


## Zkoušky detekovatelnosti vybraných látek - terénní testy - Část 1: Příprava testů

 29.07.2011

**tests of detectability of selected substances - field tests - Part 1: preparing of field tests**

**Michaela Havlová<sup>1</sup>, Tomáš Pokorný<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>T-SOFT a.s., Novodvorská 1010/14, 142 01 Praha 4; [havlova@tsoft.cz](mailto:havlova@tsoft.cz)

<sup>2</sup>České vysoké učení technické Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice,  
[pokorny@fsv.cvut.cz](mailto:pokorny@fsv.cvut.cz)

detekce

terénní testy

radiace

rozptyl

výbušniny

### Abstrakt

V současné době, kdy se zvyšuje nebezpečí teroristických útoků, se vyspělé země zabývají problematikou řešení těchto krizových situací. Útoky jsou většinou vedeny na konkrétní významné cíle, ať jsou to budovy, letiště, nádraží či místa k shromáždění většího počtu lidí. Tato místa jsou vybírána záměrně s cílem způsobit co největší paniku. Dokonce se v současné době zvýšilo i riziko použití zdrojů ionizujícího záření, jaderných materiálů a radioaktivních látek. Tato problematika je z hlediska ochrany obyvatelstva a řešení krizových stavů velmi ožehavým tématem. Tento článek ukazuje, jakým způsobem je v ČR zkoumána oblast problematiky modelování teroristických útoků s použitím výše uvedených materiálů, jako následek teroristického útoku.

**Klíčová slova:** detekce; terénní testy; radiace; rozptyl; výbušniny

### Abstract

Currently the increasing threat of terrorist attacks the developed countries to deal with the problems of these emergency situations. Attacks are usually conducted on a specific major objective be it buildings, airports, stations, places of meeting more people. These places are chosen deliberately to cause as much panic. Even at the present time, increased the risk of the use of ionizing radiation sources, nuclear materials and radioactive substances. This issue is the protection of the population and solving crisis situations very delicate issue. This article demonstrates how the exploration of the area in the CR modeling problem of terrorist attacks using the above-mentioned materials as a result of a terrorist attack.

**Keywords:** explosives; detection; field tests; radiation; spread

## Úvod

### Význam testů

I v době „digitální“, v době, kdy se stále větší (a možná někdy až „nezdravý“) důraz klade na počítačové modelování a simulace čehokoliv, mají své významné místo ve vědě a výzkumu terénní experimenty. Zejména v oblasti modelování výbuchů, jejich účinků, následků a šíření následných projevů se bez nich neobejdeme.

Jsou výhodné, resp. přímo optimální pro ověřování nových postupů, metod detekce, vyhodnocování a/nebo interpretace získaných dat a jejich konsekventní srovnání s modelovými prognózami [1].

Praktická část úkolu ověření detekovatelnosti vybraných látek byla cílena do dvou hlavních oblastí:

- přípravu terénních testů s radioaktivní látkou (dále RaL), a to od nejjednodušších (volný terén) až po složité geometrie (překážky, budovy, uzavřené prostory), které by nám dovolily na základě různých detekčních metod ocenit bilanci rozptylu RaL;
- ověření vybraných metod/technik/postupů používaných pro modelování radiační havárie, příp. pro fyzikální modelování úniků škodlivin k hodnocení „složitějších geometrií“ teroristického útoku za použití RaL, s cílem porovnat tyto modely s výsledky terénních testů.

### Lokalita

Jako vhodná lokalita pro provedení série terénních testů byl vybrán areál Státního ústavu jaderné, chemické a biologické ochrany v.v.i. v Kamenné (Milín u Příbrami) – viz Obr. 1. Tato volba nebyla náhodná – ústav se ve své hlavní činnosti zabývá zejména výzkumem a vývojem zaměřeným na rozšiřování znalostí i vývoj praktických prostředků využitelných v oblasti radiační ochrany a ochrany před chemickými a biologickými látkami, zneužitelnými jako zbraně hromadného ničení [2].

Součástí uzavřeného areálu je též ovalovaná trhací jáma a heliport s dostatečnou prostorovou kapacitou, umožňující nejen technologicky správně, ale též bezpečně provádět terénní experimenty zahrnující práci s výbušninami a radioaktivními látkami. Velkou výhodou je také zahrnutí Státního ústavu jaderné, chemické a biologické ochrany v.v.i. do ostatních složek integrovaného záchranného systému ČR, což se projevilo především technickou pomocí jednotek Hasičského záchranného sboru ČR při zabezpečení některých terénních testů.

