

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2011

Jiří Šmejkal

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA ENVIRONMENTÁLNÍHO INŽENÝRSTVÍ A
OCHRANY PROSTŘEDÍ

IDENTIFIKACE ARMÁDNÍ MUNICE
V HORNINOVÉM PROSTŘEDÍ A JEJÍ SANACE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Prof. Doc. RNDr. Ing. Ivan Landa, DrSc.

Diplomant: Bc. Jiří Šmejkal, DiS.

2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Prof. Doc. RNDr. Ing. Ivana Landy, DrSc., a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze 20.4. 2011

Poděkování

Děkuji touto cestou Prof. Doc. RNDr. Ing. Ivanu Landovi, DrSc. za vedení práce, podnětné připomínky a cenné rady, které mně při psaní diplomové práce poskytl.

V Praze 20.4. 2011

ABSTRAKT

Diplomová práce je rozdělena do sedmi základních kapitol a tyto mají ještě své podkapitoly. Práce se v první části zaměřuje na rozdělení armádní munice, která se může dostat do horninového prostředí a je nutno jí následně aktivně zlikvidovat. Ve druhé části je nastíněna její základní identifikovatelnost pomocí nepřímých geofyzikálních metod. V rámci třetí a čtvrté části je popsána problematika postupu při vyhledávání skrytých podpovrchových předmětů - lokalizace nevybuchlé munice, výbušnin a nástražných výbušných systémů, bezpečnost zemních prací, koordinace činností a použití detekčních přístrojů, zařízení a příslušenství. Pátá a následně šestá kapitola vychází z poznatků z vybraných vojenských újezdů v rámci České republiky. V sumarizaci jsou následně posouzeny ekonomické a ekologické podmínky odstranění munice a zpracována metodika použití sanačních metod v místech, kde byla munice dříve využívána. Na závěr práce je uvedeno zhodnocení současného stavu a vlivu na životní prostředí.

Klíčová slova: armádní munice, identifikace, manipulace, zneškodnění, sanace.

ABSTRACT

This diploma work is divided to the seven fundamental chapters and they have their own below-chapters. In the first part is a survey on analyses rise waste creation military munition, which with can catch it to the stratum ground and is necessity her subsequently fast liquidate. In the second part is a fundamental standardization of munition and her identifiable by the help of indirect geophysical method. In the third and fourth parts are informations about problems progress at searching hidden underground articles - localization unexploded munition, safeness terrestrial works, coordination activity and using detection device, arrangement and accessories. Fifth and subsequently sixth parts go out by experience of military areas in the Czech republic. In summarization they are subsequently appreciation economic and ekologic conditions ablation munition and processed philosophy using saving method in places, where was munition exploited and disposal. In the conclusion is state estimation of state-of-the-art and influence over environment.

Keywords: military munition, identification, handling, deactivation, saving.

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. HISTORIE A SOUČASNÝ STAV V ČR	11
2.1 Historie vyhledávání armání munice	13
2.2 Charakteristika munice	14
2.3 Základní rozdělení munice	14
2.3.1 Charakteristika výbušnin.....	15
2.3.2 Výbuch	15
2.3.3 Rozdělení výbušnin.....	16
2.4 Rozdělení munice při pyrotechnických pracích	18
2.5 Provoz munice	18
2.6 Bezpečnostní opatření.....	19
2.7 Převaha a skladování munice	20
2.8 Protitanková řízená střela 9M14M	21
3. GEOFYZIKÁLNÍ VYHLEDÁVÁNÍ PODPOVRCHOVÝCH PŘEDMĚTŮ	25
3.1 Kritéria výběru vhodné geofyzikální metody	25
3.1.1 Metodická vhodnost	25
3.1.2 Ekonomická náročnost.....	26
3.1.3 Technologická a metodologická náročnost	26
3.2 Limitující faktory aplikovatelnosti geofyziky	26
3.2.1 Stupeň přístupnosti terénu.....	26
3.2.2 Negativní vliv fyzikálních šumů	26
3.2.3 Nehomogenita okolního prostředí.....	27
3.2.4 Přesnost měření	27
3.3 Geoelektrické metody.....	27
3.3.1 Aktivní elektromagnetické metody	28
3.3.2 Georadar	29
3.3.3 Elektrická rezistenční tomografie	30
3.4 Magnetometrie	30
3.5 Radiometrie.....	31
3.6 Využití rentgenových paprsků	31
3.7 Termometrie – infračervená detekce	32
3.8 Letecké metody a dálkové snímkování.....	32

4. TECHNOLOGIE ODSTRAŇOVÁNÍ A SANACE MUNICE	33
4.1 Pyrotechnický průzkum.....	34
4.2 Způsoby odstraňování munice.....	35
4.2.1 Ničení výbuchem	35
4.2.2 Ničení volným spalováním	37
4.2.3 Ničení vyloužením	39
4.2.4 Chemické ničení.....	40
4.2.5 Mechanická delaborace	40
4.3 Vhazování munice do moře	42
4.4 Sanační technologie	43
4.5 Legislativa týkající se munice	46
5. ANALÝZA ODSTRAŇOVÁNÍ PTŘS 9M14M	48
5.1 Možnosti odstraňování PTŘS 9M14M.....	48
5.1.1 Varianta A – vývoz delaborátů do Německa.....	48
5.1.2 Varianta B – výbuchová komora	52
5.1.3 Varianta C – výstavba speciální spalovny	54
5.1.4 Varianta D – rozšíření stávající spalovny.....	55
5.2 Stanovení kritérií pro hodnocení variant	57
5.3 Porovnání variant podle stanovených kritérií.....	57
6. VOJENSKÉ PROSTORY V ČESKÉ REPUBLICE	61
6.1 Vojenský újezd Boletice	64
6.2 Vojenský újezd Brdy	64
6.3 Vojenský újezd Březina.....	64
6.4 Vojenský újezd Hradiště.....	65
6.5 Vojenský újezd Libavá	65
6.6 Bývalý vojenský výcvikový prostor Ralsko	66
6.7 Bývalý vojenský výcvikový prostor Milovice.....	68
7. ZÁVĚR.....	69
TERMINOLOGICKÝ SLOVNÍČEK.....	72
PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY A ELEKTRONICKÝCH ZDROJŮ	74
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	78
SEZNAM PŘÍLOH	79
PŘÍLOHY	80

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AČR – Armáda České republiky

APE 1236 – Typ americké spalovny munice

ARD – Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí

A-IX-1(2) – Trhavina

CO – Oxid uhelnatý

CO₂ – Oxid uhličitý

ČBÚ – Český báňský úřad

ČR – Česká republika

ČSR – Československá republika

ČSSR – Československá socialistická republika

DPH – Daň z přidané hodnoty

EDDs – Explosive Detection Dogs

EU – Evropská unie

GPR – Ground Penetrating Radar

NACA – Národní poradní výbor pro letectví

NASA – Národní úřad pro letectví a kosmonautiku

NATO – Severoatlantická aliance

NO_x – Oxidy dusíku

NVS – Nástražný výbušný systém

OSN – Organizace spojených národů

PŘST – Protitanková řízená střela

PTRK – Protitankový raketový komplet

RID – Mezinárodní řád pro přepravu nebezpečného zboží po železnici

SRN – Spolková republika Německo

STANAG – Normy/předpisy používané v armádách států NATO

TNT – Trinitrotoluen

TPH – Tuhé pohonné hmoty

USA – Spojené státy americké

VTÚVM – Vojenský technický ústav výzbroje a munice

VOP – Vojenský opravárenský podnik

VÚ – Vojenský útvar

VVP – Vojenský výcvikový prostor

1. ÚVOD

Významnou a stále dosud podceňovanou ekologickou zátěží tvoří nevybuchlá munice, a to jak v zemi, tak ve vodě. Explodující munice totiž způsobuje smrt, v lepším případě pak „pouze“ těžká zranění a závažné hmotné škody. Lidský život a zdraví jsou nenahraditelné hodnoty.

Předkládaná diplomová práce si klade za cíl analyzovat identifikaci a odstraňování nevybuchlé armádní munice a zhodnotit její vliv na životní prostředí.

Tento proces je stálý a závažný problém většiny států a republik celého světa, na jejichž území v dřívějších či současných válečných konfliktech byla použita armádní munice, výbušniny či nástražné výbušné systémy. Také Česká republika dnes řeší tento problém.¹ Identifikace a odstraňování velkého množství munice je velkým problémem a to nejen logistickým, ale zejména bezpečnostním, ekologickým a technickým.

Výrazně přísnější, než tomu bylo před několika lety, je také bezpečnostní a ekologická legislativa. Legislativa ochrany životního prostředí se v posledních letech radikálně zpřísnila a to zejména v souvislosti se vstupem České republiky do Evropské unie. Dochází proto k tomu, že dříve aplikované technologie odstraňování munice se mohou ukázat jako nepřijatelné. Proto je nezbytné zavést technologie nové, které budou v souladu s požadavky současné legislativy ochrany životního prostředí, dostatečně bezpečné a přiměřeně produktivní vzhledem k předpokládaným objemům nalezené munice určené k odstraňování v nejbližších letech.

CÍL

Cílem diplomové práce je posoudit možné způsoby likvidace armádní munice z hlediska nákladů a ochrany životního prostředí a doporučit vhodnou metodu odstraňování munice. Poskytnout přehled o výbušninách a munici a jejich dělení.

Vzhledem k tomu, že armádní munice je příliš rozsáhlá skupina bojových prostředků, se autor práce blíže zaměřuje pouze na oblast odstraňování protitankové řízené střely (dále jen „PTRS“) s označením 9M14M.

S prací je nezbytně spojena i odpověď na hlavní výzkumnou otázku:

„Je v současné době používána metodika sanačních prací v oblasti nevybuchlé munice v České republice šetrná k životnímu prostředí?“

¹ Nevybuchlá munice jak z druhé světové války, tak i z dřívějších dob nebo jako pozůstatky zejména po pobytu sovětských vojsk na území dnešní České republiky.

METODIKA

Metodika diplomové práce vychází z vědecko-teoretického přístupu v rámci vyhledání a zpracování informací z odborných publikací a vojenských map. Jejich přehled je k dispozici v části *Přehled použité literatury*. Použité materiály byly získány z Vojenské osvětové knihovny v Chomutově a z Vojenské osvětové knihovny v Praze. Ve větší míře bylo také využito informací ze Zpravodaje společnosti pro trhací techniku a pyrotechniku. Další poznatky byly obdrženy jako osobní sdělení od příslušných osob, pohybujících se v rámci sledované problematiky.

V rámci terénního výzkumu v některých bývalých a současných vojenských újezdech byla pořízena vlastní fotografická dokumentace.

Při tvorbě diplomové práce bylo také využito metody analýzy a komparace.

Metody analýzy bylo využito zejména ve čtvrté kapitole této práce, tedy ke zjištění možností odstraňování vojenské munice.

Další využitou metodou byla metoda komparace. S pomocí této metody je možné srovnat sledované jevy. Metoda byla aplikována především při vymezení jednotlivých variant řešení dané problematiky v páté kapitole této práce.

2. HISTORIE A SOUČASNÝ STAV V ČR

Po skončení druhé světové války se na osvobozeném území Československa nacházelo velké množství nevybuchlé munice. Tu zde zanechaly obě bojující strany. Zvláště obtížná byla situace v severních Čechách, kde se střídala řada vojsk. S likvidací tohoto nebezpečného materiálu se začalo ještě před úplným koncem druhé světové války.² Po ukončení války bylo podle archivních materiálů zneškodněno téměř sto tisíc kusů protitankových min, sedmdesát tisíc kusů protipěchotních min, pět set kusů leteckých bomb a 120 tisíc dělostřeleckých granátů všech ráží (viz např. **obr. č. 1**).

Pyrotechnická očista území probíhala i v dalších poválečných letech. Do roku 1960 při ní zahynulo 78 ženistů a pyrotechniků. Nalezená munice byla i řadu let v poměrně dobrém stavu a mohla způsobit velké škody na majetku i životech. Např. v desetiletí 1952 až 1962 bylo výbuchem munice, většinou pozůstatků z druhé světové války, usmrceno 289 a zraněno 1774 civilních osob (Kůc, Zlatohlávková, 2003).



Obr. č. 1 – Německé protitankové miny s označením PT-Mi-U nalezené v Kuřivodech, v bývalém vojenském výcvikovém prostoru ve Stráži pod Ralskem (*originál, 2009*).

² V době druhé světové války spojenecké letectvo bombardovalo též 52 měst na území dnešní České republiky, z toho 12 měst více než třikrát. Dle anglických údajů nevybuchlo 6% svržených pum, a to z různých příčin (např. měkký terén, špatný úhel dopadu, závada v časování, technická chyba v zapalovači, aj.). Dle současných poznatků německých pyrotechniků však nevybuchlo až 12% svržených anglo-amerických bomb (Kůc, 2001).

Po skončení druhé světové války a zejména po odsunu sovětských vojsk bylo hlavním úkolem naučit české vojáky konstrukcím a principům ženíjních min používaných německou a sovětskou armádou ve druhé světové válce, druhům rozněcovačů, způsobům adjustace, kladení a maskování min v různých půdách a min zajištěných proti zdvižení, vliv povětrnostních činitelů na kvalitu jednotlivých typů min a rozněcovačů při dlouhodobém uložení v zemi, způsoby zneškodňování jednotlivých typů min, bezpečnostní opatření při zacházení s tímto materiálem, jeho ukládání, nošení a převážení. Dále způsoby zřizování jednotlivých druhů výbušných zátarasů, zvláštnosti odminování terénu a zvedání min při jejich hlubokém uložení a částečném poškození, zřizování nástrah a jejich odstranění, plošné odminování, zvláštnosti při odminování lesních porostů, osad a vodních toků, způsoby vyčištění terénu od nevybuchlé munice, vytyčení a označení odminovaného terénu. Dále druhy pěchotní a dělostřelecké munice používané za druhé světové války, jednotné a dělené dělostřelecké náboje, granáty tříštivo-trhavé, protipancéřové a zápalné, střelivo pro raketometry, ruční granáty, letecké pumy a munice neznámého původu (Kůč, Zlatohlávková, 2003).

Dalším závažným problémem bylo a v současné době nadále zůstává, velké množství nevybuchlé munice po sovětské armádě (viz **obr. č. 2**).³



Obr. č. 2 – Německé druhoválečné letecké pumy nalezené v bývalém VVP Ralsko (*originál, 2009*).

³ Sovětská vojska zůstala na území Československa po srpnové invazi v roce 1968. Po pádu komunistického režimu byl odsun Sovětů jedním z hlavních témat. Poslední transport sovětských vojáků a techniky byl v červnu 1991.

2.1 HISTORIE VYHLEDÁVÁNÍ ARMÁDNÍ MUNICE

Pozornost věnovaná hledání bomb po první světové válce sice byla, ale podle všeho se nedochovaly žádné záznamy o konkrétních přístrojích k tomu určených. První známý záznam o úspěšném použití detektoru kovů je z roku 1927 od Jamese Younga, který v New York Times prezentoval článek o nalezení pokladů (zlaté řetězy, šperky a talíře) Američanem a dvěma Brity v Panamské úžině. V roce 1929 si nechal Gerhard Fischer patentovat tzv. *metaloskop*, jehož váha byla 9,98 kg, energii získával ze suchých baterií a byl vybaven elektronkami a sluchátky. Tento přístroj i přes svou značnou cenu (200\$), získal velkou oblibu a byl využíván pro odhalení starých potrubí, kabelů elektrického vedení, krytů a dalších věcí (Rychetský, 2009).

O využití detektoru kovů pro vojenské účely a hledání nevybuchlé munice pocházejí první zmínky z roku 1930, kdy fyzik Theodore Theodorsen z organizace NACA⁴, představil přístroj pro vyhledání kovových těles pod zemským povrchem. Přístroj byl použit na cvičném poli u Langley, kde bylo množství nevybuchlých min po cvičeních armády a úspěšně detekoval několik těchto bomb včetně 17 librové v hloubce 60cm. Konstrukce detektoru se skládala ze tří cívek navinutých na dutém dřevěném rámu o poloměru 91 cm a šířce 46 cm. Rám měl tvar žebříku a pro jeho obsluhu bylo potřeba dvou mužů a nákladního vozu se zdrojem napětí 110V. V této době ještě detektory neuměly rozlišovat mezi jednotlivými druhy kovů a většinou ani neměly kompenzaci vlivu země (Rychetský, 2009).

Inhed po druhé světové válce, kdy se vlády zbavovaly svých válečných přebytků skladovaných v Evropě a Americe, se několik tisíc minohledaček dostalo mezi veřejnost, čímž vznikla vlna experimentů a narostl počet hledačů pokladů. Válka se tak stala pro toto odvětví startovacím mechanismem a mnoho malých firem pak začalo nabízet detektory kovů nejen pro amatérské zájemce o hledání pokladů. Na trhu se tehdy uchytily tři základní principy: s můstkovým obvodem, rázovým kmitočtem a s vysokofrekvenčním vyvažováním.

Ve druhé části 80. let nastalo masovější nasazení civilních odminovačů, kdy začalo odstraňování následků války specializované na hledání min v Afghánistánu a Kambodži. Tato činnost je nazývána humanitárním odminováním a popisuje činnost, kdy jsou z oblasti bez vojenského významu odstraněny nebo zničeny všechny výbušné předměty do předepsané hloubky (Kůc, 2001).

⁴ NACA – National Advisory Committee for Aeronautics – Národní poradní výbor pro letectví (pozn. předchůdce NASA – National Aeronautics and Space Administration – Národní úřad pro letectví a kosmonautiku).

2.2 CHARAKTERISTIKA MUNICE

Munice nejrůznějšího druhu a určení je nezbytnou součástí výzbroje všech druhů vojsk. Její kvalita a množství určuje bojovou sílu armády. V rámci materiálně technické základny armády zaujímá munice specifické postavení nejen proto, že je spotřebním materiálem s vysokým stupněm nebezpečnosti, ale i proto, že její „užitná hodnota“ je zpravidla určena stupněm ničivého účinku v cíli. Těmto hlediskům musí odpovídat i konstrukce munice a veškerá činnost s municí u vojsk.

Munice⁵ má vedle armády i široké použití v národním hospodářství, při lovu a ve sportu. Lze ji charakterizovat ze dvou hledisek. Z výrobního, neboli technického hlediska představuje munice vhodně sestavené soubory mechanických, popř. elektrických prvků se zalaborovanými výbušninami. Z hlediska bojového použití má munice charakter bojových prostředků, které využívají energie výbušnin k vyvolání požadovaného účinku v cíli (Plíhal, 2001).

2.3 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ MUNICE

Široké spektrum munice je možné rozdělit podle řady kritérií. Z hlediska způsobu dopravy na cíl a zajištění funkce v cíli se munice dělí do dvou skupin – na *střelivo* a *ostatní munici*. Střelivo tvoří převažující část munice, jejíž části se dopravují na cíl výstřelem z hlavnové nebo raketové zbraně. Střelivo tedy potřebuje ke splnění svého poslání bezpodmínečně zbraň a lze jej proto charakterizovat jako munici hlavnových (popř. raketových) zbraní. Do skupiny ostatní munice se řadí zbývající část munice, která nemá charakter střeliva. Ke své funkci nepotřebuje palnou zbraň. Je zastoupena např. ručními granáty, ženijními námořními minami, náložkami, leteckými pumami, apod.

Munice může být dále dělena dle druhů vojsk, které ji převážně využívají k vedení bojové činnosti.

První skupinu tvoří munice zastoupená *malorážovým střelivem* nesených zbraní (pistolí, samopalů, automatických pušek a kulometů), dále střelivem ručních protitankových zbraní a granátometů, signálním střelivem a ručními granáty.

Druhou skupinu tvoří *dělostřelecká munice*. Patří do ní střelivo pozemního dělostřelectva a tanků, určené ke střelbě z kanónů, houfnic, minometů a raketometů.

Třetí skupinu *raketové munice* tvoří řízené a neřízené rakety všeho druhu.

⁵ Zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu, v platném znění.

Čtvrtou skupinu vytváří *letecká munice*. Tato munice je zastoupena střelivem palubních zbraní letounů a vrtulníků, raketami a leteckými pumami.

Do páté skupiny *ženijní munice* se řadí protitankové a protipěchotní miny a prostředky pro ženijní práce (trhavinové náložky, zápalnice, bleskovice a rozbušky).

Poslední, šestou skupinu, tvoří *námořní munice* zastoupená střelivem lodního dělostřelectva, raketami, torpédy a námořními minami.

Vojenská munice se řadí mezi výbušné předměty. Tímto pojmem se označují speciálně řešené prostředky s náplní výbušnin – jak munice, tak výbušné nástrahy a nálože pro speciální nevojenské účely.

Každý druh munice je tvořen tělem, v němž je zpravidla uložena účinná náplň munice. Obvykle to je výbušnina, která je přivedena k výbušné přeměně iniciačním zařízením. Tím bývá zapalovač nebo rozněcovač. Součástí munice jsou dále pomocné prvky, které umožňují bojové použití. To jsou obvykle prvky dopravy střel do cíle nebo prvky navedení na cíl (Berr et al. 2005).

2.3.1 CHARAKTERISTIKA VÝBUŠNIN

Výbušniny jsou základními komponenty každého muničního celku, jejíž charakteristickým znakem výbuchové přeměny je detonace. S použitím výbušnin se nesetkáme jen ve vojenství. S výbušninami se můžeme setkat i při provádění trhacích prací v rámci ženijního zabezpečení boje nebo v rámci pyrotechnické činnosti.⁶

Výbušniny lze charakterizovat jako látky, které jsou schopny podléhat výbušné přeměně – výbuchu nezávisle na okolí (Plíhal, 2001).

2.3.2 VÝBUCH

Pod pojmem výbuch se v obecné rovině chápe nevratný děj spojený s rychlým uvolněním energie. Výbuch lze tedy v širším smyslu definovat jako jev, při němž dochází k okamžitému porušení rovnovážného stavu určitého hmotného systému za současné přeměny jeho vnitřní energie na mechanickou práci, která se projeví rozrušením (destrukcí) okolí nebo jiným druhem pohybu. Tato změna stavu probíhá velmi rychle, nevratně a vyznačuje se prudkým nárůstem tlaku a teploty v místě výbuchu a je obvykle doprovázena akustickým a světelným efektem (Plíhal, 2001).

⁶ Zákon č. 44/1998 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství, v platném znění.

Druhy výbuchů:

a) *mechanický* (fyzikální):

- exploze – např. výbuch láhve se stlačeným plynem nebo parního kotle
- imploze – např. uvolnění pnutí, praskání kalených dílů vnitřním pnutím, pnutí v bandážích nalisovaných s přesahem,

b) *nukleární* (jaderný) – štěpení - štěpná reakce, slučování - syntéza,

c) *elektrický* – vzniká rychlou přeměnou elektrické energie na energii jinou (kulový blesk, elektrická rozněcovadla),

d) *chemický* – přeměna chemické energie (výbuch nálože trhaviny) a je podmíněn velkou rychlostí chemické přeměny, exotermičností chemické reakce, samovolným šířením reakce a možností přeměny tepelné energie v mechanickou.

