



Spolufinancováno Evropskou unií

Nástroj pro propojení Evropy

ČÁST B.14

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	-	-
02	-	-
03	-	-

Investor:



Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Dlážděná 1003/7
110 00 Praha 1

Generální projektant:



SUDOP PRAHA a.s.
Olšanská 1a, 130 80 Praha 3
tel.: +420 267 094 111
e-mail: praha@sudop.cz

Hlavní inženýr projektu:

ING. STANISLAV ŽÁČEK

Garant profese:

RNDR. PETR VITÁSEK

Zpracovatel přílohy: PYROTECHNICKÝ PRŮZKUM

Doc. Dr. Ing. Jiří CHLÁDEK

Trnová 84, 252 10 Trnová
tel: +420 602 343 958
email: info@chladek.cz

Vedoucí střediska:

Odpovědný projektant SO, IO, PS:

Vypracoval:

Kontroloval:

-

DOC. DR. ING. JIŘÍ CHLÁDEK

DOC. DR. ING. JIŘÍ CHLÁDEK

DOC. DR. ING. JIŘÍ CHLÁDEK

Název akce:

Číslo smlouvy:

16-176.240

Modernizace ŽST Cheb

Projektový stupeň:

PROJEKT

Část:

Datum:

01 / 2017

GEOTECHNICKÝ A STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM

Číslo části:

B.14

Název přílohy:

Měřítko:

Počet formátů:

PYROTECHNICKÝ PRŮZKUM

Číslo přílohy:

4

Doc. Dr. Ing. Jiří CHLÁDEK
soudní znalec v oboru „střelivo a výbušiny“
se specializací na výbušiny, pyrotechniku a ohňostroje
252 10 Trnová č.p. 84

Tel.: 602 343 958

info@chladek.cz

SUDOP PRAHA a.s.
Olšanská 1a
130 80 Praha 3

Dne: 15.10. 2016

Výtisk č.: 5

Počet listů: 17

Přílohy: -

ZNALCKÝ POSUDEK

Ve smyslu zákona č. 36/1967 Sb.

ve věci: Stanovení pyrotechnických rizik na stavbě „Modernizace žst. Cheb“ a návrh opatření k jejich eliminaci.

na základě:

požadavku společnosti SUDOP PRAHA a.s.

I. ÚVOD

Popis události

Použité materiály:

- a) SUDOP : mapový podklad 1: 2.500, Modernizace žst. Cheb, Pyrotechnický průzkum – obvod stavby

Použitá literatura:

1. Vyhláška ČBÚ č.76/1996 Sb.
2. Technické otázky civilní obrany, UO CO, Praha 1953
3. Ammunition Inspection Guide, sect. VII. Bombs for Aircrafts, USA
4. Vševojsk 16-20 Pyrotechnická činnost v armádě České republiky, Praha 2000
5. M.Novotný, Teorie výbušin, skripty VŠCHT Pardubice, 1981
6. Archivní materiály k tématu nálety na Pardubice, osobní databáze autora
7. Vlastní praktické poznatky autora z realizace pyrotechnických průzkumů (hl.n. Plzeň, přemostění železniční trati Pardubice, modernizace žst. Česká Lípa)
8. Eden. Moeng: Anatomie letadel 2. Světové války, Svojtka, 2006
9. Freeman: Bombardování Říše, NV 2006
10. Manual of Bomb Disposal, 1941
11. U.S. Explosive Ordnance, 1947
12. Bombs for Aircraft, US War Department, 1944
13. British Explosive Ordnance, 1946
14. Military Explosives, TM 9-1300-214, USA, 1984
15. Ing. Dr. Jiří Chládek: „Příspěvek k detekci, analýze a ničení munice“. Habilitační práce v oboru Vojenská technika, zbraně a munice, Univerzita obrany Brno, 2005

Otázky, které mají být zodpovězeny:

- 1) Stanovte pyrotechnická rizika, která se mohou na uvedené stavbě vyskytovat
- 2) Navrhněte vhodná preventivní opatření k eliminaci možných pyrotechnických rizik

II. NÁLEZ

Možná pyrotechnická rizika vyplývají z bojové činnosti, která probíhala na zájmové ploše v závěru II. sv. války.

TAB. I Přehled náletů a bojové činnosti

Datum	Cíl	Komentář 1	Komentář 2
23.10. 44	Železniční viadukt, průmysl		
14.2. 45	Letiště, letecká továrna, město	345 ks 500lb. pum	špatné počasí, zasaženo široké okolí
25.3. 45	Nádraží + okolí, letiště	120 lb. fragmentační pumy ve svazcích 500lb. puma GP cca 775 ks	
8.4. 45	Nádraží + město	328 tun pum *)	Zničeno nádraží a 1/3 města
10.4. 45	Železniční viadukt a jižní zhlaví železniční stanice		

*) Poznámka:

Uvedená tonáž odpovídá např. 1300ks 500lb. pum, mohla být však použita směs různých hmotností a typů

V tabulce jsou uvedeny základní informace o náletech na nádraží a jeho okolí. Historické prameny zpravidla uvádějí počty letadel a tuny shozených pum. Jen vzácně lze zjistit konkrétní typ pumy a její ráži (hmotnost).

