



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

**Zhodnocení dekontaminačních látek používaných
v Armádě ČR a ve složkách integrovaného záchranného
systému**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program:

Ochrana obyvatelstva

Autor: Jan Měšťan

Vedoucí práce: Ing. Ladislav Karda

České Budějovice 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem „*Zhodnocení dekontaminačních látek používaných Armádě ČR a ve složkách integrovaného záchranného systému*“ jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 3. 5. 2017

.....
Jan Měšťan

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval panu Ing. Ladislavu Kardovi za vstřícný přístup, připomínky a odborné vedení mé bakalářské práce. Panu Ing. Tomáši Čapounovi, CSc. za provedení odborného výzkumu v laboratořích MV generálního ředitelství HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva v Lázních Bohdaneč. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jiřímu Kratochvílovi a firmě PVT, spol. s r.o. za dodání některých dekontaminantů a odborné konzultace při výběru a psaní bakalářské práce. Také chci poděkovat svým rodičům a kamarádům.

Zhodnocení dekontaminačních látek používaných v Armádě ČR a ve složkách integrovaného záchranného systému

Abstrakt

Téma bakalářské práce jsem zvolil z důvodu, aby bylo poukázáno na problematiku, která je důležitá a které by měla být věnována pozornost. Cílem práce byla odpověď na výzkumnou otázku, zda jsou nové dekontaminační látky dostupné na evropském trhu účinnější než stávající dekontaminační látky, které jsou k dispozici v současné době v ČR.

Z výsledků testů vyplývá, že dekontaminační účinnost směsi BX-24 byla neúčinnější na dekontaminaci sulfidického yperitu, přičemž Savo Originál vykazovalo nejnižší účinnost. Při dekontaminaci látky VX měly všechny zkoumané dekontaminační směsi srovnatelný účinek. Výsledky degradační účinnosti na sulfidický yperit ukázaly nejvyšší účinnost chlornanové směsi, z nichž nejrychlejší rozklad yperitu vykazovala směs BX-24. Naopak směs Hvězda byla nevyhovující. V případě látky VX došlo prakticky k jejímu okamžitému rozkladu směsmi Hvězda a BX-24. Vyhovujících výsledků bylo prokázáno také u chlornanových směsí, avšak k rozkladu látky VX došlo pomaleji.

Zvoleného cíle bylo dosaženo kvalitativním výzkumem. Základní metodou výzkumu byly experimenty uskutečněné v laboratořích MV – generálního ředitelství HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva v Lázních Bohdaneč. Předmětem zkoumání byly zvoleny látky yperit a látka VX. Jako dekontaminační látky byly směsi Hvězda, Savo Originál a Chlornanová dekontaminační směs používané v AČR a složkách IZS a směs BX-24 používaná řadou armád NATO. Byla zkoumána dekontaminační a degradační účinnost dekontaminačních látek na povrchu speciálního ochranného oděvu a ocelového plechu.

Dle výsledků výzkumu je na zvážení zavedení látky BX-24 do výzbroje AČR a složek IZS, protože z výzkumu vyplývají její účinné fyzikální a chemické vlastnosti. Výsledky práce budou nabídnuty k využití Armádou ČR, složkami integrovaného záchranného systému, nebo jako výukový materiál v Armádě ČR nebo pro MV – generální ředitelství HZS ČR.

Klíčová slova

Dekontaminace, bojová chemická látka, dekontaminační směs, dekontaminační účinnost, Armáda ČR, složky IZS.

Evaluation of the decontamination substance used in Czech Army in the organ of Integrated Rescue System

Abstrakt

I decided to choose this bachelor thesis topic to point at an issue which is important and which attention should be paid to. The aim of this thesis was to respond to the research question whether the new decontamination agents available on the European market are more efficient than agents currently available in the Czech Republic.

The test results prove that the decontamination efficiency of the BX-24 mixture was most efficient to decontaminate sulfidic yperit where Savo Original cleaner proved the lowest efficiency. Decontaminating the VX substance, all the examined decontaminating mixtures had an equal effect. Results of the degrading effect on sulfidic yperit proved the highest effect of the hypochloride mixture, out of which the fastest decomposition of yperit was proved by the BX-24 mixture. On the contrary, the Star mixture was unsatisfactory. In case of VX mixture, its decomposition started immediately with the effect of Star mixture and BX-24 mixture. Satisfactory results were proven also in hypochloride mixtures, but the VX substance decomposition happened slower.

The chosen aim was reached by a qualitative research. The basic research method was experiments carried out in WM Laboratory in the Directorate general of the FRS CZ, at the Institute of Civil Protection in Bohdaneč Spa. The subject of investigation were the following substances: yperit and VX substance. The Star substance, Savo Original cleaner and hypochloride decontaminating mixture were used in the Armed Forces of the Czech Republic and IRS and the BX-24 mixture was used by a number of NATO armies were used as decontaminating substances. Decontaminating and degrading efficiency of decontaminating substances on the surface of special protecting wear and steel plate was being examined.

According to the research results, the BX-24 substance is being considered to be accepted as a part of the Armed Forces of the Czech Republic and IRS units because the research proves its efficient physical and chemical characteristics.

The thesis results will be offered to serve the Armed Forces of the Czech Republic, to the units of the Integrated Rescue System or as teaching material to the Armed Forces of the Czech Republic or the WM – Directorate general of the FRS of the Czech Republic.

Key Words

Decontamination, chemical warfare agent, decontaminating mixture, decontaminating effect, Armed Forces of the Czech Republic, IRS units

Obsah

1	Teoretická část.....	12
1.1	Použití plynů jako bojových látek za 1. světové války	12
1.2	Co je toxikologie.....	14
1.3	Bojové otravné látky a jejich vlastnosti	15
1.3.1	Rozdělení otravných látek	17
1.4	Srovnání základních charakteristik chemických, biologických a jaderných zbraní	17
1.5	Právní předpisy	18
1.5.1	Právní předpisy v České republice	18
1.5.2	NATO k problematice CBRN.....	20
1.5.3	Ženevské úmluvy	21
1.6	Velké světové katastrofy	22
1.7	Úvod do dekontaminace	26
1.7.1	Kontaminace	27
1.7.2	Dekontaminace.....	27
1.7.3	Dekontaminační postup	28
1.7.4	Další dekontaminační definice.....	29
1.8	Zkoumané bojové látky	30
1.8.1	Sulfidický yperit.....	30
1.8.2	Látka VX	32
1.9	Použité dekontaminační látky a směsi ve výzkumu.....	32
1.9.1	CRISTANINI BX-24.....	32
1.9.2	Chlornanová dekontaminační směs.....	36
1.9.3	Savo Originál	36
1.9.4	Dekontaminační činidlo Hvězda.....	36

2	Cíl práce, výzkumná otázka a metodika výzkumu	38
2.1	Cíl práce.....	38
2.2	Výzkumná otázka.....	38
2.3	Metodika výzkumu.....	38
2.4	Dekontaminační účinnost	41
2.4.1	Kontaminace povrchů.....	41
2.4.2	Dekontaminace.....	42
2.4.3	Odběr a úprava vzorků	43
2.4.4	Stanovení látky VX	44
2.4.5	Stanovení sulfidického yperitu.....	45
2.4.6	Vyhodnocení naměřených dat.....	46
2.5	Degradační účinnost.....	47
2.5.1	Provedení testu.....	47
3	Výsledky.....	49
3.1	Analýza extraktu	49
3.2	Dekontaminační účinnost	50
3.3	Degradační účinnost.....	52
4	Diskuze.....	56
5	Závěr	58
6	Seznam informačních zdrojů.....	60
7	Seznam použitých zkratk.....	64
8	Seznam tabulek a obrázků.....	65
9	Přílohy.....	67

Úvod

V současné době i v minulosti se zasahující jednotky i civilní obyvatelstvo setkávalo s různými nebezpečnými látkami, které se používaly v souvislosti s vojenskými situacemi, ale i v civilním životě. Každé době odpovídaly i používané dekontaminační látky.

Téma modernizace dekontaminačních látek je alfou a omegou dekontaminace a detoxikace zasažených cílů, které nemohou být v současné době plně zodpovězeny Armádou ČR nebo záchrannými složkami.

Bojové chemické látky představují chemické substance, které se používají pro vojenské bojové účely především pro přípravu a výrobu chemických zbraní. Byly účelně vyvinuty pro masové zabíjení nebo masové zneschopnění osob při jednorázovém použití. Z farmakologického hlediska nepatří bojové chemické látky mezi jedy, ale slouží k dočasnému zneschopnění či vyčerpání živé síly. Použití jedů nebo chemických látek k usmrcení člověka není v historii žádnou novinkou. První masové použití bojových chemických látek se však datuje až v období 1. světové války. Konkrétní první zaznamenaný útok chemickou látkou (chlórem) byl 22. dubna 1915 poblíž belgického města Ypres provedený německou armádou.

Reakcí na masové používání chemických zbraní v období 1. světové války bylo následné jednání všemi válčícími stranami s cílem zakázat používání chemických zbraní. To se v roce 1925 povedlo ve formě Ženevského protokolu. Ženevský protokol použití chemických zbraní zakazuje, nikoliv však jejich výrobu a skladování.

Česká republika nevlastní chemické zbraně ani chemické bojové látky. Je to zakázáno zákonem č. 19/1997 Sb. O některých opatřeních souvisejících se zákazem chemických zbraní a prováděcí vyhláškou č. 208/2008 Sb. Bojové chemické látky jsou pouze v malém množství v některých výzkumných ústavech a zařízeních, která jsou určena k testování ochranných masek, filtrů a oděvů, dekontaminačních prostředků apod. Mezinárodní úmluva o chemických zbraních tyto aktivity nezakazuje.

Pravděpodobné riziko použití chemických zbraní proti České republice je v současné době velmi malé. To platí především pro celý euroatlantický prostor, neboť ČR je od roku 1999 členem NATO a od roku 2004 také členem Evropské unie. Situací

v Evropě a i ve světě se toto riziko v posledních měsících značně zvyšuje. Důkazem toho jsou různé chemické útoky přicházející především ze strany teroristů Islámského státu. Začátkem dubna letošního roku došlo k chemickému útoku nervově paralyzující látkou na civilní obyvatelstvo v Sýrii, který si podle některých médií vyžádal přibližně 100 obětí a asi 400 zraněných.

Cílem bakalářské práce je porovnání dekontaminačních látek, které jsou používány Armádou ČR a složkami integrovaného záchranného systému s dekontaminačními látkami na evropském trhu

Práce je rozdělena do dvou částí. Teoretická část se zabývá historií a vývojem chemických zbraní, jejich výrobou a následnou ochranou proti nim. V druhé části jsou prezentovány výsledky testů vybraných dekontaminačních směsí na bojové otravné látky yperit a látku VX, které byly provedeny v laboratořích Institutu ochrany obyvatelstva. Závěrem byla provedena vzájemná komparace dosažených výsledků.

1 Teoretická část

1.1 Použití plynů jako bojových látek za 1. světové války

První zmínky o použití bojových plynů se datují ke dni 3. srpna 1914. V tento den je použili francouzští vojáci proti Němcům. Francie tak zahájila historii v používání bojových plynů. První použité puškové a ruční granáty obsahovaly jen málo účinný chloraceton. První velký plynový útok byl ale veden německou armádou v říjnu 1914 a další velké plynové útoky následovaly. Jednalo se zatím jen o relativně neškodné, slzné plyny. V roce 1915 rozhodlo velení německé armády o vyzkoušení bojového plynu i přesto, že Německo podepsalo v roce 1909 úmluvu proti používání dusivých plynů během válčení. Tentokrát se jednalo o jedovatý chlór, kterého bylo použito přibližně 168 tun. Smrtící mrak chlóru měl za následek silné poškození zraku a dýchacích orgánů vojáků. Postižení často oslepli, trpěli častými záchvaty kašle a dýchacími obtížemi. Vojáci v té době neměli žádné ochranné prostředky. Jedinou záchranou před jedovatým plynem bylo z bojiště utéct. Některé vojenské jednotky se proti plynu bránily primitivními prostředky, např. vojáci dýchali přes kapesníky nebo jiné textilie. Takové chemické útoky se opakovaly stále častěji, a proto již na počátku roku 1916 byl každý voják vybaven protiplynovou maskou. Během války začala jednotlivá vojska používat i ochranné prostředky pro zvířata, která jim pomáhala ve válečném úsilí. (obr. 1) Žádná z válčících mocností neprotestovala proti použití chemických zbraní, naopak těchto zbraní využívala. Proto chemická válka trvala až do roku 1918. Během války použili Němci 68 000 tun, Francouzi 36 000 tun a Britové 25 000 tun bojových plynů. Odborníci odhadují, že v průběhu 1. světové války bylo chemickými bojovými látkami zasaženo 1 297 000 lidí, z toho jich 91 200 zemřelo.

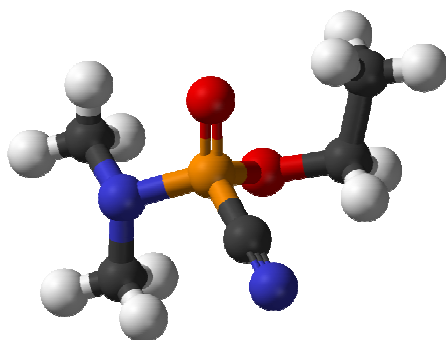
V období od konce 1. světové války do konce 2. světové války se stal nejnovějším trendem vývoj nervově paralytických biochemických látek tabun, sarin, soman a dalších. První nervově paralytické biochemické látky byly vyrobeny v Německu v roce 1930. V roce 1936 byl vyvinut první organofosfát s velmi vysokou toxicitou. Objevy s vojenským využitím musely být podle tehdejších stanov hlášeny vojenským úřadům. Objev tohoto organofosfátu byl nahlášen a stal se tak první oficiální nervově paralytickou biochemickou látkou s názvem tabun. (obr. 2)

Byla postavena první továrna na výrobu tabunu, kde bylo vyrobeno 12 000 tun této látky. Během dalších let bylo vědci syntetizováno dalších cca 2 000 nových organofosfátů včetně sarinu. V roce 1944 byla vyrobena třetí nejznámější nervově paralytická biochemická látka, soman. Nejznámější použití nervově paralytické látky během 2. světové války uskutečnili Němci na italský přístav Bari, kde byl použit Yperit. V této válce se dusivé a zpuchýřující látky používaly v menší míře než v 1. světové. K zabíjení vězňů v koncentračních táborech se používal především kyanovodík a oxid uhelnatý. (Chrast, 2009)



Obrázek 1: Zvířata a vojáci v ochranných maskách

zdroj: <http://www.valka.cz>



Obrázek 2: 3D model molekuly tabunu

zdroj: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Tabun#/media/File:Tabun-3D-balls.png>

1.2 Co je toxikologie

Toxikologie je nauka o škodlivých a nežádoucích účincích látek na živé organismy a ekosystémy, o mechanismech těchto účinků, o analýze škodlivin v životním prostředí, o prevenci a léčbě otrav. **Toxikologie je tedy nauka o jedech.** Toxikologie se vyvinula ve vědecký obor, který studuje účinky chemických sloučenin na biologické organismy. Vlastnosti chemických látek závisí na okolnostech, za kterých působí:

- na způsobu, jak se látka do organismu dostane,
- na jejím množství, které organismus musí zpracovat (tzv. dávka),
- na stáří a druhu organismu.

To vše moderní toxikologie vyjadřuje v číslech, grafech a rovnicích.