Schopnost výbušniny reagovat na ten či onen vnější podnět vznikem výbušné přeměny (hoření nebo detonace) se označuje jako citlivost výbušniny.

Podle formy energie podnětu počátečního impulsu se rozeznává:

- *tepelný podnět* (zahřátí plamenem, přímý styk s ohřátým tělesem),
- *mechanický podnět* (náráz, tření, nápich, přirychlení, průstřel),
- *elektrický podnět* (elektrická jiskra),
- *podnět způsobený detonací jiné výbušiny* (citlivost výbušiny k účinku třaskavin, počinu a přenosu, detonace),
- *podnět světelným zářením* (ČOS, 2007).

2.3.3 ROZDĚLENÍ VÝBUŠNIN

Nejpoužívanější rozdělení výbušnin je podle specifických vlastností, z nichž vyplývá jejich praktické použití. Podle tohoto kritéria se výbušniny řadí do čtyř základních skupin - *třaskaviny, trhaviny, střeliviny a pyrotechnické složky*.

Třaskaviny jsou výbušniny velmi citlivé na jednoduché počáteční podněty, které jsou schopny vyvolat jejich iniciaci. Iniciační podnět může být mechanický nebo tepelný. Předností třaskavin je schopnost přejít od výbuchového hoření k detonaci a to ve velmi malém množství, které je u většiny třaskavin menší než desetina gramu. S ohledem na tuto vlastnost jsou třaskaviny vždy základní výbušnou složkou iniciátorů, které zahajují výbušnou přeměnu výbušnin zalaborovaných v municích. Proto se třaskaviny nazývají také výbušniny *iniciační* či *primární* (Kůc, 2001).

Trhaviny jsou výbušniny relativně málo citlivé na jednoduché počáteční podněty (impulzy). Aktivační podnět musí být velmi intenzivní, zvláště je-li složení trhaviny vhodně upraveno použitím látek snižujících citlivost. To umožňuje dosáhnout poměrně vysokého stupně bezpečnosti trhavin při všech reálných podmínkách použití. Trhaviny se používají pro svůj ničivý účinek k plnění střel, protipěchotních a protitankových pum a k trhání. Pro detonaci trhavin je charakteristické uvolnění vysoké hladiny energie ve velmi krátkém čase. Jsou výbušninami nepřímými a přivádějí se k detonaci rozbuškou nebo počínovou náplní. Typickým zástupcem je trinitrotoluen (TNT).⁷

Střeliviny se řadí k výbušninám, které jsou rovněž méně citlivé k jednoduchým mechanickým počátečním podnětům. Jsou však citlivé na tepelné podněty (plamen, žár). Jejich výbušnou přeměnou je explozivní hoření. V munici se střeliviny uplatňují buď ve formě střelných prachů, nebo pohonných hmot. Střelné prachy jsou využívány jako výmetné náplně v sestavách nábojů pro hlavňové zbraně různého druhu. Pohonné hmoty nacházejí uplatnění jako náplně raketových motorů. Představitelem je např. nitrocelulózový prach.

Pyrotechnické slože jsou specifickým druhem výbušnin, které nelze zařadit do žádné z výše uvedených skupin. Z chemického hlediska jsou to mechanické směsi hořlavin a okysličovadel a dalších přísad podle požadovaného účelu slože. Pyrotechnické slože se řadí k výbušninám, které jsou obvykle méně citlivé na jednoduché počáteční podněty s výjimkou plamene, kterým jsou aktivovány. Charakteristickou výbušnou přeměnou pyrotechnických složí je explozivní hoření. Jsou používány jako náplň pyrotechnických prostředků (Kůc, 2001).

⁷ Trinitrotoluen, přesným chemickým názvem 2,4,6-trinitromethylbenzen je velmi silnou, nebezpečnou a často používanou trhavinou, často též označovanou jako tritol nebo TNT. Objevil jej roku 1863 německý chemik Joseph Wilbrand, ale jako výbušnina začal být používán až mnohem později. Jako výbušnina vykazuje mimořádně dobré vlastnosti - je velmi stabilní a málo citlivý vůči vnějším vlivům a přitom se vyznačuje velmi vysokou razancí výbuchu. Je proto ideální látkou pro přípravu jak průmyslových tak vojenských trhavin. Často se přitom v různém poměru mísí s jinými explozivními látkami a setkat se s ním je možné mimo jiné pod obchodním názvem Permonit, Permonex, Karpatit, známé jsou i vojensky využívané Amatoly a řada dalších.

2.4 ROZDĚLENÍ MUNICE PŘI PYROTECHNICKÝCH PRACÍCH

Při pyrotechnických pracích závisí stupeň nebezpečí na druhu a charakteru munice. Proto by mělo dojít k ujasnění, o jaký druh munice se jedná:

a) známá munice:

- *nezávadná munice* – má čitelné šablonování, dle vnějších znaků nejeví stopy nedovolené manipulace a je určena k použití bez omezení,
- *vadná munice* – je známá svou konstrukcí, má však viditelné nebo skryté vady, které vylučují její další použití,
- *přestárlá munice* – zde již prošla životnost a výsledky přezkoušení jakostního stavu jsou nevyhovující,
- *mechanicky poškozená munice* – známá svou konstrukcí, ale dle vnějších znaků vykazuje stopy po nedovolené manipulaci,
- *selhaná munice* – u této munice nedošlo k jejímu výstřelu nebo odpálení,
- *nevybuchlá munice* – zde nedošlo k činnosti v cíli nebo munice havarovala na dráze letu. Zpravidla jsou odjištěny všechny pojistné části.

b) **neznámá munice** – munice, u které není znám její původ ani konstrukční řešení a je možno jí rozdělit na *nepoužitou*, *podezřelou*, *maskovanou* a *přestárlou*.

c) **nastražená (maskovaná) munice** – munice, která je zajištěna proti manipulaci. Může připomínat různé předměty denní potřeby – nálože mohou být nastraženy v balíčcích, knihách, zavazadlech, pod vozidly, v obchodech, aj. (Hrazdíra, 2001).

2.5 PROVOZ MUNICE

Manipulační proces⁸ munice představuje etapu její existence od výroby do bojového použití, popř. delaborace. Pod pojmem provoz munice se rozumí veškerá činnost, spojená s manipulací, přepravou, skladováním, kontrolou technického stavu a údržbou munice, s jejím bojovým použitím, vyhledáváním a odstraňováním. Uvedené činnosti tvoří současně etapy manipulačního procesu munice.

Jednotlivé etapy manipulačního procesu munice musí být podřízeny souboru zásad, vycházejících z požadavku bezpečné a spolehlivé funkce při současném zabránění ztrátám, krádežím a možnému zneužití munice. Rozhodující a prvořadě je vždy naplnění požadavků provozní bezpečnosti (Lang, 2010).

⁸ Vyhláška Českého báňského úřadu č. 174/1992 Sb., o pyrotechnických výrobcích a zacházení s nimi.

Z hlediska manipulačního procesu, popř. z hlediska uživatele munice se rozlišují dvě základní skupiny faktoru bezpečnosti. *Objektivní* – které jsou dány kvalitou konstrukce a výroby munice. *Subjektivní* – spojené s činností uživatelů munice (např. obsluh zbraní, posádek bojových vozidel, vojáků vyčleněných k nakládání munice a podobně).

Obě skupiny faktorů spolu velmi úzce souvisí. Konstruktor munice musí při jejím návrhu zvážit nejrůznější negativní faktory, které mohou na municí během jejího manipulačního procesu působit a volbou vhodné konstrukce je eliminovat. Životnost skladované munice je značnou měrou ovlivněna klimatem ve skladovaném objektu, především teplotou a vlhkostí vzduchu. Za určité teploty a vlhkosti vzduchu může dojít k orosení munice, a tím ke vzniku nežádoucího korozního prostředí, které může při dlouhodobém působení municí znehodnotit či v horším případě může dojít k samovolnému výbuchu (Lang, 2010).

2.6 BEZPEČNOSTNÍ OPATŘENÍ

Pyrotechnik odpovídá za odborné provedení všech pyrotechnických prací a stanovení všech bezpečnostních opatření (uzavření ohroženého prostoru, protipožární opatření, lékařské zajištění, apod.) tak, aby nedošlo k ohrožení zdraví nebo života lidí a ke škodám na jakémkoliv majetku. Při zajišťování bezpečnosti, je-li to třeba, spolupracuje s orgány Policie ČR, místními úřady a složkami Integrovaného záchranného systému (Vágner, Sudický, 1981).

Volné nezalaborované výbušniny se nesmějí ničit v blízkosti obytných budov, skladů, veřejných cest, apod. Každý druh výbušnin se musí zničit pokud možno samostatně. Úmyslné míchání několika výbušnin určených k ničení není přípustné.

Kdyby nastala situace, že pyrotechnik nemůže zvládnout některé úkony (např. velká hmotnost nebo množství munice a výbušnin) může využít nezbytný počet osob bez pyrotechnického oprávnění jako pomocníky, kteří pracují pod jeho dohledem. Pyrotechnik musí pomocníky předem poučit o způsobu nebezpečí této práce. Při všech pracích s municí a výbušninami, které nemají charakter pyrotechnických prací, musejí být bezpečnostní opatření nedílnou součástí pracovních postupů⁹ (Vágner, Sudický, 1981).

⁹ Jeden pracovník smí přenášet maximálně 30kg trhaviny při skládání a nakládání, maximálně 25kg při přepravě na vzdálenost 1km a maximálně 15kg na vzdálenost delší. Na místo likvidace smí současně s výbušninami přepravovat potřebné množství rozněcovadel jen pyrotechnik nebo střelní mistr, a to 10kg trhaviny a 100ks rozbušek, nese-li je, 100kg trhaviny a 300ks rozbušek, převáží-li je autem o nosnosti do 500kg, při přepravě nákladním autem až 500ks rozbušek a trhaviny až do výše jedné třetiny povolené nosnosti automobilu.

2.7 PŘEPRAVA A SKLADOVÁNÍ MUNICE

Přeprava výbušnin se řídí řadou předpisů a norem. Přeprava po železnici musí odpovídat Mezinárodnímu řádu pro přepravu nebezpečného zboží po železnici (RID) a pro přepravu po silnicích je nutné dodržovat Evropskou dohodu o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ARD).

Přeprava nebezpečného zboží v rámci NATO¹⁰ zajišťuje spojenecká publikace AASTP-2 – Přeprava nebezpečného zboží, kterou zastřešuje STANAG 4441.¹¹ Tato příručka je poměrně rozsáhlá (cca 300 stran) a pokrývá celou problematiku přepravy nebezpečného zboží (silniční, železniční, letecká, říční a námořní). Základní podmínkou pro bezpečnou přepravu munice je její klasifikace (muniční objekt i jeho balení) v souladu s Doporučením OSN¹² pro přepravu nebezpečného zboží a STANAGu 4123, a tím faktické přidělení kódu tzv. národní autoritou pro přepravu a klasifikaci nebezpečného zboží. V České republice je to v současné době Český lodní a průmyslový registr.

Spojenecká publikace AASTP-2 vychází ze zásad ARD, to znamená, že přepravovat výbušniny smí pouze ten, kdo je obeznámen s jejich vlastnostmi a umí s nimi zacházet. Tato osoba každou zásilku doprovází a odpovídá za bezpečnost přepravy. V dopravním prostředku se nesmí současně s výbušninami přepravovat látky, které by mohly způsobit požár nebo výbuch přepravované výbušniny. V dopravním prostředku mohou být pouze osoby nutné k zajištění přepravy, a to v maximálním počtu čtyř lidí. Je zakázáno přepravovat výbušné prostředky hromadnou přepravou. Dopravní prostředek je povoleno využívat při přepravě pouze do 90 % nosnosti, náklad musí být zajištěn proti pohybu a pádu a přikryt pevně utaženou ohnivzdornou plachtou. Čerpání pohonných hmot lze provádět jen mimo souvislou zástavbu. Jsou-li výbušniny a rozněcovadla na jednom dopravním prostředku musí být rozněcovadla v samostatných obalech a musí být umístěna co nejdále od výbušnin. Nakládání výbušniny a její skládání se smí provádět pouze za denního nebo za bezpečného umělého osvětlení pod dozorem odpovědné osoby (Hromádka et al. 2005).

¹⁰ NATO – North Atlantic Treaty Organization – Severoatlantická aliance.

¹¹ STANAG jsou normy/předpisy používané v armádách států NATO.

¹² OSN – United Nations Organization – Organizace spojených národů.

Skladování munice je zpravidla časově nejdelší provozní etapou, ve které se munice nachází v klidu při zachování své bojové použitelnosti. Skladovací podmínky výrazně ovlivňují životnost munice jak při krátkodobém ukládání (do doby 1 roku), tak i dlouhodobém (na dobu delší než 1 rok).

Životnost skladované munice je velmi ovlivněna klimatem ve skladovém objektu, zejména teplotou a vlhkostí vzduchu. V prostorech s uloženou municí se musí věnovat velká pozornost obecným zásadám požární ochrany (ČOS, 2005).

Skladování munice se skončenou životností z výzbroje je dle analýzy rizika o řád rizikovější operací než skladování munice vyhovující kvality. Daleko nebezpečnější jsou i veškeré nezbytné operace související s jejím provozem od manipulace přes periodické kontroly, až po revizi či určení k odstranění. Ve většině vyspělých armád světa se proto vyřazená munice skladuje zcela odděleně od munice, která je doposud určená k bojovému použití. Společné skladování munice bojeschopné a munice vyřazené jak je doposud prováděno v rámci logistiky Armády České republiky¹³, nevyhnutelně zvyšuje riziko havárie, komplikuje logistické zajištění vojsk municí k výcviku i k zahraničním misím a stojí zbytečně vynaložené prostředky (Hromádka et al. 2005).

2.8 PROTITANKOVÁ ŘÍZENÁ STŘELA 9M14M

Základní charakteristikou protitankové řízené střely (viz **obr. č. 3**) jsou šípově stabilizované rakety s kumulativní bojovou hlavicí, určené především k ničení silně obrněných cílů. Na cíl jsou naváděny, na rozdíl od jiných protitankových prostředků, po celé dráze letu. Umožňují účinné zneškodnění (především tanků) s vysokou pravděpodobností zásahů na vzdálenostech 50 až 6000 m. PTRS jsou součástí protitankových raketových kompletů (PTRK), které mohou být přenosné nebo vezené na lehkých terénních vozidlech, obrněných transportérech, tancích a bitevních vrtulnících jako hlavní či doplňková výzbroj (Gavendová, 2005).

PTRK tvoří vlastní protitanková řízená střela, odpalovací a naváděcí zařízení, které umožňuje odpálení rakety a její navádění na vybraný cíl. PTRS je v dnešní době, vzhledem ke své účinnosti, především určena pro ničení bojových vozidel

¹³ Požadavky na vhodný muniční sklad pro nepotřebnou municí zcela splňuje muniční sklad Bohuslavice nad Vlčí. Tento muniční sklad je jedním z největších muničních skladů v České republice, kdy skladovací kapacita zde činí asi 14,5 tisíce tun munice. Jedná se o jeden z nejlépe vybavených skladů. Již více než 50 let je v rámci tohoto muničního skladu provozován tzv. technický prostor, tedy soubor objektů a technologií určených k revizi, delaboraci a odstraňování munice. V současné době je tento prostor provozován divizí VTÚVM Slavičín státního podniku VOP-026 Šternberk k odstraňování raketové techniky a vysoce nebezpečné munice a k prodlužování životnosti raketové techniky Armády České republiky (Gavendová, 2005).

pěchoty, obrněných transportérů, sekundárně pak pro střelbu na tanky a bitevní vrtulníky nepřátelských armád (Gavendová, 2005).

Protitanková řízená střela s označením 9M14M (viz. **příloha č. 8**) se skládá z těchto hlavních částí: hlavice se zapalovačem, motoru, křídlové části, přístrojového bloku a dnové části střely.



Obr. č. 3 – Rozložení protitankové řízené střely 9M14M na jednotlivé díly (*originál 2010*).

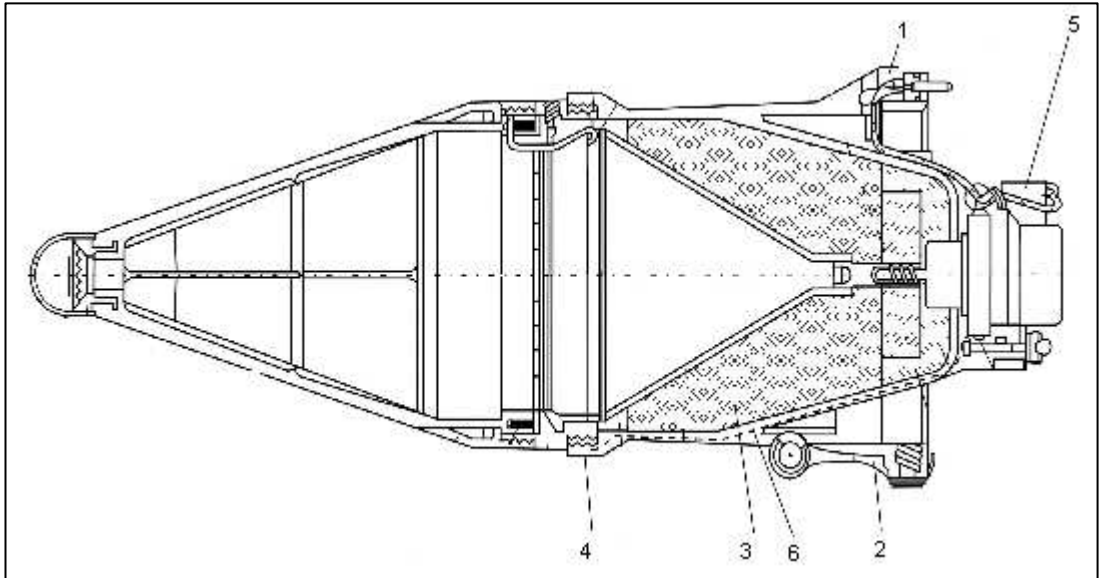
Hlavice se zapalovačem (viz **obr. č. 4**) je určena ke zničení cíle. Skládá se z těla, kumulativní náplně a zapalovače s označením 9E212.

Tělo střely má válcovitý tvar a je vyrobeno ze skelného laminátu. Vzadu je opatřeno dvěma zámkami, které tělo spojují s motorem a svorkovnice propojující vodič přívodu proudu k elektrickým palníkům zapalovače. Vnitřní povrch těla je opatřen vodivou vrstvou stříbra vytvářející vnitřní obvod. Uvnitř těla je uložena kumulativní náplň trhavinu. Jedná se o trhavinu A-IX-1.¹⁴ Zapalovač nesoucí označení 9E212 je typem kombinovaného zapalovače s okamžitým nárazovým účinkem. Odjištění zapalovače nastává ve vzdálenosti 70 až 200 m od odpalovacího zařízení. Skládá se ze dvou částí, z hlavové části a dnové části (Plíhal, 2001).

Hlavová část tvoří zdroj elektrické energie (mění mechanickou energii střely, vzniklou nárazem na cíl, na energii elektrickou)¹⁵. Dnová část zapalovače iniciuje trhavinu kumulativní náplně.

¹⁴ Trhavina A-IX-1 se skládá z 94 % hexogenu a z 6 % vosku.

¹⁵ Princip piezoelektrického jevu.

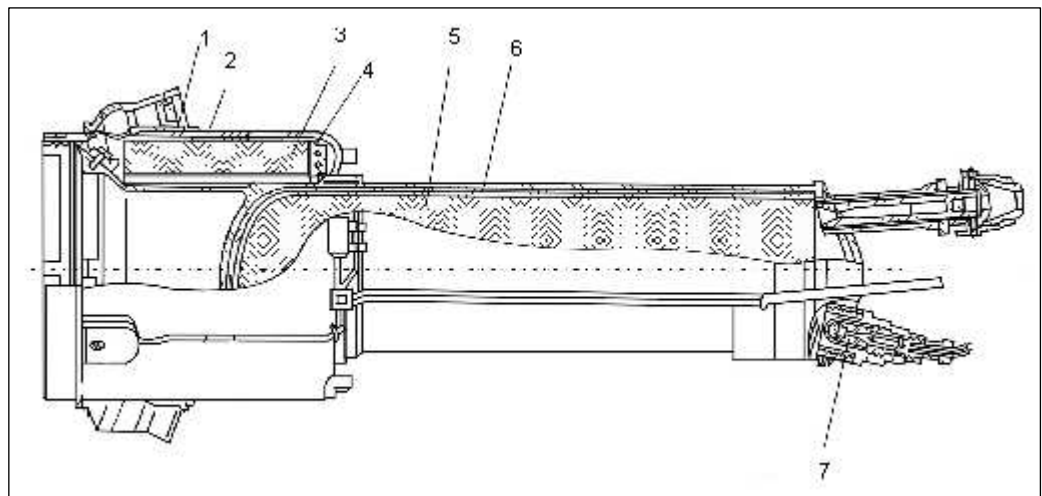


Obr. č. 4 – Hlavice PTŘS 9M14M se zapalovačem (Gavendová, 2005):

1 – svorkovnice; 2 – zámek; 3 – trhavina kumulativní náplně;
4 – tělo hlavice; 5 – dnová část zapalovače; 6 – stříbrný vodivý povlak.

Motor PTŘS 9M14M, zobrazený na **obr. č. 5**, je určen ke zrychlení střely na letovou rychlost, uděluje střele prvopočáteční rotaci a udržuje rovnoměrnou rychlost na řízeném úseku letu. Skládá se ze startového a letového motoru.

Startový motor uděluje střele počáteční rychlost a rotaci. Tvoří jej spalovací komora s dnem a čtyřmi tryskami, zažehovač startové náplně a startová náplň tuhé pohonné hmoty. Letový motor udržuje rovnoměrnou letovou rychlost střely a zabezpečuje ostatní funkce motoru. Je tvořen válcovou tenkostěnnou spalovací komorou, letovou náplní tuhé pohonné hmoty a zažehovačem náplně letového motoru (Plíhal, 2001).

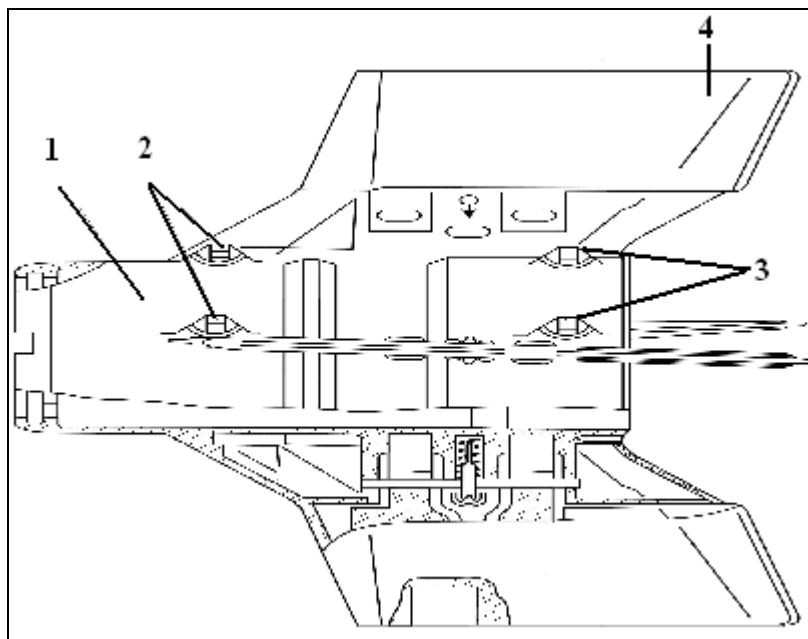


Obr. č. 5 – Motor PTŘS 9M14M (Gavendová, 2005):

1 – plášť; 2 – startová tryska; 3 – startovací náplň; 4 – zažehovač;
5 – náplň letového motoru; 6 – spalovací komora letového motoru; 7 – zažehovač letové náplně.

