

**ZABEZPE ENÍ INDIVIDUÁLNÍ DEKONTAMINACE
NEBEZPE NÝCH CHEMICKÝCH LÁTEK V HZS R.
ÁST 2: POROVNÁNÍ DEKONTAMINÁ NÍ Ú INNOSTI
VYBRANÝCH PROST EDK A POSTUP**

**ENSURING OF INDIVIDUAL DECONTAMINATION OF
DANGEROUS CHEMICALS IN THE FIRE RESCUE SERVICE OF
THE CZECH REPUBLIC.
PART 2: COMPARISON OF DECONTAMINATION EFFECTIVENESS
OF SELECTED MEANS AND PROCEDURES**

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

Abstract

The decontamination effectiveness of selected procedures and means of individual decontamination (decontamination by sorbent, decontamination glove and cloth, two-chamber device, wiping with alcohol) was verified during the decontamination of protective clothing samples and steel plate coated with paint contaminated by agent VX, sulfide yperite, o-cresol and acrylonitrile, and was compared with the effectiveness of the device Desprach.

Key words

Chemical warfare agent, decontamination, decontamination effectiveness, residual contamination, warfare poisonous substance, individual decontamination, decontamination glove, decontamination cloth, sorbent Desprach.

ÚVOD

Individuální dekontaminace představuje postup dekontaminace kontaminovaných částí povrchu t la, prost edk individuální ochrany a v cných prost edk bezprost edn po kontaminaci, který se provádí svépomocí nebo vzájemnou pomocí s využitím p edepsaných i improvizovaných prost edk [1, 2]. Jedná se o velmi významné protichemické opat ení proti následk m nekontrolovaného úniku bojových chemických a jiných nebezpe ných látek do prost edí v p ípad akcí chemického terorizmu, vále ného konfliktu, provozních havárií i jiných mimo ádných událostí.

Jak p ední e-čí [3-5], tak zahrani ní [20, 21] odborníci v oblasti dekontaminace považují individuální dekontaminaci za zcela zásadní a prvo adé opat ení pro minimalizaci následk kontaminace. P esto zhodnocení sou asného stavu dané oblasti u jednotek HZS kraj vyústilo v záv r, že individuální dekontaminace není zabezpe ena po technické ani metodické stránce jak v HZS R [1, 2], tak u ostatních slošek IZS [5].

K napln ní zám ru odstranit tento nedostatek v podmínkách jednotek HZS kraj a navrhnout jejich vybavení pro individuální dekontaminaci bojových chemických a jiných nebezpe ných látek bylo provedeno zhodnocení dekontamina ní ú inností n kterých komer ních prost edk a b fn užívaných postup .

OBSAH TESTOVÁNÍ DEKONTAMINACE A ÚČINNOSTI

Z **prostředků individuální dekontaminace** byly do testování zařazeny dekontaminant nano-sorbent FAST-ACT z aplikací láhve, dekontaminant rukavice FAST-ACT, dekontaminant ruky RSDL, prototyp české dekontaminant ruky, prototyp dvoukomorového aplikátoru pro ruku Hvězda a prostředek DESPRACH z plastové lahvičky ze soupravy ZPJ-80. Všechny uvedené prostředky popisuje předcházející publikace [1].

Prostředky byly dále doplněny postupem založeným na stírání kontaminovaného povrchu ethanolom a pro srovnání též isopropylalkoholem. Tyto postupy na fyzikálním principu byly zařazeny z toho důvodu, že odborníky v oblasti dekontaminace byly pro HZS R doporučený k zabezpečení individuální dekontaminace v zimních podmínkách [6].

Ze skladby uvedených prostředků individuální dekontaminace vyplývá, že v rámci této práce se jedná o všechny perspektivní směry vývoje individuální dekontaminace zahrnujících postupy na mechanickém, fyzikálním i chemickém principu.

Volba **zkoušebních povrchů** vycházela ze skutečných potřeb jednotek HZS R. Lze předpokládat, že pro individuální dekontaminaci by připadaly v úvahu především povrchy opatřené nátěry a materiály protichemické ochrany. Při dodržování všech zásad zásahu na nebezpečnou látku by v praxi nemělo dojít ke kontaminaci pokožky hasiče. Proto byly postupy individuální dekontaminace testovány na vzorcích ocelového plechu s nátěrem (jednalo se o bílý venkovní nátěr, o němž je závěrem předcházejících výzkumných prací [17] známo, že patří k nejvhodnějším dekontaminovatelným povrchům z hlediska vysokého stupně difúze kontaminantu a jeho rozpouštění nátěru v látce) a materiálu speciálního ochranného odvozu SOO CO, u něhož je ochranná vrstva tvořena gumovou směsí na bázi butylkaučuku, nosná tkanina je polyesterová. Tento materiál také představuje vhodný a dostupný substituent lidské kůže [7].