Slovo „**toxický**“ je synonymum pro „**škodlivý**“. Průměrný občan to chápe jako škodlivé pro člověka. Tak tomu vždy není. Chemikálie, která je neškodná pro člověka, nemusí být neškodná pro jiný biologický organismus a naopak. Když tedy použijeme termín „toxický“, musíme uvést podmínky a mechanismus, kterým je škodlivý účinek vyvolán. Termín „toxicita“ je pojem relativní a používá se především při porovnání toxických účinků jedné chemikálie s druhou tzn. že jedna chemikálie je toxicitější než jiná. (Tichý, 2003)

Stejně jako jiné rozsáhlé vědní disciplíny se z praktických důvodů toxikologie člení na:

- **obecná toxikologie** – zaměřuje se na základní obecné děje a zákonitosti určující interakci látek s živými organismy,
- **experimentální toxikologie** – zkoumá účinky látek na laboratorní zvířata. Stanovuje toxické látky nebo koncentrace chemických látek a přípravků, hodnotí projevy jejich působení apod., s cílem identifikovat a určit riziko spojené s expozicí látky a stanovit preventivní a bezpečnostní opatření,
- **klinická toxikologie** – studuje a popisuje účinky škodlivin na člověka, vyvíjí postupy léčení otrav a zabývá se způsoby prevence,
- **speciální toxikologie** – studuje, popisuje a hodnotí vlastnosti jednotlivých konkrétních chemických látek a přípravků. Podle oblasti výskytu, použití a působení škodlivin a dalších hledisek, lze speciální toxikologii dále členit na:
 - toxikologii organických a anorganických sloučenin,
 - genetickou toxikologii,
 - veterinární toxikologii,
 - vojenskou toxikologii,
 - imunotoxikologii a jiné.
- **průmyslová toxikologie** – zabývá se účinky surovin, produktů, meziproductů a odpadů,
- **ekologická toxikologie** – ekotoxikologie se zabývá účinky škodlivin na flóru, faunu, ekosystémy a pohybem látky v biosféře. Do této oblasti patří např. fytotoxikologie, hydroekotoxikologie a hygiena potravních řetězců. (Picka, Matoušek, 1996)

1.3 Bojové otravné látky a jejich vlastnosti

Bojové otravné látky jsou převážně sloučeniny, které svými toxickými vlastnostmi nepříznivě působí na lidský organismus, zvěř, vodu, potraviny a další materiál. Jedná se většinou o kapaliny nebo pevné látky. Jen málo otravných látek bylo vynalezeno pro bojovou činnost. Původně byly vyráběny převážně pro mírové účely. Jakmile byl však znám jejich fyziologický účinek, začalo se uvažovat o možnosti jejich použití v boji. Z mnoha chemických látek, které mají otravné účinky, bylo za první světové války

použito jen kolem 30 druhů a z nich asi jen polovina byla vhodná jako vhodný bojový prostředek.

Otravné látky působí na organismus člověka různým způsobem. Jsou látky, které působí na všechny buňky lidského těla, s nimiž přijdou do styku. Těmto látkám se říká protoplasmový jed. Jiné látky působí jen na některé orgány (pokožka, plíce, nervová soustava) tím, že je podráždí nebo omezí, případně zastaví jejich činnost. Takovéto látky působí na lidský organismus selektivně. Účinek otravných látek může být také lokální a projevuje se jen v místě styku škodlivé látky s tělem, nebo se někdy účinky projevují na místech vzdálených, když se látka dostane do krve.

V některých případech nemusí ani účinné otravné látky poškodit organismus, nebude-li dosaženo potřebné koncentrace látky ve vzduchu. Koncentrace otravných látek je množství v určité objemové jednotce prostředí v určité době. Při zamořování terénu je nutné dosáhnout takové hustoty otravné látky, která zaručuje, že osoby, které vstoupí do tohoto prostoru, budou zasaženy. Množství otravné látky na jeden čtvereční metr povrchu půdy se nazývá hustota zamoření.

Aby bylo možné otravnou látku použít v boji, je nutné, aby byla stálá k povětrnostním vlivům. Ke vzdušnému kyslíku jsou chemické bojové látky prakticky stálé, jinak je tomu však se stálostí k vodním parám obsaženým ve vzduchu. Většina otravných látek se totiž vodou rozkládá. U některých látek je tento rozklad nepatrný, u jiných už je větší, např. yperit.

Všechny otravné látky můžeme rozdělit do dvou skupin:

- Dráždivé látky
- Jedovaté látky

Mezi **dráždivé látky** patří takové látky, které mají zpravidla dočasný účinek na lidský organismus a nezpůsobují trvalejší poruchu lidského zdraví. Používají se k tomu, aby znesnadnily činnost protivníka, ztížilo se použití bojové techniky a tím se zmenšila celková bojeschopnost nepřítele. Do skupiny **jedovatých látek** patří látky, které mohou trvale vyřadit nepřítele z boje. V bojové koncentraci způsobují trvalejší poruchy na lidském zdraví nebo i smrt. (Spišiak, Nejedlý, 1957)

1.3.1 Rozdělení otravných látek

Bojové látky můžeme roztřídit podle chemického složení, podle fyziologických účinků nebo podle taktického použití. Dělení otravných látek podle chemického složení není pro bojové potřeby významné. Rozdělení podle fyziologického účinku má větší praktický význam, ačkoliv ani toto rozdělení není jednoznačné. Podle fyziologických účinků můžeme otravné látky rozdělit následovně:

- **Obecně jedovaté látky** – mohou způsobit rychlou smrt ochrnutím dýchacího centra a ventrálního nervového systému (kyanovodík, fluorfosfonáty).
- **Látky dusivé** – patří sem látky, které obsahují prvky poškozující plicní tkáň a způsobují plicní otok. Při zasažení těmito látkami může nastat u zasažené osoby smrt zadušením (fosgen, difosgen).
- **Látky zpuchýřující** – obsahují látky, které způsobují kožní záněty, puchýře, nekrózu tkáně a celkové onemocnění (yperit).
- **Látky slzotvorné** – které již v nepatrné koncentraci dráždí intenzivně oční sliznici tak, že postižený nevidí (brombenzylkyanid).

Další rozdělení otravných látek může být podle stálosti v terénu na prchavé, polotrvalé a trvalé. K prchavým otravným látkám patří například fosgen, kyanovodík apod. V terénu působí maximálně několik desítek minut, ve výjimečných případech déle než hodinu. K trvalým otravným látkám patří například yperit, dusíkatý yperit, tabun a podobně. Jejich účinnost v terénu může trvat několik dní i týdnů. Jako polotrvalé otravné látky se uvádějí například soman, difosgen, jejichž stálost v terénu je mezi látkami prchavými a trvalými. (Spišiak, Nejedlý, 1957)

1.4 Srovnání základních charakteristik chemických, biologických a jaderných zbraní

V řadě států jsou tyto zbraně v pozornosti výzkumných a vývojových pracovišť. Často se jedná o výzkum utajovaný a není součástí politiky jednotlivých států. Pokud ano, tak jako problematika účinné ochrany a léčby následků. To se stává centrem zájmu organizací i jednotlivců, kteří je chtějí zneužít k prosazení svých partikulárních cílů.

Vývoj, produkce a použití biologických a chemických zbraní jsou zakázány mezinárodními smlouvami. Ženevský protokol byl podepsán v roce 1925 většinou států světa. Konvence o biologických a toxinových zbraních byly podepsány v roce 1972 a Konvence o chemických zbraních v roce 1993. Ne všechny státy ke konvencím přistoupily a u některých států je podezření na nedodržování konvencí, což není jednoduché prokázat. (Fusek, 2003)

Tabulka 1: Srovnání mezi chemickými, biologickými a jadernými zbraněmi

	Chemické zbraně	Biologické zbraně	Jaderné zbraně
Plocha zamoření	< 10 km ²	100 - 1000 km ²	2 - 1000 km ²
Pokrytí/km²	500 - 1000 kg	1 - 5 kg	10 - 100 kg
Doba působení	minuty až hodiny	hodiny až týdny	sekundy až týdny
Forma	plynná nebo kapalná	pevná	pevná a ionizující záření

Zdroj: (Fusek, 2003)

1.5 Právní předpisy

Právní předpisy k chemickým látkám poskytují informace o vývoji právních nástrojů týkajících se chemických látek na národní i mezinárodní úrovni. Rovněž stručně představuje stěžejní právní předpisy platné v České republice, byť byly vytvořeny na evropské nebo národní úrovni. Nakládání s chemickými látkami je průřezové a objevuje se téměř ve všech oblastech lidských činností, a proto se neustále vyvíjí a mění. (Lacina et al., 2013)

1.5.1 Právní předpisy v České republice

V českém právním řádu se rozlišují tyto právní předpisy:

- Ústava České republiky, Listina základních práv a svobod a ústavní zákony
- zákony
- nařízení vlády, kraje, obce
- vyhlášky ústředního orgánu státní správy nebo jiného úřadu zmocněného k jejich vydávání, vyhlášky kraje, obce

Současně s těmito předpisy existují další typy dokumentů. Jedná se například o metodické pokyny, sdělení, normy a další, které mohou být v oblasti nakládání s chemickými látkami užitečné.

Nařízení vlády a vyhlášky patří mezi prováděcí předpisy a jsou určeny k upřesnění obsahu právní úpravy obsažené v zákoně. Právní předpisy České republiky se vydávají ve Sbírce zákonů. Mezinárodní právo přijaté do právního řádu ČR vychází ve Sbírce mezinárodních smluv. (Lacina et al., 2013)

Zákon č. 350/2011 Sb., zákon o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon)

Tento zákon ze dne 29. 11. 2011 s účinností od 1. 1. 2012 zapracovává příslušné předpisy Evropské unie, navazuje na přímo použitelné předpisy Evropské unie a upravuje:

- práva a povinnosti právnických osob a podnikajících fyzických osob při:
 - výrobě, klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování, uvádění na trh, používání, vývozu a dovozu chemických látek nebo látek obsažených ve směsích nebo předmětech.
- klasifikaci, zkoušení nebezpečných vlastností, balení, označování a uvádění na trh chemických směsí na území České republiky
- správnou laboratorní praxi
- působnost správních orgánů při zajišťování ochrany před škodlivými účinky látek a směsí.

Tento zákon se vztahuje na látky, látky obsažené v předmětu nebo směsi a směsi.

Vyhláška č. 61/2013 Sb., vyhláška o rozsahu informací poskytovaných o chemických směsích, které mají některé nebezpečné vlastnosti, a o detergentech

Tato vyhláška ze dne 11. 3. 2013 nabyla účinnosti dne 15. 3. 2013 a stanoví rozsah informací poskytovaných o:

- chemických směsích, které mají nebezpečné fyzikálně-chemické vlastnosti nebo nebezpečné vlastnosti ovlivňující zdraví, poprvé uváděných na trh Evropské unie na území České republiky dovozci a následnými uživateli.
- nebezpečných směsích z jiného členského státu Evropské unie poprvé uváděných na trh na území České republiky dodavateli.

Vyhláška č. 163/2012 Sb., vyhláška o zásadách správné laboratorní praxe

Tato vyhláška zpracovává příslušné předpisy Evropské unie, zároveň navazuje na přímo použitelné předpisy Evropské unie a upravuje

- zásady správné laboratorní praxe,
- průběh vstupní a periodické kontroly a auditu studie,
- rozsah informací, které mají být poskytnuty při vstupní a periodické kontrole a auditu studie,
- náležitosti zprávy o průběhu vstupní a periodické kontroly a auditu studie
- vzor osvědčení.

1.5.2 NATO k problematice CBRN

Hrozby CBRN pocházejí jak ze strany státních, tak nestátních činitelů a jsou jednou z hlavních znepokojujících záležitostí NATO. Dle strategické koncepce by NATO mělo rozvíjet schopnost obhajovat obyvatelstvo, území a síly členských států proti hrozbě vojenských nebo teroristických útoků, týkajících se CBRN agens. Na operační úrovni byl výše uvedený závazek splněn vytvořením kombinované pracovní skupiny (CBRN Defence Batalion – CBRN obranný prapor) pro chemickou, biologickou, radiologickou a jadernou obranu. Tato pracovní skupina spadá pod strategické velení NATO a je speciálně vyškolená a vybavená pro řešení CBRN hrozeb. Týmy pracovní skupiny nejsou školeny pouze pro ozbrojené konflikty, ale také poskytují vojenskou pomoc civilním orgánům v řešení krizových situacích, jako jsou přírodní katastrofy a průmyslové nehody včetně těch, které zahrnuje nebezpečný materiál a jejich nasazení schvaluje Severoatlantická rada. Obranný prapor je schopen provádět úkoly průzkumné a monitorovací činnosti CBRN, odběry vzorků a identifikaci látek, biologické detekční a monitorovací operace, posuzování a poradenství, dekontaminace a další.

NATO také propagovalo aktivity civilního nouzového plánování, které byly zaměřeny na opatření zaměřená na posílení vnitrostátních schopností a civilní připravenosti v případě možných útoků pomocí chemických, biologických nebo radiologických činitelů. V roce 2002 byl civilní nouzový plán přijatý na ochranu před účinky zbraní hromadného ničení. Výsledkem byla inventarizace národních kapacit (lékařská pomoc, radiologické detekční jednotky, aeromedicínská evakuace) pro použití v případě CBRN útoku. Pro členské a partnerské země NATO byly vyvinuty normy a pokyny, které pomáhají řešit oblast plánování, výcviku a vybavení. Tyto normy obecně přispěly k posílení schopnosti pomáhat spojencům a partnerům NATO.

Pokud jde o krizové řízení, jsou za připravenost při řešení mimořádné události v souvislosti s CBRN agens, primárně odpovědné členské státy EU. V případě katastrofy nebo krize obecně by reakce měla být rozvíjena v souladu se zásadami národní odpovědnosti a solidarity EU. To znamená, že akce EU se týkají podpory koordinace mezi jednotlivými členskými státy. Může se jednat o iniciativy zaměřené na sdílení zdrojů, osvědčených postupů nebo propagací interoperability. S ohledem na přeshraniční krizové situace včetně CBRN podporuje EU členské státy prostřednictvím různých nástrojů – přírodní a člověkem způsobené katastrofy a krize, mechanismus civilní ochrany, koordinační opatření, mechanismus klauzule solidarity, zdravotní bezpečnost a další. (Capone, 2014)

1.5.3 Ženevské úmluvy

Ženevské protokoly mají za úkol „zlidštění“ válek, což se s různou intenzitou v historii objevuje již od pradávna, ale praktické výsledky těchto úkolů nebyly významné. Kvalitativní posun byl zaznamenán v 19. století. Přijetím Ženevské úmluvy z roku 1864 byl položen základ systému vytváření mezinárodních smluv vytvářejících mezinárodně závazná pravidla pro vedení válek. Ochrana obětí válek se tedy stala státní záležitostí. Neustálý rozvoj mezinárodního humanitárního práva zajišťují aktivity Mezinárodního výboru Červeného kříže. Jsou přijímány další normy, které stále zmenšují rozsah akceptovatelného násilí a omezují je jen na bitevní pole. Dokladem úspěšnosti těchto norem je fakt, že smluvními stranami Ženevských úmluv a Dodatkových protokolů jsou prakticky všechny státy světa. (Jukl, 2005)

1.6 Velké světové katastrofy

SEVESO 1976

Seveso je město ležící nedaleko italského Milána se 14 tisíci obyvateli. Na okraji města stojí továrna na výrobu chemických látek patřící švýcarské firmě Givaudan, která je součástí koncernu Hoffmann-Laroche. V sobotu 10. června 1976 unikl z továrny do ovzduší oblak obsahující jeden z nejprudších jedů – TCDD tzv. dioxin (2,3,7,8-tetrachloro-dibenzodioxin) (obr. 3). Do ovzduší unikly přibližně dva kilogramy dioxinu, který v okolí zamořil asi dva tisíce hektarů půdy. Následky byly katastrofální. Zaměstnanci havárii odstranili během 20 minut, ale továrna až po 17 dnech zveřejnila fakt o úniku této nebezpečné látky do okolí. Na následky otravy onemocnělo asi 200 dospělých a mnoho dětí. U zasažených se objevovalo poškození ledvin a jater, silné bolesti hlavy.

