

**ZABEZPEČENÍ INDIVIDUÁLNÍ DEKONTAMINACE
NEBEZPEČNÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK V HZS ČR.
ČÁST 3: ZHODNOCENÍ UŽIVATELSKÝCH VLASTNOSTÍ
VYBRANÝCH PROSTŘEDKŮ A POSTUPŮ**

**ENSURING OF INDIVIDUAL DECONTAMINATION
OF HAZARDOUS CHEMICALS IN THE FIRE RESCUE SERVICE
OF THE CZECH REPUBLIC.
PART 3: EVALUATION OF USER PROPERTIES OF SELECTED
MEANS AND PROCEDURES**

Tomáš ČAPOUN, Jana KRYKORKOVÁ
tomas.capoun@ioolb.izscr.cz

Abstract

In order to equip the regional FRS units with means of individual decontamination was made comparison of some procedures and means (decontamination by sorbent, decontamination glove and cloth, two-chamber device, wiping with alcohol). It was evaluated both economic aspect and some users parameters such as decontamination of heavily accessible places and vertical areas, need of water for rinsing, waste risks and waste management.

Key words

Chemical warfare agent, warfare poisonous substance, individual decontamination, decontamination glove, decontamination cloth, Desprach, waste risks, waste management.

ÚVOD

Hlavním cílem práce bylo navrhnout způsob zabezpečení individuální dekontaminace u jednotek HZS krajů. Pod pojmem individuální dekontaminace je myšlen postup dekontaminace kontaminovaných částí povrchu těla, prostředků individuální ochrany a věcných prostředků bezprostředně po kontaminaci, který se provádí svépomocí nebo vzájemnou pomocí s využitím předepsaných či improvizovaných prostředků [1,2]. Jedná se o velmi významné protichemické opatření proti následkům nekontrolovaného úniku bojových chemických a jiných nebezpečných látek do prostředí, které může podstatně minimalizovat zdravotnické i nenávratné ztráty [3-5] a které v současné době není technicky ani metodicky zabezpečeno ani u jednotek HZS krajů [1,2], ani u ostatních složek IZS [5].

K naplnění hlavního cíle byly shrnuty teoretické poznatky o dostupných prostředcích a postupech individuální dekontaminace [1,2]. U vybraných představitelů různých principů byla posouzena dekontaminační účinnost při dekontaminaci zkušebních povrchů kontaminovaných látkou VX, sulfidickým yperitem, o-kresolem a akrylonitrilem [2,6]. Přitom byl zjištěn značný rozdíl v dekontaminační účinnosti testovaných prostředků a postupů na jednotlivé kontaminanty. Jediným postupem, kterým na všech površích a u všech kontaminantů bylo provedeno snížení povrchové kontaminace pod hodnotu přípustné zbytkové kontaminace, bylo otírání povrchu ethanolem.

Dekontaminace však není jen otázkou dekontaminační účinnosti ale i dalších parametrů ověřovaného prostředku, jako jsou uživatelské vlastnosti, bezpečnost používání,

finanční nároky aj. Uvedené parametry byly porovnány pro následující prostředky a postupy, jejichž dekontaminační účinnost byla testována v předcházející části [6]:

- dekontaminační nano-sorbent FAST-ACT v plastové aplikační láhvi,
- dekontaminační rukavice FAST-ACT,
- dekontaminační utěrka RSDL,
- prototyp české dekontaminační utěrky,
- prototyp dvoukomorového aplikátoru pěny Hvězda,
- prostředek DESPRACH z plastové lahvičky ze soupravy ZPJ-80,
- postup stírání kontaminovaného povrchu ethanolem.

Uvedené prostředky a postupy jsou popsány v předcházející publikaci [1].

DEKONTAMINACE TĚŽKO PŘÍSTUPNÝCH MÍST A SVISLÝCH PLOCH

Z charakteristiky individuální dekontaminace je zřejmé, že v úvahu připadá také dekontaminace drobných věcných prostředků, které mohou být různě členité s těžko přístupnými místy, jako jsou vnitřní rohy, drážky apod. Dekontaminace těchto míst nečiní po aplikaci ověřovaných prostředků a postupů žádné potíže. Sypký sorbent lze zejména v aplikačním provedení prostředku DESPRACH aplikovat prakticky kamkoliv, také použití dekontaminačních utěrek, pěny a přířezů namočených v alkoholu není nijak prostorově omezeno. Výjimku tvoří dekontaminační rukavice, se kterou se daleko lépe očišťují rovné větší plochy, zatímco kontakt s těžko přístupnými místy je omezen.