Jako **kontaminanty** byly použity předepsané [8] bojové chemické látky o látka VX a sulfidický yperit. Tyto látky byly vybrány z rozdílných vybraných pro myšlené toxické látky, mezi nimiž byly zvoleny o-kresol, jako zástupce vysoce stabilních chemických kontaminantů, a akrylonitril, jako představitel vysoce toxických látek s nízkou hodnotou přípustné povrchové kontaminace.

K vyhodnocení **zbytkové kontaminace** bylo předistoupeno z hlediska nejvyšších přípustných hodnot. Pro bojové chemické látky a dotyk nechráněnou kůží uvádí tyto hodnoty obranný standard [8], a to 1 mg/m^2 pro látku VX a 10 mg/m^2 pro yperit. Pro pro myšlené křidliviny byly východiskem hodnoty odhadované nejvyšší přípustné povrchové kontaminace [9,10].

V zájmu vyloučení nejednotností kolem hodnot přípustných zbytkových kontaminací bylo rozhodnuto o komparaci hodnot zbytkových kontaminací dosažených testovaným postupem s hodnotami dosaženými na stejném povrchu prostředkem DESPRACH. Tento předpravek lze bezesporu považovat za dostatečně verifikovaný nesčetnými laboratorními, provozními i vojenskými zkouškami, což vyplývá už z toho, že byl zaveden jak do Armády R, tak do systému civilní obrany. K tomu nutno doplnit, že při ověření prostředků individuální dekontaminace provádějí porovnání s předpravkem DESPRACH i erudovaná armádní výzkumná pracoviště [7,12].

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Kontaminace zkoušebních povrchů

Porovnání dekontaminantů účinností bylo realizováno při dekontaminaci následujících bojových chemických látek a jiných nebezpečných látek:

- Látky VX [O-ethyl-S-(diisopropylaminoethyl)methylthiofosfonát] (VOZ Zemianské Kosto any, čistota 83 %).

- Sulfidický yperit [bis(2-chlorethyl)sulfid] (VOZ Zemianské Kostó any, čistota 96 %).
- o-Kresol (Lachema, deklarovaná čistota > 96 %).
- Akrylonitril (p.a., PCK, SRN, deklarovaná čistota > 98 %).

Jako zkušební povrchy byly použity:

- ocelové plechy 100 x 100 x 1 mm opatřené na jedné straně venkovním nátěrem šUniversal lesklý (Balakom, SR, číslo 04/90); stáří nátěru minimálně 1 rok;
- část speciálního ochranného oděvu SOO CO, velikost 100 x 100 x 1,8 mm, bezevrstevná; ochranná vrstva je tvořena gumovou směsí na bázi butylkaučuku, nosná tkanina je polyesterová.

Vzorky zkušebních povrchů byly kontaminovány ve vodorovné poloze kapkami stejného kontaminantu. Kontaminace byla provedena pomocí elektronické stříkačky eVol (SGE Analytical Science, Austrálie) na hustoty uvedené v tab. 1.

Doba expozice vzorků v-emi kontaminanty činila 5 minut. Vzorky byly po celou dobu expozice ve vodorovné poloze.

Pro každý povrch, každý kontaminant a každý dekontaminační postup bylo provedeno vždy 5 paralelních zkoušek.

*Tabulka 1
Provedení kontaminace zkušebních povrchů*

<i>Kontaminant</i>	<i>Objem 1 kapky, μl</i>	<i>Počet kapek na plochu 100 x 100 mm</i>	<i>Hustota kontaminace (po expozici na jednotku látky), g/m^2</i>
Látka VX	1	25	2,1
Sulfidický yperit	2	41	10
o-Kresol	10	48	50
Akrylonitril	10	62	50

Dekontaminace

Oba zkušební povrchy byly při dekontaminaci v-ech kontaminantů v-emi ovládanými postupy ve vodorovné poloze. Dekontaminační prostředky byly aplikovány následujícími postupy podle návodu k použití, ostatní postupy byly specifikovány experimentálně:

- **Prostředek DESPRACH:** při testech byl použit prostředek DESPRACH (Léčiva Praha), číslo číslo 030388 a 111190. Stiskem lahvičky byl celý kontaminovaný povrch 10 x 10 cm pokryt sorbentem, který byl buněčným písečkem 5 x 5 cm roztržán na povrchu po dobu 30 s. Potom byl DESPRACH oklepáním odstraněn z povrchu, případný podíl sorbentu ulpělý na povrchu byl smeten písečkem.
- **Dekontaminační nano-sorbent FAST-ACT:** byl použit sorbent z aplikací láhve obsahující 0,5 kg sorbentu FAST-ACT (NanoScale Corp., USA, číslo číslo 15-0192, exp. 10/2017). Kontaminovaný povrch byl posypán písečkem z láhve sorbentem do výšky vrstvy cca 3 mm [13]. Po 3 minutách sorpce, kdy bylo podle propagačních materiálů dekontaminační účinek kulminovat [13], byl sorbent z povrchu odstraněn sklepním.
- **Dekontaminační rukavice FAST-ACT:** byly testovány dekontaminační rukavice FAST-ACT (RSDecon, USA, číslo číslo 15-0178, exp. 07/2017). Kontaminovaný povrch byl otírán dekontaminační částí rukavice do očištění povrchu [13], což na ploše 10 x 10 cm vyžadovalo cca 0,5 minuty.

- **Dekontamina ní ut rky:** byla ov ena dekontamina ní ú innost 2 prost edk , a to dekontamina ní ut rky RSDL (E-Z-EM Canada Inc., íslo –arfe 60827, exp. 02/2015) a eského prototypu dekontamina ní ut rky (ORITEST s.r.o. Praha, íslo –arfe 01-10-12). Oba testované prost edky byly poufity shodným postupem, kdy kontaminovaný povrch byl otírán houbí kou s dekontamina ním inidlem po dobu 0,5 minuty. Po 2 minutách od zahájení otírání byl povrch 10 x 10 cm opláchnut ze st í ky 50 ml vody.
- **Aplikátor p ny Hv zda:** aplikátor fy Decomkov byl napln n dvouslofkovou sm sí, tzv. modifikací Hv zda KK, sestávající ze základního roztoku tenzid a peroxidu sodíku. T sn p ed poufítím byly ob slofkky promíchány vytáhnutím táhla aplikátoru a t epáním. Sm sí bylo t epáno do p echodu jejího zbarvení z bílého do erveného po dobu cca 40 s. Potom byla na kontaminovaný zku–ební povrch nanesena p na o pr m rné tlou– ce vrstvy 2 mm. Doba p sobení dekontamina ní p ny ínila 5 minut. Potom byla p na z povrchu opláchnuta 50 ml vody z plastové st í ky.
- **Otírání povrchu alkoholem:** K otírání byly poufity b fln dostupné gázové p í ezy (Kompresy gázové nesterilní, 7,5 x 7,5 cm). V prvé m kroku byly kapky kontaminantu odsáty suchým gázovým p í ezem. Potom byly na dal–í gázový p í ez nakapány asi 3 ml alkoholu a ovlh eným p í ezem byl kontaminovaný povrch otírán. Postup byl je–t opakován dal–ími 2 p í ezy. Zku–ební povrch 10 x 10 cm byl každým ze 4 p í ez otírán asi 7 s. Pro otírání povrch byly ov eny ethanol (líh jemný zvlá–t denaturovaný 1 % léka ského benzinu, LIHO-Blanice, Ml. Vofice) a isopropylalkohol (, Lachema).

Stanovení zbytkové kontaminace

K odb ru vzork z povrch nat ených plech byla pro ú ely zji–t ní zbytkové kontaminace poufita technika st r . St ry byly provád ny t emi vatovými tampony z plochy 10 x 10 cm, z toho dv ma namo enými v rozpou–t dle a t etím suchým. Rozpou–t dla pro st ry uvádí tab. 2. Tampony vaty byly vlofeny do Erlenmeyerových ban k objemu 250 ml a p elity 25 ml p íslu–ného rozpou–t dla k extrakci podle tab. 2.

V p ípad ochranných od v byly zku–ební vzorky 10 x 10 cm p ímo vlofeny do Erlenmeyerových ban k objemu 250 ml a p elity 25 ml p íslu–ného rozpou–t dla k extrakci podle tab. 2. Doba extrakce ínila v obou p ípadech 30 minut.