Předpokládá se, že asi 37 000 lidí bylo vystaveno chemickým látkám uvolněným do ovzduší z továrny. Přibližně 4 % hospodářských zvířat uhynulo záhy po katastrofě. Zhruba 80 000 zbylých kusů zvířat bylo utraceno, aby se zabránilo kontaminaci v potravinovém řetězci. (Corliss, 1999)

Kromě závažných zdravotních následků měla katastrofa obrovský sociální dopad i za hranicemi Itálie. Nejistota a pocit kontaminovaného organismu přispěl k velkým sociálním, ekonomickým i osobním utrpením postiženého obyvatelstva. V obavě z kontaminace bylo vše, co pocházelo ze zasažené oblasti, odmítáno okolním světem, což místní komunitu vážně stigmatizovalo. Po této vážné chemické havárii byla v roce 1982 připravena první evropská direktiva o prevenci závažných chemických havárií v kontextu celé Evropy. Politickou odpovědí EU na katastrofu byla direktiva SEVESO, která měla závažným průmyslovým haváriím předcházet a kontrolovat je. Evropské směrnice Seveso I (1982) a Seveso II (1996) byly postupně vydány jako závazné právní předpisy s celoevropskou působností. (Lacina et al., 2013)

V roce 2012 byla přijata směrnice Seveso III (směrnice 2012/18/EU), která zohlednila změny právních předpisů Unie o klasifikaci chemických látek a zvýšení práv občanů na přístup k informacím a spravedlnosti a tím nahradila předchozí směrnici Seveso II. Nyní se směrnice vztahuje na více než 10 000 průmyslových podniků v Evropské unii, ve kterých se skladují nebezpečné látky ve velkém množství, zejména v odvětví chemie,

petrochemie, logistiky a rafinace kovů. Směrnice je obecně považována za referenční kritérium pro politiku průmyslových havárií a byla v mnoha zemích po celém světě příkladem legislativy. Vzhledem k velmi vysoké míře industrializace v Evropské unii přispěla směrnice Seveso k dosažení nízké četnosti závažných havárií. Směrnice Seveso je dobře integrována s ostatními politikami EU, čímž je zabráněno dvojí regulaci nebo jiné administrativní zátěži. To zahrnuje související oblasti politik:

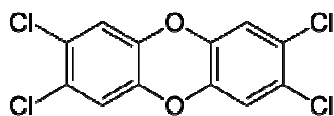
- klasifikace, označování a balení chemických látek,
- ochrana kritické infrastruktury,
- mechanismus Unie pro civilní ochranu,
- politika týkající se odpovědnosti za životní prostředí a ochrany životního prostředí prostřednictvím trestního práva,
- bezpečnost těžby ropy a plynu na moři.

Portál Minerva úřadu pro nebezpečí závažných havárií ve Společném výzkumném středisku Evropské komise poskytuje soubor technických informací a nástrojů podporujících politiku průmyslových havárií. (The Seveso Directive..., © 2016)

...a odpad nikdo nechce

„Detoxikace území stála vedení firmy Givaudan přes 32 milionů dolarů. Odstraněním kontaminované zeminy vzniklo přes 150 tun vysoce nebezpečného odpadu a zároveň vyvstala otázka, jak se jej zbavit. Švýcarská strana mnoho zájmu neprojevovala a Itálie chtěla co nejrychleji odstranit odpad ze svého území. Spory se táhly dlouhých šest let, až nakonec italská firma Mannesmann Italiana přislíbila, že se riskantního kroku ujme. 10. září 1982 se nebezpečný transport rozjel směrem k francouzským hranicím, odpad byl převezen do provizorního skladu nedaleko Paříže s tím, že do deseti dnů bude odvezen a zlikvidován. Majitelé koncernu Hoffmann-Leroche si zhluboka oddechli. Na věc se téměř zapomnělo, avšak francouzské ekologické organizace se začaly o další osud nebezpečného odpadu zajímat. Po téměř celoevropském pátrání vyšlo najevo, že kontaminovaná zemina byla volně uložena v budově bývalých jatek ve francouzské vesnici Angilcourt, která měla tehdy přes

300 obyvatel. Organizátoři celé tzv. "likvidace odpadu" byli zatčeni, co se však s toxickým nákladem stalo dále, nikdo neví." (Kopáč, © 2002)



Obrázek 3: sumární vzorec dioxinu 2,3,7,8-tetrachloro-dibenzodioxin,

zdroj: <https://cs.wikipedia.org/wiki/2,3,7,8-tetrachloro-dibenzodioxin#/media/File:Dioxin-2D-skeletal.svg>

Bhópálská katastrofa 1984

V noci z 2. na 3. prosince 1984 se stala největší chemická katastrofa v dějinách. Při tomto neštěstí došlo k úniku plynů z továrny v indickém Bhópálu. Bezprostředně po nehodě a v prvním týdnu zemřelo 8 000 lidí. Dalších 15 000 lidí zemřelo na následky nehody v následujících letech. Řada lidí oslepla nebo onemocněla rakovinou, matkám se začaly rodit postižené děti. Z místa nehody dodnes unikají nebezpečné látky do půdy a podzemní vody, protože místo není dosud vyčištěno. Na následky stále umírají lidé a přibývají další nemoci. „*Opuchly nám oči, nemohli jsme dýchat, zvraceli jsme krev, lidé padali mrtví k zemi,*“ vzpomínají přeživší na noc nehody. Vedení chemičky tvrdilo, že se jedná o látku podobnou slznému plynu a tudíž není nijak nebezpečná. Nikdo nevěděl co se děje a tak lidé vybíhali na ulici a přitom by mnohým k záchraně života stačilo jen se zavřít doma, utěsnit okna a nevycházet ven. Důvodem havárie byl nefunkční chladicí a varovný systém. Funkční chladicí systém mohl havárii zabránit. Až o dost později vyšlo najevo, že se do ovzduší dostalo přibližně 40 tun methylisokyanátu. Prvních 8 zaměstnanců chemičky bylo za nehodu odsouzeno až v roce 2005. Předzvěstí katastrofy bylo snižování nákladů na bezpečnostní systém a další technologie při stavbě továrny. Náklady na výstavbu továrny byly o 8 miliónů nižší, než na továrnu v USA, podle které se továrna v Bhópálu stavěla. Nehoda byla způsobena tím, že pracovníci při mytí potrubí vysokotlakým proudem vody poškodili potrubí a voda se kvůli špatnému stavu potrubí dostala do nádrže, kde začala reagovat s vysoce toxickým methylisokyanátem. U zahřáté a přetlakované nádrže se zlomil ventil, kterým se do ovzduší dostal jedovatý plyn. (Šuta, 2003)

Ihned po havárii továrna ukončila provoz a celý komplex zanechala v dezolátním stavu a zamořený jedovatými látkami, které se stále uvolňují do spodní vody.

(V roce 1999 navštívili tovární oblast experti Greenpeace. Jejich zpráva uvádí, že celý komplex je kontaminován pesticidy, těžkými kovy a chlórovanými chemikáliemi nalezena rtuť, olovo, nikl, měď, hexachlorcyklohexan a další. Některé naměřené hodnoty přesahují až milionkrát doporučené hodnoty Světové zdravotnické organizace.

Přibližně 20 000 lidí žijících v okolí chemičky pije kontaminovanou vodu, což má za následek vystavení již druhé generace obyvatel účinku toxických látek). (Tůma, 2002)

Na pomoc obětem v Bhópálu vzniklo mnoho organizací, které postiženým zabezpečují bezplatnou lékařskou péči, protože firma odmítla vyplatit postiženým odškodnění. Zaměstnanci těchto organizací se také intenzivně věnují studiu a výzkumu působení plynů na lidský organismus.

Chemické napadení v MATSUMOTO 1994 a TOKIO 1995

Chemický útok sarinem v tokijském metru v době ranní dopravní špičky připravila a uskutečnila, stejně jako v případě útoku v Natsumoto, japonská náboženská sekta Óm širikjó. V noci 19. března 1995 bylo sektou vyrobeno necelých 10 litrů sarinu. Jejich produkt obsahoval řadu nečistot a své obavy sdělili vůdci, ten však použití nečistého sarinu schválil. Tím asi nevědomky „zachránil“ možná tisíce lidských životů. Podle výsledků policejního vyšetřování se jednalo asi o 30% sarin. Tento nečistý sarin byl naplněn do 11 igelitových sáčků. K útoku bylo vyčleněno 5 spolehlivých mužů sekty. Všem pěti členům sekty se podařilo „vypustit“ sarin v rozmezí 3-5 minut kolem osmé hodiny ranní, kdy jsou prostory metra přeplněny cestujícími. K útoku došlo v pěti stanicích na třech trasách tokijského metra. Způsob použití nebyl příliš efektivní, ale velmi jednoduchý a poměrně spolehlivý. Sarin je za normálních okolností těkavá kapalina, která se vypařuje, a jedovaté páry sarinu byly v převážné většině případů příčinou inhalačních otrav cestujících v metru. Následkem sarinového útoku bylo usmrceno 12 osob, 17 osob bylo v kritickém stavu. Celkový počet osob, které vyhledaly lékařské ošetření, byl 4 460. (Lacina et al., 2013)

Chemická havárie v TOULOUSE 2001

Jako největší průmyslová chemická havárie se do francouzské novodobé historie zapsala závažná havárie v Toulouse. Od události 21. září 2001 není do současné doby zcela jasné, zdali se jednalo o průmyslovou chemickou havárii nebo o akt chemického terorismu. Výrobní závod AZF společnosti Grande Parise Copany, TotalFinalElf Group byl umístěn na předměstí Toulouse a rozsah škod byl značný jak v samotném podniku, tak i ve městě. Při havárii došlo k výbuchu velkého množství skladovaného **dušičnan amonného**. Výbuch způsobil vibrace srovnatelné se zemětřesením o síle 3,4 stupně Richterovy stupnice. Po výbuchu zbyl padesát metrů široký a deset metrů hluboký kráter, který zničil všechny přímé důkazy a indicie výbuchu. Došlo k úniku jedovatých plynů, a proto muselo být evakuováno obyvatelstvo u ohrožených oblastí. První záchranné týmy dorazily na místo havárie již po 13 minutách po explozi. Přestože nebylo zhodnoceno možné riziko ohrožení záchranářů, započaly záchranné práce. Až měření asi 30 minut po explozi ukázala nízkou toxicitu v mraku prachu a kouře. Během 12 hodin na místě neštěstí zasahovalo 1 046 hasičů. Na shromaždištích raněných, vzdálených několik kilometrů od výbuchu, pracovalo 50 lékařů, kteří ošetřili asi 300 pacientů. Během prvního dne od výbuchu bylo hospitalizováno 862 pacientů. Záznamy uvádějí 25 – 30 usmrcených osob. Dodnes se jednoznačně neprokázalo, co bylo příčinou výbuchu, přestože mimořádnou událost vyšetřovala státní vyšetřovací komise. V souvislosti s touto událostí bylo prováděno několik různých výzkumů, zabývajících se dlouhodobými účinky události, které se zaměřovaly na uvolněné látky během exploze, zamoření životního prostředí a na výskyt specifických nemocí zkoumaných asi u 50 000 osob. Kromě dočasných nevýznamných účinků na osoby žijící v blízkosti závodu, výsledky průzkumu neukázaly žádná výraznější poškození. Tato havárie neměla vliv ani na okolní životní prostředí. (Lacina et al., 2013)

1.7 Úvod do dekontaminace

Dekontaminace (dříve také nazývána speciální očista) je soubor opatření vedoucích ke zneškodnění nebo odstranění toxických chemických látek, bojových biologických látek nebo odstranění radioaktivních látek z povrchu těla osob, předmětů a prostředí. Jejimi postupy se odstraňují škodlivé látky tak, aby jednotlivé předměty a prostředí byly bezpečné pro další manipulaci. (ČOS č. 681001, 2007)

Problematice dekontaminace je v armádě věnována trvalá pozornost. V důsledku narůstajícího počtu zásahů jednotek požární ochrany na nebezpečné látky byla dekontaminace v požární ochraně řešena zejména v letech 1992 až 1994 se zaměřením na dekontaminaci průmyslových škodlivin a radioaktivních látek. Teroristické útoky v USA v roce 2001 a s tím spojená hrozba útoků biologickými látkami, vedly ke zvýšení technické a organizační úrovně při provádění dekontaminace. (Kotinský, 2002)

1.7.1 Kontaminace

Kontaminací se rozumí znečištění osob, zvířat, předmětů, rostlin, prostoru a prostředí škodlivými látkami. Ke kontaminaci může dojít při požárech, haváriích s únikem škodlivých látek a při výskytu infekčních onemocnění a nálezů. Všechny způsoby kontaminace mohou být použity při teroristických útocích. Formy kontaminace se dělí na vnitřní a vnější. Při vnitřní kontaminaci dochází k proniknutí kontaminantu do hlubších vrstev organismu (kůží – inokulací, požitím – ingescí, vdechnutím – inhalací). Vnější formou kontaminace se rozumí kontaminace povrchů lidského těla, zvířat, rostlin, předmětů a prostředí. (Kotinský, 2002)

1.7.2 Dekontaminace

Pro stanovení definice budeme vycházet z toho, že dekontaminace je soubor metod, postupů a prostředků k účinnému odstranění kontaminantů. Dekontaminaci lze také vysvětlit jako snížení škodlivého účinku kontaminace na bezpečnou úroveň a její likvidaci, protože úplné odstranění kontaminantů není zpravidla možné (tzv. zbytková kontaminace). Hlavním cílem dekontaminace je především snížení zdravotnických a nenávratných ztrát.

Metody provádění dekontaminace jsou následující:

- **mechanické** – vyklepávání, vysávání, kartáčování
- **fyzikální** – odpařování, smývání, sorpce
- **chemické** – reakce kontaminantů s vhodným činidlem, při čemž dochází k úplnému rozložení látky nebo přeměně na podstatně méně toxické produkty, nebo na sloučeniny, jejichž odstranění je snadnější. (Kotinský, 2002)

Z operačního hlediska se dekontaminace dělí na:

- **okamžitou** – uskutečňuje ji jednotlivec pomocí individuálního protichemického balíčku okamžitě po zasažení otravnými látkami. Může také zahrnovat dekontaminaci výstroje a výzbroje. Jejím cílem je záchrana života a zmenšení následků zasažení
- **částečnou** – uskutečňuje ji jednotlivec nebo jednotka s omezením na jednotlivé části výstroje a výzbroje a pracoviště. Jejím cílem je co nejvíce omezit styk se škodlivinou, zabránit jejímu dalšímu šíření a umožnit pokračování v bojové činnosti.
- **úplnou** – jedná se o dekontaminaci celého objektu s cílem dosáhnout bezpečné koncentrace kontaminantu z hlediska kontaktního a inhalačního působení, umožnit částečné nebo úplné sejmutí prostředků individuální ochrany a pokračovat v bojové činnosti. Úplnou dekontaminaci uskutečňuje jednotka vlastními silami a prostředky, nebo s podporou jiné jednotky.