Z historických údajů vyplývá, že **10 – 15% shozených pum selhalo !**

Z provedené rešerše lze považovat za prokázané opakované použití GP pum o hmotnosti 500 lb obsahující 130 kg trhaviny. Dále jsou v souvislosti s útokem na letiště uváděny střepinové pumy shazované ve svazcích. V souvislosti s bombardováním města jeden zdroj hovoří o použití zápalných pum.

Nejrozšířenější pumou, kterou Američané používaly při bombardování cílů v ČR, byla bezesporu puma GP 500 lb.

Tab. II Popis letecké pumy GP 500 AN M64A1

Parametr	Hodnota parametru
celková délka pumy (včetně stabilizátorů)	152 cm
délka pumy bez stabilizátorů	120 cm
průměr těla pumy	36 cm
tloušťka pláště	1 cm
hmotnost těla pumy	98 kg
hmotnost trhaviny	130 kg
trhavina	Composition B (RDX/TNT 60/40)
parametry kráteru	hloubka 4 m, průměr 13 m, objem 157 m ³

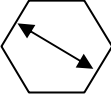
Při bombardování jiných cílů v ČR byly Američany použity pumy od 100 lb (např. České Budějovice, České Velenice) až po 1000 lb (např. Praha Libeň).

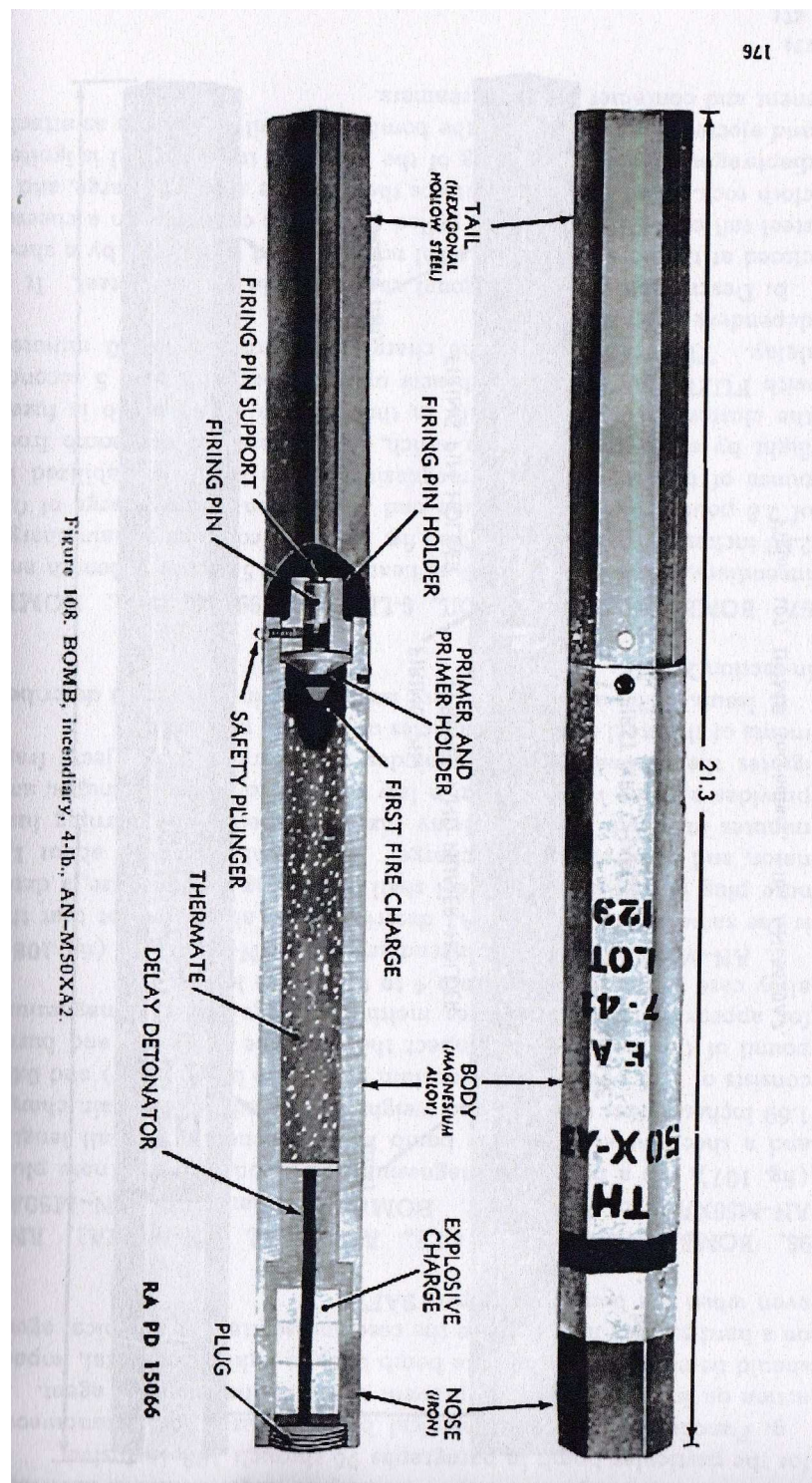
Střepinové (fragmentační) 20lb pumy byly shazovány ve svazcích po 6 ks nebo po 20 ks. Za letu se svazky rozpojily a jednotlivé pumy (pumičky) pokryly rozsáhlou plochu. Byly vybaveny nárazovým okamžitým zapalovačem a jejich výbuch produkoval velké množství střepin. Často byly shazovány na letiště, aby střepiny ničily letadla na zemi. Bylo je možné použít i proti živé síle.