Tabulka 2
Rozpou–t dla poufítá k odb ru vzork povrch

<i>Kontaminant</i>	<i>Rozpou–t dla pro st ry</i>	<i>Rozpou–t dla pro extrakci</i>
Látka VX	Methanol (p.a., Lach-Ner Neratovice, . –arfe PP/2007/1663)	Methanol (p.a., Lach-Ner Neratovice, . –arfe PP/2007/1663)
Sulfidický yperit	Ethanol (líh jemný zvlá–t denaturovaný 1 % léka ského benzinu, LIHO-Blanice, Ml. Vofice)	Ethanol (líh jemný zvlá–t denaturovaný 1 % léka ského benzinu, LIHO-Blanice, Ml. Vofice)
o-Kresol	Ethanol (líh jemný zvlá–t denaturovaný 1 % léka ského benzinu, LIHO-Blanice, Ml. Vofice)	Hydroxid sodný (p.a., Merck, . –arfe C292682), vodný roztok o koncentraci 0,3 mol/l
Akrylonitril	Ethanol (líh jemný zvlá–t denaturovaný 1 % léka ského benzinu, LIHO-Blanice, Ml. Vofice)	Hydroxid sodný (p.a., Merck, . –arfe C292682), vodný roztok o koncentraci 10 %

Tabulka 3

Vyhodnocení hodnot povrchové zbytkové kontaminace látkou VX po aplikaci prostředků a postupů individuální dekontaminace

<i>Povrch</i>	<i>Dekontaminace prostředků (postup)</i>	<i>Průměrná zbytková kontaminace [mg/m²]</i>	<i>Relativní směrodatná odchylka [%]</i>	<i>Kritérium t</i>	<i>Dekontaminace účinnost [%]</i>
Ochranný oděv	DESPRACH	0,23	6,8	-	99,99
	Sorbent FAST-ACT	0,66	4,8	13,303	99,97
	Rukavice FAST-ACT	4,9	8,2	24,602	99,77
	Utěrka RSDL	0,64	3,8	13,805	99,97
	Utěrka český prototyp	0,76	2,8	18,206	99,96
	Aplikátor Hvězda KK	0,77	11,7	4,123	99,96
	Otírání ethanolem	0,92	3,9	10,242	99,96
	Otírání isopropanolem	0,79	3,5	6,474	99,96
Plech s náterem	DESPRACH	0,17	7,9	-	99,99
	Sorbent FAST-ACT	0,93	7,3	14,337	99,96
	Rukavice FAST-ACT	1,6	6,3	23,860	99,92
	Utěrka RSDL	0,22	16,0	0,193	99,99
	Utěrka český prototyp	0,35	10,4	3,435	99,98
	Aplikátor Hvězda KK	1,3	7,0	6,572	99,94
	Otírání ethanolem	0,76	3,8	8,896	99,96
	Otírání isopropanolem	0,76	4,7	15,026	99,96

Pozn.: výchozí kontaminace 2,1 g/m², povolená zbytková kontaminace 1 mg/m², počet měření n = 5, hladina významnosti = 0,05, t_{KRIT} = 2,306.

Tab. 4 shrnuje výsledky studia dekontaminace **sulfidického yperitu** na zkušebních površích pomocí testovaných prostředků a postupů individuální dekontaminace. Na rozdíl od látky VX, kdy byly prostředky zhruba stejné účinnosti na materiálu ochranného oděvu i natřeném plechu, je nezbytné v případě yperitu hodnotit povrchy odděleně.

Na ochranném oděvu vykazovaly nejvyšší dekontaminace účinnosti sorbent FAST-ACT, Hvězda KK a postup otírání vodou, kterými bylo dosaženo statisticky lepších výsledků než sorbentem DESPRACH. Pod hodnoty povolené kontaminace byl oděv dekontaminován utěrkami. Požadované účinnosti se nepodařilo dosáhnout dekontaminací rukavicí.

Při dekontaminaci plechu s náterem byly jednoznačně nejlepší postupy založené na otírání povrchu alkoholy. Dostatečná účinnost byla rovněž Hvězda KK, se kterou bylo dosaženo statisticky shodných výsledků jako se sorbentem DESPRACH, a dále český prototyp dekontaminace utěrkou. Hodnoty zbytkové povrchové kontaminace po dekontaminaci náturu sorbentem FAST-ACT, dekontaminací rukavicí a utěrkou RSDL jsou srovnatelné a blízké povolené hodnotě.

Celkově je možno konstatovat, že nejlepším postupem individuální dekontaminace sulfidického yperitu je otírání povrchu alkoholem a ne otírání ethanolem. Podobně lepší výsledky než otírání isopropanolem, aniž lze tento závěr uspokojivě vysvětlit.