Z hlediska dekontaminačního postupu se dekontaminace skládá z hrubé očisty, vlastní dekontaminace dekontaminační směsí a zpravidla také následného oplachu nekontaminovanou vodou. (ČOS č. 681001, 2007)

1.7.3 Dekontaminační postup

Jedná se o sled jednotlivých operací, které zahrnují hrubou očistu, aplikaci dané dekontaminační směsi a závěrečný oplach, popř. další operace. Tyto operace se provádí předepsaným způsobem s cílem dosáhnout co nejnižší přípustné zbytkové kontaminace dekontaminovaného objektu. Postup a jeho dílčí operace se charakterizují

např. spotřebou dekontaminační směsi, teplotou či tlakem vody, nebo použitou dekontaminační technikou (oplachový rám, tryska, proudnice). Dále typem dekontaminační směsi, její teplotou, plošnou hustotou jejího nánosu na dekontaminovaný povrch, způsob její aplikace a dobu jejího působení. (ČOS č. 681001, 2007)

1.7.4 Další dekontaminační definice

- **Dekontaminační prostředek** – je technický prostředek umožňující provedení dekontaminačního zásahu. Jedná se o technické prostředky podle charakteru použití:
 - **osobní** – dekontaminační soupravy
 - **ruční nebo přenosné technické prostředky** – malé dekontaminační agregáty, rozstřikovače
 - **dekontaminační vozidla** – umožňují provádění plošné dekontaminace terénu (ACHR-90) a objektů.
- **Dekontaminační zásah** – rozumíme tím veškeré práce spojené s odstraněním nebezpečí vyplývajících z kontaminace otravnými látkami, bojovými chemickými a biologickými látkami a radioaktivními látkami. (obr. 4 a 5)
- **Dekontaminovatelnost** – je schopnost snižovat úroveň kontaminace OL, BBL a RL ve struktuře nebo na povrchu systému po odstranění volné fáze kontaminantu oplachem vodou nebo dekontaminačním zásahem.
- **Přípustná zbytková kontaminace** – je taková koncentrace kontaminantu, která zpravidla po provedení dekontaminace nezpůsobí poškození zdraví osob. (ČOS č. 681001, 2007)



**Obrázek 4: stavba stanoviště dekontaminace osob SDO,
zdroj: vlastní**



**Obrázek 5: stavba dekontaminační linky pro techniku,
zdroj: vlastní**

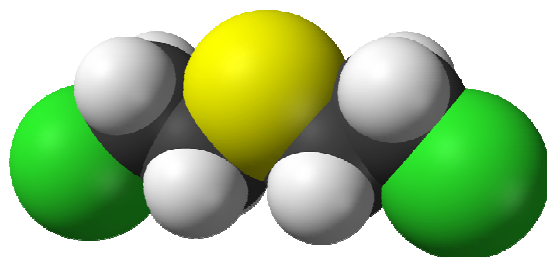
1.8 Zkoumané bojové látky

1.8.1 Sulfidický yperit

Yperit je vojenský plyn (také nazývaný hořčičný plyn), který se řadí do skupiny zpuchýřujících bojových látek. Jedná se o jednu z nejznámějších chemických bojových látek. Jeho první použití bylo již v první světové válce německou armádou. Poprvé byl objeven Frederikem Guthrie v roce 1860. Yperit se nazývá podle města Yprès, kde byl Němci poprvé použit v boji. Yperit se projevuje leptáním sliznic. Proniká oděvem

a jeho působení se urychluje na vlhkých místech (podpaží, třísla). (Halámek et al., 2007) Yperit je prototypem zpuchýřujících látek, které pronikají do organismu všemi branami a na pokožce zanechává bolestivé puchýře a popáleniny. Pro zjištění mechanismu toxického účinku yperitu bylo provedeno několik sérií pokusů na kůži laboratorních zvířat se zjištěním, že nejcitlivěji reagují koně a nejméně morčata a opice. Bylo testováno více než 1 200 pokusných osob. Yperit rychle penetruje do buněk, kde hydrolyzuje na thiodiglykol a kyselinu chlorovodíkovou, která je částečně zodpovědná za toxický efekt. Američtí vojenští lékaři H. L. Gilchristem a P. B. Mtzem ve své studii uvádějí: „Yperit je klasifikován jako zpuchýřující plyn... Nejdřív působil jako buněčný iritant a nakonec jako buněčný jed. První symptomy otravy yperitem se objeví po čtyřech až šesti hodinách, ale latentní doba může trvat až 24 hodin...“ Toxikologický a farmakologický výzkum yperitu byl však teprve v plenkách a vědci jenom postupně objevovali jeho všestranné účinky a odhalovali jeho podstatu. Faktem však je, že problém mechanismu toxického účinku yperitu není dosud uspokojivě vyřešen. (Pitschmann, 2012)

Hlavní mechanismus účinků yperitu je v alkylaci guaninu DNA v poloze 7. Dojde ke spojení obou řetězců DNA a tím se zastaví buněčné dělení. Sulfidický yperit je za normálních podmínek a při 20 °C bezbarvá olejovitá kapalina s výrazným zápachem po hořčici, křenu nebo cibuli. Chemicky se jedná o sloučeninu **bis(2-chlorethyl)sulfid** (obr. 6).



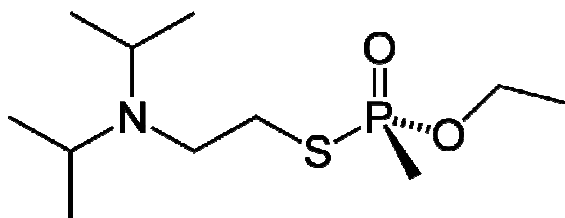
Obrázek 6: 3D molekula sulfidického yperitu,

zdroj: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4c/Sulfur-mustard-3D-vdW.png>

1.8.2 Látka VX

Látka VX je nejrozšířenější bojová látka. Jedná se o bezbarvou až nažloutlou kapalinu bez zápachu. Byla objevena v roce 1954 Ranajitem Ghoshem. V seznamech OSN je známá jako zbraň hromadného ničení číslo 687. Výroba a hromadění této látky bylo zakázáno v roce 1993.

Do těla proniká kůží a dýchacími cestami. U zasažené osoby nejprve vyvolává kašel a nevolnost. Poté ochromuje dýchací svaly, což vede k silným křečovitým bolestem a končí smrtí. Smrtelná dávka látky VX leží mezi 1 mg vdechnutím až 10 mg při absorpci kůží. Systematický název látky VX je Ethyl-(2-[bis(propan-2-yl)amino]ethyl)sulfanyl(methyl)fosfinát a jeho sumární vzorec je znázorněn na obrázku č. 7.



Obrázek 7: sumární vzorec látky VX,

zdroj: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d1/VX-2D-skeletal.png>

1.9 Použité dekontaminační látky a směsi ve výzkumu

Pro výzkum byly použity následující dekontaminační směsi:

- **BX24** – dekontaminační směs používaná řadou armád NATO
- **Chlornanová dekontaminační směs** – zavedená v Armádě ČR
- **Savo** – směs zavedená v HZS ČR
- **Hvězda** – směs zavedená v HZS ČR

1.9.1 CRISTANINI BX-24

Dekontaminační směs pod označením BX-24 je výrobek italské společnosti CRISTANINI S.p.A. Tato firma se již od roku 1972 prezentuje po celém světě v oblasti

vysokotlakých technologií a nabízí kompletní sortiment zařízení pro průmyslové oblasti, ozbrojené složky i oblast civilní ochrany.

Cristanini je světovou špičkou ve výzkumu, vývoji i výrobě systémů a výrobků CBRN zabývající se dekontaminací a detoxikací zařízení, osob, vozidel, terénu a citlivého zařízení. Výzkum a vývoj provádí ve spolupráci s nejnámějšími univerzitami, ústavy a vojenskými výzkumnými ústavy po celém světě.

BX-24 je v současnosti nejúčinnější dekontaminační řešení na světě se zaměřením CBRN ve velkém měřítku a je mezinárodně uznávané jako nejsilnější a vyzkoušený produkt pro biologickou a chemickou dekontaminaci.

BX-24 bylo vyvinuto pro dosažení zvýšené účinnosti dekontaminace a minimalizaci potíží, které vznikají při použití současných běžných dekontaminačních produktů. BX24 je prášek, který se snadno rozpouští ve vodě bez použití přídavných látek nebo rozpouštědel může snadno používat. Po smíchání prášku BX-24 s vodou vznikne koloidní suspenze bez hrudek a po nanesení na kontaminované povrchy tvoří gelovitou vrstvu, v níž dochází k rozkladným reakcím chemických nebo biologických látek. Suspenze má po nanesení na dekontaminovanou plochu bílou barvu a je pro obsluhu snadno viditelný a usnadňuje jí proces nanášení. Potom se suspenze stává transparentní a nesnižuje tak možné maskovací vlastnosti zařízení.

Působení BX-24 proti chemickým a biologickým látkám

BX-24 je svým oxidačním a hydrolytickým účinkem aktivní vůči běžným chemickým bojovým látkám, jako jsou nervově paralytické otravné látky a zpuchřující otravné látky. Laboratorní zkoušky byly prováděny s použitím látky VX, somanu, sarinu a yperitu na různých typech materiálů (alkydové nátěry, polyuretanové nátěry, plasty, přírodní pryž, butylkaučuk a další). Ve všech případech prokázaly dosažené výsledky **zvýšenou účinnost BX-24.**

Svoji specifickou strukturou je BX-24 výjimečně účinný jako biologická dekontaminační látka. Jeho působení spočívá v silném vyvíjení chloru a tím podstatně ničí a inaktivuje bakterie, patogenní plísně a viry přítomné na kontaminovaných površích a tímto způsobem zabraňuje jejich dalšímu šíření v prostředí.

BX-24 řeší logistické problémy spojené s řízením skladování a použitím následujícími vlastnostmi:

- BX-24 je jediný produkt, který se dá přímo míchat s vodou a okamžitě tak utváří aplikační formu dekontaminační směsi
- použití malého množství prášku BX-24 vzhledem k dekontaminovanému povrchu
- potřeba malého množství vody jak při přípravě směsi, tak i při oplachování

Tyto aspekty nám v porovnání s jinými produkty umožňují zjednodušit řízení a postupy skladování zásob, redukovat plochu a objem nutný pro skladování a dopravu a zjednodušit operace spojené s jeho použitím. Na rozdíl od produktů složených z více komponentů, na které musí být obsluha řádně vycvičena a proškolená, zvládne aplikaci BX-24 i zaškolená obsluha. Nutnost omezeného množství vody redukuje problémy s její dopravou do míst s nedostatkem vody. Kromě toho zabraňuje vzniku velkých kaluží vody na zemi při použití směsi. Protože BX24 není stékavé, ulpívá po aplikaci dostatečně dlouhou dobu i na horních částech techniky.

Zařízení pro použití BX-24

Svémi chemickými a fyzikálními vlastnostmi, jako je rychlé smíchání s vodou, absence hrudek v pevné fázi i ve vodě, je obzvlášť vhodné pro použití v systémech, které jsou lehké a výkonné a nevyžadují přípravu pevně stanoveného množství směsi. (Cristanini S.p.A.)

Na základě požadavků ze strany mnoha armád z celého světa byl připraven projekt s cílem vyvinout a zkonstruovat speciální systém s cílem zefektivnit stávající 3-fázovou dekontaminaci:

- **přemytí**
- **dekontaminace**
- **opláchnutí**

Klasická 3-fázová dekontaminace se dvěma nebo více proudnicemi vyžaduje mnoho lidí, zařízení a příslušenství. Celý proces dekontaminace je tak komplikovaný,

neefektivní a zdlouhavý. Právě čas je při dekontaminacích prováděných v terénu klíčovou úlohou k dosažení pozitivních výsledků.

Sanijetgun je odpovědí na tuto výzvu. Toto speciální zařízení je opatřeno zásobníkem s dekontaminační látkou BX-24 (nebo podobnou látkou práškové konzistence) a jeho obsluhu zvládne pouze jedna osoba. To je také umožněno malými rozměry a hmotností (6,9 kg) proudnice (obr. 8). Sanijetgun pracuje s teplou i studenou vodou pod vysokým tlakem a přímým ovládním na proudnici obsluhující osoba provádí všechny tři fáze dekontaminace v rychlém sledu za sebou. Výkon proudnice při nástřiku dekontaminační látky se pohybuje mezi 6 – 7 l/min.



Obrázek 8: Obsluha s proudnicí Sanijetgun,

zdroj : <http://www.cristanini.it/it/scheda-prodotto/difesa/sanijetgun/>

Vliv BX-24 na životní prostředí

BX-24 má svými chemickými vlastnostmi malý vliv na životní prostředí (zbytky odstraněné z dekontaminovaného povrchu jsou již z větší části dezaktivovány a snadno půdou neutralizovány) a také specifickým množstvím potřebným k procesu dekontaminace. Za daných podmínek je BX-24 posouzeno jako netoxické, nekorozivní a ekologicky únosné. V každém případě je pro spolehlivé použití prostředku BX-24 nezbytné postupovat podle bezpečnostní zprávy a podle správného pracovního postupu pro tento prostředek.

Působení přípravku BX-24 na životní prostředí může být posuzováno hlavně podle uvolněného chlóru během dekontaminace (žádná rozpouštědla nebo jiné chemické látky nejsou přítomny). Prostředky obsahující chlórované isocyanuráty a jejich chlórované koncové produkty nejsou schopné způsobit nepřiměřené nežádoucí efekty na osoby a životní prostředí. Zvláštní pozornost by měla být věnována kvalitě vody. V přírodě podléhají chlórované isocyanuráty biodegradaci. V půdě a vnějších vodních systémech se rozkládají na oxid uhličitý a amoniak a brání tím jejich akumulaci a koncentraci v životním prostředí. Přestože má volný chlor ve vodě malou stabilitu, ochotně oxiduje anorganické a organické komponenty. Vysoké koncentrace chlóru jsou pro vodní život toxické. (Bonora, 2008, Cristanini, 2004)

1.9.2 Chlornanová dekontaminační směs

Tato dekontaminační směs je zavedena v HZS ČR. Jedná se o dekontaminační směs na bázi chlornanu sodného s aktivním chlórem a NaOH. (ČOS č. 681001, 2007)

1.9.3 Savo Originál

Savo, neboli chlornan sodný je chemická sloučenina se sumárním vzorcem NaClO. Roztok chlornanu sodného, také znám jako chlórové bělidlo, se často používá k dezinfekci i jako bělicí činidlo. Savo, které se běžně používá v domácnosti, obsahuje 5 % chlornanu sodného. V úpravách vody ke chlóraci vody v bazénech a menších vodárnách se používá roztok chlornanu sodného se 14 % až 17 % aktivního chlóru. Velké provozy většinou používají přímo plynný chlór. (Vohlídal, Štulík, 1999)

1.9.4 Dekontaminační činidlo Hvězda

Jedná se o dekontaminační směs zavedenou v HZS ČR a Armádě ČR. Dekontaminační činidlo Hvězda je univerzální dekontaminační směs, kterou lze použít k likvidaci průmyslových škodlivin a BCHL (detoxikace), B-agens (dezinfekce), nebo k dekontaminaci radioaktivními látkami (dezaktivace). To ji zásadně odlišuje od dříve používaných dekontaminačních činidel.

Dekontaminační činidlo Hvězda je dvousložkovou směsí. První složkou je alkalická kapalina (označována AB), která obsahuje mj. 4 % hm NaOH, 10 % kyanogenního tenzidu (alkyldimethylbenzylamonin chlorid) a méně než 5 % neionogenního tenzidu.

Druhou složkou je peroxidická kapalina (označována CC), která obsahuje mj. 20 % peroxidu vodíku. Hvězda se před použitím připravuje v poměru 4 objemové díly AB složky a 1 objemový díl CC složky. Takto připravená směs se používá pro dekontaminaci hasičů v protichemických ochranných oděvech. Pro dekontaminaci obyvatelstva, techniky, objektů nebo povrchů lze použít 10% směs připravenou smícháním výše uvedeného roztoku s vodou. EXPOZICE Hvězdy pro detoxikaci, dezinfekci a dezaktivaci je vždy 5 minut.

Při aplikaci Hvězdy lze díky mírnému pění směsi dobře kontrolovat nános a oplach dekontaminační směsí. Hvězda je schválena hlavním hygienikem ČR a Státní veterinární správou ČR. (Matějka, 2009)

2 Cíl práce, výzkumná otázka a metodika výzkumu

2.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce bylo porovnání dekontaminačních látek používaných Armádou České republiky a složkami integrovaného záchranného systému s dekontaminačními látkami na evropském trhu.

2.2 Výzkumná otázka

Pro tuto bakalářskou práci byla stanovena výzkumná otázka: „Jsou nové dekontaminační látky dostupné na evropském trhu účinnější než stávající dekontaminační látky, které jsou k dispozici v současné době v ČR?“

2.3 Metodika výzkumu

K získání odpovědi na výzkumnou otázku byla zvolena forma kvalitativního výzkumu. Nejprve byla provedena rešerše dostupné literatury.

Základní metodou výzkumu byly experimenty uskutečněné v laboratořích MV – generálního ředitelství HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva v Lázních Bohdaneč. Tyto experimenty uskutečnili zaměstnanci Institutu ochrany obyvatelstva. Výsledky pokusů jsem využil a interpretoval ve své práci. Osobně jsem se těchto testů nemohl zúčastnit, protože nejsem držitelem odborné způsobilosti k nakládání a manipulaci s nebezpečnými látkami. Předmětem zkoumání byly chemické látky sulfidický yperit a látka VX. Všechny testy byly provedeny v tzv. digestoři (obr. 9), kde je povolena práce s vysoce toxickými látkami.