Možnost dekontaminace svislých ploch i vnitřních horních ploch by měla být u postupů individuální dekontaminace samozřejmostí. To splňují beze zbytku prostředky na bázi dekontaminačních roztoků ať již na chemickém principu (dekontaminační utěrky, aplikátor pěny), nebo na fyzikálním principu (otírání alkoholem). Problémy nastávají při aplikaci sorbentů. K prostředku DESPRACH je v soupravě ZPJ-80 k dispozici tampon, na který se sorbent nasype a svislá plocha se potom otírá. Postup je reálný, i když méně účinný než v případě vodorovné plochy. K lahvi s nano-sorbentem FAST-ACT se žádný takový prostředek nedodává, takže dekontaminace svislých ploch je prostředkem v základním provedení vyloučena. V praxi by to znamenalo použít k roztírání nějaký improvizovaný prostředek, avšak z návodu [7] k sorbentu spíše vyplývá, že se s tím nepočítá, neboť je uvažován pouze posyp kontaminovaného místa.

POTŘEBA VODY NA OPLACH

Nutnost oplachu dekontaminovaného povrchu vodou je významným parametrem z toho hlediska, že zasahující jednotka nemusí mít v kontaminovaném prostoru vodu k dispozici.

Z tohoto pohledu je velmi efektivní využití sorbentů (dekontaminační rukavice, pevné sorbenty DESPRACH a FAST-ACT) nebo otírání alkoholem, u kterých není voda na oplach potřeba.

Opláchnutí reakční směsi z povrchu vodou jistě vyžaduje aplikace pěny Hvězda, neboť agresivní zbytky by mohly mít negativní vliv na povrchy.

Poněkud nejasná je potřeba vody po aplikaci dekontaminačních utěrek. V návodu na prostředku se uvádí, že povrch se po 2 minutách působení dekontaminačního roztoku opláchně vodou, „pokud je k dispozici“. Zároveň obsahuje upozornění, že dekontaminační roztok může mít dráždivé účinky. Určitě by tedy bylo nutné opláchnout pokožku, ale i technické povrchy by

zřejmě oplach vyžadovaly z důvodu potenciálního styku nekryté části pokožky s dekontaminovaným místem.

Nutnost oplachu povrchu vodou po aplikaci prostředku individuální dekontaminace úzce souvisí ještě s jedním významným uživatelským parametrem, a tím je možnost dekontaminace za mrazu. Postupy s nezbytným použitím vody jsou z aplikace za velmi nízkých teplot vyřazeny. Naopak samostatné zkoušky ukázaly, že teploty kolem -18 °C dekontaminační účinnost sorbentů a alkoholů nesnižují [8].

EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ

V rámci této práce byly vzájemně porovnávány komerční prostředky, u nichž je známa cena, prostředek DESPRACH, který se již nevyrábí, některé prototypy, u nichž cena ještě nebyla stanovena. Proto je ekonomické zhodnocení velmi obtížné. Některé ceny uvádí tab. 1. Jedná se o ceny za 1 prostředek bez jakýchkoliv množstevních slev.

V každém případě by u ekonomického porovnání neměla pro HZS ČR hrát hlavní roli jenom vlastní cena prostředku, ale měly by být brány v úvahu i další související parametry, které vymezují ekonomickou náročnost daného prostředku, a to:

- doba životnosti, tj. frekvence nezbytné obměny,
- opakovatelnost použití jednoho prostředku, tj. otázka „jednorázovosti“,
- celková plocha, kterou lze daným prostředkem dekontaminovat.

Také tyto parametry shrnuje tab. 1.

RIZIKA ODPADŮ A NAKLÁDÁNÍ S NIMI

Význam a provedení analýzy odpadů

Při aplikaci prostředku či postupu individuální dekontaminace nemůže zůstat nepovšimnuta otázka nebezpečnosti odpadů. Postupy založené na fyzikálním principu většinou kontaminant pouze odstraňují z povrchu, takže výsledkem jsou vysoce kontaminované odpady. V případě aplikace dekontaminační utěrky a sorbentu FAST-ACT je deklarován rozklad bojové chemické látky [1,2,7]. Pro objektivní hodnocení rizika odpadů po dekontaminaci ověřovanými postupy byla provedena analýza těchto odpadů metodou plynové chromatografie s hmotnostním detektorem (GC/MS) [2].

Po ukončení dekontaminace, popsané v předcházející publikaci [6], byly použité prostředky hermeticky uzavřeny do vialky příslušné velikosti a analyzovány metodou GC/MS technikou head-space s použitím mikroextrakce na tuhou fázi (SPME) [9]. Pro SPME bylo použito vlákno Carboxen/Polydimethylsiloxan.

Vialka se vzorkem použitého dekontaminačního prostředku byla vložena do vodní lázně vyhřáté na 80 °C a zde ponechána po dobu 30 minut. Potom bylo septum propíchnuto držákem SPME a vysunuto vlákno, které bylo předtím kondicionováno při teplotě 300 °C po dobu 1 hodiny. Doba sorpce činila 5 minut, aniž byla vialka vyjmuta z termostatu. Po této době bylo vlákno zasunuto a po vyjmutí držáku z vialky aplikováno do přístroje GC/MS [9].

Analýzy byly provedeny na plynovém chromatografu s hmotnostním detektorem GC/MSD 7890/5975C (Agilent Technologies, Inc., Wilmington, USA) s kolonou HP-5MS (Agilent), délka 30 m, \varnothing 250 μm , fáze 0,25 μm .

