SÚJCHBO, v.v.i.	Metodika	**Označení metodiky:** CH/2015/01-Submikron

Generování kontrolované koncentrace submikronových částic: aplikace při testování ochranných dýchacích prostředků pro potřeby kontrolní činnosti OKZCHZ SÚJB a složek IZS

Ing. Tomáš Dropa

Generating of submicron particles controlled concentration:
application for respiratory protective equipment testing for the purposes
of inspection activities of OKZCHZ SONS and IRS units

SÚJCHBO, v.v.i.	**Název metodiky** Generování kontrolované koncentrace submikronových částic: aplikace při testování ochranných dýchacích prostředků pro potřeby kontrolní činnosti OKZCHZ SÚJB a složek IZS			**Označení metodiky:** CH/2015/01-Submikron
Normativní odkaz:				
Verze metodiky	1	počet stran:	9	
Počet řízených výtisků:	3	Distribuce výtisků:	výt. č. 1 – LTL výt. č. 2 – SÚJB výt. č. 3 – KÚ	
		+ umístění aktuální verze na intranetu SÚJCHBO, v.v.i.		
Řídí:	vedoucí LTL			
Autor metodiky:	**Ing. Tomáš Dropa** vedoucí LTL			
Metodiku schválil:	**RNDr. Josef Bříček, PhD.** vedoucí OCHO			
	MUDr. Stanislav Brádka, PhD. ředitel SÚJCHBO, v.v.i.			
Metodika zavedena dne:	**duben 2015**			
Platnost metodiky:	**na dobu neurčitou**			
Interval přezkoumávání metodiky:	**2 roky**			
Termín:	2017	2019	2021	2023	2025
Přezkoumal:					

Realizační výstup projektu MV ČR:
Výzkum moderních metod detekce a identifikace nebezpečných CBRN látek a materiálů, metod snížení jejich nebezpečnosti a dekontaminace; výzkum moderních prostředků ochrany osob a prvků kritické infrastruktury, kód VF20112015013

Oponent: Ing. Tomáš Čapoun, CSc., Institut ochrany obyvatelstva, Lázně Bohdaneč

Oponent: Ing. Zdeňka Fabiánová, PhD., Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha

OBSAH

Seznam použitých symbolů a zkratek 3
1 Cíl metodiky 4
2 Popis metodiky 4
3 Inovační aspekty, novost postupů 8
4 Popis uplatnění certifikované metodiky 9
5 Seznam použité literatury 9

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SÚJCHBO, v.v.i.	Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, veřejná výzkumná instituce
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
LTL	Laboratoř toxických látek
SCBA	autonomní dýchací prostředek (Self-Contained Breathing Apparatus)
TICs	průmyslové toxické látky (Toxic Industrial Compounds)
CWAs	bojové chemické látky (Chemical Warfare Agents)

1 CÍL METODIKY

Cílem certifikované metodiky je poskytnout specialistům Laboratoře toxických látek (LTL), Státního ústavu jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i., (SÚJCHBO) a v rámci technické podpory dozorové činnosti kontrolních pracovníků Oddělení pro kontrolu zákazu chemických zbraní (OKZCHZ) SÚJB ucelený soubor postupů vhodných k testování ochranných dýchacích prostředků, používaných v atmosféře potenciálně nebezpečných částic submikronové velikosti. S využitím níže popsaného speciálního testovacího systému LTL SÚJCHBO je popisovaná metodika aplikovatelná pro stanovení ochranné účinnosti systémů (**i**) na přetlakovém principu (typ SCBA; *Self-Contained Breathing Apparatus*, s otevřeným ev. uzavřeným dýchacím okruhem) a (**ii**) dýchacích masek na podtlakovém principu (obličejové masky s kombinovaným filtrem).

2 POPIS METODIKY

Úvod

Spolehlivé postupy testování stávajících i nově vyvíjených dýchacích systémů používaných v atmosféře submikronových částic jsou základním nástrojem pro posuzování jejich spolehlivosti a ochranné účinnosti při takto specifickém pracovním zatížení.