### Výbušný systém

Výbušný systém sloužil k rozptýlení radioaktivní látky (RaL) do požadovaného prostoru. Systém byl modifikován pro dva základní úkoly:

- rozptyl RaL do vybraného prostorového úhlu v exteriéru s modifikací buď zcela volné plochy, nebo modelové překážky;
- rozptyl RaL v uzavřeném interiéru.

RaL byla v obou případech reprezentována eluátem  $\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$  v 0,90 % roztoku NaCl o aktivitách od 0,15 do 2,10 GBq, nosičem byla voda v objemu 6 ml, v exteriéru byl vyzkoušen i objem 1.500 ml. Všechny nádoby byly skleněné, uzavřené gumovou zátkou.

Hlavními prvky výbušného systému byly vlastní výbušnina/nálož, tvarovaný obal nálože, iniciátor/mžiková elektrická rozbuška (elektrický palník), podkladní pancéřové lože, opěrný systém, roznětné vedení (roznětná síť + přívodní

vedení) a kondenzátorová roznětice. V interiéru byla používána náložka pouze v obalu, bez lože a opěrného subsystému.

Výbušniny byly záměrně zvoleny sypké, „pomalé“, s parametry, resp. průběhem výbuchu co nejvíce se blížícími ilegálně vyráběným trhavinám typu DAP (dusičnan amonný + palivo). Pro interiér byl vybrán černý trhací prach Vesuvit TN – směs dusičnanu draselného, síry a dřevěného uhlí. Je to sypká zrnitá látka šedočerné barvy s pololesklým povrchem (grafit). Vesuvit TN se standardně používá pro šetrné rozpojování neroztříštěných kusů ušlechtilých hornin (bloková těžba) nebo při trhacích pracích v lehce rozpojitelých horninách. Vesuvit TN je nevodovzdorný a smí se používat jen v suchém prostředí za podmínek stanovených v jeho návodu k používání. K roznětu lze použít elektrický palník, zápalnici nebo rozněcovadlo s iniciační schopností, jakou má standardní zážehová rozbuška číslo 8 [3]. Základní výbušinářské parametry viz tab. 1.

<b>výbuchové teplo</b>	<b>měrný objem zplodin</b>	<b>výbuchová teplota</b>	<b>teplota výbuchu min.</b>	<b>vlhkost max.</b>	<b>velikost zrna</b>
[kJ/kg]	[l/kg]	[°C]	[°C]	[%]	[mm]
3.060	290	2.250	185	1,0	0,6 - 2,0

**Tab. 1: Základní výbušinářské parametry černého trhacího prachu Vesuvit TN**

Pro testy v exteriéru byla zvolena průmyslová trhavina na bázi dusičnanu amonného Permon 10T – sypká amonledková trhavina s obsahem TNT. Klasický způsob její výroby koloběhováním zaručuje dokonalou homogenizaci komponent a tím i vysokou a stabilní kvalitu trhaviny, kterou není třeba počínovat. Standardně se používá k trhacím pracím na povrchu v suchém prostředí. Je použitelná zejména pro měkké a středně tvrdé materiály. Dodává se v náložkách i volně sypaná. Neobsahuje karcinogenní DNT [4]. Základní výbušinářské parametry viz tab. 2.

<b>výbuchové teplo</b>	<b>výbuchová teplota</b>	<b>měrný objem zplodin</b>	<b>kyslíková bilance</b>	<b>detonační rychlost</b>	<b>Trauzlův test</b>	<b>brizance dle Hesse</b>	<b>sypná hmotnost</b>	<b>hustota</b>
[kJ/kg]	[°C]	[l/kg]	[% O <sub>2</sub> ]	[m/s]	[cm <sup>3</sup> ]	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]
4.079	2.749	928	+0,17	4.000	400	15	800	1.050

**Tab. 2: Základní výbušinářské parametry průmyslové trhaviny Permon 10T**

Jako tvarovaný obal nálože pro nasazení v interiéru posloužila plastová krabička od kinofilmu (bez dalších úprav) – viz Obr. 2. Krabička byla naplněna černým trhacím prachem Vesuvit TN, do dna byl zafixován elektrický palník a do prachového „lože“ vložena skleněná ampulka s RaL.

