličina pro cíl, mající malou výšku, ale dostačující horizontální plochu (osoba ležící na zemi).

Typickým příkladem takovéto munice nebyla zcela naše PP Mi-Šr II kde střepiny tvořily nepravidelně sekané kusy oceli, ale sovětská protipěchotní vyskakující mina OZM-72, obsahující tenkostěnné tělo ve kterém je uložen válec z epoxidové pryskyřice ve které je zalito 2400 ks ocelových kuliček nebo válečků v průměru 2,5-3 mm. Každá kulička váží o něco víc než 2 gramy. Všechny 2400 kuliček je umístěno tak, že se při výbuchu rozletí v rozmezí sektorů C a D, to znamená do stran.

Při výpočtu zraňujících vlastností takových min se nebere ohled na tělo miny ale na střepiny, připravené kuličky nebo válečky. Čili střepiny, které vytvoří tělo lze zanedbat pro jejich malou hmotnost a bezvýznamnou roli ve zraňujících vlastnostech miny. Základními údaji zde

jsou kapacita střepin (elementů) a poměr vzájemné výšky těla k jeho průměru, protože z tohoto vztahu odvozujeme úhel sektoru rozletu střepin.

Vzorec vypočítání poloměru kruhové ranivosti hotovými prvky munice má formu:

**R** = vypočtený rádius ranivosti (m)

**P<sub>c</sub>** = plocha cíle ( stojící člověk 1,08m<sup>2</sup>)

**N** = množství střepin (ks)

**K<sub>r</sub>** = koeficient ranivosti

velká – 0,7

efektivní – 0,5

běžná – 0,2

**h** = výška těla miny

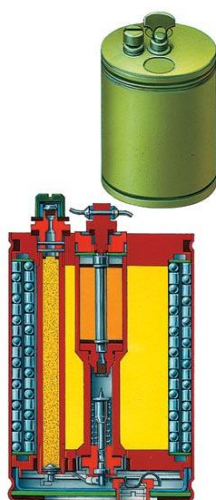
**d** = průměr těla miny

$$R = \sqrt{\frac{N P_c}{4\pi K_r \arctg \frac{h}{d}}}$$

Pro příklad se tedy vezmeme sovětskou minu OZM-72, která má 2400 kuliček a její průměr 10,8 cm, výška 17cm,  $\arctg \frac{17}{10.8} = 1,5740074$  což činí úhel 57,6 stupňů nebo 1,005 obloukové míry

Potom:

$$R = \sqrt{\frac{2400 \cdot 1,08}{4 \cdot 0,2 \cdot 3,14 \cdot 1,005}} = 32 \text{ m}$$



Tímto jsme vypočítali poloměr ranivosti miny OZM-72, v okruhu ve kterém bude zasaženo nejméně 20% cílů.

Což ovšem opět koliduje s ranivostí uváděnou v tabulkách k mině.

V teroristické praxi se začal objevovat aspekt směrově ovládaných střepin resp. střepin vystřelovaných jejichž analogická podobnost s municí je patrna zejména u směrových horizontálních protipěchotních min, jejichž představiteli jsou americká M18A1 propagovaná svou „účinností“ v americkém filmu „Rambo“ a sovětská MON-50, která se vyskytovala i na našem území. Obvykle se v charakteristice takových min uvádí pouze středový úhel horizontálního sektoru rozletu střepin, ale pro naše výpočty musíme znát další veličinu a tou je úhel vertikálního rozletu válečků nebo kuliček. Což se dá velmi jednoduše stanovit na základě vzájemného oměru délky a výšky těla miny.

Vzorec poloměru ranivosti pro miny směrovaného účinku je:

**R** = vypočtený rádius ranivosti (m)

**P<sub>c</sub>** = plocha cíle (stojící člověk 1,08m<sup>2</sup>)

**N** = množství střepin (ks)

**K<sub>r</sub>** = koeficient ranivosti

velká – 0,7

efektivní – 0,5

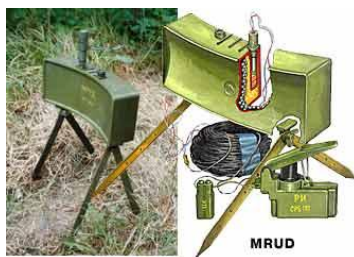
běžná – 0,2

**l** = délka těla miny (mm)

**h** = výška těla miny (mm)

**α** = horizontální úhel sektoru (°)

$$R = \sqrt{\frac{N P_c l}{2 K_r \alpha h}}$$



Vezmeme na ukázkou americkou minou M18A1 SLAYMORE, má velikost těla 21,5 x 9 cm, obsahuje 700 kuliček a má horizontální úhel sektoru rozletu 60 stupňů (1.047 radiant). Dosadíme tyto údaje do vzorce, vybereme si součinitel ranivosti 0,2 a stanovili jsme poloměr ranivosti s účinností na 20% cílů.

$$R = \sqrt{\frac{700 \cdot 1,08 \cdot 21,5}{2 \cdot 0,2 \cdot 1,047 \cdot 9}} = 65,67 \text{ m}$$

A zjišťujeme asi poprvé vůbec, že vypočítaný výsledek se jen nepatrně liší od údajů v dokumentaci miny.

Poznámka autora: *Doufám, že až poberete pyrotechnický rozum a budete jej potřebovat k řešení nějakého závažnějšího případu vzpomenete si na shora napsané řádky, využijete matematických vzorečků a i sebe zapeklitější případ vyřešíte.*

#### Zdroje a literatura

1) MUROCHOVSKIJ, FEDOROV. Zbraň pěchoty. IZDATELSKAJA kampaň "Arzenál pre-se". Moskva. 1992.

- 2) Šunkov Zbraň pěchoty 1939-1945 Minsk. 1999.
- 3) Polní organizační ustanovení armády USA fm 3-23.30 grenades and pyrotechnic signals. headquarters department of the army washington, dc, 1 september 2000.
- 4) Instrukce ženijních prací práci. Branné nakladatelství. MOSKVA.1969.
- 5) us army field manual fm 20-32. "mine/countermine operations". Chapter 4, appendix b. Headquarters department of the army, washington, dc, 30 june 1999.
- 6) Us army field manual fm 5-102. "countermobility". Chapter 5 "mine warfare". Headquarters department of the army, washington, dc, 14 march 1985.
- 7) Jan Chog. Munice. Náboje, granáty, dělostřelecká munice, minometné miny. 2001.
- 8) Václav Bilický. Analýza střepin dělostřeleckých střel za účelem identifikace jejich ráže a typu.2006.
- 9) Журнал "Оружие" № 6-99г.,8-99г.
- 10) Веремеев Ю.Г. Расчет поражающих возможностей осколочных мин и гранат.