Pro níže popisované experimenty pracující s kontrolovanou atmosférou submikronových částic má pak zásadní význam jak reprodukovatelné vytváření takové atmosféry, udržení její homogenity a monitorování na obou stranách ochranné bariéry, tzn. pod ochranným dýchacím prostředkem a v jeho okolí kontaminovaném submikronovými částicemi.

Metodika *Generování kontrolované koncentrace submikronových částic: aplikace při testování ochranných dýchacích prostředků* byla do činnosti LTL primárně zařazena pro účely testování ochranné účinnosti prostředků ochrany respiračního traktu před působením částic submikronových rozměrů.

2.1 MATERIÁL A PŘÍSTROJE

Chemikálie a spotřební materiál

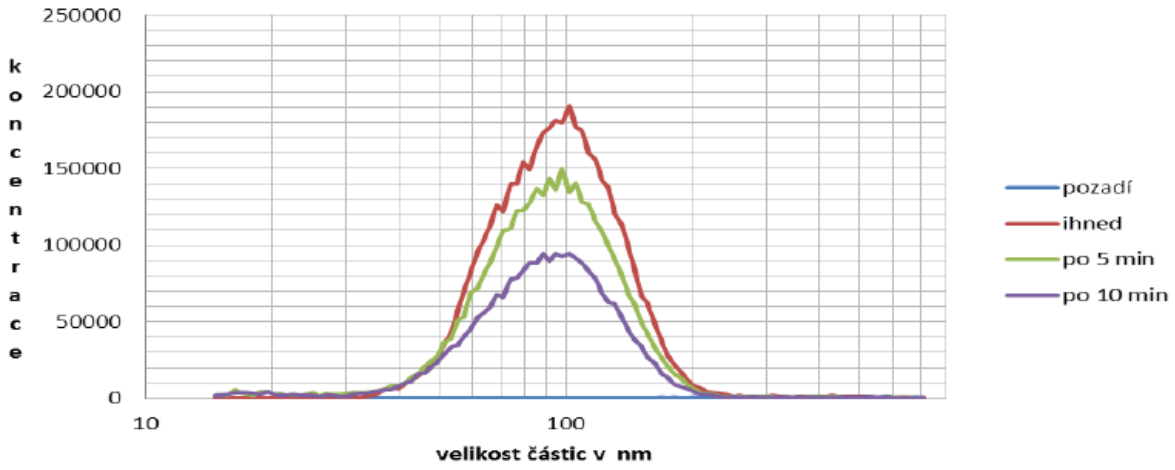
Generování submikronových částic

Stabilizovaná atmosféra testovacích částic submikronové velikosti se na základě optimalizace pracovních postupů vytváří pomocí kouřových trubic KT-1 (vyráběné v souladu s ČSN 830418); komerčně jsou trubice běžně dostupné na českém trhu (Kavalier, a.s.).

Principem vzniku submikronových částic TiO_2 je v tomto případě reakce mezi $TiCl_4$ imobilizovaném v kouřové trubici na granulovaném sorbentu a vzdušnou vlhkostí, která je obsažena ve vzduchu procházejícím kouřovou trubicí:

$$TiCl_4 + 2H_2O \rightarrow TiO_2 + 4HCl$$

Velikostní distribuce a koncentrace submikronových částic TiO_2 vytvořených tímto postupem v měřícím prostoru byla charakterizována detektory částic, kterými SÚJCHBO disponuje, (**Obr. 1)**.



Obr. 1: Velikostní distribuce submikronových částic TiO_2 a časová závislost jejich koncentrace

Záznam distribučního spektra velikostního a koncentračního rozložení částic na Obr. 1 provedený detektorem částic CPC 3075 se sondou DMA 3081 ukazuje homogenní rozložení velikostí produkovaných submikronových částic ve všech sledovaných časech. Při použití kouřové trubice KT-1 dochází ke tvorbě částic v intervalu 40 – 110 nm, přičemž 55 % celkového počtu částic tvoří částice o velikosti 80 – 105 nm, 33 % částice o velikosti 40 – 80 nm a 12 % částice o velikosti 105 – 110 nm.
Koncentrace submikronových částic v atmosféře hermetického boxu vykazuje ve sledovaných časech konstantní pokles. Tento jev s velkou pravděpodobností způsobuje *vymírání* částic v důsledku jejich asociace na stěnách hermetického boxu. Velikostní distribuce submikronových částic však zůstává po dobu měření zachována.