Dále existovaly střepinové pumy o hmotnosti 90 lb, které byly rovněž shazovány ve svazcích po 6ks. Jistou variantu dále tvořily střepinové pumy obou hmotností osazené stabilizačním/brzdícím padákem a opět shazované ve svazcích.

Nejrozšířenější variantou zápalných pum používaných proti cílům na našem území jsou 4 lb termitové pumy ve tvaru šestihranné tyče. Přibližně 15% pum (označených červeným pruhem) po dohoření vybuchne. Tím se ztěžovalo hašení požárů po náletu. V případě zahoření pumy při zemních pracích – nehasit ! Opustit prostor ! (alespoň 50m).

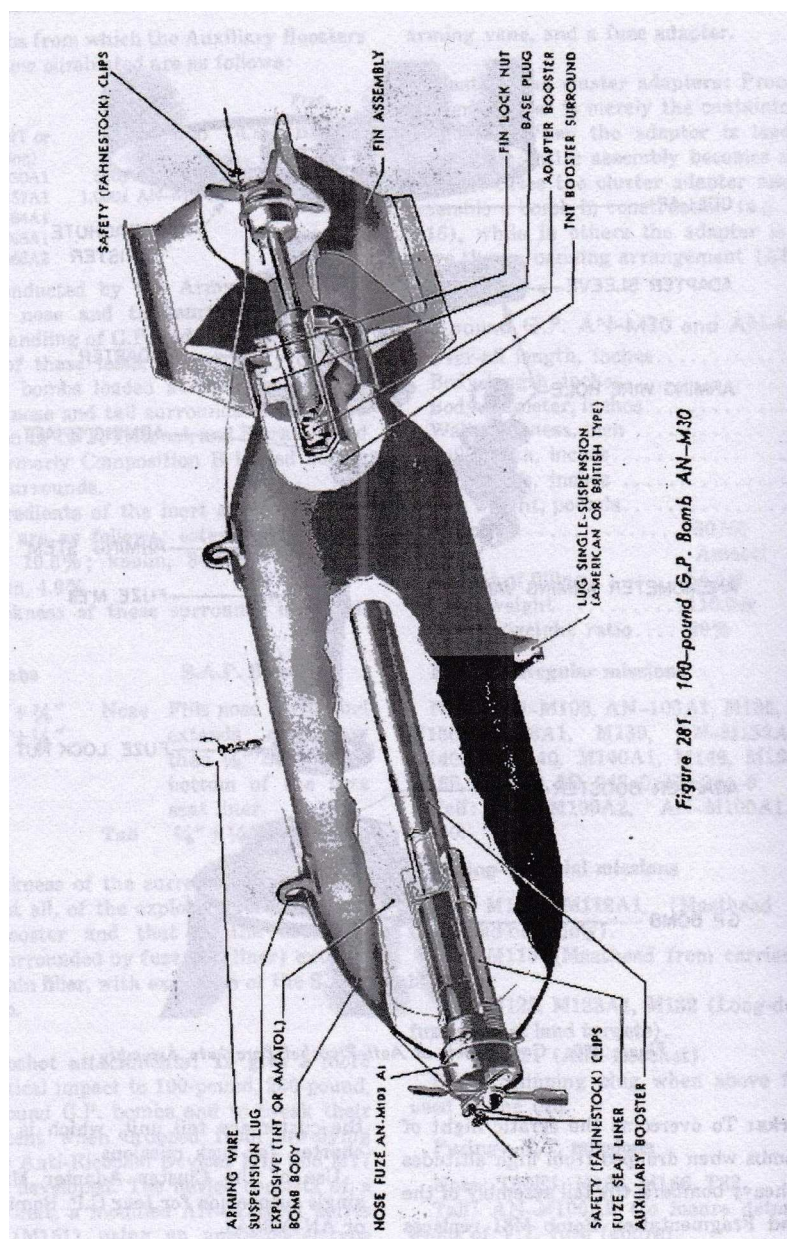
Tab. III. Základní parametry leteckých pum

Hmotnost/typ pumy	Ø těla pumy /cm/	délka těla pumy /cm/	poznámky
4 lb. zápalná	 4,5 cm	54	Šestihranná tyč cca 15% pum po dohoření vybuchne ! Nehasit ! Opustit pracoviště !
GP 100 lb. USA	21	76	25 kg trhavy
GP 500 lb. USA	36	120	130 kg trhavy
GP 1000 lb.	48	135	260 kg trhavy
Frag. 20 lb.	9	29	+ varianta s padákem. Vždy shazováno ve svazcích
Frag. 90 lb	15	50	+ varianta s padákem. Vždy shazováno ve svazcích