Křídlová část se stopovkou (viz **obr. č. 6**) tvoří vedení střely na vodící liště, za letu vytváří potřebný vztlak a nastavení křídel udržuje za letu rotaci střely. Křídlová část má tělo, čtyři křídla, pojistné ústrojí křídel a stopovku.

Tělo křídlové části má válcovitý tvar a je vyrobeno z umělé hmoty. V přední části je šesti šrouby upevněno k motoru, na spodní části jsou čtyři výstupky, v nichž jsou zasazeny dvě přední a dvě zadní kovové vodící čelisti pro vedení střely po vodící liště. Na těle jsou čtyři držáky, ve kterých jsou upevněna otočně křídla. Křídla vytváří potřebný vztlak a udržují za letu rotaci střely působením aerodynamických sil. Kostra křídla je z umělé hmoty, potah z duralového plechu, pro zpevnění jsou dutiny stěn vyplněny pěnovou hmotou. Pojistné ústrojí křídel umožňuje při rozevření křídel jejich zajištění v rozevřené poloze a jejich případné sklopení. Stopovka slouží k vizuálnímu sledování střely při navádění na cíl. V trubce těla stopovky je vlisována zažehovací slož, přenosná slož (zabraňuje oslnění střelce na počátečním úseku letu) a svítící slož (hoří jasným červeným plamenem a zajišťuje viditelnost až do 3000 m).



Obr. č. 6 – Křídlová část PTRS 9M14M (Gavendová, 2005):
1 – tělo; 2 – přední čelist; 3 – zadní čelist; 4 – křídlo.

Přístrojový blok je určen k převádění elektrického řídicího signálu, který přichází po vodičích z řídicího zařízení, na výkyvný pohyb nastavců trysek a tím vytváří řídicí moment potřebný pro manévr střely. Dále vytváří za letu informační signál o poloze střely v náklonu.

Dnová část střely je určena k připojení elektrických zážehových obvodů a obvodu zařízení a dále k ochraně před vlhkem a prachem (Plíhal, 2001).

3. GEOFYZIKÁLNÍ VYHLEDÁVÁNÍ PODPOVRCHOVÝCH PŘEDMĚTŮ

Problematika ochrany a tvorby životního prostředí se řadí v posledních letech mezi prioritní a nejsledovanější společenské úkoly jak ve světě, tak i v České republice. Tato problematika je velmi široká a dotýká se v té či oné míře všech aktivit lidstva, protože v některých oblastech se blíží otázce jeho přežití. Na těchto úkolech se podílí také geologické vědní obory. Velmi efektivně lze některé problémy řešit geofyzikálními metodami (Mareš a kol. 1996).

Detekce podzemních objektů geofyzikálními metodami je silně závislá na jejich velikosti, hloubce a kontrastu ve fyzikálních parametrech vůči okolí.

Geofyzikální metody podávají informace o studované oblasti nepřímo na základě analýzy fyzikálních polí a fyzikálních parametrů horninového prostředí. Patří většinou do skupiny tzv. *nedestruktivních metod* (kromě metod karotážních a podzemních), tzn. že přímo nevyžadují otvirkové práce pro posouzení stavu. Při průzkumu starých i nových ekologických zátěží (stará nevybuchlá munice, skládky, úložiště, úniky kontaminantů ze skladů a při transportu a další negativní důsledky průmyslové a jiné činnosti) se uplatňují významně kvůli své efektivitě s možností rychlého plošného průzkumu v okolí ekologických zátěží. Umožňují tak v první etapě průzkumu přispět k optimální lokalizaci dalších průzkumných prací (vrtů, odběru vzorků, volbě sanačních prací, apod.) a v dalších etapách interpolovat a extrapolovat bodové informace z přímých metod ocenění vlivu ekologické zátěže. Metody geofyziky jsou rovněž aplikovány pro sledování důsledků sanačních prací (Mareš a kol. 1996).

3.1 KRITÉRIA VÝBĚRU VHODNÉ GEOFYZIKÁLNÍ METODY

Kritéria výběru vhodné geofyzikální metody jsou dána její schopností přispět k řešení stanovené problematiky a ekonomickou a technologickou náročností jednotlivé metody pro získání požadovaných informací.

3.1.1 METODICKÁ VHODNOST

Metodická vhodnost stanoví informativnost, tj. schopnost geofyzikální metody řešit požadovaný problém. Metodickou vhodnost lze charakterizovat množstvím užitečné informace na výkon při získání geofyzikálních dat.

3.1.2 EKONOMICKÁ NÁROČNOST

Ekonomickou náročnost metody určují fakticky finanční náklady aplikace metody. Je dána např. nutným počtem pracovníků a jejich požadovanou kvalifikací jak v procesu terénního měření, tak při zpracování a interpretaci dat, finanční dostupností přístrojového vybavení, náročností zpracovatelského softwaru, apod.

3.1.3 TECHNOLOGICKÁ A METODOLOGICKÁ NÁROČNOST

Technologická a metodologická náročnost geofyzikální metody je dána stupněm technické obtížnosti získání hodnověrných dat v terénu. Zde se uplatňuje automatizace sběru (měření) dat použitou aparaturou, přístupnost terénu, mobilita použité aparatury v dané kategorii terénu, apod.

3.2 LIMITUJÍCÍ FAKTORY APLIKOVATELNOSTI GEOFYZIKY

Při volbě vhodné metodiky a posouzení aplikovatelnosti geofyzikální metody významně rozhodují také *limitující podmínky měření*. Tyto podmínky se dají rozdělit do několika skupin: přístupnost terénu, vliv šumů (fyzikálních a geologických), schopnost získání přesných dat a jednoznačnosti jejich interpretace.

3.2.1 STUPEŇ PŘÍSTUPNOSTI TERÉNU

Průzkum ekologických zátěží se provádí velmi často v blízkosti stávajících průmyslových provozů s inženýrskými sítěmi a hustou zástavbou, pevným neprůrazným pokryvem, apod. Zde se projevují *nepříznivé limitující podmínky*, jako jsou např. rušivý fyzikální projev povrchových objektů (budov, plotů), možnost přístupu rozměrnější aparatury (od předmětů velikosti malé krabice po nákladní automobily) a operátorů, možnost zaražení elektrod pro uzemnění či zapíchnutí geofonů, omezení vlivem neprostupných porostů a terénních překážek, apod.

3.2.2 NEGATIVNÍ VLIV FYZIKÁLNÍCH ŠUMŮ

Existující fyzikální pole mohou nepříznivě ovlivnit jakost měřených veličin. Mezi tato pole patří: všechna rušivá časově i prostorově chaoticky proměnná elektromagnetického pole způsobená uzemněním elektrických strojů a inženýrskými sítěmi (tzv. bludné proudy), vibrační seismické šumy (mechanický vliv pohyblivých částí strojů, dopravní činnost), apod.

Vliv fyzikálních šumů se nepříznivě projevuje jak ve fázi sběru (měření je obtížné) dat, tak i ve fázi jejich interpretace (problematická prezentace).

3.2.3 NEHOMOGENITA OKOLNÍHO PROSTŘEDÍ

Významně se na volbě metodiky, hustoty a dalších parametrů měření také projevuje fyzikální homogenita zkoumaného území.

Výrazná *nehomogenita pokryvných uloženin* (přírozených i antropogenních) i *podložních hornin* se nepříznivě projeví v možnostech detekce sledovaných anomálních objektů, které mají většinou menší nebo srovnatelné projevy jako nehomogenní okolí. Vliv nehomogenity prostředí (např. pokryvu) se často zařazuje do skupiny *geologických šumů*.

3.2.4 PŘESNOST MĚŘENÍ

Naprostá většina moderních geofyzikálních aparatur je schopna zajistit *přesnost měření* dat na vysoké úrovni. Problémem opakovatelnosti měřené veličiny proto častěji závisí na poměru I/N . Složky nesoucí užitečnou informaci I ke složce obsahující vlivy různých šumů N . Struktura a relativní velikost šumů N vzhledem k velikosti anomální odezvy sledovaných objektů proto ovlivňuje schopnost geofyzikální metody detekovat tyto objekty. Mezi šumy se z tohoto hlediska řadí jak vlivy parazitních fyzikálních polí, tak i vliv nehomogenity okolního prostředí.

3.3 GEOELEKTRICKÉ METODY

Geoelektrické metody patří mezi nejrozmanitější a nejpoužívanější metody geofyzikálního průzkumu, protože využívají různých elektrických umělých i přírozených polí jak stejnosměrných, tak i obecně časově proměnných (elektromagnetických) ke studiu prostředí na základě celé soustavy jeho elektrických a elektromagnetických vlastností. Měří se zejména *měrný odpor* (rezistivita) či *měrná vodivost* (konduktivita, tj. převrácená hodnota odporu) *hornin*. Měrný odpor hornin úzce závisí na obsahu vody v jejich pórech a na kontaminaci porézní vody.

Dalšími parametry, které je možné zjistit geoelektrickými metodami a mohou mít vztah k studovaným vlastnostem prostředí (litologii, hydrogeologickým parametrům), jsou elektrická permitivita a magnetická susceptibilita a různé projevy komplexních elektrochemických aktivit prostředí (polarizovatelnost spontánní či vyzvaná, oxidačně-redukční, filtrační a difúzní potenciály). Při studiu ekologických zátěží je tak dávána přednost metodám, které jsou ekonomicky a technologicky méně náročné a mají vysokou informační schopnost. V tomto případě aktivním elektromagnetickým metodám (Ward, 1990).

3.3.1 AKTIVNÍ ELEKTROMAGNETICKÉ METODY

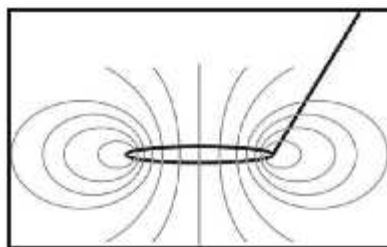
Pro vyhledávání vodivých kovových objektů mělce uložených (nevybuchlé skryté munice) lze s úspěchem použít tzv. *detektorů kovů* (metaldetektor), které byly vyvinuty původně pro vyhledávání pokladů (viz **obr. č. 7**). Tyto detektory mají vysílací a přijímací antény a pracují buď na indukčním principu střídavého nebo pulzního pole (Gulle, 2003).



Obr. č. 7 – Detektor kovů od firmy Schiebel (Rychetský, 2009).

Princip funkce detektoru kovů - detektor má obecně v základním uspořádání dvě cívky - vysílací a přijímací. Vysílací cívka je buzena konstantní frekvencí z přesného oscilátoru, jehož frekvence se volí s ohledem na detekované objekty, čímž je vytvořeno elektromagnetické pole. V přijímací cívce je v klidovém stavu stejný signál jako na vysílací, ovšem s opačným průběhem. Pokud se v dosahu pole objeví kovový předmět, dojde k rozvážení tohoto stavu a signál na snímací cívce vykáže fázový posuv úměrný velikosti a typu předmětu. Na **obr. č. 8** jsou vidět siločáry magnetického pole, které generuje oscilační obvod pomocí cívek (Rychetský, 2009).

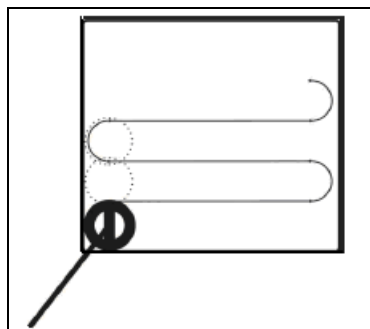
Novějším principem je použití *pulzní indukce*. Ta je založena na analýze odrazů elektromagnetických impulzů. Rozdíl oproti předchozí metodě je v tom, že je zde jedna cívka fungující zároveň jako vysílač i přijímač pulzů a také je místo oscilátorem buzena stejnosměrně. Nejdříve slouží cívka na krátkou chvíli jako vysílač, kdy se na ni na zlomek sekundy přivede napětí a cívka vytvoří elektromagnetický impuls. Pak je po určitém konstantním časovém okamžiku cívka přepnuta do přijímacího módu a vyhodnocuje se vzniklý přechodový děj. Pokud není přítomen žádný kovový předmět, je děj krátký, ovšem při přítomnosti kovu se doba odezvy prodlužuje, což je zaznamenáno příslušnými obvody (ADC, on-line).



Obr. č. 8 – Průběh magnetického pole kolem hlavy minohledačky (Gulle, 2003).

Za posledních deset let se parametry a konstrukce detektorů kovů velmi změnilly a nyní jsou mnohem sofistikovanější a více odpovídají náročným požadavkům, které jsou na ně kladeny. Trendem posledních let se tak stává omezení výskytu tzv. falešných alarmů – pokud není nalezena přítomná munice.¹⁶

Na **obr. č. 9** je možné shlédnout pohyb pyrotechnika s detektorem kovů při průzkumu povrchu s překrýváním.



Obr. č. 9 – Pohyb operátora s detektorem kovů při prohledávání terénu (Gulle, 2003).

3.3.2 GEORADAR

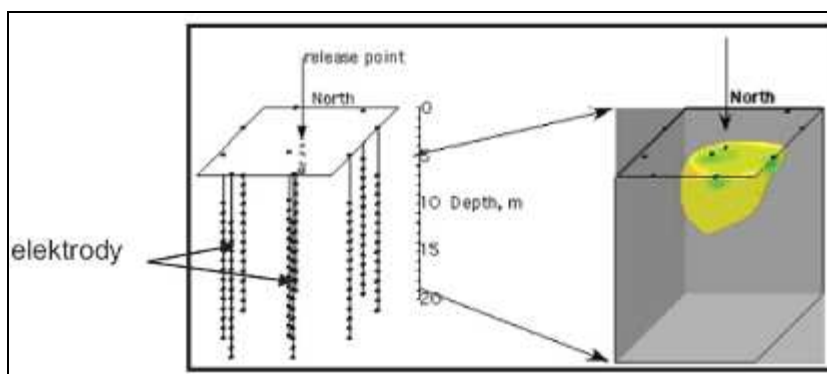
Georadarová metoda nebo také *radiolokační metoda (GPR)*¹⁷ je založena na vyslání elektromagnetických pulzů o vysoké vlastní frekvenci pod povrch a registraci času příjmu po odrazu od podpovrchových reflexních rozhraní, které jsou projevem změny elektromagnetických vlastností, hlavně elektrické permitivity. Tím lze zjistit tvar předmětu a posoudit, zda se jedná o nebezpečnou minu nebo o předmět, který nepředstavuje hrozbu. Současné georadary umožňují téměř spojitě sledování průběhu odrazných rozhraní do hloubek až několika metrů podél měřeného profilu ve formě tzv. *georadarových řezů*, v nichž je registrovaný čas odrazu transformován na hloubky reflexních ploch podle zjištěné či odhadnuté rychlosti šíření elektromagnetické vlny v prostředí (Markus, Kenning, 2001).

¹⁶ Jde hlavně o falešné alarmy, které indikují přítomný předmět, který ve skutečnosti neexistuje a ty, které indikují kovový předmět, který není součástí munice. Právě tyto alarmy velmi zpomalují práci minohledačů. Ze statistik vyplývá, že na jednu nevybuchlou municí, připadá 1000 zbytečných kopání kovového šrotu.

¹⁷ GPR – Ground Penetrating Radar – země prostupující radar.

3.3.3 ELEKTRICKÁ REZISTENČNÍ TOMOGRAFIE

Elektrická rezistenční tomografie využívá, stejně jako většina ostatních metod pro hledání kovů pod zemským povrchem, vířivých proudů. Z řady elektrod zapuštěných v zemi kolem prohledávaného místa (v odstupu cca 1 m) je vyzařován nízkofrekvenční elektrický proud a následně se měří jeho rozložení v půdě. Velké množství možností natočení vysílačů (elektrod) a přijímačů vede k zaměření kovového předmětu. Z naměřených dat se poté počítačovým softwarem určí prostorová mapa daného místa. Na **obr. č. 10** je zobrazen princip s výsledným, počítačově zpracovaným, obrazem. Je zřejmé, že tato metoda se díky možnosti nechtěné aktivace mělce uložených nevybuchlých min, při zapouštění elektrod do země, nehodí pro hledání nevybuchlé munice jako metoda primární (Mareš, 1996).



Obr. č. 10 – Princip elektrické rezistenční tomografie (Rychetský, 2009).

3.4 MAGNETOMETRIE

Anomálie geomagnetického pole jsou způsobeny přítomností horninových typů a umělých objektů s kontrastními magnetickými vlastnostmi. Měření se provádí většinou protonovými magnetometry, někdy přesnějšími atomovými (např. cesiovými). *Magnetometrie* nebo také *(geo)magnetická měření* slouží k detekci podzemních objektů s kontrastními magnetickými vlastnostmi – magnetickou permitivitou či susceptibilitou (z feromagnetických materiálů, hlavně železných a ocelových), pro mapování magneticky kontrastních litologických typů, apod.

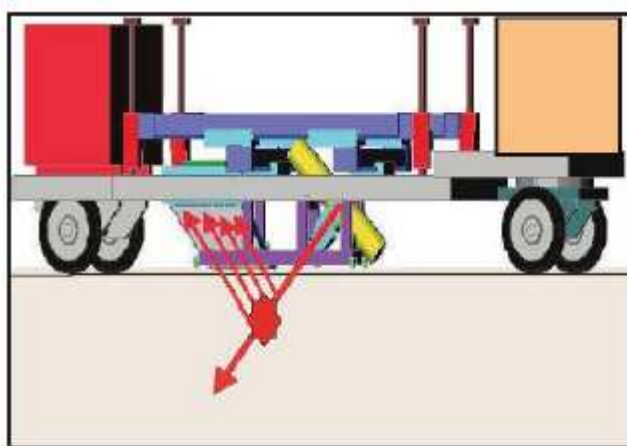
Vliv časových variací pole, regionálních anomálií a dalších rušivých účinků (inženýrských sítí, konstrukcí, atd.) je možno minimalizovat tzv. *gradientovým měřením* (gradiometry). Magnetická měření se pro lokalizaci kovových podzemních objektů kombinují s měřením detektorů kovů, které je vhodné pro vyhledání mělce uložených i menších obecně kovových objektů, zatímco samotná magnetometrie se využívá pro detekci větších a hlubších feromagnetických předmětů (Mareš, 1996).

3.5 RADIOMETRIE

Určení distribuce přirozených a umělých zdrojů radioaktivního záření umožňuje měření aktivity radiace – radiometrie na povrchu, ve vrtech a ze vzduchu. Nejčastěji je radioaktivita detekována vhodnými aparaturami na základě svých ionizačních účinků. Registruje se úhrnná aktivita nebo pomocí spektrometrů (*spektrometrie gama*) se diferencují projevy s různou energií jaderného záření. Kromě rozlišení některých litologických typů slouží radiometrie k určení kontaminace prostředí radioaktivními látkami a ocenění jeho rizika (Mareš, 1996).

3.6 VYUŽITÍ RENTGENOVÝCH PAPRSKŮ

Jedná se o nový postup, který podle současných výsledků může urychlit práci při hledání a odstraňování uložené munice. Tuto metodu lze použít i ve velmi vegetací zarostlém a jinak nepřístupném prostředí, protože i tak je výsledkem dostatečně přesný obraz předmětu pod povrchem. Díky odlišnému pohlcování a odrazení rentgenových paprsků u různých materiálů a s vědomím pronikání paprsků do materiálu je možné identifikovat i vnitřní strukturu objektu. Jako velký pokrok se dá považovat vývoj mobilního 450 kV skeneru ComScan 450 (**obr. č. 11**), který má výhodu jak v detekování min v běžných hloubkách, ale i min bez kovových částí. Prozatímnní nevýhodou je nutnost těžkého generátoru proudu a nákladního vozidla pro tažení. Paprsky vysílané do země vysokovýkonnou rentgenovou lampou jsou zachytávány pixelovými rentgenovými detektory a zpracovávány ve výsledný obraz (TT, on-line).



Obr. č. 11 – Mobilní 450 kV skener ComScan 450 (TT, on-line).

3.7 TERMOMETRIE – INFRAČERVENÁ DETEKCE

Infračervená detekce je založena na principu různých tepelných vlastností munice a jejího okolí. Metoda je vhodná jak pro právě zakopané miny, tak i munici, která je pod povrchem i několik let. Během dne se půda a munice v ní zahřívá, ale díky různé tepelné vodivosti každý z materiálů jinak a právě tento rozdíl jsou schopny rozpoznat infračervené detektory. Z tohoto je patrné, že lze takto najít i miny bez kovových příměsí. Nevýhodou tohoto řešení je náchylnost k falešným pozitivním alarmům, díky vegetaci nebo např. kamenům s příměsmi kovových solí.

Měření se provádí kontaktními (termistory) nebo bezkontaktními termometry (infračervené snímače) - viz **obr. č. 12**. Pro rozsáhlejší oblasti je možné využít i *dálkového snímání* (letecky, družice) v intervalu infračerveného záření (Gulle, 2003).

3.8 LETECKÉ METODY A DÁLKOVÉ SNÍMKOVÁNÍ

Pro ocenění rozsahu a vlivu skrytých ekologických zátěží je možné využít i vyhodnocení dostupného multispektrálního snímání z výšky (z letadel, družic, apod.), které je označováno jako *dálkové snímání*. Většinou se provádí registrace či snímání elektromagnetického záření odraženého nebo vyzařovaného povrchem Země. Pro rozsáhlejší projekty je možné realizovat vlastní dálkový průzkum z balónů či helikoptér, který je možné spojit s fotogrammetrií.

Větší a rozsáhlejší ekologické vlivy v regionálním měřítku lze někdy interpretovat z leteckých geofyzikálních (aero-geofyzikálních) map a dalších stávajících a dostupných regionálních map geofyzikálních indicií (Mareš, 1996).



Obr. č. 12 – Infračervený snímač připevněný na nemagnetickém a nevodivém podvozku (Pokorný, Pokorný, 2009).

4. TECHNOLOGIE ODSTRAŇOVÁNÍ A SANACE MUNICE

V 90. letech dvacátého století v souvislosti se změnou politické situace v evropském prostoru a ukončením studené války byl zahájen světový program likvidace milionů tun munice.

S ohledem na předpokládanou ohromnou ekologickou zátěž při provádění likvidace munice běžnými metodami bylo nutné investovat do technologií likvidace, které by zajistily ochranu životního prostředí.