Pro větší hmotnost sypké trhaviny pro nasazení v exteriéru byla použita spodní část „standardní“ PET lahve 1,5 l o délce cca 25 cm. Do tohoto „obalu“ byla nasypána průmyslová trhavina Permon 10T a ve dně tentokrát fixována elektrická mžiková rozbuška. Pro podporu požadovaného směrového účinku byla trhavina pomocí kartonové vložky přibližně natvarována do podoby kumulativního kužele a do takto vzniklého prostoru uložena skleněná ampulka s RaL – viz Obr. 3.

Vzhledem k náročnosti plánovaného měření (záznam časového vývoje snímané scény před a po řízené explozi

infračervenou zobrazovací technikou; měření dávkových příkonů na místě exploze a měření povrchových aktivit pomocí sběrných filtrů rozmístěných hustě jednak přímo na ploše o velikosti cca 50 x 40 m<sup>2</sup>, jednak ve vybraných místech na vertikálně umístěných sloupech; odebrání aerosolů, a to jak odběrovými zařízeními na měření objemové aktivity radionuklidu v ovzduší – včetně 6 stupňového kaskádního impaktoru ke stanovení velikostní distribuce aerosolu, tak pomocí laserových nefelometrů DustTrak umožňujících stanovit koncentrace hmotnosti atmosférického aerosolu s krátkou integrační dobou) bylo žádoucí usměrnit průběh exploze, resp. směr pohybu rozptýlených zplodin do jednoho převažujícího směru, ve kterém byla předem rozestavěna a kalibrována komplexní měřicí aparatura.

Toto částečné usměrnění bylo realizováno pomocí podkladního „lože“ z pancéřových desek tloušťky cca 50 mm. Desky byly vyskládány jako směrová „polokomora“ s plochým dnem, bočními stěnami a zády – viz Obr. 4. Pomocí vrstvy písku bylo dno vyspádováno pod elevačním úhlem cca 30°, stěny a záda byly přiloženy na sraz (bez pevného spojení, které by opakovaně nedokázalo odolat síle výbuchu a podílelo by se na deformaci/poškození desek) a podepřeny pomocí pytlů naplněných pískem. Takto vytvořený „konstrukční“ systém byl dostatečně stabilní, aby v okamžiku výbuchu pomohl částečně usměrnit tok zplodin do požadovaného směru a zároveň dostatečně volný, aby se vlivem přetlaku v čele vzdušné rázové vlny rozložil bez poškození. Pro opakované použití tedy stačilo pouze doplnit nové pytle s pískem.

## Bezpečnostní opatření

Protože se při tomto typu experimentů kombinovala práce s výbušninami a zároveň s RaL, bylo třeba mimořádně pečlivě dbát na bezpečnost zúčastněných i nezúčastněných pracovníků a okolí. Po vzájemné dohodě a s přihlédnutím ke stupni jednotlivých rizik bylo řízení prací delegováno technickému vedoucímu odstřelů/pyrotechnikovi, který připravoval odstřel, pouze s radioaktivním materiálem manipulovala v závěrečné fázi odborně způsobilá osoba. Důsledně tak byly rozděleny a dodržovány kompetence jednotlivých členů týmu, na pracovišti pak byly vymezeny „provozní“ zóny, z nichž nejdůležitější byly tzv. manipulační prostor a bezpečnostní okruh.

Manipulační prostor zahrnuje prostor přípravy jednotlivých pokusů. Mohou v něm být prováděny pouze práce bezprostředně související s přípravou odstřelů. Prostor přípravy jednotlivých pokusů se nacházel v odlehle části oploceného pozemku SÚJCHBO v.v.i. a byl vymezen volnou plochou v sousedství heliportu.

Bezpečnostní okruh zabíral prostor ve vyhrazené části oplocené střežené volné plochy Ústavu o průměru 100 m. Byl vyznačen výstražnou páskou a před provedením odstřelu prokazatelně vyklizen a uzavřen hlídkami z řad zúčastněných pracovníků a HZS.

## Závěr

Všechny terénní testy proběhly bezpečně a úspěšně, bez zranění osob, vzniku hmotných škod na majetku a/nebo dotčení práv či právem chráněných zájmů třetích osob. Průběžné zpracování a vyhodnocování naměřených dat potvrdilo vhodnost a potřebu součinnosti teorie s praxí; a to nejen jako ověření nových metod a postupů modelovaných laboratorně, ale také jako zdroj nových poznatků pro zpřesnění stávajících a návrh nových teoretických modelů.