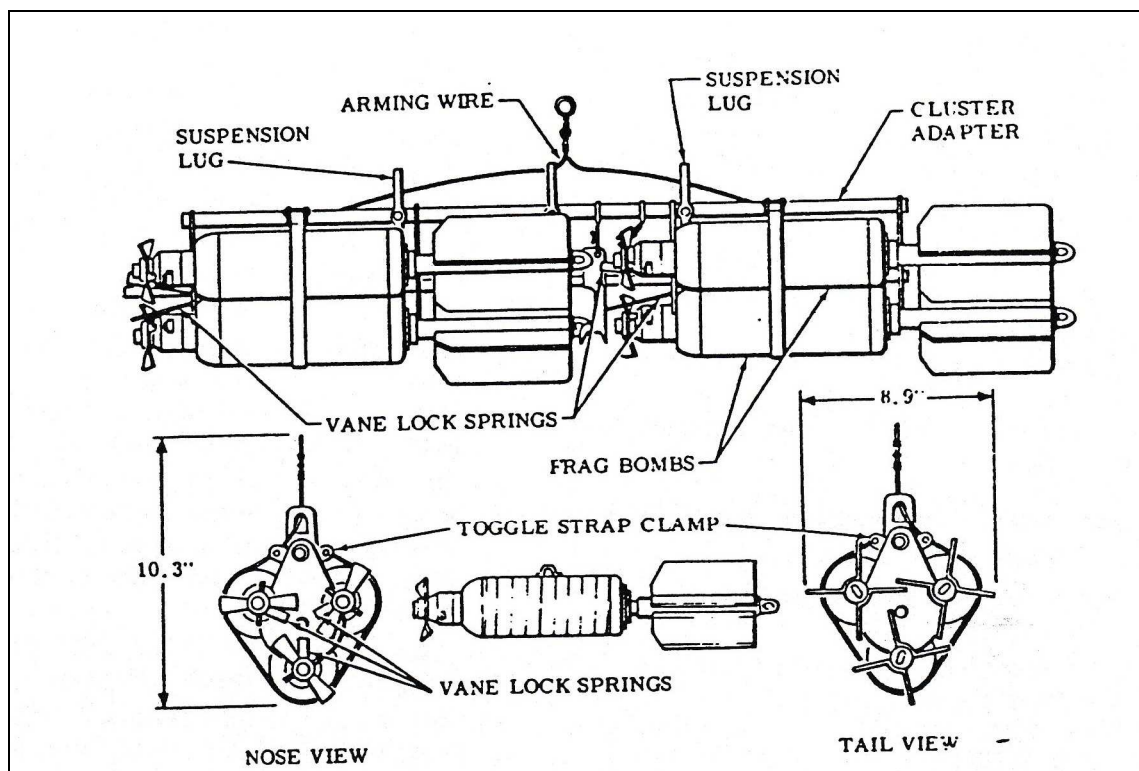


Obr.1 Zápálná puma o hmotnosti 4 lb.

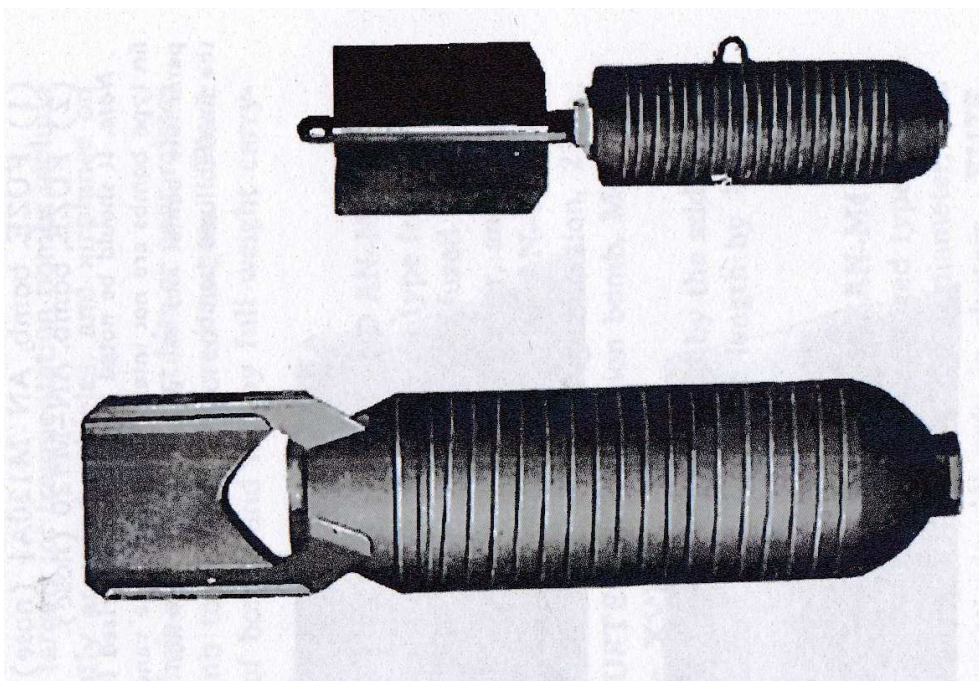
Trhavá puma GP



Obr.2 Schématické znázornění trhavé pumy GP. Všechny GP pumy jsou konstrukčně shodné, jednotlivé typy, tedy 100 lb. – 250 lb. – 500 lb. – 1000 lb. se liší jen rozměry a hmotností.