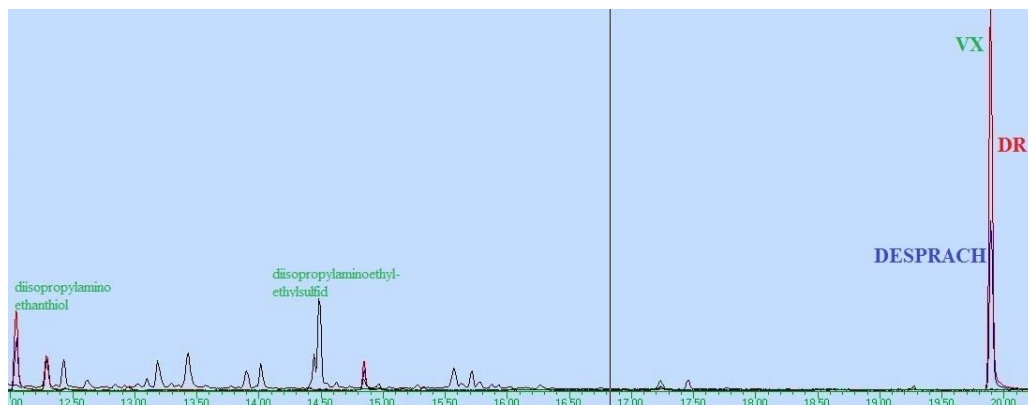
Parametry měření:

- Nosný plyn He 1,2 ml/min,

- T Inlet 290 °C,
- T rozhraní GC/MSD 290 °C,
- Scan range 35-800 amu,
- Split 10:1,
- GC program: 40 °C – 2 min, od 40 °C do 280 °C dT/dt 10 °C/min, 280 °C–10 min.

Odpady po dekontaminaci látky VX

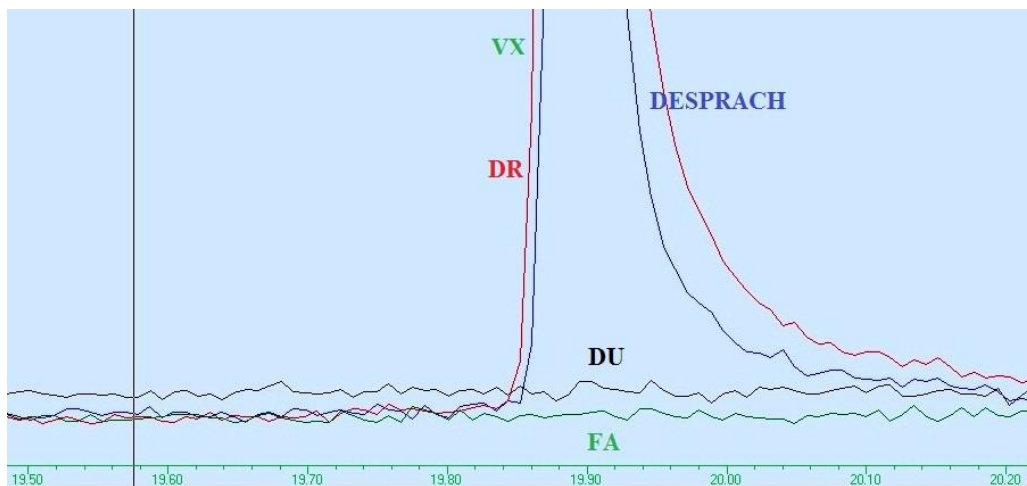
Po dekontaminaci látky VX sorbentem DESPRACH nebo dekontaminační rukavicí FAST-ACT obsahují odpady vysoké koncentrace látky VX, jak vyplývá z chromatogramu na obr. 1, kde látce VX přísluší pik při retenčním čase 19,9 min. Látku VX obsahuje i odpad po stírání ethanolem (obr. 5). Odpady tak evidentně představují vysoké riziko inhalační intoxikace. Obr. 1 zahrnuje též chromatogramy odpadů po použití dekontaminační utěrky RSDL a sorbentu FAST-ACT, které však probíhají v oblasti kolem času 20 min prakticky po základní linii. Pro názornost je detail chromatogramu z obr. 1 znázorněn v časovém rozmezí kolem píku látky VX na obr. 2. Z něho je zřejmé, že kontaminant byl účinkem jak roztoku RSDL, tak sorbentu FAST-ACT zcela rozložen. Závěry pro utěrku RSDL platí v plném rozsahu rovněž pro český prototyp tohoto prostředku. Obr. 1 ukazuje rovněž některé rozkladné produkty látky VX.



Obr. 1

Chromatogram odpadů po dekontaminaci látky VX sorbentem DESPRACH a dekontaminační rukavicí (DR)

Uvedené chromatogramy nabízejí ještě jedno srovnání. Sorbent FAST-ACT s vysokou výtěžností rozložil látku VX zcela ve smyslu obsahu propagačních materiálů výrobce. Dekontaminační rukavice, která je plněna shodným sorbentem, však i po 24 hodinách obsahovala velké množství látky VX. Z toho lze s vysokou určitostí usuzovat, že kontaminant zůstává v povrchové vrstvě textilie, přes kterou se nedostává k sorbentu. Tato skutečnost může být i jednou z příčin nízké dekontaminační účinnosti prostředku [6].