Obrázek 9: Digestoř v laboratoři IOO,

zdroj: Ing. Tomáš Čapoun, CSc.

Cílem výzkumu bylo porovnat účinnost zavedených dekontaminačních směsí při dekontaminaci chemických bojových látek. K porovnání byly vybrány následující směsi:

- **BX-24** – dekontaminační směs používaná řadou armád NATO.
- **Chlórnanová dekontaminační směs** – zavedená v Armádě ČR.
- **Savo Originál** – směs zavedená v HZS ČR.
- **Hvězda** – směs zavedená v HZS ČR.

Všechny směsi byly připraveny podle příslušného předpisu. Jejich další aplikace byla v rámci objektivnosti jednotná (množství na jednotku plochy, doba expozice, doba působení, oplach vodou).

K hodnocení uvedených směsí byly aplikovány dvě zkoušky:

- testování dekontaminační účinnosti
- testování degradační účinnosti

Stanovení **dekontaminační účinnosti** představuje zjištění podílu původního množství bojové chemické látky na povrchu, který je schopna testovaná dekontaminační směs za předepsaných zkušebních podmínek odstranit ze zkušebního povrchu.

Při zkoušce se provede kontaminace zkušebního povrchu kapkami bojové chemické látky na hodnotu výchozí hustoty kontaminace. Po určité době expozice je na povrch aplikována dekontaminační látka či směs v předepsaném množství. Po dané době působení se látka či směs odstraní z povrchu (sklepáním, oplachem vodou apod.). Proveďte se odběr vzorku povrchu a analýzou extraktu se stanoví zbytková kontaminace danou bojovou chemickou látkou. (Čapoun, Krykorková, 2016a)

Hodnota zbytkové kontaminace je sama o sobě měřítkem účinnosti testované směsi na danou bojovou chemickou látku a povrch. Kromě toho se vypočítá hodnota dekontaminační účinnosti, která v procentech vyjadřuje podíl bojové chemické látky odstraněný ze zkušebního povrchu.

Vzhledem k experimentálnímu uspořádání jsou laboratorní zkoušky dekontaminační účinnosti koncipovány jako porovnávací. Znamená to, že není důležitá absolutní hodnota zbytkové kontaminace (resp. její porovnání s hodnotou přípustnou), ale jejich cílem je porovnat účinnost dané směsi za jinak shodných podmínek s účinností jiné směsi – většinou standardní. V předložené práci byla za tuto srovnávací směs zvolena směs BX-24 jako standard NATO.

Předmětem zkoušky **degradační účinnosti** je určení stupně rozkladu bojové chemické látky účinkem dekontaminační směsi.

Bojová chemická látka se smísí s dekontaminační směsí v poměru, který odpovídá reálným podmínkám. Směs je míchána magnetickou míchačkou. V určitých časových intervalech se odebírá podíl uvedené směsi, který se dává do baňky s cyklohexanem, vnitřním standardem a retardérem reakce, který zastaví rozkladnou reakci. Bojová chemická látka se vytřepe do cyklohexanu. Extrakt se analyzuje metodou plynové

chromatografie s hmotnostní detekcí (GC/MS) metodikou přímého nástřiku. Množství bojové chemické látky v extraktu se stanoví na základě poměru ploch chromatografického píku bojové chemické látky a píku vnitřního standardu, jehož koncentrace je po celou dobu reakce konstantní. Z hodnoty poměru ploch chromatografických píků se vypočítá podíl rozložené bojové chemické látky. Sestrojí se závislost procent rozložené látky na době reakce.

Výsledkem zkoušky je čas, za který se účinkem dekontaminační směsi za daných experimentálních podmínek rozloží 50, 90 a 99 % bojové chemické látky a který se vyjadřuje v minutách. (Čapoun, Krykorková, 2016b)

2.4 Dekontaminační účinnost

2.4.1 Kontaminace povrchů

Porovnání dekontaminační účinnosti bylo realizováno na bojových chemických látkách:

- a) **Látka VX** [O-ethyl-S-(diisopropylaminoethyl)methylthiofosfonát], (VOZ 072 Zemianské Kostoľany, vyrobena 1991, číslo atestu 410/91).

Čistota látky byla stanovena odměrnou thiomerkurimetrovou metodou indikovanou potenciometricky sulfidovou iontově selektivní elektrodou na automatickém titrátoru TitroLine Sloha plus. Analýza byla provedena podle ustanovení standardního operačního postupu. Čistota látky činila 83 %.

- b) **Sulfidický yperit** [bis(2-chlorethyl)sulfid], VOZ 072 Zemianské Kostoľany, vyroben 1986, číslo atestu 30/86).

Čistota látky byla stanovena odměrnou argentometrickou metodou indikovanou potenciometricky iontově selektivní elektrodou na automatickém titrátoru TitroLine Sloha plus. Analýza byla provedena podle ustanovení standardního operačního postupu. Čistota látky činila 98 %.

Jako zkušební povrchy byly použity:

- **Ocelové plechy** 100 x 100 x 1 mm **opatřené na jedné straně venkovním nátěrem** „Universal lesklý“ (Balakom, SR, č. šarže 04/90); stáří nátěru 1 rok.

- **Části speciálního ochranného oděvu SOO CO** 100 x 100 mm bez švů, ochranná vrstva je tvořena gumovou směsí na bázi butylkaučuku, nosná tkanina je polyesterová.

Vzorky zkušebních povrchů byly kontaminovány ve vodorovné poloze kapkami čistého kontaminantu. Kontaminace byla provedena pomocí elektronické stříkačky eVol (SGE Analytical Science, Austrálie).

Kontaminace vzorků 100 x 100 mm **látkou VX** byla provedena 48 kapkami objemu 0,25 μl , což po přepočtu na hmotnost čisté látky VX představuje kontaminaci **1,0 g/ m²**.

Kontaminace vzorků 100 x 100 mm **sulfidickým yperitem** byla provedena 37 kapkami o objemu 1,5 μl , což po přepočtu na čistou látku odpovídá hustotě kontaminace **6,9 g/m²**.

Doba expozice vzorků oběma dekontaminanty činila **15 minut**. Všechny vzorky byly po dobu expozice ve vodorovné poloze.

Pro každou dekontaminační směs, kontaminant a oba povrchy bylo provedeno vždy 5 paralelních zkoušek.

2.4.2 Dekontaminace

Při dekontaminaci byly testovány směsi, jejichž specifikaci a přípravu shrnuje tabulka 2.

Tabulka 2: Testované dekontaminační směsi

Dekontaminační směs	Výchozí látka	Příprava směsi	Poznámka
Bx-24	Cristanini S.p.A, Rivoli Veronese, Itálie č. šarže 240243, exsp. 10/2023	10% vodný roztok	
Směs chlornanu vápenatého	Ca(ClO) ₂ , pro synt, Merk, č. šarže S6761899415	2% vodný roztok + 0,5 % detergentu Alfa (MPD Rakovník)	Obsah aktivního chlóru ve výchozí látce 67 % hm.
Savo	Savo originál, Bochemie Bohumín	bez úpravy	Obsah aktivního chlóru 3,2 % hm.
Hvězda	Hvězda, složky AB, CC (MPD Rakovník)	Před použitím smíseny 4 obj. díly složky AB a 1 obj. díl složky CC	

Zdroj: experiment

Na každý zkušební povrch 100 x 100 mm bylo z dávkovače shodně aplikováno 10 ml dekontaminační směsi. To odpovídá spotřebě **1 l/m²**. Doba působení dekontaminační směsi činila u všech vzorků **10 minut**. Po této době byly zkušební povrchy opláchnuty ze stříkačky 50 ml vody na oplach, to odpovídá spotřebě **5 l/m²**.

Současně s kontaminovanými zkušebními povrchy byly ve všech testovaných případech uvedené dekontaminační směsi aplikovány za stejných podmínek na stejné nekontaminované povrchy tzv. slepé pokusy.

2.4.3 Odběr a úprava vzorků

Pro zjištění zbytkové kontaminace povrchů plechů byla k odběru vzorků použita technika stěrů. Z plochy 100 x 100 mm byly stěry provedeny třemi vatovými tampóny. Dva namočené v rozpouštědle a třetí suchý. Jako rozpouštědlo byl použit pro stěry látky VX methanol a pro stěry yperitu ethanol.

Tampóny vaty byly vloženy do Erlenmayerových baněk o objemu 250 ml a přelity 25 ml příslušného rozpouštědla k extrakci: pro extrakci látky VX voda, pro extrakci yperitu

ethanol. Tampóny byly v baňkách uzavřeny skleněnými zábrusnými zátkami a extrahovány na laboratorní pračce LT2 po dobu 30 minut.

Pro účely zjištění zbytkové kontaminace ochranných oděvů byly zkušební vzorky 100 x 100 mm vloženy přímo do Erlenmayerových baněk o objemu 250 ml a přelity 25 ml příslušného rozpouštědla k extrakci. Vzorky oděvů byly v baňkách uzavřeny skleněnými zábrusnými zátkami a extrahovány na laboratorní pračce LT2 po dobu 30 minut. Jako rozpouštědlo látky VX bylo pro extrakci použito rozpouštědlo methanol a pro extrakci yperitu ethanol.

Po odpipetování příslušného množství extraktu následovalo stanovení kontaminantu v extraktu. Při odběru povrchů kontaminovaných látkou VX byl extrakt před vlastní analýzou ředěn destilovanou vodou 1000krát.

Stejným postupem a za stejných podmínek byly pro jednotlivé kontaminanty odebrány vzorky z původně nekontaminovaných povrchů (slepé pokusy).

2.4.4 Stanovení látky VX

Pro stanovení látky VX v extraktu byly použity následující chemikálie:

- Kyselina boritá (p. a., Lachema, číslo šarže 38061 9191)
- Hydroxid sodný (p. a., Merk, číslo šarže C292682)
- Butyrylthiocholinjodid (p. a., Lachema, číslo šarže 103021286)
- Kyselina 5,5'-dithiobis(2-nitrobenzeová) /Ellmanovo činidlo/ (Fluka, číslo šarže 36422589)
- Hydrogenuhlíčan sodný (p. a., Analytika Praha)
- Butyrylcholinesteráza – činidlo č. 10 (Kmána Šarišské Michařany, číslo šarže 370486)

Látka VX byla stanovena biochemickou reakcí s Ellmanovým činidlem a fotometrickým vyhodnocením za následujících podmínek:

- Doba inkubace: 10 minut
- Doba reakce se substrátem a činidlem: 4 minuty

Absorpce reakčních produktů byla měřena fotometrem UV/VIS-spektrofotometrem Hewlett Packard 8452A při vlnové délce 408 nm v kyvetě optické délky 1,00 cm proti destilované vodě. (Čapoun, 2015a)

Ze změřených hodnot absorpce reakčních produktů byl vypočítán stupeň inhibice (%I) extraktu ze vzorce:

$$\%I = \left(1 - \frac{A}{A_0} \right) \cdot 100 ,$$

kde A - absorpance roztoku vzorku,

A₀ - absorpance slepého pokusu.

Kontaminace látky VX byla odečtena z kalibrační závislosti stupně inhibice na logaritmu koncentrace látky VX v roztoku, která byla v rozsahu stupně 20 až 80 % lineární.

Z odečtené hodnoty koncentrace látky VX v roztoku byla po zahrnutí zředovacího faktoru vypočítána zbytková kontaminace povrchu látkou VX v jednotkách mg/m².

2.4.5 Stanovení sulfidického yperitu

Ke stanovení sulfidického yperitu v extraktu a odpadních vodách byly použity následující chemikálie:

- Thymolftalein (ind., Lachema, číslo šarže 3023900577)
- Hydroxid sodný (p. a., Merk, číslo šarže C292682)
- Kyselina octová (p. a., 99,8%, Lachema, číslo šarže 30667 0700)
- Ethanol (líh jemný zvláště denaturovaný 1 % lékařského benzínu, LIHO-Blanice, Mladá Vožice)

Sulfidický yperit byl stanoven fotometrickou reakcí s alkalickým thymolftaleinem za následujících podmínek:

- Teplota: 77 °C
- Doba reakce: 20 minut

K měření absorbance reakčních produktů byl použit stejný přístroj jako při stanovení látky VX. Měření byla prováděna při vlnové délce 448 nm. (Čapoun, 2015b)

Koncentrace sulfidického yperitu v extraktu byly na základě změřené absorbance reakčního produktu vypočítána z kalibrační přímky, tj. ze závislosti absorbance (A) při vlnové délce 448 nm na koncentraci sulfidického yperitu v roztoku. Z odečtené hodnoty koncentrace sulfidického yperitu v roztoku byla vypočítána zbytková kontaminace povrchu sulfidickým yperitem v jednotkách mg/m^2 .

2.4.6 Vyhodnocení naměřených dat

Stanovené hodnoty zbytkové kontaminace byly statisticky vyhodnoceny pomocí statistického software. V prvním kroku byla zjištěna statisticky odlehlá data. K tomu byl použit Grubbsův test, Grubbsův test párový a Dodonův test. Na základě výsledků těchto testů nemusel být žádný ze stanovených výsledků vyloučen a dále bylo pracováno s úplnými soubory 5 dat.

U naměřených souborů byly pro jednotlivé bojové chemické látky, zkušební povrchy a dekontaminační směsi vypočítány průměrné hodnoty zbytkové kontaminace (mg/m^2), relativní opakovatelnosti (relativní směrodatné odchylky, %) a dekontaminační účinnosti (%).

S ohledem na hlavní cíl práce, kterým bylo porovnání dekontaminační účinnosti 4 dekontaminačních směsí, musela být testována statistická významnost rozdílů průměrných hodnot zbytkové kontaminace pomocí t-testu. Se zbytkovou kontaminací po dekontaminaci směsí BX-24, zvolenou jako srovnávací, byly porovnány hodnoty zbytkové kontaminace dosažené ostatními testovanými směsmi.

Vzhledem k tomu, že t-test má různé parametry pro soubory se statisticky shodnými a rozdílnými rozptyly, bylo v první řadě nezbytné pro příslušné dva soubory naměřených dat (tj. hodnot zbytkové kontaminace po dekontaminaci směsí BX-24 a některou z ostatních směsí) provést F-testem posouzení shody rozptylů. Ve všech případech byla hypotéza o shodě rozptylů naměřených dat přijata.

Při vlastním testování statistické významnosti rozdílů průměrných hodnot zbytkové kontaminace byla pomocí software (*EffiValidation 3.0*. Oulehla: EffiChem, 2002.) vypočítána hodnota kritéria t pro dané dva soubory hodnot a ta byla porovnána s kritickou hodnotou t_{KRIT} pro daný počet měření. Pokud platí, že $t < t_{KRIT}$, pak rozdíl průměrů obou souborů není statisticky významný. Výsledek $t > t_{KRIT}$ znamená, že průměrné hodnoty obou souborů dat jsou statisticky rozdílné.

2.5 Degradční účinnost

2.5.1 Provedení testu

Degradční účinnost studovaných dekontaminačních směsí byla testována na stejné bojové chemické látce jako při zkouškách dekontaminační účinnosti.

Do Erlenmayerovy baňky o objemu 100 ml bylo na analytických vahách odváženo 0,05 – 0,5 g bojové chemické látky a vloženo magnetické míchadlo. Navážka byla přepočítána na čistou látku.

K bojové chemické látce v Erlenmayerově baňce byl přidán určitý objem dekontaminační směsi, okamžitě byly spuštěny stopky a míchání na elektromagnetické míchačce při teplotě 20 °C. Objem přidané dekontaminační směsi korespondoval s reálnou spotřebou směsi při dekontaminaci (tj. 1 l/m²). Z toho vyplývá poměr bojová chemická látka / dekontaminační směs 1/1000 pro látku VX a 1/140 pro sulfidický yperit.