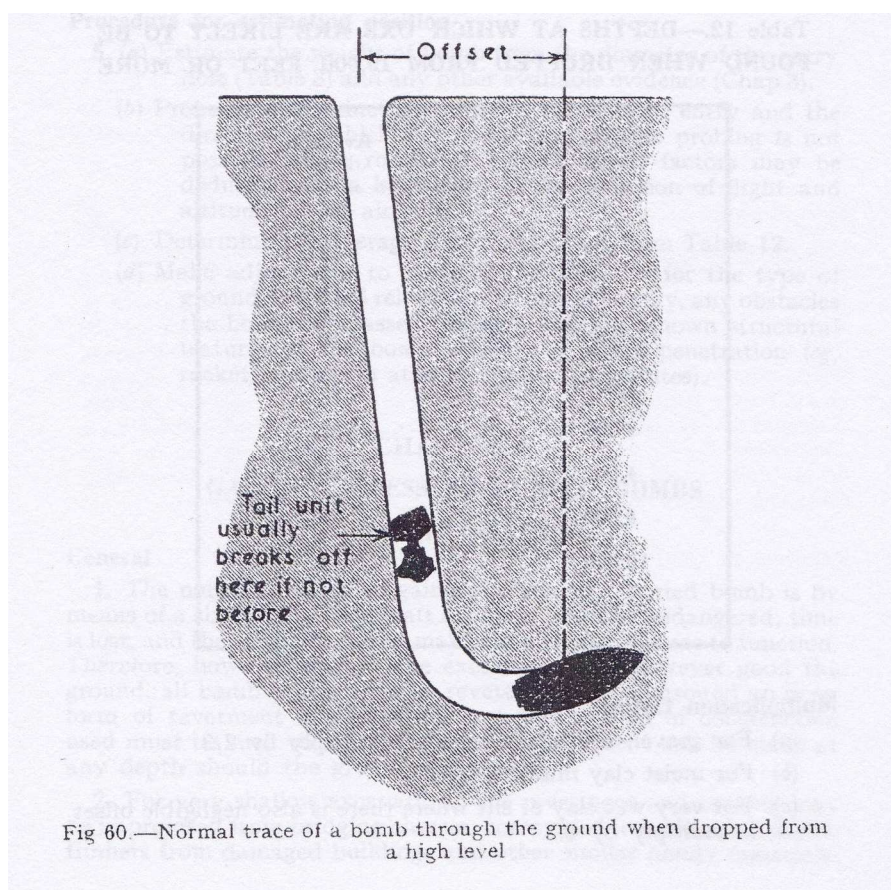
Obr.3 Střepinová puma 20 lb a svazek 6ks pum.



Obr.4. Střepinová (fragmentační) puma 20 lb. nahoře a 90 lb. dole. Nevybuchlé pumy jsou nacházeny (vykopány) bez stabilizátoru.

Chování pumy v zemi

Hloubka zaboření pumy a její pohyb v zemině závisí na místních podmínkách, jako jsou úhel dopadu pumy na podložku, dopadová energie pumy a samozřejmě geologické poměry v místě dopadu. Jistým krajním případem se situace, kdy puma narazí na kompaktní vrstvu, odrazí se a pohybuje se zpět k povrchu – potom je nalezena špičkou vzhůru (*pozn. autora. Nejedná se o nic neobvyklého, přibližně třetina pum, které autor našel, byly v této pozici, tedy špičkou vzhůru a poměrně mělko*).



Obr. 5 Cestování pumy v zemině

TAB. IV. Hloubka zaboření pumy do země

Typ pumy	Obvyklá (přibližná) hloubka zaboření
4 lb. zápalná	do 1 m
20 lb. střepinová	cca 1 m
90 lb. střepinová	1 – 2,5 m
GP 100 lb.	1 – 2,5 m
GP 500 lb.	2,5 – 5 m
GP 1000 lb	3,5 – 8 m

Účinek výbuchu pumy na okolí

Tato kapitola je zpracována jak v části obecné, mající všeobecnou platnost, tak i v části konkrétní vztažené na účinky pumy GP 500 lb. AN M-64A1 (Američany nejčastěji používaná puma k útokům na cíle v ČR).

Míra ohrožení okolí výbuchem pumy se skládá s několika faktorů:

- a) Působení žhavých zplodin výbuchu
 - b) Vzdušná tlaková vlna
 - c) Seizmická vlna
 - d) Rozlet primárních fragmentů (střepiny z pláště pumy)
 - e) Rozlet sekundárních fragmentů
-
- a) Plynné zplodiny výbuchu kondenzované nálože představují směs plynů o vysoké teplotě a tlaku (pro brizantní trhaviny může teplota dosahovat hodnot cca 3800-4000°C). Jejich účinek se omezuje na vzdálenost jednotek metrů. Působení vysoké teploty plynů může docházet ke vzniku požárů.
 - b) Vzdušná rázová vlna, která postupně přechází ve vlnu tlakovou představuje nebezpečí jak pro člověka, tak pro stavby. Následky účinku tlakové vlny při konstantní hmotnosti nálože závisí především na vzdálenosti. U člověka jsou nejvíce ohroženy uši a plíce, při vyšších tlacích samozřejmě život. K dalším zranění může docházet při odhození člověka tlakovou vlnou a jeho vržení proti pevné překážce (zed', stroj, apod.). U budov jsou nejvíce ohrožena okna, se stoupajícím tlakem střechy a pláště budov.
 - c) Seizmická vlna se šíří do okolí horninou a ohrožuje zejména inženýrské sítě a stavby. Při provozních havarijních výbuších ve výrobním závodu Explosia dochází v Pardubicích k poškození oken ve značné vzdálenosti od místa výbuchu právě působením seizmické vlny. Ta se v podmínkách Pardubic šíří po hladině spodní vody umístěné mělce pod povrchem.