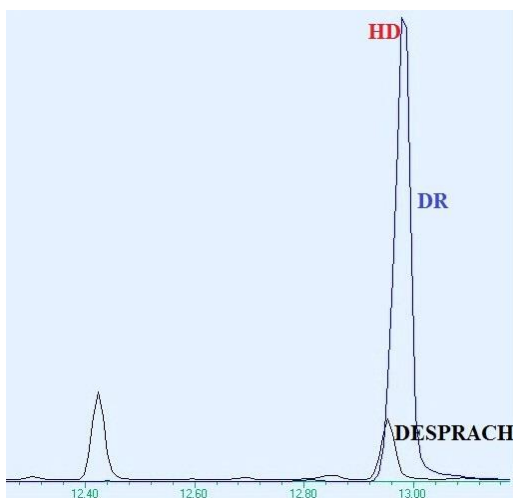


Obr. 2

Chromatogram odpadů po dekontaminaci látky VX sorbentem DESPRACH, dekontaminační rukavicí (DR), sorbentem FAST-ACT (FA) a dekontaminační utěrkou RSDL (DU) – detail chromatogramu z obr. 1

Odpady po dekontaminaci sulfidického yperitu

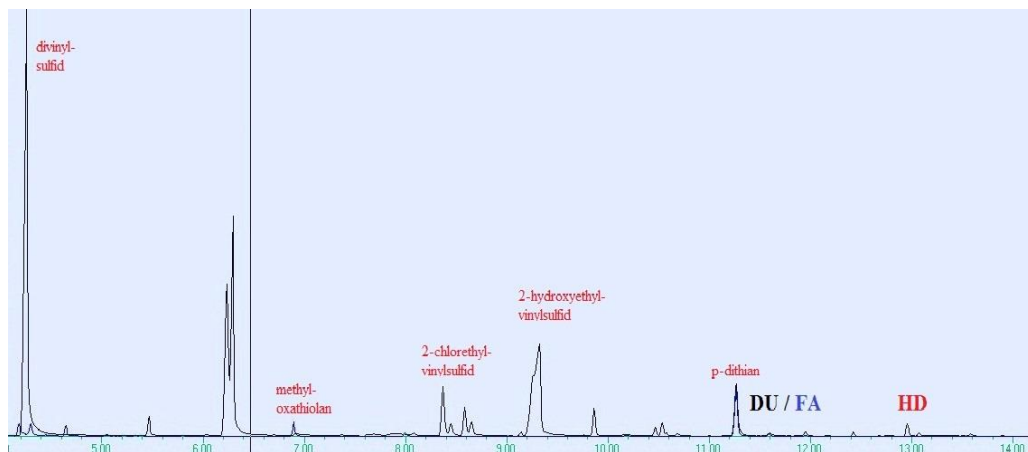
Po dekontaminaci sulfidického yperitu představují opět zvýšené riziko odpady po použití sorbentu DESPRACH, dekontaminační rukavice (viz obr. 3) i stírání ethanolem. Na chromatogramech jsou výrazné píky yperitu při retenčním čase kolem 13 min.



Obr. 3

Chromatogram odpadů po dekontaminaci sulfidického yperitu sorbentem DESPRACH a dekontaminační rukavicí (DR)

Chromatogram na obr. 4 ukazuje, že jak sorbent FAST-ACT (modrý chromatogram), tak dekontaminační utěrky RSDL nebo český prototyp utěrky (černý chromatogram) vysoce účinně rozkládají yperit na produkty deklarované výrobcí. V odpadu po použití utěrky bylo nalezeno nepatrné množství yperitu, které představuje nevýznamné riziko. Sorbent FAST-ACT rozložil kontaminant beze zbytku. Tento závěr a vysoký obsah yperitu v rukavici opět potvrdil rozpor uvedený při hodnocení odpadů po dekontaminaci látky VX.



Obr. 4

Chromatogram odpadů po dekontaminaci sulfidického yperitu sorbentem FAST-ACT (FA) a dekontaminační utěrkou RSDL (DU)

Odpady po dekontaminaci o-kresolu a akrylonitrilu

Stejně jako v případě látky VX a yperitu byly analyzovány odpady po dekontaminaci o-kresolu a akrylonitrilu. Příslušné chromatografy uvádí výzkumná zpráva [2].

Bylo zjištěno, že jak dekontaminační utěrky, tak sorbent FAST-ACT tyto kontaminanty nerozkládají na netoxické produkty. V jejich případě se vlastně jedná o dekontaminaci na fyzikálním principu a nikoliv na chemickém. U utěrky se tedy uplatňuje otírání povrchu rozpouštědlem a u prostředku FAST-ACT prostá sorpce. Je však třeba připomenout, že utěrka je primárně určena pro dekontaminaci bojových chemických látek.