Do odměrné baňky objemu 10 ml byl pipetován 1,0 ml cyklohexanového roztoku vnitřního standardu a dále přidán retardér rozkladné reakce k zastavení rozkladu bojové chemické látky.

Jako vnitřní standard byl pro látku VX použit tri-n-propylamin a pro stanovení yperitu di-n-propyldisulfid. Retardérem rozkladné reakce byl pevný thiosíran sodný pentahydrát.

Po určitých časových intervalech bylo z Erlenmayerovy baňky odebíráno automatickou pipetou 5 ml reakční směsi, aniž bylo přerušeno míchání, a dávkováno do odměrné baňky k cyklohexanovému roztoku vnitřního standardu a retardéru rozkladné reakce. Odměrná baňka byla uzavřena zabroušenou zátkou a směs byla třepána ručně po dobu

3 minut. Horní cyklohexanová vrstva byla potom v odměrné baňce ze stříčky vytlačena destilovanou vodou do hrdla baňky, odkud byla odebrána k analýze.

Celková doba testu činila 60 minut.

3 Výsledky

3.1 Analýza extraktu

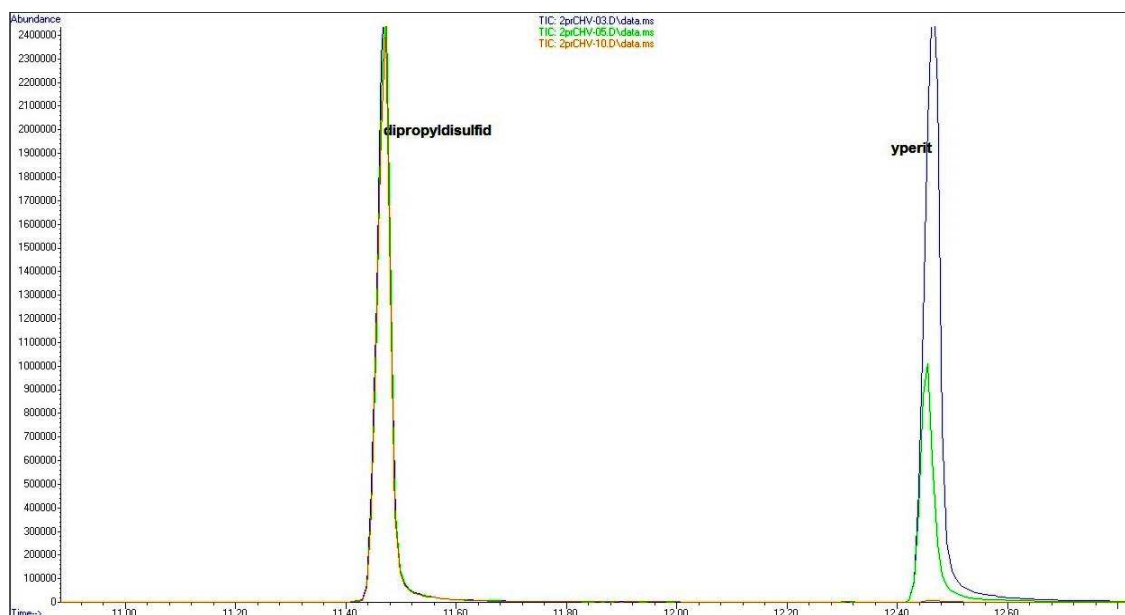
Hamiltonovou stříkačkou byl odebrán 1 μl cyklohexanové vrstvy a nastříknut do GC/MS systému EM 640 (Bruker, SRN). Analýza byla provedena při následujících parametrech měření: kolona HP-5MS (délka 30 m, \O 0,25 mm, fáze 0,25 μm), nosný plyn He 1,2 ml/min, T Inlet 290 $^{\circ}\text{C}$, T rozhraní GC/MSD 290 $^{\circ}\text{C}$, Scan range 35-800 amu, Splitless, Solvent Delay: 6 min., GC program: 40 $^{\circ}\text{C}$ – 2 min, od 40 $^{\circ}\text{C}$ do 280 $^{\circ}\text{C}$ dT/dt 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 280 $^{\circ}\text{C}$ –10 min.

Výsledkem analýzy je chromatogram (příklad uvádí obr. 10), u něhož byla provedena identifikace jednotlivých složek. Dále byla odečtena plocha píku bojové chemické látky $A(\text{BCHL})$ a plocha píku vnitřního standardu $A(\text{VS})$. Byl vypočítán relativní odezvový faktor $ROF = A(\text{BCHL}) / A(\text{VS})$.

Z relativního odezvového faktoru byl vypočítán podíl rozložené látky P_{RL} (%), když výchozí relativní odezvový faktor ROF_V představuje 0 % látky. Podíl rozložené látky byl vypočítán z rovnice:

$$P_{RL} = (ROF_V - ROF) \cdot 100 / ROF_V.$$

Závislost podílu rozložené bojové chemické látky (P_{RL}) na čase účinkem testované dekontaminační směsi byla vynesena do grafu.



Obrázek 10: Chromatogramy extraktů reakce sulfidického yperitu se směsí chlornanu vápenatého při době reakce 3 minuty (modrý chromatogram), 5 minut (zelený chromatogram) a 10 minut (oranžový chromatogram),

zdroj: experiment

3.2 Dekontaminační účinnost

Vyhodnocené povrchové zbytkové kontaminace materiálu ochranného oděvu a natřeného plechu látkou VX po aplikaci zkoušených dekontaminačních směsí uvádí tabulka 3.

Z hodnot v tabulce vyplývá, že numericky nejnižších hodnot zbytkové kontaminace zkušebních povrchů bylo dosaženo dekontaminací směsí BX24. Statistická analýza dat však ukázala, že rozdíl mezi hodnotami průměrné zbytkové kontaminace dosaženými všemi testovanými směsmi není statisticky významný. Dokazují to hodnoty kritéria t , které jsou ve všech případech nižší než hodnota kritická. Jinými slovy lze výsledky interpretovat tak, že na obou zkušebních površích je dekontaminační účinnost všech směsí na látku VX srovnatelná.

Tabulka 4 uvádí hodnoty průměrné zbytkové kontaminace, relativní směrodatné odchylky, dekontaminační účinnosti a kritéria t vzhledem ke směsi BX24 po dekontaminaci sulfidického yperitu. Hodnoty v tab. 3 ukazují, že proti látce VX bylo dosaženo podstatně rozdílnějších výsledků. Jednoznačně nejvyšší dekontaminační

účinnost vykazuje směs BX-24, a to jak na nátěru plechu tak na materiálu ochranného oděvu. Ostatními testovanými směsmi bylo dosaženo vyšších hodnot zbytkové kontaminace. Hodnoty kritéria t ukazují, že rozdíl mezi zbytkovou kontaminací po dekontaminaci směsí BX-24 a zbytkovými kontaminacemi dosaženými ostatními směsmi je statisticky významný. Výjimku tvoří pouze chlornanová směs aplikovaná na ocelový plech s nátěrem. Naopak nejnižší dekontaminační účinnost vykazoval přípravek Savo Original.

Tabulka 3: Vyhodnocení hodnot zbytkové kontaminace látkou VX po aplikaci testovaných dekontaminačních směsí (výchozí kontaminace 1,0 g/m², počet měření n = 5, hladina významnosti $\alpha = 0,05$, $t_{KRIT} = 2,306$)

Povrch	Dekontaminační směs	Průměrná zbytková kontaminace [MG/M ²]	Relativní směrodatná odchylka [%]	Dekontaminační účinnost [%]	Kritérium T
Ochranný oděv	BX-24	2,9	14	99,71	-
	Směs chlornanu vápenatého	3,1	11	99,69	0,673
	Savo Original	3,1	20	99,69	0,402
	Hvězda	2,9	12	99,71	0,046
Plech s nátěrem	BX-24	4,4	13	99,56	-
	Směs chlornanu vápenatého	5,1	19	99,49	1,305
	Savo Originál	5,3	6	99,47	2,305
	Hvězda	4,8	4	99,52	1,165

Zdroj: experiment

Tabulka 4: Vyhodnocení hodnot zbytkové kontaminace sulfidickým yperitem po aplikaci testovaných dekontaminačních směsí (výchozí kontaminace 6,9 g/m², počet měření n = 5, hladina významnosti $\alpha = 0,05$, $t_{KRIT} = 2,306$)

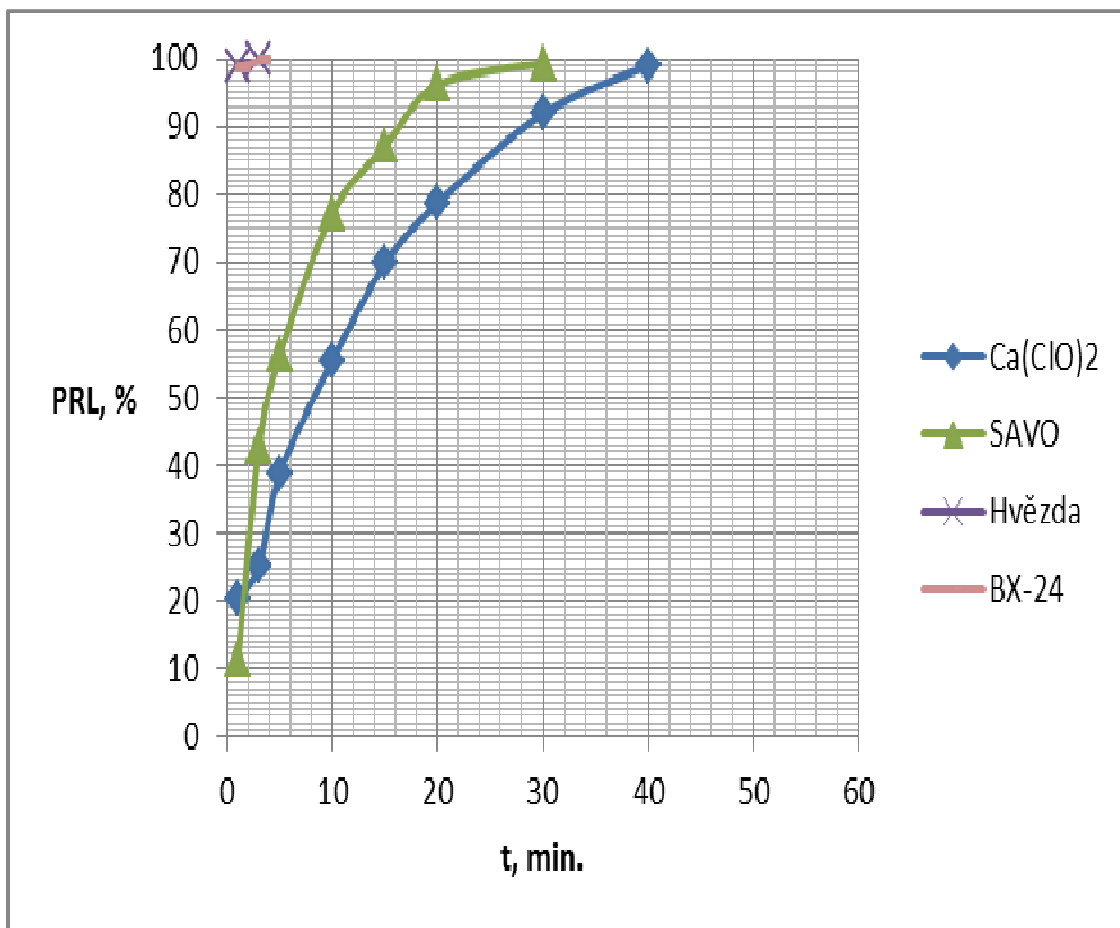
Povrch	Dekontaminační směs	Průměrná zbytková kontaminace [MG/M ²]	Relativní směrodatná odchylka [%]	Dekontaminační účinnost [%]	Kritérium T
Ochranný oděv	BX-24	7,5	4	99,89	-
	Směs chlornanu vápenatého	14	5	99,80	4,352
	Savo Originál	39	6	99,43	8,459
	Hvězda	18	3	99,74	5,965
Plech s nátěrem	BX-24	35	3	99,49	-
	Směs chlornanu vápenatého	45	9	99,35	1,073
	Savo Originál	64	5	99,07	5,987
	Hvězda	61	5	99,12	6,045

Zdroj: experiment

3.3 Degradční účinnost

Závislosti podílu rozložené bojové chemické látky na čase účinkem testovaných dekontaminačních směsí jsou uvedeny na obr. 11 a 12.

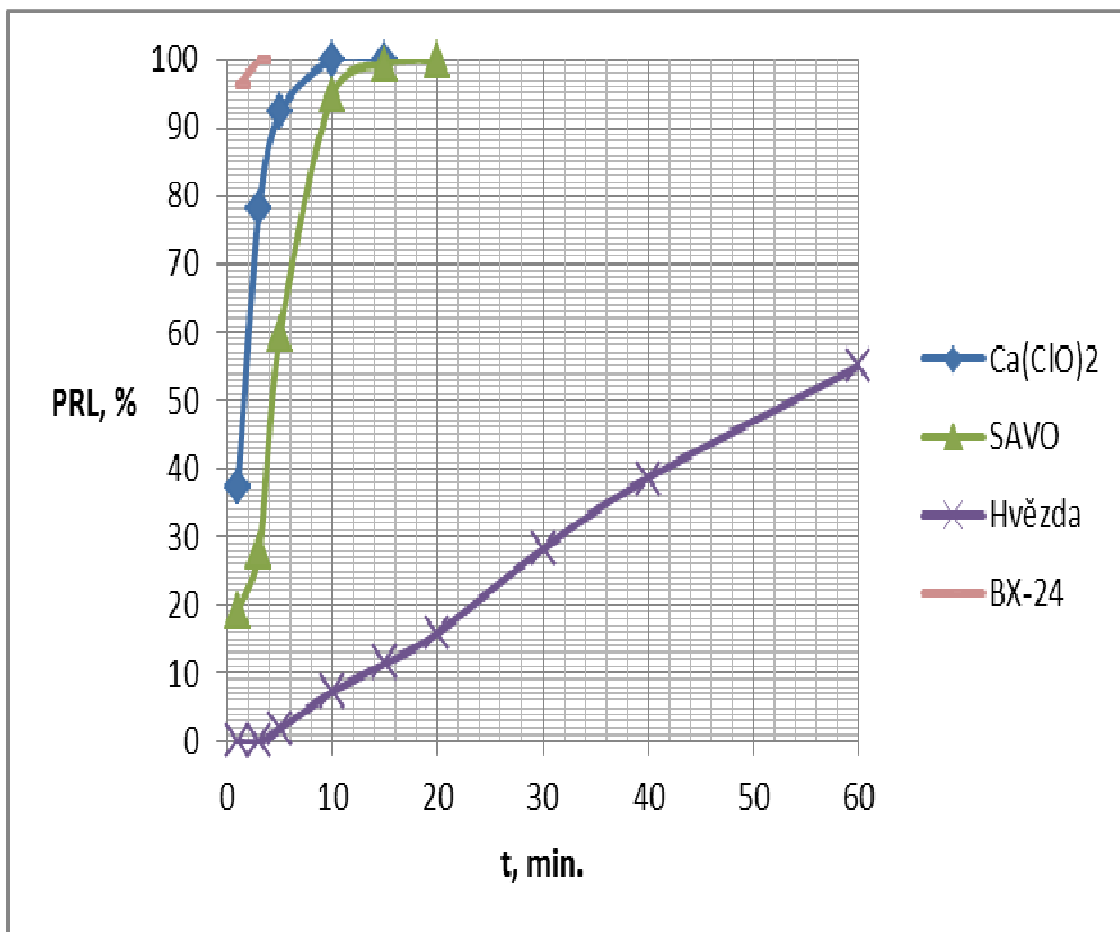
V případě látky VX se v levém horním rohu grafu na (obr. 11) překrývají závislosti naměřené pro směsi BX-24 a Hvězda, které předložené množství látky VX rozkládají za daných experimentálních podmínek prakticky okamžitě. Rozklad chlornanovými směsmi je sice pomalejší, ale u všech došlo k rozkladu nejpozději do 40 minut, což lze považovat za vyhovující.