Tabulka 4

Vyhodnocení hodnot povrchové zbytkové kontaminace sulfidickým yperitem po aplikaci prostředků a postup individuální dekontaminace

Povrch	Dekontaminační prostředek (postup)	Průměrná zbytková kontaminace [mg/m ²]	Relativní směrodatná odchylka [%]	Kritérium t	Dekontaminační účinnost [%]
Ochranný oděv	DESPRACH	5,7	4,2	-	99,94
	Sorbent FAST-ACT	< 0,5	-	-	100,00
	Rukavice FAST-ACT	15	8,2	9,327	99,85
	Útěrka RSDL	9,3	4,8	6,338	99,91
	Útěrka český prototyp	8,1	3,8	4,850	99,92
	Aplikátor Hvězdy KK	< 0,5	-	-	100,00
	Otírání ethanolem	1,6	16,5	5,623	99,98
	Otírání isopropanolem	3,4	9,6	3,727	99,97
Plechovník	DESPRACH	4,7	10,0	-	99,95
	Sorbent FAST-ACT	12	8,1	10,210	99,88
	Rukavice FAST-ACT	15	8,2	9,327	99,85
	Útěrka RSDL	14	7,0	13,574	99,86
	Útěrka český prototyp	10	11,9	6,700	99,90
	Aplikátor Hvězdy KK	3,0	8,9	1,972	99,97
	Otírání ethanolem	< 0,5	-	-	100,00
	Otírání isopropanolem	0,73	4,2	9,532	99,99

Pozn: výchozí kontaminace 10 g/m², povolená zbytková kontaminace 10 mg/m², počet měření n = 5, hladina významnosti = 0,05, t_{KRIT} = 2,306.

Zvolený **o-kresol** je představitelem velmi stabilních polárních kontaminantů. Vyhodnocení povrchové zbytkové kontaminace po aplikaci zkoušených prostředků a postupů uvádí tab. 5. Zkoušky ukázaly na velmi nízkou dekontaminační účinnost dekontaminačních rukavic FAST-ACT, kde se opticky zdálo, že rukavice není schopna sorpce zvládnout vysokou výchozí hustotu kontaminace 50 g/m². Na ochranném oděvu však nebyl uspokojivý ani výsledek po dekontaminaci samotným sorbentem FAST-ACT. Sorbent DESPRACH byl v tomto směru podstatně účinnější.

Lepší výsledky než prostředky se sorbentem FAST-ACT poskytují ob dekontaminační utěrky, a to především na ochranném oděvu, kde českým prototypem utěrky bylo ve srovnání s ostatními postupy dosaženo nejnižších hodnot zbytkové kontaminace. Účinnost na plechovníku je však výrazně nižší než účinnost sorbentu DESPRACH, jak ukazují vysoké hodnoty kritéria t, a je srovnatelná s postupem založeným na otírání isopropanolem. Je to pochopitelné vzhledem ke složení dekontaminačního roztoku RSDL na bázi alkoholu a jejich derivátů. I když utěrky představují prostředky na chemickém principu, v případě dekontaminace kresolů a podobných kontaminantů se zcela jistě bude první uplatňovat fyzikální princip. Je však třeba připomenout, že obě testované utěrky nejsou primárně určeny na pryskyřičné

–kodliviny ale na bojové chemické látky. Naopak propagační materiály k sorbentu FAST-ACT uvádí seznam látek, které by měl prostědek odstranit z povrchu, a mezi nimi je též uveden p-kresol. Na základě výsledků provedených zkoušek nelze vysvětlit žádný rozdíl mezi dekontaminací účinností postupu otírání ethanolem a isopropanolem ani rozdíl mezi oběma utrkami (k tomu by bylo nutné znát složení českého prototypu).

Tabulka 5

Vyhodnocení hodnot povrchové zbytkové kontaminace o-kresolem po aplikaci prostědku a postup individuální dekontaminace

<i>Povrch</i>	<i>Dekontaminace prostědek (postup)</i>	<i>Průměrná zbytková kontaminace [mg/m²]</i>	<i>Relativní směrodatná odchylka [%]</i>	<i>Kritérium t</i>	<i>Dekontaminace účinnost [%]</i>
Ochranný oděv	DESPRACH	250	6,5	-	99,50
	Sorbent FAST-ACT	1500	3,8	31,467	97,00
	Rukavice FAST-ACT	5400	15,2	30,226	89,20
	Utrka RSDL	410	7,1	4,026	99,18
	Utrka český prototyp	< 1	-	-	100,00
	Otírání ethanolem	8,0	14,9	8,738	99,98
	Otírání isopropanolem	910	20,0	19,513	98,17
Plech s nátresem	DESPRACH	93	12,4	-	99,81
	Sorbent FAST-ACT	580	11,7	10,266	98,84
	Rukavice FAST-ACT	5800	10,9	49,135	88,40
	Utrka RSDL	680	14,3	10,354	98,64
	Utrka český prototyp	960	15,4	9,804	98,08
	Otírání ethanolem	8,0	17,3	7,032	99,98
	Otírání isopropanolem	490	8,5	12,741	99,02

Pozn: výchozí kontaminace 50 g/m², povolená zbytková kontaminace 100 mg/m², počet měření n = 5, hladina významnosti = 0,05, t_{KRIT} = 2,306.