Přístroje a pomocná zařízení

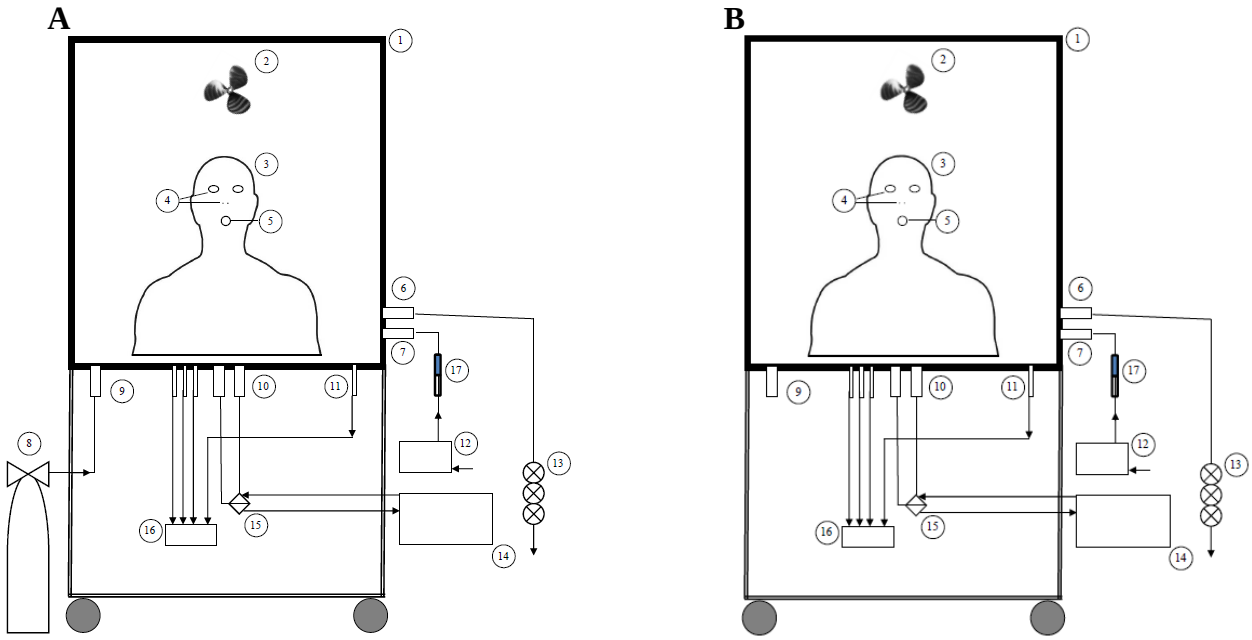
- Condestation Particle Counter 3075 (TSI Inc., USA) se sondou DMA 3081
- Electrostatic Classifier 3080 (TSI Inc., USA)
- PortaCount Pro+ 8038 (TSI Inc., USA)
- testovací aparatura Smartman (SÚJCHBO)
- simulátor dýchání (AUER, Německo)
- pumpa 224-44 MTX (SKC Ltd., Anglie)

2.2 PRACOVNÍ POSTUP

Obecně

Ochranný dýchací prostředek se uvnitř plně kontrolovaného testovacího boxu podrobuje v atmosféře submikronových částic pracovní zátěží způsobené dýcháním bysty. Přitom se kontinuálně sledují koncentrace těchto částic v atmosféře testovacího prostoru a pod testovaným ochranných prostředkem.

Testování ochranných dýchacích aparatur a systémů je možné provádět v přetlakovém[1] módu a v podtlakovém[2] módu, viz **Obr. 2 A/B**. Experimenty se provádějí ve speciálním systému SÚJCHBO určenému k ověřování ochranné účinnosti ochranných dýchacích prostředků **[1]**.