Odstraňování přebytečné a v horninovém prostředí ukryté munice je mimořádně technicky náročným problémem. Negativní vliv odstraněné munice na životní prostředí a možnost bezprostředního ohrožení lidských zdrojů nutí hledat cesty, jak se s touto velice bolestivou zátěží minulosti vyrovnat. Výbušniny jsou materiály potenciálně nestabilní, které se při nevhodném dlouhodobém skladování mohou samovznítit a způsobit havarijní destrukci celého prostoru (Řehák, 2009).

Přirozeným stárnutím a působením koroze se rovněž snižuje konstrukční bezpečnost munice a zvyšuje se její náchylnost k havarijním výbuchům při neopatrné manipulaci. Například v důsledku koroze zakopané chemické munice a prosakování chemických látek dochází ke kontaminaci okolní půdy a vodních zdrojů. Rozsah kontaminace závisí na těkavosti látky a zatímco se některé látky rychle rozkládají za vzniku netoxických meziproduktů a konečných produktů jiné zůstávají v půdě po dlouhou dobu (především chemické látky obsahující arzen). Proto je zakopaná munice v současnosti často úmyslně vykopávána, aby byla z důvodu ochrany životního prostředí odstraněna bezpečným způsobem.

Prakticky žádná zavedená munice nebyla konstruována s ohledem na její následné bezpečné a snadné odstraňování a byla proto často použita konstrukční řešení, která komplikují nebo dokonce zabraňují bezpečné delaboraci a recyklaci materiálů. Což už v dřívějších dobách bylo v rozporu, neboť munice měla být už při svém návrhu, s ohledem na nejrůznější negativní faktory, které mohou na municí během jejího manipulačního procesu působit, konstruována co nejbezpečněji s přihlédnutím na její možnou pozdější a snadnou delaboraci. Realizace procesu odstraňování munice proto vyžaduje použití zvláště přísných bezpečnostních opatření, speciálních technologických postupů a zařízení se zkušeným vysoce kvalifikovaným personálem (PS Policie, on-line).

4.1 PYROTECHNICKÝ PRŮZKUM

Pyrotechnickým průzkumem se dle zákona č. 455/1991 Sb. rozumí cílevědomé vyhledávání munice nebo výbušnin prováděné držitelem skupiny zbrojního průkazu F pomocí detekční techniky a jejich identifikace stanoveným postupem, případně jejich vyzvednutí nebo dohled držitele skupiny zbrojního průkazu F při zemních pracích, při nichž se očekává nález munice, nebo výbušnin, který provede identifikaci nalezené munice nebo výbušnin (INMP, 2009).

Průzkum obecně začíná vytyčením pomyslné „šachovnice“ se čtverci o hraně 50m v terénu. Z bezpečnostních důvodů pak vždy v odstupu jednoho čtverce probíhají vlastní práce dvojic pyrotechniků s minohledačkou. Úkol je to nesnadný, neboť nikdo neví, na co právě detektor reaguje. Je-li pod povrchem ostrá mina či „pouhý“ cvičný granát s asfaltovou náplní nebo třeba jen zapomenutý hasicí přístroj. Pokud munice obsahuje iniciátor a trhavinu, bude dle odborníků nebezpečná téměř vždy. Deset nebo sto let zde není měřítkem, neboť tritolové či hexogenové náplně prakticky nemají poločas rozpadu a příliš jim nevadí ani vlhko. Navíc odolné kovové obaly vydrží v zemi delší dobu. Naopak s přibývajícím věkem je vojenská munice, převážně opatřená nárazovými iniciátory odjištěnými při výstřelu, stále nebezpečnější (Hrazdíra, Cigánik, 1998).

Například jedním z postupů hledání min je manuální prohledávání pomocí minohledaček. Při tomto procesu se také nejprve vymezí prostor, který je nutno prohledat. V tomto prostoru se poté pohybuje jeden či více minohledačů, kteří systematicky (nejčastěji v pružích) prohledávají daný prostor a označují místa, kde byl indikován nějaký kovový předmět¹⁸ (Rychetský, 2009).

Pyrotechnickou asanací se tedy rozumí odstranění nebezpečné munice na určeném území pod povrchem terénu.¹⁹

Pyrotechnická asanace zahrnuje tyto základní činnosti: přípravné práce a komplexní zabezpečení činnosti, vyhledání a zviditelnění nebezpečné munice a specifikaci nálezu a likvidace nebezpečné munice (viz **obr. č. 13**).

¹⁸ Prohledávaný prostor lze zmenšit využitím tzv. EDDs (Explosive Detection Dogs), tedy psů cvičených pro vyhledávání výbušnin. Tito speciálně cvičení psi jsou schopni odhalit výbušniny různých typů i osoby, které s nimi manipulují. Psi se cvičí na vyhledávání např. střelného prachu, dynamitu, C-4 nebo TNT (Rychetský, 2009).

Také je možné použít tzv. odminovací tanky nebo „mlátíčky“ – to jsou buď přímo tanky, nebo obrněná nákladní vozidla s vysunovacím otočným válcem, na kterém jsou připevněny řetězy. Rotací válce dopadají řetězy vysokou rychlostí a velkou razancí na zem a tím aktivují případné miny (Berr et al. 2005).

¹⁹ Nebezpečnou municí se rozumí selhaná válečná munice jako pozůstatek válečného bombardování (především) anglo-americkým letectvem a další případné nálezy z doby poválečného působení americké, československé a sovětské armády.



Obr. č. 13 – Označení skládky nalezené nevybuchlé munice určené k likvidaci (Řehák, 2009).

4.2 ZPŮSOBY ODSTRAŇOVÁNÍ MUNICE

Posledním úkonem, který pyrotechnik provádí s nalezenými výbušnými předměty, je jejich likvidace. Vadné výbušniny může ničit jen pyrotechnik. Zničení nalezené nevybuchlé munice lze na území České republiky provést *výbuchem, spálením, vyloužením, chemickou cestou* nebo *mechanickou delaborací*.

Předmětem likvidace jsou:

- trhaviny, třaskaviny, střeliviny a pyrotechnické složky,
- munice všeho druhu – od pěchotního střeliva až po letecké pumy,
- výbušné systémy vojenské výroby i „podomácku“ vyrobené výbušniny,
- ostatní výbušné předměty, např. pádem poškozené tlakové láhve (Pejšek, 2006)

4.2.1 NIČENÍ VÝBUCHEM

Při *ničení výbuchem* se delaborované trhaviny nebo celá munice přivádějí definovaným způsobem k detonaci na volném prostranství, resp. v *trhacích jamách*. V případě samotných trhavin je znečištění životního prostředí relativně malé a omezuje se prakticky pouze na emise CO, jehož množství závisí na kyslíkové bilanci trhavin. Totéž platí pro ničení dělostřeleckých granátů, leteckých pum, ženijní munice a hlavic raket. V případě ničení munice obsahující bezdýmné prachy, raketové tuhé pohonné hmoty, pyrotechnické složky a třaskaviny je však znečištění ovzduší a půdy mnohem významnější, odpovídající volnému spalování. Obecně je však detonace z hlediska chemické kinetiky mnohem ideálnější proces než spalování a proto např. emise CO a NO_x jsou při detonaci bezdýmných prachů řádově nižší než u volného spalování a nesrovnatelně nižší vůči běžným spalovacím zdrojům.

V posledních několika letech se začínají používat k ničení výbušnin i *automatizované detonační komory*, jejichž výhodou je možnost ničení detonací i větších kusů munice, než u spaloven a rovněž řádově nižší emise škodlivin z detonačních procesů, než ze spalování (Gavendová, 2005).

Výbuchové komory umožňují likvidaci pomocí řízené detonace s možností záchytu a čištění zplodin. Konstrukce výbuchových komor používaných v AČR umožňuje detonaci 1 – 2 kg TNT (malé komory) až po 16 kg TNT (velké komory - viz např. **obr. č. 14**).

Výbuchové komory představují tlakové těleso, do kterého se umístí likvidovaný materiál, tj. rozbušky, muniční elementy, výbušky, apod. (viz. **příloha č. 6**). Materiál se uvede do detonace přiloženou náloží. Množství výbušnin v ničených elementech a přiložená nálož nesmí přesáhnout TNT ekviv. Výbuchové zplodiny z komory jsou vedeny do čistícího zařízení. Čistící zařízení je vybaveno vzdušníkem pro zachycení povýbuchových zplodin, ze vzdušníku se plyny přepouští přes filtry, alkalické pračky a absorbéry s aktivním uhlím, které zachycují páry Hg, Sb a ostatních těžkých kovů. Vypouštěné plyny do ovzduší odpovídají emisním limitům, stanoveným nařízením vlády ČR.²⁰ Komory umožňují jeden až dva řízené výbuchy za hodinu a tím je dána i jejich kapacita.²¹



Obr. č. 14 – Velká výbuchová komora určená k ničení až 16 kg TNT (ADC, *on-line*).

²⁰ Nařízení vlády ČR č. 353/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.

²¹ Např. malá komora (TNT ekviv. 2 kg) umožní opakování cyklu 2x za hodinu a na 1 výbuch likvidovat 1500 ks rozbušek = 3.000 ks/hod. = 80.000 ks/směna, 100 ks děl. zapalovačů = 200 ks/hod. = 1.600 ks/směna, 5 kg pyrosloží = 10 kg/hod. = 20 kg/směna, 2 kg trhaviny = 4 kg/hod. = 32 kg/směna.
Velká komora (TNT ekviv. 16 kg), pak umožní likvidaci 32 kg trhaviny/hod. = 256 kg/směna = 5.300kg/měsíc.

4.2.2 NIČENÍ VOLNÝM SPALOVÁNÍM

Volným spalováním, tj. přivedením výbušniny k explozivnímu hoření zážehem na volném prostranství, se odstraňují zejména bezdýmné prachy, tuhé pohonné hmoty a pyrotechnické slože. Ničení spalováním technicky odpovídá běžnému vojenskému použití těchto výbušnin. Pro uvedené typy výbušnin se jedná o nejbezpečnější a nejproduktivnější způsob jejich ničení, praktikovaný po desítky let prakticky všemi státy světa. Spalování výbušnin je však spojeno s emisemi znečišťujících látek. Z bezdýmných prachů se spalováním za atmosférického tlaku uvolňují oxid uhelnatý a oxidy dusíku, homogenní tuhé pohonné hmoty raket navíc mohou znečišťovat půdu a vody těžkými kovy (Pb, Co). Největším zdrojem znečišťování při volném spalování jsou však pyrotechnické slože, které zanechávají pevné zbytky obsahující těžké kovy (Ba, Sr, Pb) a v některých případech znečišťují životní prostředí chlorovanými látkami a jejich produkty hoření (včetně polychlorovaných dioxinů) nebo polycyklickými aromatickými uhlovodíky. V některých případech v minulosti, když bylo odstraňováno velké množství munice na jednom místě, všechny zbraně nevybuchly a nedbalý monitoring operací umožnil, že nevybuchlá munice zůstala na místě odstraňování. Takto se rovněž do atmosféry uvolnily toxické exhalace a docházelo i k masivní kontaminaci půdy produkty hoření, především při odstraňování chemických látek obsahujících arzen.

„Adaptací principu volného spalování jsou tzv. muniční retorty, v nichž je ničena zejména malorážová munice ručních palných zbraní a některé pyrotechnické komponenty munice. Munice je po určených dávkách vhazována do silnostěnných ocelových kotlů, kde je přímým nebo nepřímým ohřevem přiváděna k výbuchu. Spaliny z těchto částí nejsou často čištěny a jsou přímo odváděny do ovzduší krátkým komínem. Z malorážových nábojů se kromě zplodin bezdýmného prachu (CO, NO_x) do ovzduší uvolňují i výbuchové zplodiny třaskavin v zápalce nábojů, obsahující rtuť, antimon či olovo.“ (Gavendová, 2005)

Speciální spalovny munice²² byly vyvinuty po skončení druhé světové války v USA, zejména pro ničení přebytečné malorážové munice. Postupně bylo jejich použití rozšiřováno i na pyrotechnickou municí, delaborované trhaviny, bezdýmný prach a iniciátory (Šulc, 2003).

²² Celosvětově nejrozšířenější typ spaloven munice vychází z původní americké spalovny APE 1236, což je rotační pec ze speciální ocelolitin, o vnitřním průměru 910 mm, tloušťce stěny 63-70 mm a délce 6 m. Postupem doby byla základní verze APE 1236 mírně modifikována (zvýšen průměr, prodloužena délka, zesílena stěna) a opatřována čistícím systémem spalin, v souladu s národními legislativami jednotlivých provozovatelů (původní spalovna APE 1236 pracovala bez čištění).

Ničený materiál v peci postupuje proti hořáku, je postupně ohříván, zapalován a přežíháván. Pro zabránění hromadnému výbuchu je materiál v peci posouván speciální vnitřní šroubovicí, která odděluje jednotlivé kusy munice. Proces dávkování materiálu je kontinuální, přes soustavu dopravníků, přežíhaný kovový šrot vypadává z konce primární pece do přistavených kontejnerů. Dávkování jednotlivých typů ničené munice musí být pečlivě řízeno, aby nemohlo dojít k detonaci většího kusu munice nebo shluku munice, která by mohla rotační pec poškodit (Pokorný, Pokorný 2009).

Spalovny munice (viz **obr. č. 15**) konstrukčně vycházející z rotační pece²³, jsou v několika desítkách typů rozšířeny po celém světě (USA, Německo, Švédsko, Velká Británie, Taiwan, Japonsko, apod.) a bez vážnějších závad zde pracují již několik desítek let. Moderní typy spaloven munice v Německu obsahují velmi sofistikované čistící systémy pro eliminaci organických látek a oxidu uhelnatého (termoreaktor), popílků (prachové filtry) kyselých plynů a aerosolů kovů (mokrě alkalické praní, suché chemisorpční praní²⁴), oxidů dusíku a dioxinů ze spalin. Spalování munice se provádí v pancéřových rotačních pecích (tl. pancíře = 40mm) nebo v keramických rotačních pecích (bezdýmné prachy, TPH).



Obr. č. 15 – Speciální spalovna munice od firmy OZM Research (*ADC, on-line*).

²³ Navrženy a zkonstruovány byly i jiné typy spaloven munice, jako např. diskontinuální statické retorty, v nichž se ničení provádí na žhavém loži ocelových střepein, případně koncept spalovacího prostoru, tj. izolovaného objektu, v němž se výbušnina spálí a spaliny se kvantitativně odsají a přečistí. Jejich rozšíření však nepřesáhlo několik kusů, vzhledem k omezené produktivitě, diskontinuálnímu charakteru vývinu spalin a nižší důvěryhodnosti než dlouhodobě zavedený a ověřený systém rotační pece APE 1236.

²⁴ Chemisorpce je způsob zachycení látky na povrchu pevné látky (sorbentu), při kterém se mezi zachycovanou látkou a povrchem vytváří chemická vazba.

I přesto, že způsoby ničení výbušnin a munice volným spalováním nebo výbuchem jsou evidentně zdrojem znečištění životního prostředí, jejich použití je v celé řadě států stále tolerováno (v USA je těmito procesy likvidováno okolo 30 až 40% munice a takřka výhradně výbuchem je munice ničena ve Finsku).

Důvodů pro tolerování těchto procesů je několik: jedná se o nejbezpečnější způsoby odstraňování munice, nejlépe technicky zvládnuté a s nejmenší pravděpodobností ohrožení života a majetku havarijním výbuchem. Některé typy munice jsou natolik nebezpečné (zejména munice nevybuchlá, zkorodovaná nebo se zvláštními konstrukčními řešeními), že jakákoliv její delaborace by představovala neúnosné bezpečnostní riziko a emise těchto procesů odstraňování munice jsou stejné, jaké by byly uvolněny při bojovém či výcvikovém použití výbušnin nebo munice. Dále jsou zde zákonem neřešené situace použití výbušnin vytvářejících emise škodlivin ve stejném, či dokonce větším množství, než je odstraňování vojenských výbušnin (např. trhací práce s výbušninami v lomech a dolech, ohňostroje, komerční střelnice).

Z těchto uvedených důvodů se ve všech evropských zemích ničení výbušnin a munice volným spalováním nebo výbuchem toleruje. Je však výrazná snaha je omezit pouze na nezbytné minimum a naopak maximálně využívat jiné ekologicky šetrnější technologie²⁵ odstraňování munice, zejména u výbušnin produkujících zbytky obsahující těžké kovy, chlorované sloučeniny nebo polycyklické aromatické uhlovodíky (Řehák, 2009).

4.2.3 NIČENÍ VYLOUŽENÍM

Vyloužením je možno ničit pouze takové výbušniny, které se ve vodě rozloží a tím ztratí jako celek výbušný charakter. Výbušnina určená k vyloužení se nasype do nádoby, do níž se nalije asi desateronásobné množství vody. Za občasného promíchání se louží 2 až 24 hodin a roztok se slije. Vyloužení se stejným způsobem třikrát opakuje. Ve slité vodě zůstávají zachyceny rozpustné složky výbušniny, např. dusičnan draselný, amonný apod., které je nutno ekologicky zničit. Nerozpustný zbytek výbušniny se spálí na otevřeném ohni (Landa, 2005).

²⁵ Vyhláška Ministerstva životního prostředí ČR č. 338/1997 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

4.2.4 CHEMICKÉ NIČENÍ

Pro odstraňování výbušnin delaborovaných z munice bylo ve světě vyvinuto a zavedeno i několik způsobů *chemického (rozkladu) zpracování*.²⁶ Chemické ničení výbušnin se provádí ve specializovaných zařízeních, která jsou k tomu určena a vybavena. Podstatou je jejich rozložení přísadou vhodných látek (louhu sodného, kyseliny solné, dusičné, železných třísek, apod.) na složky nevýbušné. Nevýhodou tohoto procesu je nutnost rozsáhlého čištění odpadních vod a reakčních plynů.²⁷

Nejrozšířenějším způsobem je alkalická hydrolyza, prováděná za zvýšené teploty a tlaku, která rozkládá organické výbušniny (bezdýmné prachy, trhaviny) na nevýbušné soli (dusičnany, dusitany) a rozkladné plyny (CO, CO₂, NO_x). Chemické zneškodňování však není součástí činnosti pyrotechnika (Řehák, 2009).

4.2.5 MECHANICKÁ DELABORACE

U většího množství munice stejného druhu se munice neničí jen výbuchem, ale může se provést její rozložení na jednotlivé části, provede se tzv. *mechanická delaborace*. Podstatou delaborace je oddělení částí výbušných od částí nevýbušných. Delaborace munice je vlastně obrácený postup laborace. Laborace munice se provádí podle příslušných technologických postupů. A obdobně musí být i vypracovaná dokumentace pro delaboraci.

Volba konkrétní metody delaborace munice je závislá na vlastnostech munice a na technologii její laborace. Existují tyto možnosti, jak lze municí delaborovat: vytavováním, drcením, řezáním, kreocyklací a mechanickým rozdělováním.

Některé typy trhavinových náplní (zejména tritol) jsou vzhledem k technologii laborace pevně spojeny s tělem munice a nelze je proto jednoduše oddělit. *Technologie vytavování* využívá relativně nízkého bodu tání tritolu (80°C) k jeho roztavení a vytečení z těla munice. Tavenina tritolu nebo směsných trhavin s obsahem tritolu se poté nechá ztuhnout v deskách, které se následně drtí.

Drcení delaborovaných výbušnin slouží k jejich zpracování na rozměrovou frakci vhodnou k následnému použití do průmyslových trhavin či jinému využití.

²⁶ Rozložení výbušnin – chemicky: *vodou* – černý prach, dusičnan amonný, *pyridinem* – třaskavá rtuť, *fenolem* – RDX, *acetonem* – rozpouští většinu výbušnin – bezdýmný prach, azid olovnatý, tetryl, RDX, C3, dusičnan amonný, tetrytol, nitroglycerin, dynamit, *líhem*, *éterem*, *acetonem* – TNT, *benzenem* – tetryl, *líhem*, *acetonem* – kyselina pikrová.

²⁷ Pro odstraňování nervově paralytických látek byla vypracována dvoustupňová technologie. Po vyčerpání nervově paralytické látky z munice je v prvním stadiu chemicky neutralizována. Ve druhém stupni proběhne bitumenizace reakčních produktů. Reakční směs je po neutralizaci zahřívána v případě látky VX s bitumenem, v případě sarinu a somanu se směsí hydroxidu vápenatého a bitumenu. V obou případech vzniká po ochlazení pevná černá hmota, která je uzavřena do barelů a uložena v betonových bunkrech nad úrovní podzemní vody.

Některé typy munice je vhodné před další delaborací (vytavováním) *rozřezat* na menší kousky. K tomuto účelu se používá řezání strojní pilou, zde je také zapotřebí provádět chlazení vodou.

Kryocyklace je metoda jednoduchého bezodpadového a relativně bezpečného rozdrobení až několikátunových zrn tuhých pohonných hmot (TPH) raket na menší kusy o hmotnosti řádově desítek až stovek gramů.

Cílem delaborace munice je vytěžít a zužítkovat recyklovatelné materiály, kterými jsou zejména mosaz, hliník, ocel, ale i trhaviny a minimalizovat objem výbušnin a muničních součástek, které musí být složitě odstraňovány. Vlastní proces delaborace představuje soubor technologií pro rozdělení munice na její součástky, s oddělením náplní od konstrukčních materiálů a roztřídění těchto materiálů podle typu (kovy, plasty, dřevěné obaly, aj.).

Delaborované vojenské výbušniny je snahou v co největší míře zužítkovat recyklací do jiných výrobků, v nichž může být využita jejich výbuchová energie a zároveň eliminovány náklady na jejich odstraňování a s ní spojené znečištění životního prostředí. Některé typy delaborovaných výbušnin jsou v ČR přímo používány pro trhací práce na povrchu při těžbě kamene nebo hnědého uhlí. Ve světě je častější zapracování delaborovaných výbušnin do klasických typů směsných průmyslových trhavin, kde nahrazuje nitrolátky, které by musely být nově vyrobeny. Omezujícím faktorem při dodávání průmyslových trhavin s delaborovanými výbušninami na trh je důvěra spotřebitelů v kvalitu těchto trhavin (Šulc, 2003).

Obrovskou nevýhodou mechanické delaborace u nalezené a nevybuchlé munice je zpravidla její samotné použití, neboť pyrotechnik si nikdy nemůže být jistý v jakém stavu se vnitřní mechanismus munice nachází (viz **obr. č. 16**). Proto se tato metoda využívá u nalezené a nevybuchlé munice jen zřídka (Řehák, 2009).



Obr. č. 16 – Nález PTŘS 9M14M v bývalém VVP ve Stráži pod Ralskem (*originál, 2009*).