Z výsledků dekontaminace **akrylonitrilu** v tab. 6 je na první pohled patrný významný rozdíl mezi dekontaminovatelností ochranného oděvu, kde dostatečnou účinnost vykazovaly pouze postupy založené na otírání ethanolem nebo českým prototypem utrkou (dekontaminace směsivě české utrky obsahuje ethanol, takže po fyzikální stránce se jedná o totálně postupy), a natřeného plechu, který se podařilo dekontaminovat pod přípustnou hodnotu v emisivních postupy.

Nejúčinnějším postupem odstranění akrylonitrilu z povrchu bylo otírání ethanolem. Na rozdíl od předcházejících kontaminantů bylo v průměru nejhorších výsledků dosaženo sorbentem DESPRACH. Na ochranném oděvu bylo srovnatelných výsledků dosaženo sorbentem FAST-ACT a utrkou RSDL, pokud horších výsledků pak rukavicí FAST-ACT.

Při dekontaminaci natřeného plechu vykazovala pekvapivě vysokou účinnost dekontaminace rukavice. Hodnoty zbytkové kontaminace nátrehu po dekontaminaci sorbenty

DESPRACH a FAST-ACT a obma utrkami jsou srovnatelné a ve srovnání s přípustnou kontaminací níží.

Tabulka 6

Vyhodnocení hodnot povrchové zbytkové kontaminace akrylonitrilem po aplikaci prostředků a postup individuální dekontaminace

Povrch	Dekontaminační prostředek (postup)	Průměrná zbytková kontaminace [mg/m^2]	Relativní smrodátná odchylka [%]	Kritérium t	Dekontaminační účinnost [%]
Ochranný oděv	DESPRACH	50	4,8	-	99,90
	Sorbent FAST-ACT	17	3,1	9,378	99,97
	Rukavice FAST-ACT	38	7,5	2,304	99,92
	Utírání RSDL	15	6,6	8,334	99,97
	Utírání obojsměrný prototyp	1,2	5,3	12,979	100,00
	Otírání ethanolem	1,6	13,7	7,733	100,00
	Otírání isopropanolem	25	16,0	3,828	99,95
Plechovník	DESPRACH	9,0	7,6	-	99,98
	Sorbent FAST-ACT	9,4	5,8	0,525	99,98
	Rukavice FAST-ACT	1,6	10,5	11,158	100,00
	Utírání RSDL	6,0	12,4	3,319	99,99
	Utírání obojsměrný prototyp	5,9	11,8	3,648	99,99
	Otírání ethanolem	< 0,2	-	-	100,00
	Otírání isopropanolem	< 0,2	-	-	100,00

Pozn: výchozí kontaminace $50 \text{ g}/\text{m}^2$, povolená zbytková kontaminace $10 \text{ mg}/\text{m}^2$, počet měření $n = 5$, hladina významnosti $= 0,05$, $t_{KRT} = 2,306$.

ZHODNOCENÍ DEKONTAMINAČNÍ ÚČINNOSTI TESTOVANÝCH PROSTŘEDKŮ A POSTUP

Z porovnání dekontaminační účinnosti testovaných prostředků a postupů individuální dekontaminace lze vyvodit následující obecné závěry:

- Jako referenční postup bylo zvoleno roztírání sorbentu DESPRACH. Tento prostředek vykazuje velmi vysokou dekontaminační účinnost na bojové chemické látky a sníženou účinnost na pryskyřičné-kodliviny.
- Postupem založeným na otírání povrchů rukavic se sorbentem FAST-ACT bylo na obou površích dosahováno jednoznačně nejhorších výsledků s výjimkou dekontaminace akrylonitrilu. Na základě zkušeností pracovníků s tímto prostředkem lze vyvodit, že případně nemusí být nedostatečné sorpční vlastnosti pouhého sorbentu, ale může se jednat o to, že z důvodu tvrdosti materiálu rukavice je v praxi velice obtížné zajistit po celé kontaminované ploše účinný kontakt s aktivním povrchem rukavice.
- U dekontaminačních prostředků a sorbentu FAST-ACT byla navíc výjimky prokázána srovnatelná účinnost.