Celková energie uvolněná při výbuchu je konstantní, její rozdělení mezi tlakovou a seizmickou vlnu závisí na místních podmínkách. Při výbuchu na terénu (nebo nad) převládá efekt tlakové vlny, při výbuchu pumy zakryté v zemi převládá efekt seizmické vlny.
 - d) Primárními fragmenty se rozumí střepiny z pláště letecké pumy. Jejich parametry jsou závislé na celkové hmotnosti pumy, na typu pumy (poměru hmotnosti trhaviny, hmotnosti a tloušťce pláště) a na jejím aktuálním umístění. V odborné literatuře (14) je uvedeno, že travina Composition B, kterou je puma plněna je schopna fragmentu udělit rychlost:

900 m/s ve vzdálenosti 2,7m od místa výbuchu

850 m/s ve vzdálenosti 7,8m od místa výbuchu

Puma umístěná ve výkopu ohrožuje výrazně menší okolí než puma na volné ploše. Střepiny pum mají schopnost zabíjet a zraňovat živou sílu, poškozovat budovy, dopravní prostředky a výrobní zařízení. Vzhledem k jejich vysoké teplotě (viz výše) mohou být zdrojem požáru lehce zápalných látek.

Při havarijním výbuchu uvažované pumy GP 500 lb. M64A1 lze předpokládat ohrožený prostor rozletem střepin na úrovni 1000 m.

- e) Mezi sekundární fragmenty lze počítat zeminu vytrženou výbuchem (cca 160m³), kamenivo, části staveb a strojního vybavení. Jak je uvedeno dále lze počítat s rozletem do vzdálenosti cca 300 m.

O případném účinku havarijního výbuchu letecké pumy na okolí si lze učinit představu na základě dat získaných z odborné literatury.

a) poškození objektů výbuchem (dle 1.)

Stupeň poškození objektu	Vzdálenost
Destrukce objektu, úplné rozrušení budov	29 m
Poškození rámců oken a dveří, porušení omítky a vnitřních příček	52 m
Lehká poškození staveb, větší rozsah zničení oken	69 m
Částečné poškození oken	194 m
Náhodné poškození oken	nad 195 m

b) poškození podzemních staveb seismickou vlnou vyvolanou výbuchem pumy o hmotnosti 250 kg / 500 lb./ (dle 2.)

Poškozená stavba	Vzdálenost
Elektrické kabely	10 m
Ocelové potrubí	10 m
Litínové potrubí	13 m
Betonové potrubí	13 m
Kameninové potrubí	22 m
Základové zdivo	30 m

c) rozlet střepin pláště pumy (dle 3.)915 m

d) rozlet střepin pláště pumy (dle 4.)..... 800 m

tato literatura počítá s maximální hmotností obsažené trhavinu 40 kg, zatímco uvažovaná puma obsahuje 130 kg!

e) rozlet zeminy vymrštěné výbuchem (dle 4.).....300 m

- v dochované zprávě o zasypání kráterů v okolí Pardubické rafinerie se uvádějí průměrné parametry kráterů po výbuších 500 lb. pum: hloubka 4 m, průměr 13 m, objem 157 m³

f) ohrožení člověka působením výbuchu

Pro výpočet **smrtelné vzdálenosti** (působením vzdušné rázové vlny) jsou v literatuře (5.) uváděny vztahy:

$R = m^{1/2}$ nebo $R = 2,6 m^{1/3}$ dosazením za **m** (hmotnost nálože) 130 kg získáme vzdálenost 11,4 m respektive 13,2 m. Dle údajů v (3.) je poloměr efektivního působení výbuchu 500 lb. pumy na živou sílu 22,5 m

Pro výpočet **bezpečné vzdálenosti** pro člověka jsou v (5.) uváděny vztahy:

$R_B = 5 + 10 m^{1/2}$, jiní autoři pak uvádějí vztah $R_B = 15 m^{1/3}$. Dosazením za **m** 130kg získáme vzdálenosti 119m resp. 76m.

V (10) je jako **bezpečná vzdálenost** od 500 lb. pumy ve výkopu uváděna vzdálenost 183 m a od pumy na povrchu 1097 m.



Obr.6 Pohled na část chebského nádraží po náletu



Obr.7 Z obrázku je patrná vysoká hustota zásahů, kdy docházelo i k propojování sousedních kráterů