4.3 VHAZOVÁNÍ MUNICE DO MOŘE

„Jednou z metod odstraňování munice v dřívějších dobách bylo její potopení do moře. Na dno každého oceánu, od Indického až po Arktický, tak byly potopeny stovky tisíc tun zbraní včetně chemických. Německo ukončilo druhou světovou válku se zásobami chemických látek v množství 65.000 tun, z toho 27.000 tun yperitu, které byly většinou odstraněny potopením. Odhaduje se, že v Baltickém moři bylo potopeno nejméně 30.000 tun chemických zbraní. Rusko přiznává potopení pouze trofejní německé chemické munice, i když některé prameny uvádí potopení ruské chemické munice minimálně na 12 místech např. v Černém či Kaspickém moři.“ (Gavendová, 2005)

Munice se může v průběhu jejího potopení do moře otevřít nebo časem zkorodovat a tím umožnit prosakování látky. Potopení do velké hloubky většinou nezpůsobilo nehody, ale při potopení v relativně mělké vodě Baltického moře a na pobřeží Japonska způsobily chemické zbraně vážné problémy pro rybářský průmysl. V těchto regionech rybáři vytahují ve svých sítích staré chemické zbraně a někdy jsou zasaženi stále aktivními látkami. Určité oblasti byly pro rybolov omezeny vzhledem k obavě, že by zde mohlo dojít k nehodám. Kromě toho potopená chemická munice nezůstává stále v moři a některé země např. Francie, Austrálie a Polsko oznámily chemickou municí, vyplavenou na jejich pobřeží.²⁸

Postupnou korozi munice však docházelo k rozsáhlé kontaminaci mořských vod aromatickými nitrolátkami, nitroaminolátkami, nitrosaminy, polychlorovanými sloučeninami a dalšími vysoce toxickými látkami.²⁹ Ničení munice vhašováním do moří bylo proto zakázáno Mezinárodní konvencí konanou v norském Oslu v roce 1993 (OSN, 1993).

²⁸ Chemická munice byla potápěna nejen do oceánů, ale také do jezer, rybníků, močálů a řek. Tato praxe byla méně častá než potopení do oceánu, ale může být dokonce nebezpečnější. Tyto oblasti se většinou nacházejí blízko hustě obydlených míst a tím se vytváří reálná možnost nebezpečí kontaminace zdrojů pitné vody.

²⁹ Proces odstraňování např. chemických zbraní by měl především spočívat v odčerpání bojových chemických látek z těla munice a oddělení výbušných komponent (rozbuška, detonátor, trhací náplň) od kovových částí munice.

4.4 SANAČNÍ TECHNOLOGIE

Vhodné technologie pro výbušniny v zeminách, sedimentech a kalech jsou dány tím, že sanace lokalit kontaminovaných výbušninami je velmi speciální záležitost nejen v podmínkách České republiky.

Významným a specifickým faktorem při sanaci zemin, sedimentu a kalu kontaminovaných výbušninami jsou bezpečnostní aspekty. Musí být eliminováno riziko jiskření a statické elektřiny. Nejiskřící náradí, vodivé a uzemněné či plastické hmoty jsou standardním vybavením lokalizovaného prostoru s výbušnými odpady.³⁰ Jestliže kontaminace překračuje limit 10% v některých místech kontaminovaného prostoru, pak musí být kontaminovaný materiál míšen a přeséván, aby se zředila kontaminace a vyprodukovala homogenní směs o podlimitním obsahu. Toto míchání není samo o sobě dekontaminací, ale bezpečnostní prevencí.³¹ Nevybuchlá munice v kontaminované zemině často brání mísicímu procesu a vyžaduje speciální pyrotechnickou operaci. Teprve až je míchání dokončeno, může být zahájen proces ošetření. K sanaci takto kontaminovaných lokalit mohou být použity zejména *biologické a termické postupy* (Landa, 2005).

Sanace biologickou degradací je nejúčinnější pro zředěné roztoky (směsi) výbušnin a propelantu. Průběžně jsou vyvíjeny a implementovány následující způsoby biologického ošetření zemin kontaminovaných výbušninami: ošetření v bioreaktoru, kompostování, zemědělská aerace a ošetření houbou bílé hniloby. Pro ošetření v bioreaktoru ve vodné fázi je možno použít dva typy reaktoru. Prvním je tzv. „lagunový suspensní reaktor“, který umožňuje ponechat kontaminanty v laguně, smíchat je s vodou a živinami a degradovat za anaerobních podmínek. Tato alternativa je však dosud ve stádiu vývoje. Druhým je nadpovrchový suspensní reaktor, který je konstruován jako mobilní zařízení. Bioreaktor ve vodné fázi umožňuje dobré řízení procesu, je schopen ošetřit širší spektrum kontaminantů a potenciálně může dosahovat velmi nízkých úrovní kontaminantů. Nedostatkem je, že na rozdíl od kompostovacích systémů, které vážou kontaminanty na humosní materiál, akumuluje produkty biotransformace. Navíc, byly zatím provozovány pro výbušniny pouze v laboratorním měřítku, takže náklady na provozní měřítko budou muset ještě zahrnout řadu bezpečnostních opatření, které zvýší celkové náklady.

³⁰ Například nejiskřící beryliové náradí je používáno namísto ocelového.

³¹ Zeminy obsahující méně než 10% výbušniny mohou sice příležitostně lokálně vybuchovat, ale obecně jsou resistantní proti dalšímu šíření výbuchu.

Dosud bylo prokázáno, že *kompostování* degraduje výbušniny TNT a RDX³² v půdách a sedimentech. Hlavní předností této metody je, že na rozdíl od spalování poskytuje obohacený produkt, který zachovává vegetaci. Poté, co bylo dosaženo požadované úrovně vyčištění, kompostovaný materiál může být vrácen na místo. Další předností je, že kompostování je účinné pro širokou škálu kontaminantů. Náklady na kompostování mohou však být ovlivňovány úrovní přirozené mikroflóry v kontaminované zemině a lokální přístupností přidávaných směsí. Navíc, kompostování vyžaduje dlouhodobé ošetření pro některé typy odpadů a kompostování nevhodných kontaminantů může potenciálně produkovat toxické vedlejší produkty. Kompostovací metody se dělí do tří kategorií: statické kompostování na hromadách, mechanicky agitované kompostování v nádobách (reaktorech) a řádkové kompostování. Při statickém kompostování na hromadách je kontaminovaný materiál vytěžen, umístěn na hromadě pod ochranným krytem a smíchán s přímo degradovatelnými zdroji uhlíku. Hromada je nuceně provzdušňována, aby byly udržovány aerobní a termofilní podmínky (55 až 60°C), které podporují růst mikroorganismů. Aby byla podpořena biodegradace, přidávají se objem zvyšující materiály jako kravský hnůj, rostlinné odpady, dřevěné štepky. Při kompostování v nádobách je kontaminovaný materiál provzdušňován a míchán se zdroji uhlíku v mechanickém kompostéru. Kompostování v řádcích je podobné kompostování na hromadách s tím rozdílem, že materiál je provzdušňován mechanickým zařízením - pojízdným kultivátorem (Landa, 2005).

Sanace termickými technologiemi mohou být používány k ošetření následujících typů materiálu: zeminy a trosky kontaminované výbušninami, výbušniny s dalšími organickými látkami nebo kovy, iniciační výbušniny, některé objemné výbušniny, nevybuchlé střelivo a objemné explosivní odpady. Navíc, spalování může být aplikováno v prostorech se smíšenými médii jako písek, hlína, voda a kaly s podmínkou, že média mohou být přiváděna do spalovacího zařízení a zahřívána po dostatečnou dobu.³³

Armáda primárně používá tři typy spalovacích zařízení: *rotační spalovací pece*, *deaktivací pece* a *zařízení pro zpracování kontaminovaného odpadu* (Hromádka et al. 2005).

³² Hexogen, přesným chemickým názvem 1,3,5-cyklotrimethyltrinitramin je velmi silnou, nebezpečnou a často používanou trhavinou, často též označovanou jako *Cyklonit*, *RDX* nebo *T₄*.

³³ Spalování materiálu obsahujících méně než 10% hmotnosti výbušnin je považováno za nevybušnou operaci. Zeminy s méně než 10% hmotnosti výbušnin jsou udávány jako nereaktivní, to znamená, že nerozšiřují výbuch do celé hmoty zeminy. Vojenské výbušniny, na něž je tento limit aplikován, jsou sekundární výbušniny jako TNT a RDX a jejich vedlejší produkty.

Rotační spalovací pece jsou primárně používány pro ošetření kontaminovaných zemin. V rotačních pecích je zemina přiváděna do primární spalovací komory, kde se rozloží organické složky. Teplota plynu v primární komoře se pohybuje v rozmezí od 430 do 650°C. Doba zdržení v primární komoře, která se mění změnou rychlosti otáčení, je přibližně 30 minut. Plyny z primární komory odcházejí do sekundární spalovací komory, která rozloží všechnu zbytkovou organiku. Plyny ze sekundární komory odcházejí do hasicího tanku, kde se ochladí přibližně na 200°C. Z hasicího tanku procházejí plyny odstředivými odlučovači a sérií filtrů, které odstraňují tuhé částice před vypuštěním z komína. Produkt ošetření v rotační peci je ošetřená zemina, která vypadává z primární spalovací komory poté, co byly zničeny kontaminanty. Tento produkt je dále veden do mokrého hašení nebo do vodní sprchy na zpětné zvlhčení a pak dopravován na prozatímní úložiště, kde se očekávají výsledky chemických analýz³⁴ (Landa, 2005).

Deaktivací pece (viz. kapitola 4.2.2 *Ničení volným spalováním*) jsou využívány téměř výlučně armádou pro deaktivaci velkých množství malé armádní munice, min a granátů. Deaktivací pec je podobná rotační spalovací peci s tou výjimkou, že je vybavena silnostěnnou primární spalovací komorou schopnou vydržet malé detonace. Deaktivací pec nemá sekundární spalovací komoru, protože není určena k tomu, aby kompletně zničila vypařené výbušniny, ale aby zneškodnila munici. Většina deaktivacích pecí je vybavena zařízením na ovládání vzdušných emisí, aby omezila emise olova. Operační teplota v deaktivacích pecích je přibližně 650 až 820°C.

Zařízení pro zpracování kontaminovaného odpadu zpracovává takové materiály jako jsou povrchově kontaminované trosky, které jsou lehčí a méně reaktivní než ty, zpracováváné v deaktivacích pecích. Toto zařízení je silnostěnná stacionární pec, která zahřívá kontaminovaný materiál na asi 600°C po dobu 3 až 4 hodin. Účelem tohoto procesu není zničit kontaminovaný materiál, ale dostatečně snížit úroveň kontaminace, aby vyhověla armádním bezpečnostním standardům (Landa, 2005).

³⁴ Vyhláška Ministerstva životního prostředí ČR č. 339/1997 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů.

4.5 LEGISLATIVA TÝKAJÍCÍ SE MUNICE

Odstraňování munice Armády České republiky a s tím související zavádění nových technologií odstraňování a delaborace munice se týká veškerá platná legislativa. Tato část shrnuje současnou legislativu v oblasti životního prostředí, která byla z větší části vypracována až po roce 1989 a v dalším průběhu byla harmonizována s obdobnými právními předpisy platnými v Evropské unii.

Významnou právní normou týkající se hodnocení vlivů připravovaných staveb, činností, technologií resp. výrobků je zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí. Účelem zákona je získat objektivní odborný podklad pro vydání rozhodnutí popřípadě opatření podle zvláštních právních předpisů. Mezi záměry vždy podléhající posouzení dle tohoto zákona patří i „Zařízení k výrobě výbušnin a regenerace nebo destrukce výbušných látek“, stejně jako změny těchto technologií nebo zvýšení jejich kapacity o více než 25%. Jakékoliv technologie recyklující nebo odstraňující výbušniny z munice Armády České republiky by tedy měly podléhat schvalování dle tohoto zákona.

Další důležitou právní normou dotýkající se této problematiky je zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší. Tento zákon rozděluje zdroje znečišťování ovzduší z hlediska svého vlivu na životní prostředí na malé, střední, velké a zvláště velké, dále na stacionární a mobilní a z hlediska technologického uspořádání na spalovací zdroje (pro výrobu tepla nebo energie), spalovny odpadů a ostatní zdroje. Technologické procesy delaborace a odstraňování munice spadají mezi ostatní stacionární zdroje.³⁵ U spalovny munice není zcela zřejmé, zda by měla spadat mezi ostatní zdroje nebo mezi spalovny nebezpečných odpadů. Spalovny odpadů dle své kapacity patří mezi velké nebo zvláště velké zdroje znečišťování a může je provozovat pouze osoba, která je držitelem platného osvědčení o autorizaci.

V oblasti odpadů byl po roce 1989 přijat celý komplex právních norem. V současnosti platný zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech ze své působnosti vyjímá dle §2 „odpady trhavin, výbušnin a munice“. Do jeho působnosti však spadají nevýbušné odpady produkované při odstraňování nebo delaboraci munice.

Významnou právní normou je rovněž vyhláška č. 381/2001 Sb., která stanovuje Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k

³⁵ Nařízení vlády ČR č. 353/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.

vývozu, dovozu a tranzitu odpadů. Mezi zákonem o odpadech, vylučující výbušniny a munici z kategorie odpadu, a touto vyhláškou je zřejmý rozpor, neboť vyhláška uvádí katalogové číslo 160401 pro odpadní munici, 160402 pro odpad ze zábavné pyrotechniky a 160403 pro jiné odpadní výbušniny.

Důležitou právní normou je také zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě týkající se veškerého nakládání s výbušninami, tj. jejich výroby, zhotovování, používání, skladování, předávání, přepravy, obchodování a odstraňování (s výjimkou výbušnin a munice, které pro své účely drží ozbrojené síly České republiky). Podle ustanovení zákona se musí objekty a prostory, ve kterých jsou umístěny výbušniny nebo v nichž se výbušniny vyrábějí, zpracovávají nebo používají, zajistit proti odcizení nebo zneužití výbušnin a vybavit a zabezpečit tak, aby případný výbuch výbušnin nemohl ohrozit bezpečnost osob a majetku. Potřebná opatření musí obsahovat již projektová dokumentace. Dle zákona mohou vyrábět a zpracovávat výbušniny pouze organizace, které k tomuto získaly souhlas Ministerstva průmyslu ČR. Výbušninu lze předat jen na základě povolení orgánu státní báňské správy. Povolení lze vydat jen organizaci, která současně při podání žádosti o vydání povolení prokáže, že má oprávnění k podnikání podle tohoto zákona nebo podle zvláštních předpisů a má osobu odborně způsobilou.³⁶

Požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při výrobě a způsobilosti výbušnin definuje vyhláška č. 327/1992 Sb., která rovněž předepisuje požadavky na odbornou způsobilost pracovníků zacházejících s výbušninami, požadavky na provozní dokumentaci a zásady bezpečného ničení výbuchem. Stejně tak jsou definovány vyhláškou č. 102/1994 Sb. požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu v objektech určených pro výrobu a zpracování výbušnin. Obsahuje technické a konstrukční požadavky na stavební řešení a vybavení objektů pro práci s výbušninami, jejich kategorizaci dle stupně nebezpečí, výpočet bezpečnostních vzdáleností od okolních objektů, protipožární opatření, řešení kanalizace a vytápění, větrání pracovišť, apod. Popsány jsou i základní zásady bezpečnosti práce s výbušninami a municí. Podobným způsobem jsou vyhláškou definovány požadavky na stavební řešení a vybavení skladů výbušnin, bezpečnostní zajištění skladů, jejich kategorizaci dle stupně nebezpečí, výpočet bezpečnostních vzdáleností od okolních objektů, apod.

³⁶ Vyhláška Českého báňského úřadu č. 174/1992 Sb., o pyrotechnických výrobcích a zacházení s nimi.
Vyhláška Českého báňského úřadu č. 199/2006 Sb., o používání výbušnin.
Vyhláška Českého báňského úřadu č. 200/2006 Sb., o skladování výbušnin.

5. ANALÝZA ODSTRAŇOVÁNÍ MUNICE

V současné době je celosvětová snaha maximalizovat delaboraci a recyklaci výbušnin a munice zejména z důvodu omezení negativních vlivů na životní prostředí. Tato kapitola pojednává o možnostech volby níže uvedených variant jako optimálních možnostech vedoucích k úspěšnému odstranění PTRS 9M14M.

5.1 MOŽNOSTI ODSTRAŇOVÁNÍ PTRS 9M14M

Na odstraňování protitankové řízené střely 9M14M jsou navrženy čtyři alternativní možné varianty řešení:

- *Varianta A* – mechanické rozdělování střely s následným vývozem delaborátů specializovanou firmou do Německa,
- *Varianta B* – odstraňování PTRS pomocí výbuchové komory,
- *Varianta C* – odstraňování PTRS ve speciální spalovně postavené v ČR,
- *Varianta D* – rozšíření stávající spalovny firmy SPOVO v Ostravě.

5.1.1 VARIANTA A – VÝVOZ DELABORÁTŮ DO NĚMECKA

Při této variantě dochází v první fázi k mechanickému rozdělování střely. To slouží pro prvotní odostření (vyšroubování zapalovačů, zápalkových šroubů a iniciátorů) a následné oddělení jednotlivých součástí munice. Dále následuje oddělení výbušných náplní, např. vysypání bezdýmného prachu z nábojnic, vytažení zažehovačů s černým prachem a separace jednotlivých typů konstrukčních materiálů.

Mechanické rozdělování je vysoce nebezpečná operace se zvýšeným rizikem havarijního výbuchu munice, prováděná v bunkrech nebo za pancéřovou stěnou.

Při všech pracích s municí a výbušninami je třeba odborných znalostí v zájmu bezpečnosti osob a majetku. Na nebezpečné úkony a na všechny práce s municí prováděné na strojích, k jejichž ovládaní je třeba speciálních znalostí, se přidělují zkušení pracovníci. Tito pracovníci musejí znát technologii, projít speciálním školením a složit zkoušku z potřebných znalostí. S municí a výbušninami smějí pracovat jen osoby starší 18 let s dobrým zdravotním stavem.

S municí a výbušninami se mohou provádět jen práce dovolené technologickými postupy, předpisy a směrnicemi. K zajištění co největší bezpečnosti a k zamezení úrazů a ohrožení zdraví všech osob pohybujících se v prostorech, kde se pracuje s municí a výbušninami, se musí používat všech ochranných prostředků předepsaných pro příslušnou práci (Gavendová, 2005).

Všechna pracoviště, kde se zachází s municí, musí být vybavena požární signalizací. Úprava pracovišť pro jednotlivé operace musí zaručovat nejvyšší dosažitelnou bezpečnost práce. Pracoviště nebezpečných operací musí být od sebe oddělena tak, aby nemohlo dojít k přenosu výbuchu nebo ohně a k ohrožení zdraví nebo života jednotlivých pracovníků.

Kovové materiály jsou jako běžný kovový odpad odváženy k přepracování do hutí, plastové a dřevěné obaly jsou spalovány ve spalovnách odpadu. Cílem mechanického rozdělování je získat pokud možno samotné výbušniny nebo minimalizovat množství konstrukčních materiálů obalujících výbušniny.

Při delaboraci PTRS 9M14M vznikají následující druhy odpadu - **tab. č. 1**.

Delaborace PTRS 9M14M - odpad		
tělo hlavice	trhavina A-IX-1	Stopovka
část těla střely	trhavina A-IX-2	Zapalovač
tělo raketového motoru	startová TPH	Zažehovač
raketový motor	letová TPH	zápalkový šroub

Tab. č. 1 – Přehled odpadů vzniklých při delaboraci PTRS 9M14M.

U některých z výše uvedených odpadů je zde uvedena stručná charakteristika a jejich možné využití.

A-IX-1 je potenciálně recyklovatelná trhavina se směsí z 94% hexogenu a z 6% vosku. Používá se v lisované podobě zejména v kumulativní náloži protitankové munice (dělostřeleckých granátů, protitankových řízených střel a leteckých raket). Trhavina je chemicky stabilní, ale poměrně citlivá k mechanickým podnětům. Delaborace se většinou provádí vylisováním kumulativní nálože z munice. Kumulativní nálože mohou být po mírné úpravě použity jako nálože pro sekundární rozpojování hornin nebo pro speciální trhací práce (Plíhal, 2001).

Homogenní tuhé pohonné hmoty se řadí mezi nerecyklovatelné výbušné odpady. Používají se jako hnací hmota protitankových raket a řízených střel, leteckých a protiletadlových raket. Homogenní tuhé pohonné hmoty jsou potenciálně nestabilní a vysoce citlivé k mechanickým podnětům. Jejich recyklace do průmyslových trhavin není vzhledem k obsahu těžkých kovů možná.

Stopovkové pyrotechnické slože slouží k signalizaci letu střel. Jsou citlivé na obsah vlhkosti, ale nepříliš citlivé k mechanickým podnětům. Patří mezi nerecyklovatelné výbušné odpady. Jejich delaborace z munice se obvykle provádí vyvrtáváním, jež je možné provádět za sucha. Stopovkové slože lze odstranit ve spalovně munice.

Zapalovače jsou muniční součástky sloužící k iniciaci výbuchu střely nebo rakety při dopadu na cíl. Jedná se o poměrně komplikované mechanismy o hmotnosti řádově několika stovek gramů. Delaborace zapalovačů je technologicky sice možná, provozně však zcela neefektivní, vyžadující separátní ničení delaborovaných nebezpečných iniciátorů (roznětky, rozbušky, zpoždovače) a proto se zapalovače doposud ničily výbuchem. Vzhledem k obsahu třaskavin a pyrotechnických složek s obsahem těžkých kovů je však nutno zajistit jejich ničení v zařízení opatřeném vyhovujícím čištěním spalin.

Zápalkové šrouby mají stejnou funkci jako zápalky. Slouží k odpálení náboje při nárazu úderníku, zážehový impuls je zde však oproti zápalce posílen. Zápalkové šrouby jsou ocelové součástky šroubované do nábojnic, obsahující zápalku a pyrotechnickou zažehovací slož. Jejich delaborace je z bezpečnostních a technologických důvodů nerealizovatelná. Stejně nerealizovatelná je také jejich recyklace. Vzhledem k obsahu zápalky s těžkými kovy a černého prachu, vytvářející toxické spaliny, nelze zápalkové šrouby nadále odstraňovat na volném prostranství a jejich odstraňování musí být provedeno v odpovídajícím zařízení (Kůč, 2001).

Protože vlastní delaborace je proces náročný na opatrnost pracovní obsluhy je zakázáno vyplácet úkolovou mzdu. Časová náročnost na rozebrání jednoho kusu protitankové řízené střely je zhruba 4 hodiny. Mzdové náklady jsou stanoveny na 600,-Kč za hodinu práce. Z toho vyplývá, že celkové mzdové náklady na delaboraci jednoho kusu střely jsou **2.400,- Kč** (Gavendová, 2005).

Po ruční delaboraci se jednotlivé odpady odstraňují prostřednictvím specializovaných firem. Např. VTÚVM Slavičín³⁷ po delaboraci trhavinu A-IX-1, startovou a letovou TPH a stopovku odváží na odstraňování do německého města Steinbach. V tomto východoněmeckém městě je provozována spalovna od roku 1994 s kapacitou 4.200 t výbušnin/rok. Výhodou této spalovny je zejména to, že kromě vysoké kapacity a nízkých cen odstraňování munice se nachází blízko hranic s ČR.