4. Průmyslový prototyp dekontaminace rukavic vykazoval ve srovnání s rukavicí RSDL nevýraznou výšinou účinnosti na yperit, akrylonitril a kresol (rozdíl byl výrazný na povrchu ochranného oděvu) a nižší na látku VX.
5. Sorbent FAST-ACT nedostatečně odstraňuje z povrchu kresol, který je v materiálech výrobce uveden mezi zájmovými kontaminanty. Nelze pochybovat, že tímto sorbentem by obecně bylo dosaženo u všech kontaminantů podstatně lepších výsledků, pokud by byl stejně účinný jako DESPRACH na povrchu roztírání. V návodu k použití tohoto kroku není uveden a není k dispozici ani žádný prostředek k roztírání.
6. Aplikátor použití rukavic KK byl testován jen na bojové chemické látky. Ve srovnání se sorbentem DESPRACH byl účinnější na yperit ale méně účinný na látku VX.
7. Jediným postupem, kterým na všech površích a u všech kontaminantů bylo provedeno snížení povrchové kontaminace pod hodnotu přípustné zbytkové kontaminace, bylo otírání povrchu ethanolem.
8. Postup otírání povrchu ethanolem je účinnější, než kdyby se stejným způsobem použil isopropylalkohol.

ZÁVĚR

Pro účely zabezpečení individuální dekontaminace u HZSR byly studovány vhodné postupy a postupy. Účinnost vybraných postupů a postupů individuální dekontaminace (dekontaminace sorbentem, dekontaminace rukavice a rukavic, dvoukomorový prostředek, stírání alkoholem) byla ověřena při dekontaminaci vzorků protichemického oděvu a natřeného ocelového plechu kontaminovaných látkou VX, sulfidickým yperitem, o-kresolem a akrylonitrilem a byla porovnávána s účinností použití prostředku DESPRACH.

Byl zjištěn značný rozdíl v dekontaminaci účinnosti testovaných postupů 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.

Résumé

We studied suitable means and procedures in order to ensure individual decontamination for FRS of the CR. The effectiveness of selected procedures and means of individual decontamination (decontamination by sorbent, decontamination glove and cloths, two-chamber means, wiping with alcohol) was verified during the decontamination of samples of protective clothing and coated steel plate contaminated by agent VX, sulfide yperite, o-cresol and acrylonitrile and compared with the effectiveness of the means DESPRACH.

We found a marked difference in the decontamination effectiveness of the tested means and procedures for individual contaminants. The only procedure by which, on all surfaces and with all contaminants, we achieved lower surface contamination i.e. under the level of allowable residual contamination, was wiping with ethanol.

Literatura

- [1] APOUN, T. a J. KRYKORKOVÁ. Zabezpečení individuální dekontaminace nebezpečných chemických látek v HZSR. Část 1: Význam a postupy individuální dekontaminace. *The Science for Population Protection*. 2013, ro. 5, . 3, s. 5619.