1 hermetický box
2 ventilátor
3 bysta
4 vzorkovací otvory bysty (oko, nos)
5 dýchací otvor bysty
6 výstupní prostup hermetického boxu
7 vstupní prostup testovací látky
8 zdroj tlakového plynu
9 vstupní prostup dýchacího plynu
10 prostup dýchacího vzduchu
11 vzorkovací prostup boxu
12 pumpa
13 výstupní filtrační modul
14 simulátor dýchání
15 dvojcestný ventil
16 záznamové zařízení (detektor částic)
17 kouřová trubice KT-1

Obr. 2: Módy testování ochranných dýchacích aparatur (**A**. schéma zapojení pro přetlakové aparatury; **B**. schéma zapojení pro podtlakové dýchací systémy)

[1] Přetlakové uspořádání experimentu znamená připojení testovaného systému k tlakovému zdroji dýchacího plynu; obvykle se jedná o SCBA v otevřeném uspořádání (s výdechem bysty do prostoru hermetického boxu); popisovanou testovací aparaturou je ale možné testovat také SCBA s uzavřeným okruhem (rebreather)

[2] Při podtlakovém uspořádání nádechy a výdechy bysty probíhají v prostoru hermetického boxu.

Pracovní postup

A. Přetlakové aparatury

- na hlavu bysty **3** se nasadí testovaná dýchací aparatura; poté se důkladně dotáhnou upínací pásky a provede se vizuální kontrola správného nasazení dýchací aparatury
- připojovací hadice testované aparatury se spojí se vstupním ventilem prostupu **9** dýchacího plynu **8** (např. připojení k tlakové láhvi Vzduch technický)[3]
- simulátor dýchání **14** se nastaví na požadovanou frekvenci a dýchací objem
- spustí se simulátor dýchání a vizuálně a poslechem se ověří funkce dýchání bysty
- spustí se větrák **2** a hermetický box se uzavře
- pomocí manometru na hermetickém boxu se ověří, že po uzavření boxu nedochází k narůstání vnitřního tlaku v důsledku vydechování bysty do prostoru boxu; výstupní prostup **6** musí z tohoto důvodu zůstat v průběhu testu trvale otevřen
- provede se *Ověření těsnosti systému,* kdy se otestují všechny spoje dýchací aparatury a její správné nasazení na hlavě bysty[4]
- ke vzorkovacímu prostupu boxu **11** a vzorkovacím otvorům bysty **4** se připojí detektor částic **16**
- detektor částic se spustí a provede se odečet částicového pozadí v atmosféře hermetického boxu
- do hermetického boxu se profukováním kouřové trubice KT-1 **17** aplikují submikronové částice; profukování trubice se provádí pomocí pumpy **12** rychlostí 100 mL/min po dobu 1 minuty
- dále se po dobu 30 minut zaznamenávají koncentrace submikronových částic v atmosféře hermetického boxu a pod testovaným ochranným prostředkem
- test se poté ukončí a hermetický box odvětrá

B. Podtlakové dýchací systémy

- příprava a ověření těsnosti se provádí stejně jako u přetlakových aparatur
- neprovádí se připojení bysty ke zdroji dýchacího plynu[5]

[3] Testovaná dýchací aparatura je v tomto případě spojena se zdrojem tlakového dýchacího plynu; činností simulátoru dýchání dochází při nádechu (podtlaku) k otevření regulačního ventilu na přetlakovém vstupu do aparatury a k přeplnění masky dýchacím plynem; při výdechu pak vždy dojde k otevření klapky na výdechovém otvoru aparatury a tím k výdechu bysty do prostoru hermetického boxu

[4] *Ověření těsnosti systému*: v hermetickém boxu se vytvoří atmosféra CO_2 a selektivním detektorem se ověří, zda při dýchání bysty nedochází k pronikání CO_2 pod testovaný ochranný prostředek (podmínky ověření těsnosti: cca 10 obj. % CO_2, doba expozice v atmosféře CO_2 minimálně 5 minut, požadovaný odečet pod maskou 0 ppm)

[5] V případě podtlakových dýchacích systémů se nádech/výdech bysty realizuje v prostoru hermetického boxu pomocí tlakových gradientů vytvářených činností simulátoru dýchání

Stanovení ochranné účinnosti dýchacího prostředku

Účinnost ochrany dýchací aparatury před průnikem submikronových částic je dána podílem naměřených koncentrací těchto částic pod ochranným prostředkem a v atmosféře hermetického boxu, (1):

$$\textit{účinnost}\ [\%] = ((c_1 - c_2)/c_1) * 100 \qquad (1)$$

c_1 – koncentrace částic v hermetickém boxu
c_2 – koncentrace částic pod testovaným dýchacím prostředkem