³⁷ Jedná se o Vojenský technický ústav výzbroje a munice ve Slavičíně na Zlínsku, v současné době patří pod Vojenský opravárenský podnik Šternberk (VOP).

Ceny za odstranění jednotlivých delaborátů jsou uvedeny v následující tabulce č. 2. Vždy je uvedena cena za 1 kg bez DPH, která je následně přepočtena dle množství, jež obsahuje jeden kus munice. Ostatní části munice se odstraňují v trhací jámě (zapalovače) nebo se odstraňují pyrotechnicky (zažehovače a zápalkové šrouby). Náklady na toto odstranění se pohybují u zažehovačů kolem 10,- Kč/kg a u zažehovačů zhruba kolem 24,- Kč/kg. Zbylé části munice se ukládají na skládku odpadu. Jsou to zejména tělo hlavice, část těla střely a tělo raketového motoru. Sazba základního poplatku za ukládání je 1.200,- Kč/t a sazba rizikového poplatku je 2.500,- Kč/t. Množství odpadu, který je odvážen na skládku je asi 7,20 kg z jedné PTRS. Z toho vyplývá, že náklady na skládkování jsou **27,- Kč/ks**.

Varianta A	Náklady [Kč/kg]	Množství v jednom kuse [kg]	Kč/ks
Trhavina A-IX-1	60,-	1,23	74,-
TPH	45,-	1,65	74,-
Stopovka	24,-	0,112	3,-
Zapalovač	10,-	0,20	2,-
Ostatní části	24,-	0,083	2,-
Celkem			155,-

Tab. č. 2 – Ceny za odstranění jednotlivých delaborátů PTRS 9M14M.

K nákladům je nutno přičíst také náklady vynaložené na přepravu. Delaboráty získané po mechanickém rozdělování se odvázejí k odstraňování do německého města Steinbach, vzdáleného od českých hranic asi 25 km. Celková vzdálenost přepravy ze Slavičína do Steinbachu je 350 km. Náklady na 1 km jsou stanoveny na 30,- Kč. Na jedno auto připadá náklad 60 ks a je nutno počítat i s cestou zpět. Náklady na přepravu pro jeden kus se vypočtou následovně:

$$(350 \times 30) \times 2 = 21.000,-$$

$$21.000 / 60 = 350,-$$

Náklady na přepravu do Německa jsou tedy **350,- Kč/ks**. Po sečtení všech dílčích nákladů (mzdových, přepravních, nákladů na uložení a nákladů na odstraňování jednotlivých delaborátů) se dojde k celkovým nákladům **2.932,- Kč/ks**. V následujících letech je naplánováno zlikvidovat zhruba 35.000 ks PTRS 9M14M. Proto jsou veškeré výpočty prováděny s tímto přepokládaným množstvím. Z toho vyplývá, že při tomto množství jsou náklady **102 620 000,- Kč**.

5.1.2 VARIANTA B – VÝBUCHOVÁ KOMORA

U této varianty probíhají všechny fáze odstraňování na území České republiky. Výzkumní pracovníci ve VTÚVM Slavičín zkonstruovali sběrné nádrže (viz. **příloha č. 1**), ke kterým je nainstalována výbuchová komora (viz. **příloha č. 2 a č. 5**). Objevila se tedy možnost odstraňování, kdy dochází k detonaci ve výbuchové komoře se zachytem a čistěním zplodin, což je trend, jehož aplikace se ve světě začíná v posledních letech stále více rozšiřovat. Výbuchová komora byla v roce 2002 opatřena čistícím systémem, tvořeným vzdušníkem pro zachycení přetlaku výbuchových zplodin (viz. **příloha č. 4**), které jsou následně postupně vypouštěny do čtyřstupňového čistícího systému. Kromě vzdušníku pro odloučení hrubých tuhých částic tvořeného rukávovým filtrem na jemný prach, je tvořen alkalickou pračkou na kyselé plyny, tuhé mikročástice a aerosoly a nakonec dvěma absorbéry s aktivním uhlím (viz. **příloha č. 3**) pro zachyt případných zbytků par rtuti a olova (Bednařík et al. 2009).

Tato výbuchová komora se využívá nejen k ničení výbušných odpadů detonací, ale rovněž pro zkoušení výbušnin a munice. Výbuchová komora se účelně používá pro ničení iniciátorů munice, zejména rozbušek, roznětek, zápalkových šroubů, zápalek a zapalovačů. Emise těžkých kovů, tuhých znečišťujících látek a kyselých plynů, vystupujících z čistícího systému jsou hluboko pod hodnotami limitních toků škodlivin a zařízení je zařazeno mezi malé zdroje znečišťování.

Postup při odpálení je následující: odpálí se zažehovač a zápalkový šroub, startovací a letová tuhá pohonná hmota a poté začne hořet stopovka. Tímto dojde k výbuchu. Plyny vznikající při odpálení jsou zachytávány v pračce plynů. Pračka odlučuje mechanické části plynu a zajišťuje jejich sorpci do aktivního uhlí. Jak již bylo uvedeno v části 5.1.1 *Varianta A – Vývoz delaborátů do Německa* je plánováno v následujících letech zlikvidovat na 35.000ks PTRS 9M14M. Proto jsou veškeré výpočty prováděny s tímto přepokládaným množstvím (Gavendová, 2005).

Mzdové náklady jsou opět stanoveny na 600,- Kč/hod na jednoho pracovníka. Ten za hodinu práce odstraní cca 40 kusů. Z toho vyplývá, že mzdové náklady na odstranění jednoho kusu PTRS jsou **15,- Kč**. U pořizovacích nákladů je nutno počítat nejen s výdaji na nákup pračky plynů, ale také s výdaji na pořízení výbuchové komory. Jednotlivé částky jsou uvedeny v následující **tabulce č. 3**, včetně údajů o pravděpodobném množství, jež se má pomocí této technologie odstraňovat.

Varianta B	Náklady [Kč]	Počet kusů	Kč/ks
Pračka	1.200.000	35.000	34,30
Výbuchová komora	60.000	35.000	2,00
Celkem			36,3

Tab. č. 3 – Pořizovací náklady na Variantu B v Kč/ks.

Odpad, který vznikne při odpálení je následně ukládán na skládku odpadu (viz. **příloha č. 7**). VTÚVM Slavičín provádí odpalování v Bzenci a vznikající odpad se odváží na skládku do Uherského Brodu. Poplatky za uložení jednotlivých delaborátů jsou následující: sazba základního poplatku za ukládání odpadu je 1.200,- Kč/t a sazba rizikového poplatku je 2.500,- Kč/t, obě částky platí pro rok 2010 a 2011. Hmotnost delaborátů, které jsou odváženy na skládku je cca 7,20kg z jednoho kusu PTRS. Náklady na ukládání těchto delaborátů jsou **27,- Kč/ks**.

K nákladům je opět nutno přičíst náklady vynaložené na přepravu. U vojsk se největší objem přepravované munice realizuje automobilovými přepravními prostředky a při silniční přepravě se munice považuje za nebezpečný náklad. Všechny dopravní prostředky musí být při převozu munice nebo výbušnin vybaveny základní požární výstrojí a musí být v bezvadném technickém stavu. Na vozidle, jenž přepravuje municí, nesmí být jiný náklad, zejména snadno zápalné látky a municí je nutno přepravovat jen v neporušených obalech. Vozidlo dopravující municí nebo výbušniny nesmí zůstat nikde bez dozoru a náklad musí doprovázet osoba, která je poučena o zacházení s přepravovanou municí (Gavendová, 2005).

Vzdálenost ze Slavičina do Bzence, kde probíhá odpalování, je 60 km. Náklady na 1 km jsou opět 30,- Kč a pro výpočet nákladu je nezbytné počítat také se zpáteční cestou. Opět je uvažováno s kapacitou 60 ks munice na jedno auto. Celkové náklady na přepravu se vypočtou následovně:

$$(60 \times 30) \times 2 = 3.600,-$$

$$3.600 / 60 = 60,-$$

Náklady na přepravu do Bzence jsou tedy **60,- Kč/ks**. Po sečtení všech dílčích nákladů (mzdových, přepravních, nákladů na uložení a nákladů na odstraňování jednotlivých delaborátů) se dojde k celkovým nákladům **138,3 Kč/ks**. Při plánovaném množství 35.000 kusů strel určených k odstraňování jsou celkové náklady **4 840 500 Kč**.

5.1.3 VARIANTA C – VÝSTAVBA SPECIÁLNÍ SPALOVNY

Výstavba nové spalovny speciální munice by vyřešila zejména problém odstraňování nerecyklovatelných výbušných odpadů. Pro výstavbu jsou doporučeny rotační pece vycházející z amerického modelu APE 1236³⁸, které jsou ve světě zavedeny v několika desítkách typů. Tyto pece jsou bezpečně provozovány již několik desítek let a mají vysokou produktivitu ničení. Zajištěna by byla rovněž dostatečná konkurence při výběrovém řízení, neboť tento model je ochotno do České republiky dodat několik německých a amerických firem. Případnou dodávku by bylo možné volit i v různém rozsahu. V úvahu připadá jen nákup projektové dokumentace a provozního know-how, anebo dodávka spalovací části či dodávka kompletního zařízení na klíč. Tato skutečnost by na jedné straně mohla celou investici zlevnit, na druhou stranu se zde ale objevuje daleko vyšší riziko závad vzniklých nevhodným navázáním nezávislých technologických celků jednotlivých dodavatelů.

Jako nejvhodnější prostor pro umístění spalovny munice byl navržen areál technického prostoru VÚ 1337 Bohuslavice nad Vlárí.³⁹ Hlavním důvodem jsou rozsáhlé skladovací prostory a výborná dopravní obslužnost umožňující navedení munice a její uskladnění. Výstavbu je zde možno realizovat jako modernizaci staré muniční retorty a po několika letech ničení munice na tomto teritoriu je okolí vysoce kontaminováno těžkými kovy a zbytky výbušnin a v rámci provozu této spalovny by mohla probíhat dekontaminace půd. V regionu je též dostupná kvalifikovaná pracovní síla a vzhledem k více než 50-ti leté historii ničení výbušnin a munice lze v této lokalitě očekávat nižší odpor veřejnosti proti výstavbě nové spalovny.

„Bylo provedeno orientační poptávkové řízení u zahraničních dodavatelů spaloven munice a na těchto základech bylo následně odhadnuto, že celkové náklady na výstavbu vyhovujícího typu spalovny munice se pohybují v rozmezí 250 až 300 miliónů Kč. Provozní náklady při dodržení maximální kapacity spalovny by se měly pohybovat mezi 20 až 30 milióny Kč/rok.“ (Gavendová, 2005)

Velmi problematické je v případě této varianty velké časové zdržení vzniklé nutností získat všechna potřebná povolení. Tato doba může dosáhnout až 1,5 roku a další rok může trvat vlastní výstavba spalovny a její zkušební provoz. Z časového hlediska tedy není možné s touto variantou počítat, přesto je do analýzy zahrnuta.

³⁸ Celosvětově nejrozšířenější typ spaloven munice vychází z původní americké spalovny APE 1236, což je rotační pec ze speciální ocelolitiny, o vnitřním průměru 910 mm, tloušťce stěny 63-70 mm a délce 6 m. Postupem doby byla základní verze APE 1236 mírně modifikována (zvýšen průměr, prodloužena délka, zesílena stěna) a opatřována čistícím systémem spalín.

³⁹ Vojenský útvar 1337 přešel v r. 1993 do podřízenosti Ústřední muniční základně v Týništi nad Orlicí jako 4. muniční sklad.

5.1.4 VARIANTA D – ROZŠÍŘENÍ STÁVAJÍCÍ SPALOVNY

Poslední možnou variantou, kterou by bylo možno realizovat je rozšíření provozu některé ze stávajících spaloven nebezpečného odpadu. Případná spalovna by musela mít vyhovující systém čištění spalin a dostatečnou kapacitu tohoto čistícího systému k rozšíření svého provozu. Rozšíření by bylo provedeno napojením vývodu spalin z nové rotační pece, parametrů vycházející z muniční pece APE 1236, na vstup čistícího systému stávající spalovny. Pro vyhovění požadavkům legislativy o výbušninách, bezpečnosti práce a zabránění případných krádeží materiálů musí být spalovna munice oddělena od ostatního provozu oplocením, nepřetržitě střežena a mít i samostatný mezisklad materiálu k ničení.

V porovnání s výstavbou kompletní nové spalovny munice má toto řešení několik podstatných výhod. Při srovnání s výstavbou spalovny jsou při této variantě podstatně nižší investiční náklady, protože nejdražší částí moderních spaloven munice je několikastupňový čistící systém. Také schvalovací procedury pro uvedení pece do provozu z hlediska vlivů na životní prostředí a integrovaného povolení znečišťování by v tomto případě měly být podstatně jednodušší a rychlejší. Další výhodou je to, že provozovatelé spaloven nebezpečného odpadu mají dostatečné know-how i k provozu muniční spalovny z hlediska provozních podmínek čistícího zařízení, optimalizace napojení výstupu z pece na čistící systém i legislativních požadavků provozu spalovny. Provoz spalovny munice by tedy měl být zařízen mnohem menším počtem technických problémů než je provoz kompletní nové spalovny s nezkušeným personálem (Gavendová, 2005)

Rozšíření spalovny munice má však i několik omezujících faktorů. Jedním z nejdůležitějších je to, že spalovny nebezpečného odpadu se obvykle nenacházejí v tak odlehklých lokalitách s dostatečnými ochrannými vzdálenostmi jako jsou muniční provozny. Při práci s výbušninami a municí a jejich skladování je nezbytné dodržení minimálních bezpečnostních vzdáleností od okolních ohrožených objektů, které jsou závislé na množství výbušniny, jejím typu a typu ohroženého objektu. Provoz muniční pece by také vyžadoval zvláštní režim. Areál pece a meziskladu by musel být oplocen a elektronicky střežen. Dalším omezujícím faktorem je i skutečnost, že spalovna munice může vyvolat nedůvěru veřejnosti a majitelů okolních nemovitostí z hlediska potenciálního ohrožení havarijním výbuchem.

VTÚVM Slavičín v roce 2000 provedl rozbor existujících spaloven nebezpečného odpadu. Na základě vyhodnocení spalovací kapacity, čistící technologie a lokalizace byla jako jediná využitelná spalovna vybrána spalovna firmy SPOVO v Ostravě. Jde o nejmodernější spalovnu nebezpečných odpadů na území České republiky, jež byla uvedena do provozu v roce 2001 s náklady 1,2 miliardy Kč. Uvedená spalovna má nejvyšší kapacitu v ČR, konkrétně 10 000 tun nebezpečného odpadu ročně a má povoleno odstraňovat i vysoce nebezpečný odpad s chlorovanými látkami a polychlorovanými bifenyly. Spalovna má kromě rotační pece a sekundární dospalovací komory s teplotou 1200°C šestistupňový čistící systém, obsahující elektrostatický filtr (odloučení tuhých částic), mokré praní vodou (odloučení kyselých plynů), alkalické praní vápenným mlékem (odloučení oxidu siřičitého) a filtr s aktivním koksem (pro dioxiny a těžké kovy). Tato spalovna je rovněž vybavena vlastní čistírnou odpadních vod (Gavendová, 2005).

Areál ostravské spalovny poskytuje relativně vyhovující prostor k výstavbě spalovací pece i meziskladu munice. Rozšířením provozu stávající spalovny nebezpečného odpadu v Ostravě o pec spalující municí může být této varianty dosaženo mnohem rychleji a za menších finančních nákladů než by tomu bylo při výstavbě zcela nové spalovny munice. V případě adaptace stávající spalovny nebezpečných odpadů by se pořizovací náklady pohybovaly kolem 100 milionů Kč a provozní náklady mezi 20 až 30 milióny Kč/rok (Gavendová, 2005).

5.2 STANOVENÍ KRITÉRIÍ PRO HODNOCENÍ VARIANT

Na hodnocení všech výše popsaných variant je užito několika kritérií. Kritéria jsou rozdělena do čtyř skupin. Skupiny jsou dány svým obsahovým zaměřením a každá z nich má podstatný vliv na možnost výběru optimální varianty.

První skupinou, dle níž je posouzení provedeno, jsou *kritéria ekonomická*. V této skupině jsou především tyto faktory: pořizovací náklady, provozní náklady a ostatní náklady. Pořizovací náklady jsou dle jednotlivých variant složeny z částky na pořízení stavby a technologie, z nákladů na pořízení výbuchové komory a pračky plynů. Do provozních nákladů jsou započítány náklady na služby související s vývozem jednotlivých delaborátů a náklady na mzdy. Do kategorie ostatních nákladů jsou zařazeny náklady na skládkování a přepravní náklady.

Dále jsou jednotlivé varianty podrobeny posouzení dle *kritérií ekologických*. V úvahu je brán ohled na bezpečnost dané varianty na okolí, na bezpečnost pro zaměstnance a na zábor půdního fondu. U této skupiny kritérií nelze provést číselné ocenění, proto zde nejsou přiřazeny odpovídající hodnoty, ale slovní hodnocení.

Třetí skupinou kritérií, která je brána v úvahu při posuzování vhodnosti navržených variant jsou *kritéria technologická*. Prvním z nich je nárok na opravu zařízení. Dalším kritériem jsou poté nároky na obsluhu.

Poslední skupina zahrnuje *ostatní kritéria*. Jedním z nich je vliv na atraktivitu regionu či dále časový horizont realizace (Gavendová, 2005).

5.3 POROVNÁNÍ VARIANT PODLE STANOVENÝCH KRITÉRIÍ

Navrženy byly výše uvedené varianty (viz kap. 5.1.1 - 5.1.4). V této části bude provedeno posouzení těchto variant dle vymezených kritérií.

Porovnání variant podle ekonomických kritérií:

Varianta	Ekonomická kritéria		
	Pořizovací náklady [tis. Kč]	Provozní náklady [tis. Kč]	Ostatní náklady [tis. Kč]
A	0	89.425	13.195
B	1.260	525	3.055
C	275.000	25.000	0
D	100.000	25.000	0

Tab. č. 4 – Porovnání jednotlivých variant - ekonomická kritéria.

Při posuzování variant pomocí ekonomických kritérií byla jako optimální řešení stanovena **varianta B** - odstraňování PTRS pomocí výbuchové komory. Jako druhá je podle těchto omezení přípustná varianta A - vývoz delaborátů do Německa. Třetí v pořadí následuje varianta D - rozšíření stávající spalovny. Poslední je varianta C - výstavba nové spalovny.

Porovnání variant podle ekologických kritérií:

Varianta	Ekologická kritéria		
	Bezpečnost pro okolí	Bezpečnost pro zaměstnance	Zábor půdy
A	vysoká	dostatečná	nevýznamný
B	vysoká	dostatečná	méně významný
C	dostatečná	vysoká	značný
D	dostatečná	vysoká	značný

Tab. č. 5 – Porovnání jednotlivých variant - *ekologická kritéria*.

Na základě výsledků dosažených posouzením podle ekologických kritérií se optimálním řešením stala **varianta A** - delaborace munice a následné odstraňování mimo území České republiky, druhou v pořadí je varianta B. Zbývající dvě varianty se mohou dle hodnoty svého užitku zařadit na stejnou úroveň.

Porovnání variant podle technologických kritérií:

Varianta	Technologická kritéria	
	Nároky na opravu	Nároky na obsluhu
A	nevýznamné	značné
B	méně významné	méně významné
C	nevýznamné	značné
D	značné	značné

Tab. č. 6 – Porovnání jednotlivých variant - *technologická kritéria*.

U technologických kritérií bylo u nároků na opravu a obsluhu použito slovní hodnocení. Při posuzování variant pomocí technologických kritérií byla jako optimální řešení stanovena **varianta B** - odstraňování PTRS pomocí výbuchové komory. Ostatní varianty dosáhly shodných hodnot a z hlediska dosažených výsledků jsou vyloučeny.

Porovnání variant podle *ostatních kritérií*:

Varianta	Ostatní kritéria	
	Vliv na atraktivitu	Časový horizont provozu
A	pozitivní	flexibilní
B	pozitivní	méně flexibilní
C	negativní	nepřízpůsobivý
D	negativní	méně flexibilní

Tab. č. 7 – Porovnání jednotlivých variant - *ostatní kritéria*.

Vliv na atraktivitu je stanoven jako negativní nebo pozitivní. U kritéria časový horizont provozu bylo použito slovní hodnocení s následujícími ekvivalenty: flexibilní, méně flexibilní a nepřizpůsobivý. U variant C a D je pod tímto slovním ohodnocením zahrnut čas nutný na výstavbu nové speciální spalovny popř. na rozšíření stávající spalovny. Tato dvě kritéria jsou maximalizační.

V poslední skupině s označením ostatní kritéria byla jako optimální řešení stanovena **varianta A**, konkrétně delaborace protitankové řízené střely 9M14M ve Slavičíně a následný vývoz některých delaborátů k odstraňování do Německa. Varianta B dosáhla rovněž příznivých hodnot. Varianta D není alternativou, která by byla zcela vyloučena, ale jedná se o časově náročnější řešení než v případě vývozu delaborátů do zahraniční spalovny nebo využití výbuchové komory. Zcela nevhodná se v tomto případě ukázala varianta C - výstavba nové spalovny. To je dáno právě velkou časovou náročností na výstavbu a uvedení nové spalovny do provozu.

Porovnání variant podle všech kritérií:

Níže uvedené vyhodnocení a stanovení optimální varianty vychází z údajů, které byly uvedeny u příslušných kritérií.

Na základě posouzení daných variant řešení odstraňování PTRS 9M14M dle všech vybraných kritérií byla jako optimální stanovena **varianta B**, tj. odstraňování pomocí výbuchové komory. Tato varianta se ukázala být nejvhodnější z hlediska ekonomického a rovněž z hlediska technologického. U této možnosti jsou počáteční náklady vyšší než u varianty A, ale v porovnání s dalšími dvěmi variantami jsou podstatně nižší. V oblasti ekologické je tato varianta hodnocena jako druhá nejlepší, hned za variantou A, tj. vývozem delaborátů do Spolkové republiky Německo.

Varianta	Ekonomická kritéria			Ekologická kritéria			Technologická kritéria		Ostatní kritéria	
	Pořizovací náklady	Provozní náklady	Ostatní náklady	Bezpečnost pro okolí	Bezpečnost pro zaměstnance	Zábor půdy	Nároky na opravu	Nároky na obsluhu	Vliv na atraktivitu	Časový horizont provozu
A	0	89.425	13.195	vysoká	dostatečná	nevýznamný	nevýznamné	značné	pozitivní	flexibilní
B	1.260	525	3.055	vysoká	dostatečná	méně významný	méně významné	méně významné	pozitivní	méně flexibilní
C	275.000	25.000	0	dostatečná	vysoká	značný	nevýznamné	značné	negativní	neflexibilní
D	100.000	25.000	0	dostatečná	vysoká	značný	značné	značné	negativní	méně flexibilní

Tab. č. 8 – Hodnoty variant pro jednotlivá kritéria.