- [2] APOUN, T. a J. KRYKORKOVÁ. *Porovnání vybraných postupů a prostředků individuální dekontaminace*. [Výzkumná zpráva]. Lázně Bohdane : MV a G 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. 1356161. 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. 1626170. ISBN 978-80-86571-09-6.
- [5] ASTULÍK, P. a J. SLABOTÍNSKÝ. Dekontaminace osob a mytí a skutenosti. In: *Sborník přednášek XII. ročníku mezinárodní konference š Ochrana obyvatelstva a DEKONTAM 2013*. Ostrava: SPBI, 2013, s. 19624. ISBN 978-80-7385-122-4.
- [6] SEVERA, J. a J. CABAL. *Rozbor možnosti detoxikace povrchů za nízkých teplot jednotlivými HZS ČR*. [Studie]. Praha: Decomkov, 2011. 36 s.
- [7] OLŠANSKÁ, M. *Hodnocení účinnosti dekontaminace rukavice*. Brno: Vojenský technický ústav ochrany, 2004. 3 s.
- [8] *Dekontaminace látky a směsi*. [eský obranný standard 681001]. Praha: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověření jakosti, 2007. 24 s.
- [9] APOUN, T. *Stanovení vybraných pramyslových škodlivin na povrchích*. [Výzkumná zpráva]. Lázně Bohdane : Institut CO SFR, 1991.
- [10] APOUN, T., J. KRYKORKOVÁ, O. MIKA, L. NAVRÁTILOVÁ a I. URBAN. *Chemické havárie*. Praha: MV a G HZS ČR, 2009. 152 s. ISBN 978-80-86640-64-8.
- [11] MATOUŠEK, J., I. URBAN a P. LINHART. *CBRN Detekce, monitorování, fyzická ochrana, dekontaminace*. Ostrava: SPBI, 2008. 232 s. ISBN 978-80-7385-048-7.
- [12] CABAL, J. aj. *Zkoušky odmožnění účinnosti odmožňovacích rukavic plněných Desprachem*. Hradec Králové: Katedra toxikologie Fakulty vojenského zdravotnictví UO, 2005. 7 s.
- [13] *Chemical Hazard Containment and Neutralization System*. User Manual. Manhattan: NanoScale Corporation. 7 s.
- [14] *Stanovení nervových paralytických bojových otravných látek biochemickou fotometrickou metodou*. 2. vyd. [SOP B03]. Lázně Bohdane : MV a G HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2008. 10 s.
- [15] *Stanovení yperit fotometrickou metodou s alkalickým thymolftaleinem*. 2. vyd. [SOP B01]. Lázně Bohdane : MV a G HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2008. 8 s.
- [16] *EffiValidation 3.0*. Oulehla: EffiChem, 2002.
- [17] APOUN, T. *Laboratorní zkoušky odmožnění vybraných pramyslových škodlivin*. [Výzkumná zpráva]. Lázně Bohdane : Institut CO SFR, 1991. 56 s.
- [18] APOUN, T. a J. KRYKORKOVÁ. Comparison of Selected Methods for Individual Decontamination of Chemical Warfare Agents. *Toxics*. 2014, ro. 2, . 2, s. 3076326.
- [19] APOUN, T. a J. KRYKORKOVÁ. *Comparison of Selected Procedures and Means of Personal Decontamination*. Lázně Bohdane : MV a G HZS ČR, Population Protection Institute, 2013. 73 s. ISBN 978-80-86466-49-1.
- [20] HURST, C.G. Decontamination. In: SIDELL, F.R., E.T. TAKAFUJI, D.R. FRANZ, eds. *Medical Aspects of Chemical and Biological Warfare*. Washington: The Office of The Surgeon General Department of the Army, Borden Institute, 1997, s. 3516359.
- [21] GORDON, R.K. a E.D. CLARKSON. Rapid Decontamination of Chemical Warfare Agents. In: GUPTA, R.C., ed. *Handbook of Toxicology Chemical Warfare Agents*. 1st ed. London: Academic Press Elsevier, 2009, s. 106961081.

Informace o autorech

Ing. Tomáš Apoun, CSc. (1956)

Vedoucí pracovník MV v úseku protichemických opatření. Jako vedoucí akreditované chemické laboratorie se zabývá především problematikou analytické chemie, chemického průzkumu, laboratorní kontroly a dekontaminace v případě mimořádných událostí spojených s úniky nebezpečných chemických látek včetně bojových chemických látek.

Absolvent Vysoké školy chemicko-technologické v Pardubicích, obor technická analytická a fyzikální chemie (1980). V roce 1987 ukončil studium externí vdecké aspirantury na Vysoké vojenské škole pozemního vojska v oboru Zbraně hromadného ničení a ochrana proti nim.

Ve své odborné praxi dosud publikoval ve svém oboru 137 odborných sdělení a zpracoval 108 výzkumných zpráv. Je spoluautorem 6 monografií, 6 příspěvků a učebnic. V letech 2005–2012 přednášel na Jihočeské univerzitě v Českém Budějovicích tematiku nebezpečných látek.

Ing. Jana Krykorková, CSc. (1961)

Pracovnice MV v úseku protichemických opatření. Zastává funkci manažera jakosti v akreditované chemické laboratoři tohoto pracoviště. Zabývá se problematikou analytické chemie, především spektrofotometrických metod, chemického průzkumu a laboratorní kontroly, v rámci HZS R se podílí na řešení problematiky týkající se zjištění příčin pořízání.

Absolventka Vysoké školy chemicko-technologické (VŠCHT) v Pardubicích obor technická analytická a fyzikální chemie (1985). V roce 1989 ukončila postgraduální studium se specializací chemicko-technická ochrana prostředí na VŠCHT v Pardubicích. Externí vdeckou aspiranturu ukončila na Vysoké vojenské škole pozemního vojska v oboru Zbraně hromadného ničení a ochrana proti nim (1995).

Ve své odborné praxi dosud publikovala ve svém oboru 8 odborných článků a je spoluautorem dalších 60 odborných článků, 1 odborné publikace, 6 metodik a 43 výzkumných zpráv. Přiležitostně zpracovává odborná stanoviska k návrhům a dodatkům mnohostranných mezinárodních dohod o přepravě nebezpečných látek. Od roku 2005 do roku 2012 přednášela na Jihočeské univerzitě v Českém Budějovicích tematiku nebezpečných látek, v daném oboru byla vedoucí 2 a konzultantem 4 diplomových prací.