Dílčí závěry z testování rizik odpadů

V případě dekontaminace průmyslových škodlivin byly při aplikaci všech testovaných prostředků a postupů produkovány nebezpečné odpady, jejichž riziko je závislé na toxicitě kontaminantu. U prostředků na fyzikálním principu platí tento závěr i pro dekontaminaci bojových chemických látek.

Z uvedeného hodnocení nebezpečnosti odpadů z aplikace prostředků individuální dekontaminace vyplývá pro uživatele jednoduchá otázka: „Co s nimi?“ **Návody ani metodické materiály k ověřovaným prostředkům na tuto otázku neodpovídají.** Pouze návod k dekontaminační utěrce uvádí, že odpad se likviduje v souladu s platnou legislativou daného státu.

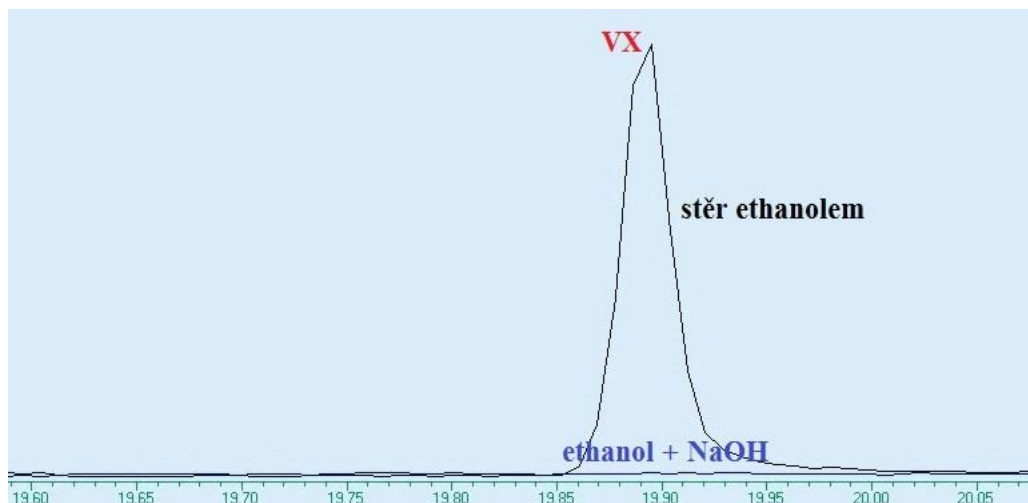
Je nutné přiznat, že zejména dekontaminační prostředky na bojové chemické látky určené především pro vojska nepředpokládají nějaký menší lokální problém, ale rozsáhlá kontaminovaná území, ve kterých odhozená kontaminovaná utěrka či rozprášený sorbent relativně nepředstavují riziko, které by bylo třeba řešit. U zásahů jednotek HZS krajů se však vůbec nemusí jednat o velký kontaminovaný prostor, přičemž při nutnosti pokračování v zásahu mohou nastat podobné situace:

- hasič má na ruce vysoce kontaminovanou dekontaminační rukavici,
- zbytky po dekontaminaci jsou vysoce kontaminované utěrky nebo přifezy po otírání alkoholem,
- po aplikaci sorbentu na svislý povrch se v okolí dekontaminované plochy šíří jemný vysoce kontaminovaný sorbent, který nejen padá na zem, kterou kontaminuje, ale může ohrozit osoby i inhalačně.

Je nutno znovu opakovat, že žádná metodika tento rozpor neřeší. Aby se vlastně nejednalo o pouhý přenos kontaminace z místa na místo, ale o faktickou dekontaminaci, musely by jednotky HZS krajů být vybaveny dalším prostředkem k likvidaci odpadů.

Návrh řešení likvidace odpadů pro postup založený na otírání povrchů ethanolem

Pro aplikaci postupu otírání povrchu ethanolem neexistuje komerční prostředek, což autorům umožnilo navrhnout vlastní postup nakládání s odpadem [10]. Spočívá ve shromáždění všech tamponů, použitých k otírání povrchů, v nádobě a posypání pevným hydroxidem sodným. Příklady chromatogramů na obr. 5 a 6 ukazují, jaký je výsledný efekt.