6. VOJENSKÉ PROSTORY V ČESKÉ REPUBLICĚ

„Vojenský újezd⁴⁰ je vymezená část území státu určená k zajišťování obrany státu a k výcviku ozbrojených sil. Újezd tvoří územní správní jednotku. Státní správu na území újezdu vykonává újezdní úřad v rozsahu úkolů, které stanoví zákon.“⁴¹ V čele újezdního úřadu stojí přednosta, který je podřízen řediteli sekce rozvoje druhů sil - operační sekce Ministerstva obrany (Mlejnský, 2008).

První dodnes užívané vojenské prostory (uzavřené oblasti o velikosti i stovek kilometrů čtverečných) vznikaly již za první republiky. Po obsazení republiky nacisty byly rozšířeny a využívány Wehrmachtem, nově byl zřízen prostor SS-Truppenübungsplatz Böhmen v oblasti zhruba mezi Sedlčany, Vltavou a Sázavou (po druhé světové válce zrušen).

Po skončení druhé světové války došlo ke krátkodobému uvolnění zájmu armády o výcvikové oblasti. Nastupující komunistický režim ale pro podporu tréninku vojáků neváhal vytvořit vyhrazená území zahrnující katastry bezmála dvou set obcí. Budovy většinou posloužily za cíle při střelbách. Stávající vojenské prostory byly rozšířeny, nové, většinou v Sudetech, založeny.

Po okupaci Československa v roce 1968 byly sovětské armádě postoupeny vojenské újezdy Libavá, Milovice a Ralsko.

Dále bylo například podél hranic s Rakouskem a Spolkovou republikou Německo zřízeno tzv. hraniční pásmo, střežené armádou, avšak nejednalo se o vojenský výcvikový prostor (Těšitel, 1996).

Na území ČR je v současnosti 5 vojenských újezdů (viz. **tab.č.1 a obr. č. 17**).

Vojenský újezd	Okres	Kraj	Sídlo újezdu	Rozloha [km ²]
<i>Boletice</i>	Český Krumlov	Jihočeský	Boletice	219,49
<i>Brdy</i>	Příbram	Středočeský	Jince	260,09
<i>Březina</i>	Vyškov	Jihomoravský	Vyškov	158,21
<i>Hradiště</i>	Karlovy Vary	Karlovarský	Karlovy Vary	331,61
<i>Libavá</i>	Olomouc	Olomoucký	Libavá	327,24

Tab. č. 9 – Přehled vojenských újezdů v České republice.

⁴⁰ Vojenské prostory skýtají stále nebezpečí, důkazem je i případ z října roku 2009, který se stal ve Vojenském újezdu Brdy, kde byla nalezena letecká trhavá puma FAB 250 M 46 (hmotnost 249 kg, délka 1500 mm, průměr těla 325 mm a hmotnost trhaviny 103 kg). Tato puma byla určena k ničení letišť, mostů, cest, železničních stanic, transportů apod., a to tlakovou vlnou a střepinami. Při dopadu na zem vytváří nálevku o hloubce tří metrů a průměru osm metrů.

⁴¹ Zákon č. 222/1999 Sb., o zajišťování obrany České republiky.



Obr. č. 17 – Mapa České republiky s vyobrazením současných vojenských újezdů (AČR, on-line).

Specifickým případem starých zátěží jsou ekologické následky pobytu tzv. Střední skupiny vojsk Sovětské armády na našem území. Pro srovnání s celkovými výdaji - z centrálních zdrojů, tzn. Ministerstev financí a životního prostředí, Státního fondu životního prostředí, Fondu národního majetku na ochranu životního prostředí v ČR šlo v r. 2009 celkem 9,4 mld. Kč, z toho na sanace lokalit po sovětské armádě to činilo 74,4 mil. Kč. Na sanace po sovětské armádě bylo vynaloženo ze státních prostředků od r. 1990 do r. 2009 již více než dvě mld. Kč. V roce 2008 činily tyto výdaje 81 mil. Kč. Přitom se postupuje tím způsobem, že se snižuje ekologické riziko jen na únosnou mez. Pokud by se měly postižené prostory vyčistit do původního stavu, znamenalo by to nutnost vynaložit několikanásobně víc prostředků.

Ekologické zátěže, zejména po pobytu sovětských vojsk, působí negativně na rozvojové a investiční aktivity v postižených lokalitách. Jsou jedním z podstatných důvodů, proč nebyla dosud využita bývalá vojenská letiště po sovětské armádě v Hradčanech u Mimoně a v Milovicích – Božím Daru. V okolí těchto letišť se však daří postupně revitalizovat obytnou výstavbu a rovněž jsou často revitalizovány objekty v intravilánech měst a obcí, kde mají pozemky vyšší realitní ceny než v odloučených lokalitách bývalých vojenských újezdů. Stát se již z větší části postaral prostřednictvím pyrotechniků z řad Armády ČR a pyrotechniků Policie ČR o pyrotechnickou očistu mnoha tisíců hektarů pozemků (Těšitel, 1996).

Například v oblasti Ralska zbývá provést tzv. částečnou pyrotechnickou asanaci ⁴² ještě na několika stovkách hektarech půdy, kterou bude provádět nově již civilní složka Ministerstva obrany – s.p. Vojenské lesy. Výskyty munice v půdě komplikují provádění sanačních opatření, neboť se částečné pyrotechnické práce běžně provádí jen do mělkých horizontů půdy. Firmy provádějící průzkumné a sanační vrty si musí z bezpečnostních důvodů objednávat tzv. stavebně - pyrotechnický dohled ⁴³ (Pokorný, Pokorný 2009).

V ČR působila sovětská vojska na 73 různě velkých lokalitách, z toho na 60 z nich zůstaly po jejím odchodu významné ekologické následky s projevy především v podzemních vodách, ale i v horninách a stavebních konstrukcích a navíc v podobě neřízených divokých skládek. Zátěže mají především charakter látek typu pohonných hmot, chlorovaných uhlovodíků, polychlorovaných bifenylů a těžkých kovů.

Nejmasivnější kontaminace jsou situovány v oblasti bývalých vojenských újezdů Ralsko u Mimoně a Milovice - Mladá (viz **obr. č. 18**). Během pobytu všech vojsk na území dnešní ČR byla kontrola zacházení se jmenovanými látkami na nízké úrovni a docházelo k obrovským únikům polutantů do podzemí podél produktovodů, ve skladištích a stáčištích pohonných hmot, autoparcích a v okolí čistíren oděvů (využitá rozpouštědla byla rozlévána do jejich okolí přímo na volný terén). Očista bývalých vojenských objektů byla zahájena již ke konci pobytu sovětské armády a potrvá v nejtěžších případech nejméně až do roku 2012 ⁴⁴ (Šebelka, 2010).



Obr. č. 18 – Sklad atomových střel u letiště Boží dar v bývalém VVP Milovice (*originál, 2009*).

⁴² Vyhledávání munice a výbušnin na střelnicích a v prostorech činnosti působení různých oborů lidské činnosti. Patří sem odstraňování munice a její přemísťování z místa nálezu na jiné místo, zpravidla na dočasné skládky nebo na místo ničení.

⁴³ Totéž se týká i výkopových stavebních prací. To zdražuje potřebné rozvojové investice, neboť investor je povinen si stavební pyrotechnický dohled hradit sám.

⁴⁴ Nezanedbatelný vliv na investiční záměry v bývalých vojenských újezdech mají ekologická hnutí. Např. výrobce aut ŠKODA AUTO a.s. po jejich protestech rozhodl odstoupit od svého investičního záměru, když hodlal vybudovat zkušební automobilový polygon v oblasti Mladá v ceně cca 3 mld. Kč.

6.1 VOJENSKÝ ÚJEZD BOLETICE

Vojenský újezd Boletice byl založen a vznikl původně jako vojenský výcvikový prostor Boletice dne 19.5. 1947, jako nástupce vojenského tábora Boletice. Hranice byly vytyčeny na základě rozhodnutí vlády ČSR ze dne 20.8. 1947. Jako vojenský újezd byl ustanoven na základě zákona č. 169/1949 Sb., o vojenských újezdech. Současné hranice jsou vytyčeny na základě zákona č. 222/1999 Sb., o zajišťování obrany České republiky. Vojenský újezd Boletice je vševojskovým újezdem, který umožňuje provádět výcvik jednotek pozemních sil ve střelecké a taktické přípravě, výcvik v řízení vozidel a výcvik jednotek mírových sil. Jako jediný na území ČR umožňuje provádět výcvik v překonávání vodní překážky.⁴⁵

6.2 VOJENSKÝ ÚJEZD BRDY

Projekt brdské střelnice byl schválen ministerskou radou 19. února 1926 a následně byla založena v roce 1927 Dělostřelecká střelnice v Brdech. V roce 1940 v době Německého protektorátu došlo k rozšíření vojenské střelnice o území obcí Přední Záběhlá, Padrt', Kolvín, Skořice, Příkosice, Hořice, Štítov a Myt'. Po ukončení druhé světové války se střelnice v Brdech začala opět využívat jako před válkou.

Na základě dekretu prezidenta Beneše byl konfiskován velkostatek Hořovice, jehož lesy se staly součástí střelnice Brdy. V roce 1950 byl zřízen usnesením vlády na území střelnice Brdy Vojenský újezd Brdy. V roce 1952 byl vojenský újezd rozšířen o území obcí Velcí, Hrachoviště, Přední a Zadní Záběhlá, Padrt' a Kolvín.

Asi 90 % území tvoří les, zbylou část využívá armáda především jako cvičiště se specializovanou dělostřeleckou a leteckou střelnicí.⁴⁶

6.3 VOJENSKÝ ÚJEZD BŘEZINA

Vojenský újezd Březina je vojenský újezd na severu okresu Vyškov v lesnatém území Dražanské vrchoviny. Území újezdu bylo vymezeno 27. srpna 1953 na základě zákona č.169/1949 Sb. o vojenských újezdech. Narozdíl od případů jiných vojenských újezdů nebyla při jeho zřízení vysídlena žádná obec. Újezdní úřad vojenského újezdu sídlí ve Vyškově a vykonává mimo jiné také funkci stavebního dozoru a matriky.⁴⁷

⁴⁵ Server Armády České republiky, [on-line], [cit. 2010-12-10].

⁴⁶ Server Armády České republiky, [on-line], [cit. 2010-12-10].

⁴⁷ Server Armády České republiky, [on-line], [cit. 2010-12-10].

6.4 VOJENSKÝ ÚJEZD HRADIŠTĚ

Vojenský újezd Hradiště je vojenský újezd se 617 obyvateli. Nachází se mezi městy Karlovy Vary a Bochoř v Doupovských horách v severozápadních Čechách. Má plochu 331,61 km², je tedy největším vojenským újezdem v České republice. Nadmořská výška území se pohybuje kolem 500 až 700 m. Nejnižší místo představuje silnice na pravém břehu řeky Ohře mezi Velichovem a Vojkovicemi při západní hranici vojenského újezdu, nejvyšším bodem újezdu (a celých Doupovských hor) je pak vrch Hradiště (934 m) v jeho centrální části.⁴⁸

6.5 VOJENSKÝ ÚJEZD LIBAVÁ

Vojenský újezd Libavá leží v Olomouckém kraji, na severovýchodě okresu Olomouc, v oblasti Oderských vrchů. Sídlem újezdního úřadu je Město Libavá.

Téměř celý vojenský újezd leží na Moravě, ale velice malou částí moderního katastrálního území Rudoltovice zasahuje i do Slezska.

Vojenský újezd vznikl dne 1. října 1946 na základě rozhodnutí Gottwaldovy vlády ze dne 17. září 1946 o zřízení „vojenského výcvikového prostoru Libavá“. Jeho součástí se stala celá katastrální území 24 obcí (16 ze správního okresu Moravský Beroun; 1 ze správního okresu Šternberk; 4 ze správního okresu Hranice; 3 ze správního okresu Olomouc).

Ve všech zdejších obcích do té doby žili téměř výhradně Němci, kteří byli v roce 1946 nuceně vysídleni, poté následovalo také vysídlení českých přistěhovalců, kteří sem postupně přicházeli od r. 1945.

Po okupaci sovětskou armádou v roce 1968 byl vojenský prostor Libavá společně s vojenskými prostory Milovice a Ralsko postoupen sovětské Střední skupině vojsk. Zatímco milovický a ralský prostor byly při odchodu sovětských vojsk v červnu 1991 zrušeny, libavský převzala opět československá, později Armáda České republiky.⁴⁹

⁴⁸ Server Armády České republiky, [on-line], [cit. 2010-12-10].

⁴⁹ Server Armády České republiky, [on-line], [cit. 2010-12-10].

6.6 BÝVALÝ VOJENSKÝ VÝCVIKOVÝ PROSTOR RALSKO

Bývalý vojenský výcvikový prostor Ralsko se nalézá v Libereckém kraji a malou částí též ve Středočeském kraji, přibližně mezi městy Doksy, Zákupy, Mimoň, Stráž pod Ralskem, Mnichovo Hradiště a Bělá pod Bezdězem. Přibližně se shoduje s geomorfologickým celkem Ralská pahorkatina (Šebelka, 2010).

Využívala jej československá armáda a v letech 1968 až 1991 též sovětská vojska. V prostoru jsou zajímavé pozůstatky původního osídlení, vojenské objekty i přírodní poměry. K nejhorší devastaci přírody docházelo v prostoru letiště Hradčany, kde se nacházely jedny z největších skladů pohonných hmot a mazadel na našem území. V nevyhovujících nádržích bylo skladováno přes 37 000 m³ leteckého petroleje, nafty a benzínu, oleje, nemrznoucí směsi a různých chlorovaných látek. Následkem byla silná kontaminace půdy (přes 485 000 m³ ropnými uhlovodíky) a podzemních vod (82 250 m³ ropou a těžkými kovy). Nyní probíhá asanace území, která v první fázi spočívala v čerpání a čištění spodní vody. Již několik let probíhá v České republice nejrozsáhlejší asanace celé lokality metodou bioremediace.⁵⁰

Dalším závažně poškozeným územím bylo šest rozsáhlých střelnic, kde se dodnes nachází množství munice téměř všech druhů a kmeny okolních stromů jsou plné železných střepin.⁵¹

Ralsko je snad nejčastěji jmenovaný prostor v souvislosti s odchodem sovětských sil z našeho území. Charakterizovala ho vysoká koncentrace dislokovaných vojsk a přilehlé území bylo intenzivně využíváno k výcviku nejen ruských, ale i ozbrojených sil ČR a během mezinárodních cvičení i ostatních armád tehdejší Varšavské smlouvy. S „pyrotechnickým úklidem“ si tenkrát nikdo hlavu příliš nelámal. V nabitém výcvikovém roce na něj ostatně nebyl ani čas, a tak armáda ČR od armády sovětské logicky přebírala prostory z tohoto pohledu ve značně neutěšeném stavu (Šebelka, 2010).

Za další část „znečištění“ může i armáda ČR⁵², která prostor využívala zejména po válce, ale v jisté míře i za ruské přítomnosti. Na zdejších střelnicích např. probíhaly zkoušky tarasnic T-21 a v dopadových prostorech se tedy během čištění našlo i několik unikátních variant jejich zkušební munice.

⁵⁰ Bioremediace spočívá v přeměně toxických látek prostřednictvím biologického procesu na látky méně toxické.

⁵¹ Znečištění vznikalo též při ustupování a následném odchodu většího množství vojáků, kteří odhazovali část své výzbroje a výstroje zejména podél hlavních cest podobně jako u jiných ústupových tras.

⁵² Nejen ruská, ale také česká armáda, zanechala v Ralsku svou nevybuchlou municí v předpokládaném množství 80 až 100 tisíc kusů munice velké ráže. Je pravdou, že 70 až 80% munice je municí cvičnou, kterou mnohdy nemůže přesně identifikovat ani odborník. Proto bylo rozhodnuto, že s nalezenou nevybuchlou municí se musí zacházet tak, jako by byla ostrá.

Celkový rozsah bývalého vojenského výcvikového prostoru Ralsko čítal 250 km², přičemž jako „bojiště“ bylo intenzivně využíváno zhruba 110 až 120 km², zejména území čtyř zdejších velkých střelnic - tří tankových a jedné letecké. Do jejich dopadových ploch tak logicky přísluší nejvyšší hustota nálezů převážně vystřelené munice, ač v prvním období po odchodu vojsk docházelo i k objevům zavezených muničních skladů. V nich se našlo na jednom místě i 1000 min nebo větší množství leteckých bomb jen několik centimetrů pod zemí (OSČS, on-line).

S čištěním Ralska se započalo již před odchodem ruských vojsk, kdy proběhla první vlna povrchového sběru munice sovětskými vojáky za asistence policejního pyrotechnika. Druhou vlnu sběru, trvající tři měsíce, prováděli vojáci AČR základní služby⁵³ po odchodu sovětské armády a třetí, podobné kolo se uskutečnilo na podzim roku 2004 k dohledání munice vynesené na povrch přirozenou erozí. Komplexní systém sanace⁵⁴ území profesionálními armádními pyrotechniky pak probíhá nepřetržitě od roku 1993 s úkolem prozkoumat celé území.

Pyrotechnické asanace byly prováděny s maximální možnou přesností v terénu podle jednotného trigonometrického katastrálního systému pozemkových map ve čtvercové síti 50x50m. Terénní pyrotechnické průzkumy byly prováděny metodou povrchový sběr, hloubka do 10cm, do 30cm a do 50 cm (Pokorný, Pokorný, 2009).

Ač je Ralsko již v civilní správě, pro armádu je cenné jako velmi unikátní cvičiště. Při jeho pyrotechnickém průzkumu totiž zároveň dochází k výcviku v podmínkách blízkých realitě v oblastech dříve zasažených bojovým konfliktem. Zdejší munice totiž nebyla rozmístěna cvičně pro potřeby ženistů, ale odpovídá svým položením charakteru bojové činnosti. Zkušenosti z práce v Ralsku se pak pozitivně zúročují i při práci českých pyrotechnických týmů v misích na Balkáně a jiných podobně zkoušených místech dnešního světa (např. v Afghánistánu).

Díky vysoce profesionálnímu přístupu pyrotechniků se dosud při práci v Ralsku nestalo žádné zranění v souvislosti s nalezenou municí. Mezi civilisty však již bohužel v minulosti k několika takovým smutným případům došlo. Na vině bylo především „sběratelství“ šrotu. Problémem jsou i suvenýry do domácích sbírek, amatérští pyrotechnici a opominout nelze v této souvislosti ani nebezpečí zneužití nalezených trhavin z munice ke kriminálním účelům (Šebelka, 2010).

⁵³ Vojáci veškeré své nálezy z Ralska předávali policii, neboť zde působili na civilním prostoru, kde byly jejich pravomoci silně omezené. Ve spolupráci s policií a pyrotechniky pak rozhodli o převozu munice k likvidaci na trhací jámu nebo její odpálení přímo na místě nálezu.

⁵⁴ Např. v oboře Židlov, nedaleko Ralska, je umístěno trvalé pyrotechnické zařízení pyrotechnické služby policie ČR a tím je stálá trhací jáma, která je zařízením ojedinělým svého druhu v ČR a vzhledem k vybavení a modernímu pojetí i v celé Evropě.

6.7 BÝVALÝ VOJENSKÝ VÝCVIKOVÝ PROSTOR MILOVICE

Vojenský výcvikový prostor Milovice - Mladá je už zrušené vojenské cvičiště s letištěm, rozsáhlým areálem kasáren, civilních bytů a dalších objektů v sousedství středočeské obce Milovice.

Výcvikový prostor byl založen roku 1904, kdy rakouská armáda zabrala 3465 ha půdy, aby zde vytvořila cvičiště pro velká polní cvičení.

V době první světové války zde byli drženi italští a ruští zajatci. Prostor využívala též armáda za první republiky. V té době bylo rozhodnuto o likvidaci obce Mladá, jejíž obyvatelstvo bylo přesídleno. Ruiny vesnice později posloužily při cvičné střelbě.

Od roku 1939 prostor využívala německá armáda. V té době se zde také natáčely filmy německé válečné propagandy, které pak byly ve filmových týdenících vydávány za záběry z východní fronty. Ke konci války se sem dostávaly vojenské pluky, utíkající před rudou armádou do amerického zajetí.

Po roce 1945 zde opět sídlila československá armáda a to až do roku 1968, kdy ji nahradila okupační sovětská vojska, konkrétně tzv. Střední skupina vojsk. V roce 1991 prostor vojska zcela opustila, zůstalo zde obrovské množství opuštěných vojenských i civilních objektů, včetně letiště. Z větší části byly tyto stavby brzy zdevastovány a jejich vybavení rozkradeno (Těšitel, 1996).

Několik let zde probíhalo náročné povrchové čištění od nevybuchlé munice, které již bylo skončeno. Zajímavostí je, že největší množství nalezených výbušnin pocházelo z výbavy Československé lidové armády a Wehrmachtu (Šebelka, 2010).

Většina z míst s potenciálním výskytem munice je důkladně prozkoumána. Vzhledem k ukončenému vyčištění povrchu se tak již dnes při procházce lesem nedá narazit na dělostřelecký granát.

Současný charakter pyrotechnického čištění bývalého výcvikového prostoru Milovice je zaměřen na průzkum pod povrchem. Dle charakteru využití území se provádí vyhledávání munice pomocí minohledaček do hloubky 50 cm u orné půdy a 30 cm v lesních porostech (Pokorný, Pokorný, 2010).

7. ZÁVĚR

Diplomová práce se skládá ze dvou částí. První, rešeršní část, je zpracována především z odborných publikací. Druhá část je věnována technologii a analýze delaborace munice. Publikované poznatky jsou doplněny fotografickou dokumentací spolu s popisky.

Dílním cílem diplomové práce bylo analyzovat identifikaci a odstraňování nevybuchlé armádní munice. Odpověď na hlavní zkoumanou otázku - „*Je v současné době používána metodika sanačních prací v oblasti nevybuchlé munice v České republice šetrná k životnímu prostředí?*“ - není, po zpracování diplomové práce, zcela jednoznačná neboť budoucnost a výzkum v oblasti delaborace a ekologického zneškodňování nevybuchlé munice teprve ukáží zda se dá současná technologie úspěšněji překonat. Avšak současné postupy v delaboraci munice používané v České republice specializovanými firmami a pyrotechniky jsou dle autora diplomové práce na velmi vysoké úrovni vzhledem k ochraně životního prostředí. Především se jedná o trhací jámy a zejména o detonační a spalovací zařízení, které obsahují velmi sofistikované čistící systémy pro eliminaci organických látek a oxidu uhelnatého (termoreaktor), popílku (prachové filtry) kyselých plynů a aerosolů kovů (mokrý alkalické praní, suché chemisorpční praní), oxidů dusíku a dioxinů ze spalin.

V předkládané práci byla provedena analýza odstraňování armádní munice, s konkrétním zaměřením na odstraňování protitankové řízené střely 9M14M. Tato střela je v současné době v poměrně větším množství určena k odstraňování.