Obrázek 11: Závislost podílu rozložené látky VX (PRL) na čase (t) působením vybraných dekontaminačních směsí,

zdroj: experiment

Odlišné výsledky byly získány při měření rozkladu sulfidického yperitu (obr. 12). Zde naopak dochází k rychlému rozkladu látky účinkem všech chlornanových směsí včetně směsi BX-24, která je na yperit nejúčinnější. Naopak působením směsi Hvězda nedojde do 60 minut k rozkladu veškerého testovaného množství látky. Po 60 minutách zůstává účinkem směsi Hvězda nerozloženo 45 % yperitu.



Obrázek 12: Závislost podílu rozloženého sulfidického yperitu (PRL) na čase (t) působením vybraných dekontaminačních směsí,

zdroj: experiment

Kinetiku uvedených reakcí lze rovněž popsat pomocí některých charakteristických časů potřebných za daných experimentálních podmínek k dosažení určitého stupně rozkladu. V tab. 4 je uveden přehled poločasů rozkladu a časů potřebných k rozkladu 90 a 99 % látky VX a sulfidického yperitu. Tyto hodnoty byly odečteny extrapolací ze závislostí na obr. 11 a 12.

V tabulce 5 jsou v podstatě potvrzeny závěry dosažené při interpretaci grafických závislostí.

Tabulka 5: Časy potřebné k rozkladu 50 % (t50), 90 % (t90) a 99 % (t99) bojové chemické látky při testování degradační účinnosti vybraných dekontaminačních směsí

Dekontaminační směs	Látka VX			Sulfidický yperit		
	t50, min	t90, min	t99, min	t50, min	t90, min	t99, min
BX-24	<1	<1	2	<1	<1	2
Směs chlornanu vápenatého	3	14	30	<1	7	10
Savo Originál	5	16	29	5	9	12
Hvězda	<1	<1	<1	57	>60	>60

Zdroj: experiment

Z výsledků testů vyplývá, že některé dekontaminační látky jsou na určité chemické látky dobře účinné, méně účinné nebo téměř neúčinné. V testech na dekontaminační účinnost látky VX nebyly ve výsledcích výraznější rozdíly, tedy účinek všech zkoumaných dekontaminačních směsí byl srovnatelný. Při dekontaminaci sulfidického yperitu však byly významné rozdíly v účinnosti jednotlivých dekontaminačních látek. Nejvyššího účinku bylo dosaženo látkou BX-24, Savo Originál vykazovalo nejnižší účinek.

K rozkladu látky VX došlo téměř okamžitě dekontaminačními směsmi BX-24 a Hvězda. Rozklad chlornanovými směsmi probíhal pomaleji, přesto lze jejich účinnost označit za vyhovující. Rozklad sulfidického yperitu probíhal jednotlivými dekontaminačními látkami s velmi odlišnými výsledky. K rychlému rozkladu došlo chlornanovými směsmi a látkou BX-24, která byla nejúčinnější. Jako nevyhovující dekontaminační směs na rozklad sulfidického yperitu se ukázala směs Hvězda.

4 Diskuze

Bakalářská práce se zabývá zhodnocením dekontaminačních látek, které používá AČR a složky IZS, což je vzhledem k současné situaci ve světě velmi aktuální téma.

V říjnu 2010 jsem s kamarádem navštívil výstavu FUTURE FORCES na výstavišti PVA Praha – Letňany. Téměř na první pohled mě zaujal výstavní stánek s nápisem CBRN. Zde zaměstnanci firmy PVT spol. s r. o. zastupovali italskou společnost CRISTANINI S. p. A., která se již od roku 1972 zabývá technologiemi pro civilní ochranu, průmysl a vojenství v oblasti CBRN dekontaminací. Tímto došlo k navázání kontaktu a komunikaci se zaměstnanci firmy PVT, s nimiž jsem řešil výběr tématu bakalářské práce a další možné spolupráce při její realizaci. Dalším významným krokem bylo, zásluhou vedoucího mojí bakalářské práce, navázání spolupráce s pracovníkem MV – generální ředitelství HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva. Následně jsme si domluvili osobní setkání všech tří stran, tedy mě, zástupce firmy PVT a zástupce IOO. K setkání došlo v kanceláři IOO. Zde jsme se společně domluvili na podmínkách a požadovaných úkonech potřebných k vypracování mojí bakalářské práce. Také jsme si vymezili a ujasnili konkrétní cíle práce. Kolega z firmy PVT mi zde také předal dekontaminační směs BX-24, která byla hlavním zástupcem dekontaminačních směsí na evropském trhu. Následně jsem ji předal k testování kolegovi z IOO. Po tomto setkání a zadání požadavků jsem začal postupně shromažďovat literaturu k tématu a čekal jsem na zprávu s výsledky testování z IOO. Jak se ukázalo, shromažďování literatury zabralo podstatně více času, než jsem předpokládal. Po obdržení výsledků jsem se sešel s odborným poradcem z firmy PVT, se kterým jsem se domluvil na způsobu prezentování výsledků v bakalářské práci.

V dostupné literatuře jsem nezjistil, že by se někdo významněji zabýval modernizací dekontaminačních látek ani tím, zdali jsou stávající dekontaminační látky stále dostatečně účinné. Mohu tedy říci, že v dostupné literatuře jsem porovnávací testy na účinnost dekontaminačních látek nenašel jen v materiálech MV – generální ředitelství HZS ČR, Institutu ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč. V těchto materiálech jsou převážně testované shodné dekontaminační směsi a bojové chemické látky, které jsou předmětem mé bakalářské práce. Ostatní literatura se zabývá pouze účinností

jednotlivých dekontaminačních látek na různé CBRN noxy. Přesto si myslím, že tomuto výzkumu by měla být věnována větší pozornost, převážně vzhledem k nedávným chemickým útokům ve světě provedených teroristickými skupinami. Dle mého názoru se těmito útoky stává téma dekontaminace velmi aktuální. Dekontaminace se netýká jenom chemických bojových a jiných nebezpečných látek, ale ve zjednodušené formě se s dekontaminací setkáváme každý několikrát denně, například formou mytí rukou, vařením a podobně.

Z výsledků testů dekontaminační účinnosti vyplývá, že při dekontaminaci sulfidického yperitu byly mezi jednotlivými dekontaminačními látkami výrazné rozdíly v účinnosti dekontaminace. U látky VX lze říci, že všechny dekontaminační směsi měly srovnatelný účinek. U testů degradační účinnosti na látku VX lze prokázat téměř okamžitý rozklad dekontaminačními směsmi BX-24 a Hvězda. Chlornanové směsi rozložily látku VX pomaleji, avšak do 40 minut, což lze považovat za vyhovující. Zásadně odlišné výsledky byly získány při měření rozkladu sulfidického yperitu. Zde se ukázalo, že dochází k rychlému rozkladu chlornanovými látkami, avšak látka BX-24 byla neúčinnější. Jako nevyhovující dekontaminační látka sulfidického yperitu se ukázala dekontaminační směs Hvězda. Působením směsi hvězda zůstává po 60 minutách nerozloženo 45 % yperitu. Lze to tedy shrnout tak, že dekontaminační směs BX-24 byla jednoznačně neúčinnější na dekontaminaci sulfidického yperitu a společně se směsí Hvězda na látku VX. Další zkoumané dekontaminační směsi lze označit za vyhovující, kromě dekontaminační směsi Hvězda, která je nevyhovující k dekontaminaci sulfidického yperitu.

Předkládaná bakalářská práce řeší výzkumnou otázku, zda jsou nové dekontaminační látky dostupné na evropském trhu účinnější než stávající dekontaminační látky, které jsou k dispozici v současné době v ČR. Provedeným výzkumem bylo prokázáno, že látky dostupné na evropském trhu jsou na dekontaminaci některých nebezpečných látek účinnější, nebo srovnatelně účinné se stávajícími látkami používaných záchrannými složkami v ČR. Z odpovědi na výzkumnou otázku také vyplývá, že rovněž cíl práce byl naplněn. Mohu tedy říci, že by stálo za zvážení zavedení dekontaminační směsi BX-24 italského výrobce Cristatnini S. p. A. do výzbroje záchranných složek v České republice.

5 Závěr

Bakalářská práce zkoumala účinnost dekontaminačních látek. Cílem práce bylo porovnání dekontaminačních látek používaných Armádou ČR a složkami integrovaného záchranného systému s dekontaminačními látkami dostupných na evropském trhu.

Výzkumná otázka, na kterou předkládaná práce hledala odpověď, zněla, zda jsou nové dekontaminační látky dostupné na evropském trhu účinnější než stávající dekontaminační látky, které jsou k dispozici v současné době v ČR. Na výzkumnou otázku lze po vyhodnocení výsledků práce odpovědět tak, že látky dostupné na evropském trhu jsou účinnější, než některé stávající dekontaminační látky používané v ČR. Z výše uvedeného vyplývá, že rovněž cíl práce byl naplněn.

Závěrem lze říci, že účinnost směsí, které jsou zavedeny pro účely dekontaminace bojových chemických látek v armádách NATO, v Armádě ČR a HZS ČR, byla ověřena jednak při odstraňování látky VX a sulfidického yperitu ze zkušebních povrchů (dekontaminační účinnost) a dále při rozkladu uvedených látek (degradační účinnost). Výsledky zkoušek je možno shrnout do následujících závěrů:

- Rozdíly v dekontaminační účinnosti testovaných směsí na látku VX nejsou významné.
- Při dekontaminaci povrchů kontaminovaných sulfidickým yperitem vykazovala jednoznačně nejvyšší účinnost směs BX-24, přičemž nejnižší účinnosti bylo dosaženo přípravkem Savo Originál.
- Pro rozklad látky VX jsou za daných experimentálních podmínek dostatečně účinné všechny testované dekontaminační směsi, přičemž nejrychlejší rozklad probíhal reakcí se směsmi Hvězda a BX-24.
- Sulfidický yperit dostatečně rychle rozkládají všechny směsi s aktivním chlorem, když nejvyšší účinnost vykazovala směs BX-24.
- Rozklad sulfidického yperitu směsí Hvězda není dostatečný.

Předkládaná práce bude nabídnuta k využití Armádou ČR, složkám integrovaného záchranného systému, nebo jako výukový materiál v Armádě ČR nebo pro MV – generální ředitelství HZS ČR.

6 Seznam informačních zdrojů

ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD č. 681001. Dekontaminační látky a směsi. 1. vyd. Praha: © Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti, 2007.

BONORA, Renato, Decontamination Produkt for Vehicles and Different Type sof Materiále from CBRN Agens. CRISTANINI S.p.A. - Itálie, 2008, 3.

CAPONE, Francesca. *Mapping Report on the Legal, Institutional, and Operative Framework Concerning Response to CBRN Threats in Italy and in other 10 EU Member States*, © [online]. [cit. 31. 1. 2014]. Dostupné z: <https://www.santannapisa.it/sites/default/files/u39/mapping-report.pdf>

CORLISS, Mick. *Dioxin: Seveso Disaster Testament to Effects of Dioxin*. 1999.

CRISTANINI S.p.A., *BX-24 Decontamination of Chemical and Biological Substances*. Itálie: NATO A5009, 11 str.

CRISTANINI A.p.A., *Bezpečnostní list: Detoxifikační/dekontaminační směs BX-24*. 2. vyd. Itálie: Cristanini S.p.A., 2004.

ČAPOUN, T. *Stanovení nervově-paralytických bojových otravných látek biochemickou fotometrickou metodou*. 3. vyd. [SOP B03]. Lázně Bohdaneč: MV - GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2015a. 10 s.

ČAPOUN, T. *Stanovení yperitů fotometrickou metodou s alkalickým thymolftaleinem*. 3. vyd. [SOP B01]. Lázně Bohdaneč: MV - GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2015b. 8 s.

ČAPOUN, T., KRYKORKOVÁ, J. *Metodika hodnocení degradační účinnosti kapalných dekontaminačních směsí na bojové chemické látky*. [SOP D03]. Lázně Bohdaneč: MV – GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2016b. 8 s.

ČAPOUN, T., KRYKORKOVÁ, J. *Metodika laboratorních zkoušek stanovení dekontaminační účinnosti látek a směsí na površích kontaminovaných bojovými chemickými látkami*. [SOP D01]. Lázně Bohdaneč: MV – GŘ HZS ČR, Institut ochrany obyvatelstva, 2016a. 12 s.

EUROPEAN COMMISSION, *The Seveso Directive – Prevention, Preparedness and Response*, © [online]. [cit. 2016-06-08]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/environment/seveso/>

FUSEK, Josef. *Biologický, chemický a jaderný terorismus*. Hradec Králové: Vojenská lékařská akademie J. E. Purkyně, 2003. Učební texty Vojenské lékařské akademie J. E. Purkyně v Hradci Králové. ISBN 80-85109-70-0.

HALÁMEK, Emil, Zbyněk KOBLIHA a Vladimír PITSCHMANN. *Analýza bojových chemických látek*. Vyškov: Univerzita obrany, 2007. ISBN 9788072312580.

CHRÁST, Radim. *Začátky užívání bojových plynů na západní frontě 1. světové války*. 2009. ISSN 1803-4306.

JUKL, Marek. *Ženevské úmluvy a dodatkové protokoly: (stručný přehled)*. 2., dopl. vyd. Praha: Český červený kříž, 2005. ISBN 80-254-1792-1.

KASSA, Jiří. *Základy vojenské toxikologie a ochrany proti bojovým chemickým látkám role 1-4: učební text pro vysokoškolskou výuku*. Hradec Králové: Vojenská lékařská

akademie J.E. Purkyně, 2003. Učební texty Vojenské lékařské akademie J. E. Purkyně v Hradci Králové. ISBN 80-85109-66-2.

KOPÁČ, Radim, © 2002,. .. *a odpad nikdo nechce*. [online]. Arnika.org. [cit. 2014]. Dostupné z: <http://arnika.org/co-se-stalo-v-sevesu>

KOTINSKÝ, Petr, 2002, 150 HOŘÍ. *Dekontaminace*. 12(10), 14-16. ISSN 0682-8467.

LACINA, Petr, Otakar J. MIKA a Kateřina ŠEBKOVÁ. *Nebezpečné chemické látky a směsi*. Brno: Masarykova univerzita, Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí, 2013. Recetox. ISBN 978-80-210-6475-1.

MATĚJKA, Jiří. *Dodatečné zkoušky dekontaminačního činidla Hvězda*. Praha: MV - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2009.

PICKA, Karel a Jiří MATOUŠEK. *Základy obecné a speciální toxikologie*. Brno: Vysoké učení technické, 1996. Phare. ISBN 80-85368-91-9.

PITSCHMANN, Vladimír. *Chemici v laboratoři a na bitevním poli: kapitoly z dějin chemických, toxinových a zápalných zbraní : období od roku 1914 do roku 1945*. Praha: Naše vojsko, 2012. ISBN 978-80-206-1298-4.

SAGIT, *Krizové zákony, Hasičský záchranný sbor, požární ochrana*. Ostrava: Sagit, 2016, (1105). ÚZ.

SPIŠIAK, Michal a Karel NEJEDLÝ. *Zbraně hromadného ničení a ochrana proti nim*. Praha: Naše vojsko, 1957.

ŠUTA, Miroslav. *V Bhópálu už 19 let pokračuje největší průmyslová katastrofa v dějinách*. 2003. ISSN 1213-1792.

TICHÝ, Miloň. *Toxikologie pro chemiky: toxikologie obecná, speciální, analytická a legislativa*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2003. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0566-x.

TŮMA, Jan. *Katastrofy techniky děsící 20. století*. Dotisk 1. vyd. [i.e. 2. vyd.]. Praha: Academia, 2002. ISBN 8020009868.

VOHLÍDAL, Jiří a Karel ŠTULÍK. *Chemické a analytické tabulky*. Praha: Grada, 1999. ISBN 8071698555.

Vyhláška č. 61/2013 Sb., *o rozsahu informací poskytovaných o chemických směsích, které mají některé nebezpečné vlastnosti, a o detergentech*, 2013. In: *Sbírka zákonů České republiky*, částka 27, dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-61>.