Účinnost ochrany testované dýchací aparatury lze rovněž vyjádřit pomocí určení bezrozměrného *Fit faktoru*, jako podíl celkové koncentrace částic v hermetickém boxu a částic pod testovaným dýchacím prostředkem měřených v jednotlivých časových úsecích/bodech, (2):

$$\textit{Fit faktor} = c_1/c_2 \qquad (2)$$

3 INOVAČNÍ ASPEKTY, NOVOST POSTUPŮ

Metodika byla vyvinuta a optimalizována pro praktické experimenty v souvislosti s výzkumem, vývojem a testováním ochranných dýchacích prostředků v rámci plnění výzkumných úkolů SÚJCHBO a požadavků externích zákazníků.
Vznik metodiky byl inspirován zejména potřebou státní správy ČR na testování uvedených dýchacích prostředků v souvislosti s jejich vývojem a inovacemi, i s nově poznanými hrozbami v oblasti ochrany před submikronovými částicemi **[2]**.
Optimalizované pracovní postupy kombinují moderní instrumentální techniky stanovení koncentrací submikronových částic s funkčním zatížením testovaných ochranných dýchacích prostředků, při současném provádění experimentů v reálném měřítku.
Tohoto výsledku mohlo být dosaženo díky využití plně kontrolovaného hermetického boxu a speciálního testovacího systému, vytvořeného pro variabilní aplikace zkoušení odolnosti ochranných dýchacích aparatur a systémů. Další speciální prostory LTL SÚJCHBO představují při popisovaných experimentech s využitím nebezpečných materiálů, TICs nebo vybraných CWAs, nezbytný prvek k zajištění bezpečnosti.
Autorům metodiky nebylo v době jejího vypracování známo pracoviště v ČR, které by takto komplexně pojaté experimenty ve skutečném měřítku, s využitím vysokých koncentrací nebezpečných materiálů, TICs nebo vybraných CWAs při reálné pracovní zátěži prostředku, provádělo.

4 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Metodika *Generování kontrolované koncentrace submikronových částic: aplikace při testování ochranných dýchacích prostředků pro potřeby kontrolní činnosti OKZCHZ SÚJB a složek IZS* byla vypracována a zavedena do činnosti LTL v souvislosti s řešením výzkumného záměru „Výzkum moderních metod detekce a identifikace nebezpečných chemických, biologických, jaderných a radioaktivních látek (CBRN) a materiálů, metod snížení jejich nebezpečnosti a dekontaminace; výzkum moderních prostředků ochrany osob a prvků kritické infrastruktury“; identifikační kód výzkumného záměru VF 20110201513.

Prezentovaná metodika je – vedle potenciální využitelnosti pro zahraniční zákazníky SÚJCHBO – primárně zaměřena na rozvoj pracoviště LTL, a to zejména v oblasti testování stávajících i nově vyvíjených ochranných dýchacích systémů a prostředků.

Potenciálně je metodika využitelná také k technické podpoře kontrolní činnosti SÚJB v souvislosti s plněním požadavků prováděcí vyhlášky 208/2008 Sb. zákona 19/1997 Sb., a k zajišťování činností IZS, které se specializované mobilní laboratoře SÚJCHBO, v.v.i. účastní formou odborné pomoci na vyžádání v kategorii *Ostatní složky IZS* (zákon 239/2000 Sb. o IZS).

Metodika najde další uplatnění v souvislosti s řešením problematiky bezpečnostního výzkumu státu. V případě potřeby může být prezentovaná metodika využívána i dalšími dotčenými orgány státní správy ČR.

5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] Dropa T. (2010): Funkční testování ochranných dýchacích systémů pomocí vysoce toxických chemických látek. Certifikovaná metodika, CH/2010/01.

[2] Zoroddu M.A., Medici S., Ledda A., Nurchi V.M., Lachowicz J.I., Peana M. (2014): Toxicity of Nanoparticles. Current Medicinal Chemistry, 21, 3837-3853.