Obr.8 Viadukt po náletu

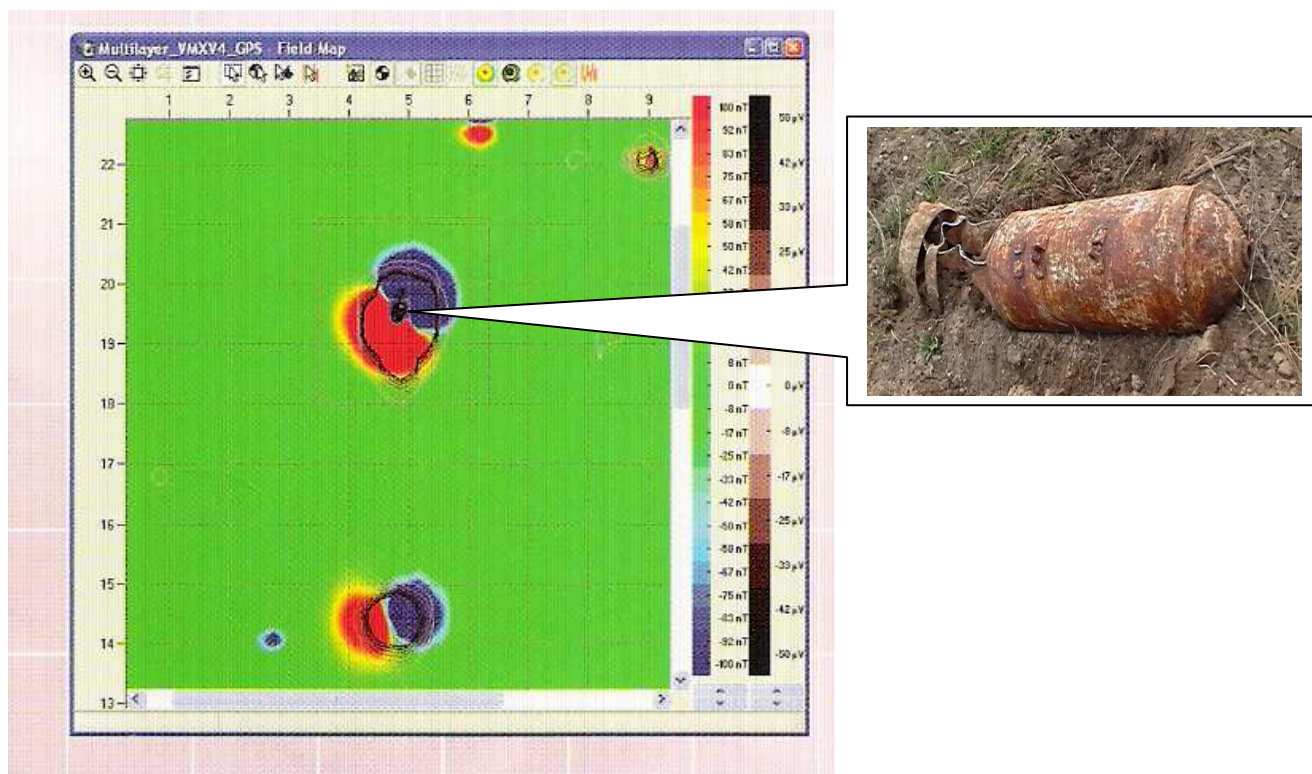


Obr.9 Část nádraží na leteckém snímku z r. 1948

Metodika pyrotechnického průzkumu

Metodika pyrotechnického průzkumu vychází zejména z hloubky uvažovaných zemních prací a zvolené metody hloubení resp. zakládání.

Pro detekci leteckých pum je nejvýhodnější využít magnetometrie, tj. metody založené na detekci ferromagnetických materiálů (železo, ocel). Použití magnetometrie je výhodné s ohledem na detekční hloubku metody a dále pro možnost zpracování terénních dat do formátu map.



Obr. 10 Mapa vertikálního gradientu magnetického pole země

Technická praxe zná celou řadu typů a konstrukčních řešení magnetometrů, ne každý model je však vhodný k detekci nevybuchlé munice. S ohledem na možná rizika havarijního výbuchu pumy (viz výše) lze doporučit, aby pyrotechnický průzkum byl prováděn pouze magnetometrem, který je výrobcem přímo určen k detekci nevybuchlé munice, splňuje vojenské normy (MIL. Standard) a má přidělen číslo NSN. Budou-li předmětem průzkumu i vrtané piloty, pak použitý magnetometr musí být konstruován pro měření v průzkumných vrtech.

Nevybuchlá munice, včetně leteckých pum jsou detekovány na principu detekce železného předmětu. To může být zejména na nádraží problém, protože je zde velké množství železných (ocelových) konstrukčních prvků (koleje, stožáry, kabely, potrubí...)

U objektů zakládáním otevřeným výkopem

Měření z povrchu je většinou neúspěšné vzhledem k silnému rušení od jiných železných předmětů a zejména od falešných signálů z navážek. Dosavadní praktické zkušenosti (Plzeň,

Pardubice) ukazují, že je nezbytné odtěžit svrchní bezpečné vrstvy zemním strojem pod dozorem pyrotechnika. Potom je zpravidla možné použít vhodný detektor s hloubkovým dosahem cca 1m a střídát operace měření – těžba – měření. Oblasti s vysokým rušením nebo nereprodukovatelným výstupem budou odtěžovány strojem pod trvalým dozorem pyrotechnika.

U objektů zakládáných na pilotách (nebo při beranění larzenů)

je prostý dohled pyrotechnika u vrtné soupravy nedostatečný! Zde je třeba aplikovat metodu vyvinutou v Německu k průzkumu bombardovaných průmyslových podniků a nádraží. Tato metoda umožňuje detekovat nevybuchlé letecké pumy ve značných hloubkách, ale zejména pod vrstvami navážek, inženýrských sítí a povrchových staveb s vysokým podílem oceli.