Delaborace a odstraňování této munice je náročným problémem, neboť prakticky žádná dříve zavedená munice nebyla konstruována s ohledem na bezpečné a snadné odstraňování. Dříve byly naopak často použity řešení, které komplikují nebo dokonce zabraňují bezpečnou delaboraci či recyklaci. Jako možné způsoby odstraňování munice byly mnohokrát použity i ne zcela vhodná řešení, např. vzhazování munice do moře, avšak od tohoto způsobu odstraňování bylo upuštěno a v roce 1993 byl již zakázán. Do popředí byly po skončení druhé světové války upřednostňovány zejména speciální spalovny munice, které i dnes splňují velmi náročné legislativní požadavky.

K získání výsledků pro zjištění optimálního způsobu odstraňování PTRS bylo použito více kritériálního hodnocení variant. Zvolená kritéria byla rozdělena do čtyř skupin, a to na ekonomická, ekologická, technologická a ostatní.

První z nich představuje pořizovací, provozní náklady a ostatní náklady. Do ekologických kritérií je zařazena bezpečnost pro okolí, bezpečnost pro zaměstnance a zábor půdy. Technologické kritérium zahrnuje nároky na opravu a nároky na obsluhu. Poslední seskupení zahrnuje hodnocení způsobu odstraňování dle vlivu na atraktivitu okolí a délku časového horizontu realizace zvolené varianty.

Dle hodnocení vyplývá, že optimální a tedy pro realizaci nejvhodnější je třetí varianta, tj. použití stávající výbuchové komory (viz. **příloha č. 9**). Tato varianta dosáhla příznivých výsledků v hodnocení podle jednotlivých seskupení kritérií, tak také v celkovém posouzení podle všech zvolených kritérií.⁵⁵

Rozsah devastací způsobených československou armádou většinou nepřekročil hranici ekologické únosnosti. Situace na území dnešní České republiky se rapidně zhoršila po druhé světové válce a příchodu sovětské armády. Na našem území se pravidelně nacházejí části nevybuchlé munice, která je obzvláště nebezpečná. Tato nalezená munice je stále stejně nebezpečná jako v prvních letech války. U některých komponent je nebezpečí dokonce větší, neboť krystalizace a chemické reakce mezi trhavinou a kovy vytváří snadno výbušné látky a pojistná zařízení zapalovačů jsou často zcela zrezivělá. Jedná se o působení přírodních podmínek - přítomnost vody, rozpuštěných minerálů a vzduchu značně narušuje obal munice, ta se stává nestabilním s nepředvídatelným chováním výbuchu.⁵⁶

Práce na území České republiky jsou usnadněny tím, že zde nehrozí nebezpečí našlápnutí na ostrou protipěchotní minu, jako je tomu v krizových oblastech světa. Nachází se zde „jen“ nevybuchlá munice, která v nejlepším případě ani neprošla hlavní. V tom horším případě se jedná o nevybuchlé letecké bomby, dělostřelecké granáty, cvičnou ženijní municí a střelivo do pěchotních zbraní.⁵⁷

⁵⁵ Z hlediska analýzy provedené pro odstraňování protitankové řízené střely je možné doporučit využití zkonstruované výbuchové komory též pro odstraňování dalších druhů munice. Již dnes VTÚVM Slavičín využívá tuto komoru nejen pro odstraňování protitankové řízené střely 9M14M, ale rovněž pro zkoušení výbušnin a munice, tzn. že investice vložená do projektu na počátku se vrátí v poměrně krátkém časovém období.

⁵⁶ Např. ve Spolkové republice Německo je vyhledávání nevybuchlých leteckých bomb prováděno soustavně. Letecké snímky z náletů se skenují, porovnávají se současnou situací terénu a počítačový program vyhodnotí shodné body leteckých snímků a situace místa, kde může být nevybuchlá letecká bomba a body, kde pravděpodobně je. Podle souřadnic GPS se prostor v terénu upřesní, provedou se průzkumné vrty pro magnetometrické měření a v kladném případě se bomba vykope a odveze ke zničení, nebo se zneškodní na místě, podle jejího stavu. Porovnání situace v Německu s Českou republikou - rozdíly jsou zejména v objemu finančních prostředků, v malém počtu dochovaných leteckých snímků výsledků bombardování a také v nezájmu investorů o provedení pyrotechnického průzkumu a očisty daného území.

⁵⁷ K nejzajímavějším nálezům patří objevy torz poměrně málo známých německých 8cm raket s kumulativní střelou užívaných k přímé střelbě z pozemních raketometů.

V blízké budoucnosti je také nutné uvažovat o větší míře využití recyklovatelných materiálů z delaborované munice (viz. **příloha č. 10**). Především se jedná o ocel, mosaz a některé další materiály. Některé typy delaborovaných výbušnin mohou sloužit jak suroviny pro novou výrobu výbušnin podobného složení nebo pro trhací práce při těžbě. V České republice je tato recyklace delaborovaných výbušnin do průmyslových trhavin celkem rozšířena.

V některých státech je častější zapracování delaborovaných výbušnin do klasických typů směsných průmyslových trhavin. Omezujícím faktorem při dodávání průmyslových trhavin s delaborovanými výbušninami na trh je důvěra spotřebitelů v kvalitu těchto trhavin. Některé materiály získané při odstraňování či mechanické delaboraci tak lze opětovně zužítkovat, např. kovové materiály odvážet do hutí, apod. (Šulc, 2003).

TERMINOLOGICKÝ SLOVNÍČEK

Bleskovice – prostředek přenosu detonačního impulsu na různou vzdálenost.

Bleskovice se dělí podle druhu náplně.

Detonace – chemický výbuch, při němž vzniká ve výbušnině detonační vlna pohybující se výbušninou rychlostí větší, než je rychlost zvuku ve zplodinách výbuchu, které se při něm vytvoří. Je charakterizována prudkým skokem tlaku v místě výbušné přeměny a drtivým účinkem na okolní prostředí.

Elektrický palník – upravená elektrická pilule pro zážeh zápalnice, rozbušky, černého prachu či pyrotechnické složky. Jsou mžikové a časované.

Elektrická pilule – základní prvek elektrických rozněcovadel zajišťující přeměnu elektrické energie v energii tepelnou. Jsou můstkové a spárové.

Flegmatizátor – látka snižující citlivost výbušniny nebo její výbuchovou rychlost.

Nástražné výbušné systémy – prostředky, které obsahují výbušniny a roznětné mechanismy, které není možno předem identifikovat a u kterých není možno stanovit jejich konstrukci a účinek.

Nebezpečná práce – pyrotechnická práce, při které může dojít ke zranění nebo úmrtí osob, které vykonávají tuto práci, k ohrožení bezpečnosti okolí, zdraví nebo života jiných osob a k poškození jakéhokoli majetku.

Plastifikátor – látka k dosažení plasticity výbušniny. Může být výbušná i nevybušná.

Pyrotechnik – osoba, která na základě absolvované teoretické přípravy a praktického výcviku získala oprávnění k pyrotechnickým pracím. Ve školícím středisku báňského úřadu se školí zaměstnanci průmyslových oborů, kteří po absolvování školení a výcviku mohou ničit a zneškodňovat výbušniny při jejich výrobě nebo zpracování včetně výzkumu, vývoje a pokusné výroby.

Pyrotechnická činnost – soubor opatření spojených s organizací pyrotechnických prací, jejich výkonem a s teoretickou a praktickou přípravou pro jejich výkon.

Pyrotechnické práce – soubor odborných úkonů, které vykonává pyrotechnik. Pyrotechnické práce zpravidla zahrnují vyhledávání, pyrotechnický průzkum, odstraňování a ničení výbušnin a munice všeho druhu, zabezpečování přepravy a vlastní přepravu munice nebezpečné pro manipulaci, třídění neznámé a mechanicky poškozené munice a zneškodňování nevybuchlé nebo nastražené munice.

Pyrotechnický průzkum – představuje cílevědomé vyhledávání munice a výbušnin v předpokládaném prostoru jejich možného výskytu za použití detektorů kovů.

Rozbuška – prostředek k přeměně prvotního iniciačního impulsu (tepelného, mechanického) na druhotný (detonační). Rozlišujeme nápichové, zážehové, elektrické (odporové, jiskrové), tlakové a nárazové.

Rozněcovadlo (iniciátor) – prostředek k rozněcování výbušnin, které k činnosti přivádí jednoduchým počátečním podnětem. Základní dělení je na civilní rozněcovadla a vojenskou trhací techniku. V civilní praxi je možno se setkat se zápalnicí, bleskovicí, milisekundovým bleskovicovým zpoždovačem, elektrickým palníkem, zážehovou a elektrickou rozbuškou.

Roznětka – slouží k roznětu rozbušky, jen v zapalovačích či rozněcovačích. Jsou nápichové, třecí a tlakové (pneumatické).

Roznětnice – přenosný zdroj elektrické energie určené pro roznět el. rozněcovadel.

Senzibilizátor – látka, která zvyšuje citlivost a výkonnost výbušniny.

Stopina – prostředek, který slouží k zážehu pyrotechnických složí. Sestává z několika vláken bavlněných přízí napuštěných ledkem draselným a obalených masou surové prachoviny a roztoku arabské gumy.

Výbuch – fyzikálně chemický děj vedoucí k náhlému uvolnění energie.

Výbušniny – látky (sloučeniny nebo směsi) v tuhém nebo kapalném stavu, které mají vlastnosti trhavin, třaskavin, střelivin nebo výbušných pyrotechnických složí.

Zápalka – rozněcovadlo k zážehu prachové náplně. Iniciace se provádí nárazem zápalníku na dno zápalky nebo elektrickým proudem. Zápalky jsou mechanické nebo elektrické.

PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

1. BEDNAŘÍK, V., VONDRUŠKA, M., SLAVÍK, R. (2009): *Regenerace olova z nebezpečného odpadu vznikajícího při zneškodňování vyřazené munice*. Čas. Waste Forum, č. 2, str. 80 - 86
2. BERR, S., KOMENDA, J., JEDLIČKA, L. (2005): *Munice*. Univerzita obrany, Fakulta vojenských technologií, Katedra zbraňových systémů, Brno, 406 s.
3. GAVENDOVÁ, H. (2005): *Ekonomické aspekty odstraňování vojenské munice*. [DP, ved. Urbanová, R.], Univerzita obrany, Fakulta ekonomiky a managementu, Brno, 76 s.
4. GULLE, D., SMITH, A., LEWIS, A., BLOODWORTH, T. (2003): *Metal detector handbook for humanitarian femininy*. European Communities, Luxemburg, 180 s.
5. HRAZDÍRA, I., CIGÁNIK, L. (1998): *Policejní pyrotechnika I*. Vydavatelství PA ČR, Praha, 167 s.
6. HRAZDÍRA, I., KOLLÁR, M. (2001): *Základy policejní pyrotechnické činnosti*. Vydavatelství A. Čeněk, Praha, 154 s.
7. HROMÁDKA, I., KADLEC, L., PAVELEK, V. (2005): *Ženijní munice používaná v AČR*. Pomůcka pro pyrotechniky, Brno, díl č. 3
8. LANG, P. (2010): *Desatero muniční základny*. A report - čtrnáctideník Ministerstva obrany České republiky, Číslo 3, s. 15-17.
9. KŮC, A. (2001): *Život mezi zbraněmi*. Ardent, Brno, 146 s.
10. KŮC, A., ZLATOHLÁVKOVÁ, D. (2003): *Život pyrotechnika*. Naše vojsko, Praha, 153 s.
11. MAREŠ, S. a kol. (1996): *Geofyzikální metody v ochraně a tvorbě životního prostředí*. Skriptum VŠB - Technická univerzita Ostrava, 139 s.
12. MARKUS, F., KENNING, N. (2001): *Bombenstimmung - Geoinformations system unterstützt Blindgängersuche*. Wirtschaftsschutz und Sicherheitstechnik, 182 s.
13. PLÍHAL, B. a kol. (2001): *Munice*. VA, Brno, 330 s.
14. POKORNÝ, J., POKORNÝ, T. (2009): *Pyrotechnická zátěž území bývalých VVP*. Zpravodaj společnosti pro trhací techniku a pyrotechniku, Praha, Číslo 2, s. 15-18.
15. ROLF, W. (2003): *Hledače kovů*. Vydavatelství HEL, Ostrava, 174 s.

16. RYCHETSKÝ, Š. (2009): *Návrh a realizace metod pro přesné zaměrování minohledaček*. [DP, ved. Platil, A.], České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Praha, 66 s.
17. ŘEHÁK, J. (2009): *Likvidace munice pomocí ekologických technologií*. Zpravodaj společnosti pro trhací techniku a pyrotechniku, Praha, Číslo 1, s. 11-15.
18. TĚŠITEL, M. (1996): *Pyrotechnická očista bývalých vojenských prostorů*. Zpravodaj společnosti pro trhací techniku a pyrotechniku, Praha, Číslo 1, s. 16-17.
19. VÁGNER, J., SUDICKÝ, J. (1981): *Skladování, manipulace a exploatace munice*. 1. vyd., Vojenské učiliště Martin, 180 s.
20. WARD, S., H. (1990): *Geotechnical and Environmental Geophysics, vol. I - III*. Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.
21. *Zákon č. 44/1998 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství, v platném znění.*
22. *Zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů.*
23. *Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění.*
24. *Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, v platném znění.*
25. *Zákon č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu, v platném znění.*
26. *Zákon č. 169/1949 Sb. o vojenských újezdech.*
27. *Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění.*
28. *Zákon č. 222/1999 Sb., o zajišťování obrany České republiky, v platném znění.*
29. *Zákon č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání, v platném znění.*
30. *Nařízení vlády ČR č. 353/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.*
31. *Nařízení vlády ČR č. 997/2003 Sb., o povinnosti zajištění provádění pyrotechnické asanace bývalých vojenských výcvikových prostorů.*
32. *Vyhláška Ministerstva životního prostředí ČR č. 338/1997 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.*
33. *Vyhláška Ministerstva životního prostředí ČR č. 339/1997 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů.*

34. *Vyhláška Ministerstva životního prostředí ČR č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů.*
35. *Vyhláška Českého báňského úřadu č. 102/1994 Sb., o stanovení požadavků k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu v objektech určených pro výrobu a zpracování výbušnin.*
36. *Vyhláška Českého báňského úřadu č. 174/1992 Sb., o pyrotechnických výrobcích a zacházení s nimi.*
37. *Vyhláška Českého báňského úřadu č. 199/2006 Sb., o používání výbušnin.*
38. *Vyhláška Českého báňského úřadu č. 200/2006 Sb., o skladování výbušnin.*
39. *Vyhláška Českého báňského úřadu č. 327/1992 Sb., kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při výrobě a zpracování výbušnin a o odborné způsobilosti pracovníků pro tuto činnost, ve znění vyhlášky Českého báňského úřadu č. 340/2001 Sb.*
40. *Český obranný standart č. 130018 – Zásady konstrukční bezpečnosti nestřílené munice. Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti, 1. vyd., Praha, 2007.*
41. *Český obranný standard č. 139803 – Bezpečná likvidace munice - konstrukční principy a požadavky, hodnocení bezpečnosti. Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti, 1. vyd., Praha, 2005.*
42. *Oborová příručka pro živnost provádění pyrotechnického průzkumu. Hospodářská komora České republiky, odbor INMP, 2009.*
43. *Úmluva o zákazu vývoje, výroby, hromadění zásob a použití chemických zbraní a jejich zničení. Organizace spojených národů, Paříž, 1993.*

PŘEHLED ELEKTRONICKÝCH ZDROJŮ

1. LANDA, I. (2005): *Slovník výkladový- ekologie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, FŽP, KEIOP, [on-line]. [cit. 2010-12-10]. Dostupné na WWW: <<http://fle.czu.cz/~landa/www/SL1.htm>>.
2. MLEJNSKÝ, T. (2008): *Nálezy výbušnin - skryté nebezpečí!* Server LovecPokladu.cz, [on-line]. [cit. 2010-12-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.lovecpokladu.cz/home/nalezny-vybusnin-skryte-nebezpeci-909>>.
3. PEJŠEK, J. (2006): *Projekt ekologické likvidace nepotřebné munice*. EnviWeb - zpravodajství pro životní prostředí, [on-line]. [cit. 2011-01-03]. Dostupné na WWW: <<http://www.enviweb.cz/clanek/odpady/59543/projekt-ekologicke-likvidace-munice>>.
4. ŠEBELKA, J. (2010): *Ruští vojáci odešli z Ralska před 20 roky, uklízí se po nich dodnes*. iDNES.cz - český zpravodajský portál, 4/2010, [on-line]. [cit. 2010-12-10]. Dostupné na WWW: <http://zpravy.idnes.cz/rusti-vojaci-odesli-z-ralska-pred-20-roky-uklizi-se-po-nich-dodnes-p8u/domaci.asp?c=A100401_122526_domaci_itu>.
5. ŠULC, J. (2003): *Miny v srdci Čech*. A report - čtrnáctideník Ministerstva obrany České republiky, Číslo 8, Praha, [on-line]. [cit. 2011-12-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.army.cz/avis/a%20report2003/08/26.htm>>.
6. *Informace o vojenských újezdech*. Server Armády České republiky, [on-line]. [cit. 2010-12-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.acr.army.cz/detail.php?id=215>>.
7. *Principy detekce kovů*. Webové stránky společnosti AD Controls, s.r.o. [on-line]. [cit. 2011-11-01]. Dostupné na WWW: <http://www.adcontrols.cz/detektory_kovu/>.
8. *Pyrotechnická asanace Ralsko - Policie ČR*. Stálá expozice pyrotechnické asanace, Občanské sdružení Český svět - Ralsko, [on-line]. [cit. 2010-12-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.expozice-ralsko.estranky.cz/clanky/historie.html>>.
9. *Pyrotechnická služba Policie České republiky*. Server Policie.cz, [on-line]. [cit. 2010-12-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.policie.cz/clanek/celorepublikove-utvary-pyrotechnicka-sluzba-pyrotechnicka-sluzba-policie-ceske-republiky.aspx>>.
10. *Rentgenové detektory pro identifikaci nastražených min*. Technický týdeník č.17/2006, [on-line]. [cit. 2011-11-01]. Dostupné na WWW: <<http://www.techtydenik.cz/detail.php?action=zobraz&cislo=17&rok=2006>>.

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. č. 1. – Německé protitankové miny s označením PT-Mi-U.....	11
Obr. č. 2. – Německé druhoválečné letecké pumy.....	12
Obr. č. 3. – Rozložení protitankové řízené střely 9M14M na jednotlivé díly.....	22
Obr. č. 4. – Hlavice PTRS 9M14M se zapalovačem	23
Obr. č. 5. – Motor PTRS 9M14M	23
Obr. č. 6. – Křídlová část PTRS 9M14M.....	24
Obr. č. 7. – Detektor kovů od firmy Schiebel	28
Obr. č. 8. – Průběh magnetického pole kolem hlavy detektoru kovů	29
Obr. č. 9. – Pohyb operátora s detektorem kovů při prohledávání terénu.....	29
Obr. č. 10. – Princip elektrické rezistenční tomografie.....	30
Obr. č. 11. – Mobilní 450 kV skener ComScan 450	31
Obr. č. 12. – Infračervený snímač připevněný na nevodivém podvozku.....	32
Obr. č. 13. – Označení skládky nalezené nevybuchlé munice určené k likvidaci	35
Obr. č. 14. – Velká výbuchová komora určená k ničení až 16 kg TNT.....	36
Obr. č. 15. – Speciální spalovna munice od firmy OZM Research.....	38
Obr. č. 16. – Nález PTRS 9M14M v bývalém VVP ve Stráži pod Ralskem.....	41
Obr. č. 17. – Mapa České republiky se současnými vojenskými újezdy	62
Obr. č. 18. – Sklad atomových střel v oblasti letiště Boží dar v Milovicích.....	63

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1. – Sběrné nádrže na nevybuchlou munici v areálu VTÚVM Slavičín ...	80
Příloha č. 2. – Sběrné nádrže s výbuchovou komorou pro čištění zplodin.....	80
Příloha č. 3. – Absorbéry s aktivním uhlím pro záchyt par a organických látek	81
Příloha č. 4. – Nádobá pro zachytávání nečistot.....	81
Příloha č. 5. – Uzavřená výbuchová komora	82
Příloha č. 6. – Pohled do prostoru výbuchu s umístěnou PTRS 9M14M.....	82
Příloha č. 7. – Protitanková řízená střela 9M14M po řízeném výbuchu.....	83
Příloha č. 8. – Maketa protitankové řízené střely 9M14M	83
Příloha č. 9. – Zjednodušené schéma zařízení pro likvidaci vojenské munice.....	84
Příloha č. 10. – Recyklovatelné kovové materiály z delaborované munice	84

PŘÍLOHA



Příloha č. 1 – Sběrné nádrže na nevybuchlou munici v areálu VTÚVM Slavičín (*originál, 2010*).



Příloha č. 2 – Sběrné nádrže s výbuchovou komorou, vzdušníkem a prostorem pro čištění zplodin (*originál, 2010*).

PŘÍLOHA



Příloha č. 3 – Absorbéry s aktivním uhlím pro záchyt par a organických látek (*originál, 2010*).



Příloha č. 4 – Nádoba pro zachytávání nečistot (*originál, 2010*).

PŘÍLOHA



Příloha č. 5 – Uzavřená výbuchová komora (*originál, 2010*).



Příloha č. 6 – Pohled do prostoru výbuchu s umístěnou PTRS 9M14M (*originál, 2010*).

PŘÍLOHA

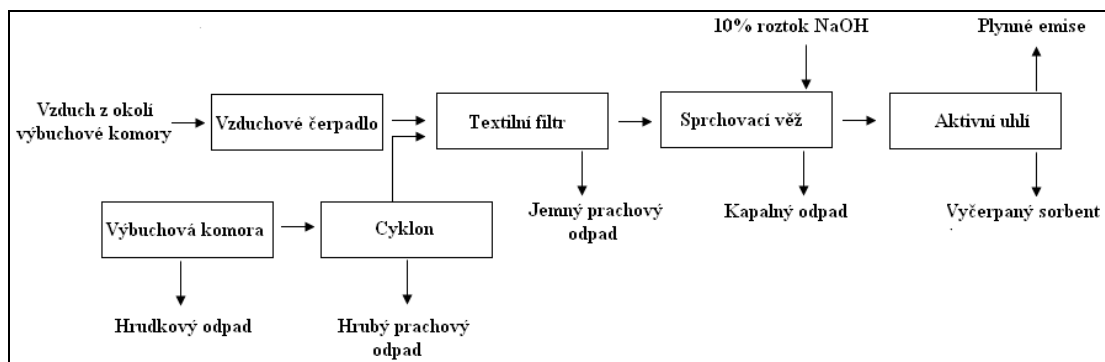


Příloha č. 7 – Protitanková řízená střela 9M14M po řízeném výbuchu
(*originál, 2010*).



Příloha č. 8 – Maketa protitankové řízené střely 9M14M (*originál, 2010*).

PŘÍLOHA



Příloha č. 9 – Zjednodušené schéma zařízení pro likvidaci vojenské munice - výbušná komora (*originál, 2011*).



Příloha č. 10 – Recyklovatelné kovové materiály z delaborované munice (*originál, 2011*).