Zákon č. 350/2011 Sb., *o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon)*, 2011. In: *Sbírka zákonů České republiky*, částka 122, dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-350>.

7 Seznam použitých zkratk

ČR	Česká republika
MV	Ministerstvo vnitra
GŘ	Generální ředitelství
HZS	Hasičský záchranný sbor
NATO	Severoatlantická aliance (NATO – North Atlantic Treaty Organisation)
IOO	Institut ochrany obyvatelstva
ACHR-90	Automobil chemický rozstříkovací
OL	Otravné látky
BBL	Bojové biologické látky
RL	Radioaktivní látky
CBRN	Chemické, biologické, radiologické a jaderné noxy
BCHL	Bojová chemická látka
PIO	Prostředky individuální ochrany
OM	Ochranná maska
AČR	Armáda České republiky
BOL	Bojová otravná látka
EU	Evropská unie

8 Seznam tabulek a obrázků

Seznam tabulek

Tabulka 1: Srovnání mezi chemickými, biologickými a jadernými zbraněmi.....	18
Tabulka 2: Testované dekontaminační směsi.....	43
Tabulka 3: Vyhodnocení hodnot zbytkové kontaminace látkou VX po aplikaci testovaných dekontaminačních směsí (výchozí kontaminace 1,0 g/m ² , počet měření n = 5, hladina významnosti $\alpha = 0,05$, $t_{KRIT} = 2,306$)	51
Tabulka 4: Vyhodnocení hodnot zbytkové kontaminace sulfidickým yperitem po aplikaci testovaných dekontaminačních směsí (výchozí kontaminace 6,9 g/m ² , počet měření n = 5, hladina významnosti $\alpha = 0,05$, $t_{KRIT} = 2,306$)	52
Tabulka 5: Časy potřebné k rozkladu 50 % (t50), 90 % (t90) a 99 % (t99) bojové chemické látky při testování degradační účinnosti vybraných dekontaminačních směsí.....	55

Seznam obrázků

Obrázek 1: Zvířata a vojáci v ochranných maskách	13
Obrázek 2: 3D model molekuly tabunu	13
Obrázek 3: sumární vzorec dioxinu 2,3,7,8-tetrachloro-dibenzodioxin,	24
Obrázek 4: stavba stanoviště dekontaminace osob SDO,	30
Obrázek 5: stavba dekontaminační linky pro techniku,	30
Obrázek 6: 3D molekula sulfidického yperitu,.....	31
Obrázek 7: sumární vzorec látky VX,.....	32
Obrázek 8: Obsluha s proudnicí Sanijetgun,	35
Obrázek 9: Digestoř v laboratoři IOO,.....	39

Obrázek 10: Chromatogramy extraktů reakce sulfidického yperitu se směsí chlornanu vápenatého při době reakce 3 minuty (modrý chromatogram), 5 minut (zelený chromatogram) a 10 minut (oranžový chromatogram),	50
Obrázek 11: Závislost podílu rozložené látky VX (PRL) na čase (t) působením vybraných dekontaminačních směsí,	53
Obrázek 12: Závislost podílu rozloženého sulfidického yperitu (PRL) na čase (t) působením vybraných dekontaminačních směsí,	54

9 Přílohy

Příloha A – Protichemická ochrana a individuální ochrana obyvatelstva

Protichemická ochrana v období světových válek

První chemický útok chlórem otevřel novou kapitolu vojenských dějin. Zahájil rozsáhlou a nebývale intenzivní chemickou válku, jejímž hnacím motorem bylo **řešení konfliktu mezi útokem a obranou, mezi zbraní a protizbraní**. Na jedné straně dynamický růst počtu druhů chemických zbraní, na straně druhé úsilí o rychlou, kvalifikovanou a neustále se zlepšující protichemickou ochranu.

Součástí protichemické ochrany se stalo používání respirátorů a ochranných masek a po zavedení persistentního yperitu také prostředky ochrany povrchu těla. Mezi další prostředky a metody kolektivní ochrany patřilo také využití protichemických úkrytů, vyhlašování chemického útoku, sledování meteorologické situace, včasná detekce chemických zbraní na bojišti, odmořování zasažených vojáků, techniky a terénu. Základními prvky protichemické ochrany bylo sledování meteorologické situace, včasná detekce chemických zbraní na bojišti, vyhlašování chemického poplachu a odmořování zasažených vojáků, techniky a terénu.

Ochrana dýchacích cest

Jako první na světě zavedla prostředky protichemické ochrany německá armáda ještě před druhou bitvou u Ypres. Jednalo se ještě o primitivní prostředky ochrany, jež měly eliminovat nebo omezit toxický účinek chlóru. Než spojenci dokázali zareagovat, vyvinout a vyrobit dostatečné množství prostředků protichemické ochrany, museli se vojáci spokojit s improvizací. Vojáci například používali kapesníky nebo obvazy napuštěné vodou nebo vlastní močí. Voda pohlcuje páry, plyny a aerosoly a moč obsahuje močovinu a některé další metabolity, které se vyznačují poměrně velikou chemickou afinitou ke chlóru, ale také k fosgenu a difosgenu. Ochranné masky se nakonec staly standardní součástí výstroje každého vojáka, avšak jejich funkčnost a spolehlivost nikdy nebyla samozřejmostí. (Pitschmann, 2012)

Ochrana kůže

Použití yperitu neovlivnilo pouze způsob vedení chemické války, ale vynutilo si také řešení nových problémů protichemické ochrany, především ochrany kůže. Odolnost protichemické ochrany proti yperitu, je dodnes jedním ze základních parametrů při hodnocení kvality a spolehlivosti prostředků protichemické ochrany povrchu těla. Improvizované prostředky na sklonku války nahradilo několik nově vyvinutých prostředků. Jednalo se například o ochranné zástěry impregnované směsí lněného oleje a fermeže. Další ochranné oděvy se vyráběly z nepropustných tkanin opatřených vrstvou želatiny. Součástí těchto oděvů byly ochranné boty s mechanicky odolnou podrážkou a ochranné rukavice. Také byla vyvinuta proti yperitu odolná brašna, do které si vojáci mohli uložit potravinové dávky.

Proti účinkům kapalného aerosolu a parám yperitu, vyvinuli vědci několik typů ochranných masť, které si vojáci nanášeli přímo na pokožku. Jako první tuto masť zavedla francouzská armáda pod názvem Pammade Z, která obsahovala 10% chlornan vápenatý ve vazelině. Američané používali ochrannou masť Sag Paste se zinkovou bělobou, lněným olejem, vepřovým sádlem a lanolinem, kterou expedovali také do Evropy. Němci zavedli ochrannou masť s obsahem chlornanu vápenatého pod názvem Gelbolin. Použití ochranných masť mělo spíše psychologický účinek. (Pitschmann, 2012)

Kolektivní protichemická ochrana

V době první světové války se protichemická ochrana projevila jako nejsložitější vědecko-technický problém. Na bojišti se používalo několik desítek odlišných chemických látek, z nichž každá představovala unikátní problém, k jehož vyřešení již prostředky individuální protichemické ochrany nestačily. Během války byla navržena celá řada více či méně účinných způsobů kolektivní ochrany proti chemickému útoku. Nakonec se na frontě objevily první protichemické kryty.

- **Zápalné hranice** – na ochranu proti chemickým útokům kladly napadené jednotky zápalné hranice. Ve směru postupu jedovatých plynů se zapalovaly hranice, na které se přikládalo vše, co mohlo vést k vývoji velkého množství dýmu, například vlhká sláma, mokré větve, třísky napuštěné petrolejem a jiné. Plyny byly dýmem a žářem strženy na stranu od hranice nebo

stoupaly vzhůru. Hmotnost valícího se plynu však byla mnohdy obrovská a ohně nebyly schopny jej zastavit. Přesto tuto metodu některé armády používaly až do konce války.

- **Protichemické úkryty** – byly účinnější než ohňové bariéry. Dalo se takto využít objekty, které se daly upravit tak, aby zajišťovali hermetičnost. Úkryty pro zvláště důležitá pracoviště byly chráněné dobře přiléhajícími dveřmi, závěsy ze silného sukna nebo plátna navlhčeného neutralizačními roztoky uhličitánu sodného, thiosulfátu sodného nebo siřičitanu sodného. Již v době první světové války se řešili i tak složité otázky, jako je udržet stálý přetlak v úkrytech pomocí ventilátorů, nebo zajištění chemické regenerace vzduchu a jeho filtrace pomocí humusovité půdy nebo speciálních filtračních beden. (Pitschmann, 2012)

Ochrana služebních zvířat

Nedílnou součástí protichemické ochrany byla také ochrana služebních zvířat. Zpočátku se stejně jako u lidí jednalo o velice jednoduché metody.

- **Ochranné masky** - například koním se omotávala hlava mokrým hadrem nebo se jim nasazoval obročník naplněný mokrým senem, který fungoval jako filtr. Později byly zavedeny chrániče impregnované reaktivními chemikáliemi. Materiály a impregnační látky používané pro výrobu ochranných masek pro koně se uplatnily i při konstrukci ochranných masek pro psy sloužící jako poslové nebo v zařízeních Červeného kříže.
- **Jiné ochranné prostředky** – použití yperitu na frontě, který se vyznačoval schopností na dlouhou dobu zamořit terén a pronikat kůží, nastala nutnost chránit i povrch těla služebních zvířat. Na koňská kopyta byly vyvinuty chrániče kopyt a dolních partií nohou vyrobené z pryže nebo jiného materiálu odolného proti yperitu. Za jistých okolností poskytovaly ochranu proti parám, plynům a aerosolům nejvýznamnějších představitelů bojových chemických látek také ochranné přikrývky. Vyráběly se z neprodyšných materiálů, nebo naopak z prodyšných tkanin impregnovaných vhodnými látkami, například lněným olejem. Některé ochranné přikrývky měly poměrně vysokou ochrannou účinnost. Proti yperitu dokázaly ochránit 100 až 400 minut v závislosti na koncentraci. (Pitschmann, 2012)

Dekontaminace a očista osob

Vyvětrání zákopů a místností, zametání, stírání a vyprašování toxických látek bylo běžnou součástí života na frontě. Kromě těchto suchých metod dekontaminace používali vojáci také vodu a mýdlo, roztoky některých chemických látek, například sody a manganistanu draselného, případně práškové dřevěné nebo aktivní uhlí. Po zavedení yperitu se problém dekontaminace stal naléhavým zejména při očištění pokožky, zbraní, techniky, výstroje i terénu. Pro dekontaminaci terénu zavedli Němci jako první do výstroje chlornan vápenatý, obvykle ve formě chlórového vápna, což je směs chlornanu vápenatého a chloridu vápenatého. V červenci 1918 vytvořila německá armáda v každém praporu dekontaminační jednotku, která měla ve výbavě kromě dekontaminačních prostředků také prostředky pro detekci bojových chemických látek.

Chlornan vápenatý patří dodnes mezi nejpoužívanější a nejúčinnější chemické dekontaminační prostředky vůbec. Je schopen odmořit většinu známých bojových chemických látek a má rovněž silné dezinfekční účinky, i když koroduje kovy a rozkládá materiál organického původu. (Pitschmann, 2012)

Protichemická ochrana Armády ČR

Základními součástmi PIO používaných v AČR jsou ochranná maska a prostředky ochrany kůže. Dosud byla v AČR používána ochranná maska OM-10, obsahující lícnicové filtrační vložky, zvukovou membránu a panoramatické zorníky. Její modifikace OM-10M umožňovala příjem tekutin při použití této OM. V nedávné době proběhl v AČR přechod na nový typ ochranné masky OM-90, která svým vzhledem a ochrannými parametry odpovídá současným požadavkům na OM. Hlavní rozdíl mezi ochrannou maskou OM-10M a OM-90 je v řešení umístění filtru. Zatímco ochranná maska OM-10M má lícnicové filtry, maska OM-90 má odnímatelný filtr, který se na masku našroubuje. V závislosti na charakteru rizika expozice toxickou látkou může být filtr rychle vyměněn za jiný. Lze tedy tuto masku použít i v případě chemických havárií jako ochranu před průmyslovými škodlivinami. Nejběžnějším prostředkem ochrany kůže pro příslušníky AČR bylo JP-75 (jednorázová pláštěnka) společně s maskou OM-10M. K současně používané ochranné masce OM-90 se používá JP-90 zajišťující základní ochranu povrchu těla proti všem známým druhům BOL.

K detekci BCHL v ovzduší je v AČR nejčastěji používán **chemický průkazník CHP-71**, určený k průkazu většiny bojových chemických látek. BCHL jsou s dostatečnou citlivostí detekovány pomocí průkazníkových trubiček označených barevnými pruhy. K detekci nervově paralytických látek je možné samostatně využít i individuální detektor **DEHIT** a průkazníkový papír **CALID-3**, které jsou součástí CHP-71. Ve výzbroji AČR jsou též k dispozici i signalizátory **GSP-11** a **GSA-12**, které jsou určené k automatické signalizaci par nervově paralytických látek ve vzduchu. K detekci BCHL ve vodě a potravinách slouží **polní chemické laboratoře (PCHL-90, AL-1)**. Tyto laboratoře jsou schopné vyloučit zdraví nebezpečnou úroveň zamoření vody a potravin a zabránit tak perorální expozici BCHL v důsledku konzumace zamořené vody či potravin.

Součástí protichemické ochrany před účinky chemických zbraní je i dekontaminace zasažených částí těla, výstroje a osobní výzbroje s cílem odstranit či neutralizovat BCHL dříve, než pronikne do vnitřního prostředí zasaženého organismu a vyvolá svým toxickým účinkem akutní intoxikaci. Pro okamžitou dekontaminaci kůže je v AČR používán **IPB vzor 80** (individuální protichemický balíček), obsahující mikromletý aktivovaný bentonit zvaný Desprach využívající k dekontaminaci vysokou absorpční schopnost. IPB-80 je součástí osobní výbavy každého příslušníka AČR. V případě vyčerpání prostředku IPB-80 jej lze nahradit jakýmkoli suchým jemně práškovitým materiálem, jako je sádra, cement, malířská hlínka, práškový cukr, hladká mouka nebo saze.

K **úplné dekontaminaci** lze využít celou řadu vojskových prostředků, jako je:

- **malá koupací souprava** – slouží k druhotnému odmořování osob sprchováním teplou vodou,
- **chemické rozstřikovací automobily ARS 12M a ACHR90** – slouží k přípravě a ohřevu vodných roztoků odmořovacích látek,
- **polní mechanizovaná prádelna** – slouží k praní výstroje,
- **zařízení VANA** – slouží k druhotnému odmořování osob sprchováním teplou vodou,

- **převozný dezinfektor dvoukomorový** – slouží k desinfekci a odmořování výstroje a materiálu parovzdušnými směsmi,
- **pojízdné zařízení pro očistu bojové techniky TZ74** – slouží k odmořování obrněné techniky cestou ofukování zamořeného terénu spalnými plyny proudového motoru. (Kassa, 2003)

Zásady postupu při poskytování úkrytů kolektivní a individuální ochrany obyvatelstva

Zásady postupu při poskytování úkrytů zabezpečuje tzv. **krytové družstvo**, které dohlíží na plynulý vstup obyvatelstva do úkrytu, jeho rozmístění a poučení o chování v úkrytu. Dle situace může být kapacita úkrytu překročena až o 20 %. Při mimořádných událostech se ukrytí obyvatelstva zajišťuje v improvizovaných a stálých úkrytech. Improvizované úkryty se budují v místech, kde nelze k ochraně obyvatelstva využít stálých úkrytů. Stálé úkryty se dělí na stále tlakově odolné a neodolné úkryty a ochranné systémy podzemních dopravních staveb.

K individuální ochraně obyvatelstva se využívají improvizované prostředky dýchacích cest, očí a povrchu těla. Občané si je připravují sami z dostupných zdrojů. V případě stavu ohrožení státu a válečném stavu se vydávají prostředky individuální ochrany vybraným kategoriím osob, které určuje vyhláška č. 280/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva. (Sagit, 2016)