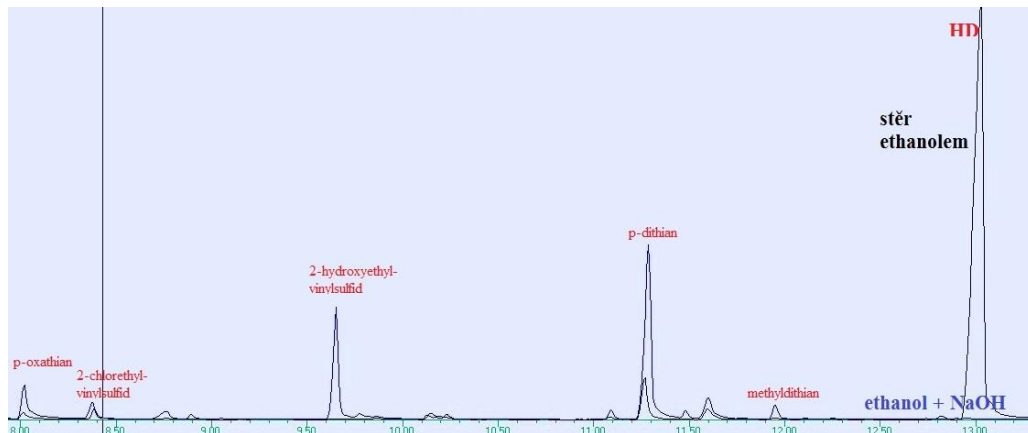
Obr. 5

Chromatogram odpadů bezprostředně po dekontaminaci látky VX otíráním povrchů ethanolem („stěr ethanolem“) a po zasypání hydroxidem sodným a 24 hodinách působení („ethanol + NaOH“)

Po 24 hodinách působení hydroxidu nebyl v odpadních přířezech identifikován žádný z kontaminantů, čímž se riziko odpadu výrazně snižuje. Chromatogramy odpadů po dekontaminaci látky VX (obr. 5) i sulfidického yperitu (obr. 6) ukazují, že vysoká koncentrace

hydroxidu sodného ve vodně alkoholickém prostředí představuje prostředí vhodné k jejich rozkladu. Yperit se přitom rozkládá na podobné produkty jako účinkem dekontaminační utěrky či sorbentem FAST-ACT.

Rozkládá se rovněž akrylonitril, v rozkladných produktech převažuje netoxický propionan sodný. V případě o-kresolu jistě nedochází k žádnému rozkladu, ale k reakci na kresolát sodný, který v žádném případě neohrožuje osoby inhalačně.



Obr. 6

Chromatogram odpadů bezprostředně po dekontaminaci sulfidického yperitu otíráním povrchů ethanolem („stěr ethanolem“) a po zasypání hydroxidem sodným a 24 hodinách působení („ethanol + NaOH“)

CELKOVÉ ZHODNOCENÍ TESTOVANÝCH POSTUPŮ A PROSTŘEDKŮ

Celkové zhodnocení testovaných postupů a prostředků uvádí tab. 1, která zahrnuje rovněž výsledky předcházejícího testování dekontaminační účinnosti [6]. V tabulce jsou pro přehlednost pozitivní parametry zvýrazněny tučně a negativní kurzívou.

Tabulka 1
Celkové zhodnocení testovaných postupů a prostředků

Parametr	<i>Sorbent DESPRACH</i>	<i>Sorbent FAST-ACT</i>	<i>Rukavice FAST-ACT</i>	<i>Utěrka RSDL</i>	<i>Utěrka český prototyp</i>	<i>Aplikátor pěny Hvězda</i>	<i>Otírání ethanolem</i>
Dekontaminační účinnost na bojové chemické látky	velmi vysoká	nevýrazně nižší než Desprach	<i>nízká</i>	nevýrazně nižší než Desprach	nevýrazně nižší než Desprach	proti Desprachu nižší na yperit	srovnatelná s Desprachem
Dekontaminační účinnost na vybrané průmyslové škodliviny	<i>snížená</i>	<i>velmi nízká na kresol</i>	<i>velmi nízká na kresol</i>	srovnatelná s Desprachem	srovnatelná s Desprachem	nebyl testován	velmi vysoká
Možnost dekontaminace těžko přístupných míst	ano	ano	<i>ztížená</i>	ano	ano	ano	ano
Možnost dekontaminace svislých ploch	<i>ztížená</i>	<i>ne</i>	ano	ano	ano	ano	ano
Potřeba vody na oplach	ne	ne	ne	<i>ano</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>	ne
Možnost dekontaminace za mrazu	ano	ano	ano	<i>ano bez oplachu</i>	<i>ano bez oplachu</i>	<i>ne</i>	ano
Riziko vysoké toxicity odpadů po dekontaminaci BCHL	<i>ano</i>	ne	<i>ano</i>	ne	ne	ne	<i>ano</i>
Riziko vysoké toxicity odpadů po dekontaminaci průmyslových škodlivin	<i>ano</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>	<i>ano</i>
Stanovený postup nakládání s odpadem	<i>ne</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>	<i>velmi obecně</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>	ano^{a)}
Doba expirace, roky	není známa	5	5	<i>3</i>	<i>3^{b)}</i>	<i>3^{b)}</i>	není stanovena
Dekontaminační plocha, dm ²	10	50^{c)}	<i>4^{c)}</i>	<i>4^{c)}</i>	<i>4^{c)}</i>	<i>4^{c)}</i>	-
Opakovatelnost s jedním prostředkem	ano	ano	<i>ne</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>	<i>ne</i>
Cena za 1 ks, Kč bez DPH	<i>již se nevyrábí</i>	<i>4000,-^{b)}</i>	<i>555,-</i>	<i>750,-</i>	<i>700,-^{b)}</i>	<i>ještě se nevyrábí</i>	-

Poznámky k tabulce:

- a) Viz předcházející kapitola.*
- b) Jedná se o odhad autorů na základě porovnání s podobným výrobkem.*
- c) Dekontaminační plocha není stanovena výrobcem. Hodnota závisí na výchozí hustotě kontaminace a byla odhadnuta na základě vlastní zkušenosti s aplikací prostředku.*

Konkrétní jednotlivé testované prostředky a postupy individuální dekontaminace lze na základě jejich studia stručně hodnotit takto:

1. Sorbent **DESPRACH** byl pro práci zvolen jako referenční. Je vysoce účinný na bojové chemické látky, středně účinný na jiné škodliviny. Práce s ním je velmi jednoduchá, určité potíže činí dekontaminace svislých ploch, kdy na zem padají jemné částice sorbentu s obsahem kontaminantu, částice se mohou proudem vzduchu vířit, což představuje riziko inhalační otravy. Toxicitu odpadů lze považovat za rozhodující nevýhodu prostředku. Sorbent je využitelný i pro dekontaminaci nekryté pokožky.
2. **Sorbent FAST-ACT** představuje moderní prostředek s dobrou dekontaminační účinností, k jehož hlavním přednostem proti prostředku DESPRACH patří skutečnost, že sorbované bojové chemické látky rozkládá, takže v případě těchto kontaminantů není třeba řešit vysokou toxicitu odpadů. Jeho aplikační forma, kterou je samotná plastová láhev s 0,5 kg sorbentu, umožňuje na rozdíl od většiny ostatních prostředků vícenásobné použití, ale na druhé straně ho diskvalifikuje prakticky jenom k použití na vodorovných plochách.
3. **Dekontaminační rukavice FAST-ACT** obsahuje výše uvedený sorbent, avšak ve srovnání s aplikací samotného sorbentu postrádá jeho hlavní pozitivní vlastnosti, kterými jsou dostatečná dekontaminační účinnost a rozklad bojových chemických látek. Naopak tím, že umožňuje dekontaminaci svislých ploch i stropů, odstraňuje hlavní nedostatek předcházejícího prostředku. Testovaná aplikační forma rukavice v praxi jen obtížně může zajistit po celé kontaminované ploše účinný kontakt s aktivním povrchem rukavice. Analýza odpadů potom ukázala, že aktivní („nasákavá“) textilie rukavice nepropouští dostatečně kontaminant k sorbentu, a tak zůstává na povrchu kontaminována.
4. **Dekontaminační utěrky** byly testovány dvě, a to typ RSDL a dále český prototyp prostředku. Obě utěrky byly velmi podobné po stránce účinnosti dekontaminace a ostatních parametrů, proto následující závěry jsou platné pro obě. Jedná se o účinné dekontaminační prostředky, které byly dermatologicky testovány a jsou použitelné i na nekrytou pokožku. Vyznačují se vlastnostmi charakteristickými pro moderní prostředek individuální dekontaminace (nízká hmotnost, malé rozměry, jednoduchost použití, vysoká účinnost). Po setření povrchu kontaminovaného bojovou chemickou látkou kontaminant rozkládají. U ostatních škodlivin se uplatňuje fyzikální princip rozpouštění v organickém rozpouštědle, který je dostatečně účinný, ale jsou produkovány nebezpečné odpady. Rozhodující nevýhodou je cena, zvláště po zvážení tříleté doby expirace.
5. **Aplikátor pěny Hvězda** představuje dle názoru autorů perspektivní prostředek individuální dekontaminace. Byl úspěšně ověřen pouze při dekontaminaci bojových chemických látek. Pro oba kontaminanty byla prokázána dostatečná účinnost. Negativem bylo značné narušení nátěru ocelového plechu po jeho aplikaci. Dle informací řešitelů dosud nebyl ukončen vývoj ani nebylo zaujato stanovisko k jeho výrobě. Proto je jakékoliv hodnocení předčasné a není k němu k dispozici dostatek podkladů.
6. Postup dekontaminace založený na **otírání ethanolem** se v tab. 1 vyznačuje nejnižším počtem „mínusů“. Proto byl tento postup dále rozpracován až do konkrétního prostředku a metodického postupu [10]. Hlavní přednosti postupu proti ostatním testovaným jsou následující:
 - v průměru nejúčinnější postup na všechny zkoušené kontaminanty,
 - nejlevnější postup,
 - jediný postup, který řeší nakládání s nebezpečnými odpady,
 - postup je využitelný při teplotách hluboko pod 0 °C,
 - postup s vysokým stupněm flexibility a různými možnými variantami provedení.