Obr.11 Magnetometrie v průzkumných vrtech

Zkoumaná plocha se systematicky pokryje sítí průzkumných vrtů odpovídající hloubky o \varnothing cca 75 mm pažených plastem. Postupným spouštěním a zvedáním sondy magnetometru se zkoumaná plocha postupně proměří. Zpracováním naměřených dat pomocí vhodného software se určí, zda je zkoumaná plocha bezpečná, nebo zda je detekována puma a v jaké hloubce. Software umožňuje operátorovi nezahrnovat do vyhodnocení svrchní rušenou vrstvu (koleje, panely, škvára, navážka, potrubí, kabely, apod.) a „vidět“ i pod ní, což při běžném měření z povrchu není možné. Detekční hloubka metody je pak dána hloubkou průzkumných vrtů.

Omezující faktory

Detekce nevybuchlé munice včetně leteckých pum je založena na principu detekce železa. Z tohoto důvodu mohou být železné resp. ocelové předměty zdrojem falešných signálů, zejména při plošném průzkumu. Dalším rušícím prvkem mohou rozvody el. energie, nejen jako kov, ale zejména pokud jimi protéká proud (interference)

Z dobových materiálů mj. vyplývá, že objem kráteru vytvořeného výbuchem 500 lb. pumy byl cca 160 m³ a pouze cca 30 m³ zeminy se nacházelo v jeho blízkosti. Ostatní zeminu bylo nutné dovézt. Z toho lze usuzovat, že byla maximální snaha zasypat krátery „vším možným“ v jejich blízkosti (včetně částí kolejnic, železných a železobetonových prvků apod.) a eliminovat tak čas a náklady na jejich zasypání. Dosavadní praxe ukázala, že častým materiálem na zasypání kráterů byla vedle stavební suti ze zničených budov zejména škvára z parních lokomotiv, též byl na nádražích dostatek. Tyto materiály pak jsou zdrojem falešných signálů.

Činnost po nálezů letecké pumy

V případě nálezů nevybuchlé munice (letecké pumy) jsou povinnosti pyrotechnika a organizace provádějící pyrotechnický průzkum striktně definovány v zákoně č. 119/2002 Sb., zejména v § 29, kde se mj. uvádějí tyto povinnosti:

- **Vyzvat k zastavení zemních prací** v případě bezprostředního ohrožení života a zdraví nebo majetku zjištěnou nevybuchlou municí nebo výbušinou. (a to je **v případě nálezů letecké pumy vždy!**)
- Při nálezů munice nebo výbušniny **učinit nezbytná opatření k zajištění bezpečnosti osob a majetku**

Pyrotechnik proto vyzve k okamžitému ukončení všech prací a opuštění ohroženého prostoru. Po příjezdu policie ČR na místo rozhodne policie o evakuaci a jejím rozsahu, případně o zastavení silniční a železniční dopravy. Dobu potřebnou na zajištění pumy a její odstranění ze staveniště lze odhadnout cca na 4 - 8 hod. V ČR došlo v létě 2011 krátce po sobě ke dvěma nálezům leteckých pum (Liberec, Plzeň). Z průběhu zásahů lze dovodit, že doba potřebná na likvidaci pumy se pohybuje okolo půl dne a rozsah uzávěry, resp. evakuace do vzdálenosti cca 500m.

Od okamžiku, kdy pyrotechnik nahlásí na tel. 158 nález nevybuchlé pumy, jsou náklady spojené s evakuací, zastavením veřejné dopravy, odvozem a likvidací pumy plně v režii policie respektive IZS.

S ohledem na výše uvedené je nezbytné pro zajištění bezpečnosti zemních prací a všeobecnou bezpečnost okolí (viz účinky nežádoucího výbuchu) předřadit zemním pracím hloubkový pyrotechnický průzkum zaměřený na detekci a odstranění leteckých pum.

V této fázi studie měl znalec k dispozici pouze informace o obvodu staveniště, bez detailů o hloubce a charakteru zemních prací. Jakmile budou tyto informace znalci dostupné, budou dopracovány doporučené metodiky pyrotechnického průzkumu pro jednotlivé stavební objekty. Současně bude možné zpracovat i kalkulaci pyrotechnického průzkumu.

III. ZÁVĚR

Ad. 1)

V kapitole II. Nález jsou uvedeny informace o jednotlivých náletech, množství a typech pum svržených do zájmové oblasti.

Z uvedeného vyplývá, že se jedná o velmi nebezpečnou oblast, kdy znalec považuje za nezbytné předřadit zemním pracím pyrotechnický průzkum, resp. vybrané zemní práce provádět za trvalého pyrotechnického dozoru.

Ad. 2)

V této fázi studie měl znalec k dispozici pouze informace o obvodu staveniště, bez detailů o hloubce a charakteru zemních prací. Jakmile budou tyto informace znalci dostupné, budou dopracovány doporučené metodiky pyrotechnického průzkumu pro jednotlivé stavební objekty. Současně bude možné zpracovat i kalkulaci pyrotechnického průzkumu.

Podrobnosti viz kap. II Nález

Znalecký posudek jsem podal jako znalec jmenovaný rozhodnutím ministra spravedlnosti ČR ze dne 13.2. 1991, č.j.ZT 2111/91 pro základní obor střelivo a výbušiny se specializací na výbušiny, pyrotechniku a ohňostroje.

Znalecký úkon je zapsán pod pol. č. 263/2016 znaleckého deníku.



Doc. Ing. Jiří CHLÁDEK, Dr.