## Poděkování

Tento článek vznikl za podpory Výzkumného záměru MŠMT ČR číslo MSM6840770005 „Udržitelná výstavba“.

## Literatura

[1] PROUZA, Z. ...[et al.]. *Field Tests Using Radioactive Matter : Radiation Protection Dosimetry* [online]. 2010. ISSN 1742-3406. Print ISSN 0144-8420



[2] *Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v. v. i.* [online]. © 2010 [cit. 2011-06-10]. Dostupné z WWW: <[www.sujchbo.cz](http://www.sujchbo.cz)>.

[3] Černý prach. *Explosia., a.s.* [online]. © 2011 [cit. 2011-06-10]. Dostupný z WWW: <[www.explosia.cz](http://www.explosia.cz)>.

[4] Sypké trhaviný. *Explosia., a.s.* [online]. © 2011 [cit. 2011-06-10]. Dostupný z WWW: <[www.explosia.cz](http://www.explosia.cz)>.



Obr. 1: Ilustrační foto areálu SÚJCHBO, v.v.i. Kamenná. (Zdroj [www.sujchbo.cz](http://www.sujchbo.cz))





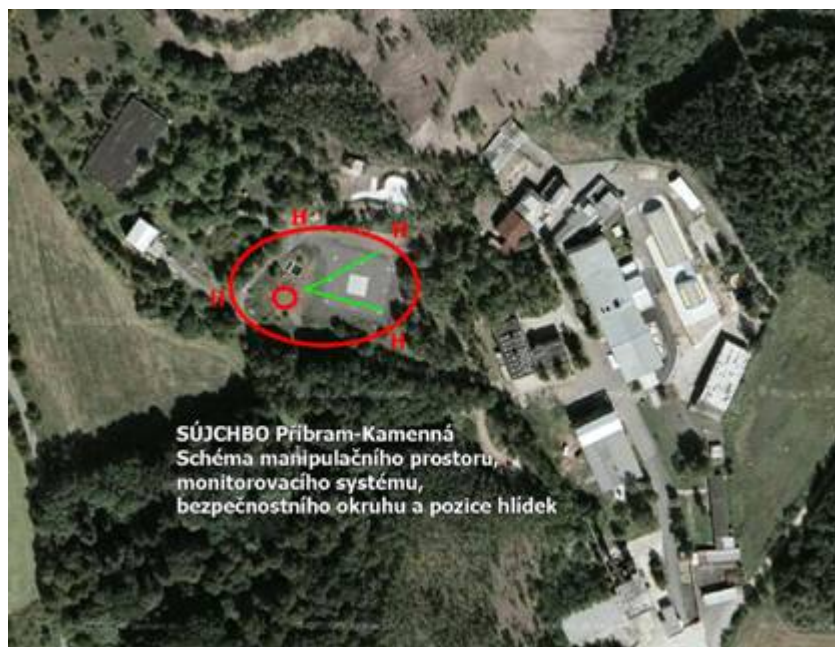
fixovaným elektrickým palníkem ve dně, naplněná černým trhacím prachem Vesuvit TN. (Zdroj T. Pokorný)



Obr. 3: Provedení „obalu“ nálože pro pokusný výbuch v exteriéru. Plastová PET láhev s fixovanou elektrickou rozbuškou ve dně, naplněná průmyslovou trhavinou Permon 10T; v prostoru „kumulativního kužele“ stabilizovaném kartonovou vložkou je umístěna skleněná ampulka s RaL; celá sestava je obsypána jemným pískem a stabilizována v požadované poloze. (Zdroj T. Pokorný)



úhlem, písek pytlovaný celou sestavu stabilizuje a zároveň dovoluje volné rozložení po explozi. (Zdroj T. Pokorný)



Obr. 5: Schéma manipulačního prostoru, monitorovacího systému, bezpečnostního okruhu a pozice hlídek

#### Vzorová citace

HAVLOVÁ, Michaela; POKORNÝ, Tomáš. Zkoušky detekovatelnosti vybraných látek : terénní testy : část 1 : příprava testů. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], 2011, roč. 4, č. 2. Dostupný z WWW: <<http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-02-2011/zkousky-detekovatelnosti.html>>. ISSN 1803-3687.

---

Autor článku:

[Ing. Michaela Havlová](#)

[Ing. Tomáš Pokorný, Ph.D.](#)