Takto formulované závěry se týkají výsledků uvedeného testování prostředků individuální dekontaminace. V žádném případě nemají vyvolat pocit, že využitelnost známých

technických prostředků a vývoj nových nejsou opodstatněné. Je třeba si uvědomit, že hodnocení studovaných prostředků bylo provedeno z hlediska potřeb jednotek HZS, které na nebezpečné látky zasahují v průměru denně 14krát. Avšak rozhodujícím motorem výzkumu nových dekontaminačních principů a vývoje odpovídajících technických řešení jsou potřeby armád pro specifické podmínky, tj. pro nasazení v bojové činnosti. Za takových podmínek, kdy se předpokládá rozsáhlá kontaminace teritoria, vojenských jednotek, jejich výstroje a výzbroje, nemá zřejmě smysl zabývat se likvidací drobného odpadu. K aspektu vysoké dekontaminační účinnosti postupu otírání ethanolem je třeba ještě vzpomenout, že zatímco testování účinnosti ostatních prostředků bylo prováděno přesně podle návodu k prostředku, aplikace ethanolu byla provedena podle vlastní vypracované metodiky. Ta spočívá v odsátí kapek kontaminantu a trojnásobném otření povrchu vždy „čistým“ ethanolem. Je logické, že účinnost takového postupu musí být vyšší než účinnost v případech, kdy se povrch neotírá vůbec nebo kdy se otírá stále toutéž směsí.

ZÁVĚR

Práce hodnotí u testovaných prostředků individuální dekontaminace jejich uživatelské vlastnosti, nebezpečnost odpadů a způsob nakládání s nimi, ekonomickou náročnost a jiné aspekty. Z porovnání vyplynulo, že všechny testované komerční prostředky se vyznačují určitou nevýhodou, ať již je to vysoká cena, krátká doba expirace, potřeba vody na oplach povrchu, vysoké riziko nakládání s kontaminovaným odpadem apod.

V porovnání vychází nejlépe postup založený na otírání povrchů ethanolem. Jedná se evidentně o nejlevnější postup, který je vysoce účinný na všechny zkoušené kontaminanty a vyznačuje se vyřešeným způsobem nakládání s nebezpečnými odpady, využitelností při teplotách hluboko pod 0 °C, jednoduchostí provedení i na těžko přístupných místech a svislých plochách.

Résumé

The article evaluates by the tested means of individual decontamination their user properties, waste risks and waste management, economic demands and other aspects. The comparison result is that all tested commercial means are characterized by any disadvantage for example high price, short expiration time, need of water for rinsing, high risks of contaminated waste etc.

The procedure based on the wiping with ethanol appears as the best. This procedure is the cheapest, highly effective for all tested contaminants. It is characterized by resolved way of waste management, by usability at very low temperature far below zero and by simplicity of implementation on hardly accessible places and vertical surfaces.

Příspěvek vznikl v rámci projektu "Bezpečnost občanů – krizové řízení" (VF20112015018).

Literatura

- [1] ČAPOUN, Tomáš a Jana KRYKORKOVÁ. Zabezpečení individuální dekontaminace nebezpečných chemických látek v HZS ČR. Část 1: Význam a prostředky individuální dekontaminace. *The Science for Population Protection*, 2013, roč. 5, č. 3, s. 5–19.

- [2] ČAPOUN, Tomáš a Jana KRYKORKOVÁ. *Porovnání vybraných postupů a prostředků individuální dekontaminace*. [Výzkumná zpráva]. Lázně Bohdaneč: MV – GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2012. 67 s.
- [3] SKALIČAN, Z. Dekontaminace. In: PITSCHMANN, V. aj. *Chemické zbraně a ochrana proti nim*. Praha: MANUS, 2011, s. 135–161. ISBN 978-80-86571-09-6.
- [4] CABAL, J. Primární dekontaminace osob. In: PITSCHMANN, V. aj. *Chemické zbraně a ochrana proti nim*. Praha: MANUS, 2011, s. 162–170. ISBN 978-80-86571-09-6.
- [5] ČASTULÍK, P. a J. SLABOTÍNSKÝ. Dekontaminace osob – mýty a skutečnost. In: *Sborník přednášek XII. ročníku mezinárodní konference „Ochrana obyvatelstva – DEKONTAM 2013“*. Ostrava: SPBI, 2013, s. 19–24. ISBN 978-80-7385-122-4.
- [6] ČAPOUN, Tomáš a Jana KRYKORKOVÁ. Zabezpečení individuální dekontaminace nebezpečných chemických látek v HZS ČR. Část 2: Porovnání dekontaminační účinnosti vybraných prostředků a postupů. *The Science for Population Protection*, 2014, roč. 6, č. 2, s. 93–103.
- [7] *Chemical Hazard Containment and Neutralization System*. User Manual. Manhattan: NanoScale Corporation. 7 s.
- [8] ČAPOUN, Tomáš a Jana KRYKORKOVÁ. *Poloprovozní zkoušky dekontaminace bojových chemických látek za nízkých teplot*. [Výzkumná zpráva]. Lázně Bohdaneč: MV – GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2013. 49 s.
- [9] *Identifikace látek metodou GC/MS*. 3. vyd. [SOP I03]. Lázně Bohdaneč: MV – GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2012. 22 s.
- [10] ČAPOUN, Tomáš a Jana KRYKORKOVÁ. *Projekt soupravy pro individuální dekontaminaci hasiče INDEHA*. [Výzkumná zpráva]. Lázně Bohdaneč: MV – GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2012. 22 s.