

OVERENIE VPLYVU TEPLoty SKLADOVANIA NA FUNKČNOSŤ
DETEKČNÝCH TRUBIČIEKVERIFICATION OF THE EFFECT OF STORAGE TEMPERATURE ON THE
FUNCTIONALITY OF DETECTION TUBESAleš Dudáček^a, Peter Brtiš^{a*}^a Fakulta bezpečnostného inžinýrství, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Lumírova 630/13, 700 30 Ostrava-Výškovice

*Korespondující autor. e-mail: brtis.peter@gmail.com, tel.: +421 910 321 507

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá vplyvom skladovacej teploty na funkčnosť detekčných trubičiek. Východiskom je spôsob skladovania detekčných trubičiek v podmienkach Hasičského a záchranného zboru SR – vo vozidlách. Pôsobením počasia na vozidlo počas jeho používania a parkovania dochádza k nekontrolovaným zmenám teploty vo vozidle, ktoré pôsobia na detekčné trubičky. Prvá časť príspevku je zameraná na skúmanie zmien skladovacej teploty v závislosti od počasia. Výsledky skúmania ukázali, že môže dochádzať k prekročeniu skladovacej teploty určenej výrobcom v smere kladných aj záporných teplôt. Ďalšia časť je zameraná na prípravu vzoriek a metodiku testovania funkčnosti detekčných trubičiek. Vzorky rôznych detekčných trubičiek pre priemyselné toxické látky a bojové chemické látky boli vystavené rôznym teplotám v rozsahu - 15/+ 50 °C a následne testované podľa pripravenej metodiky. Výsledky testovania nepreukázali negatívny vplyv prekročenia skladovacej teploty v určenom rozsahu na funkčnosť detekčných trubičiek.

Kľúčové slová: detekčné trubičky, teplota skladovania, BCHL, PTL

Abstract

The article deals with the influence of storage temperature to the functionality of detection tubes. The way of detection tubes storage in the Fire Department vehicles in Slovakia is the starting point. Various weather conditions effect on the vehicles that are driven or parked and some uncontrolled temperature changes inside the vehicles might occur and they consequently influence detection tubes. The first part of the article examines temperature changes depending upon the weather. The examination results show that storage temperature designed by a manufacturer may be exceeded in both directions, positive or negative ones. Another part focuses on samples preparation and testing methodology of detection tubes functionality. The samples of various detection tubes for toxic industrial chemicals and chemical warfare agents were exposed to various temperatures ranged - 15/+ 50 °C and then they were tested according to the approved methodology. The testing results did not prove a negative influence of the excessive storage temperature in a certain range to the detection tubes functionality.

Key words: detection tubes, storage temperature, CWA, TIC

1. ÚVOD

Napriek snahe spoločnosti minimalizovať používanie nebezpečných chemických látok, ohrozenie chemickými haváriami ale aj zneužitím týchto látok je stále aktuálne. V týchto situáciách prichádzajú spravidla ako prvé do kontaktu s nebezpečnou látkou záchranné zložky. Tie musia riešiť ochranu pred týmito látkami a minimalizovať vzniknutú kontamináciu osôb, zvierat, techniky a terénu. Neoddeliteľnou súčasťou týchto opatrení je detekcia nebezpečných látok.

Najnebezpečnejšie pre prvozasahujúce osoby sú situácie, kedy nie je známa povaha látky, jej koncentrácia prípadne ani jej zdroj. Zároveň ide o najproblematickejšie situácie z hľadiska detekcie, keďže prostriedky na terénnu analýzu sú relatívne obmedzené a odkázané na vybavenie, ktoré majú zasahujúci so sebou. Napriek výraznému pokroku vo vývoji detekčných prostriedkov, môžu tieto prístroje v určitých prípadoch poskytovať neúplné, skreslené alebo chybné informácie o chemickej situácii. Z tohto dôvodu je vhodné používať aspoň dva rôzne princípy detekcie, čím sa znižuje pravdepodobnosť chybného výsledku. Jednou z možností je použitie tzv. jednoduchých detekčných prostriedkov. Princíp týchto prostriedkov je založený na rôznych chemických reakciách ktoré poskytujú špecifické zafarbenie (nezafarbenie) indikačnej vrstvy. V praxi ide najmä o detekčné papieriky alebo detekčné trubičky. Aj keď ide o staršie typy prostriedkov, stále nachádzajú svoje uplatnenie vďaka svojim výhodám (nízka cena, nevyžadujú kalibráciu, jednoduchá obsluha). [1]

Práve tieto jednoduché detekčné prostriedky sú súčasťou detekčnej súpravy DT-02BCH ktorá dopĺňa portfólio detekčných prostriedkov vozidiel EKOS v Hasičskom a záchrannom zbore SR (HaZZ). Tieto vozidlá obstaráva HaZZ od roku 2017 a sú určené na zásahy s nebezpečnými látkami.

V príspevku sa zameriavame na detekčné trubičky (DT) a vplyv skladovacej teploty na ich funkčnosť. Uvedená detekčná súprava s DT (ako aj ostatná detekčná technika) je umiestnená (dá sa povedať skladovaná) vo vozidle. Pôsobením počasia na vozidlo počas jeho používania a parkovania dochádza v úložnom priestore k zmenám teploty. Zisťovali sme, či a do akej miery dochádza k prekročeniu skladovacej teploty danej výrobcom.

V súčasnosti nie sú publikované žiadne odborné články, ktoré by sa venovali problematike vplyvu teploty na funkčnosť DT. Problematike sa venujú samotní výrobcovia, podrobnejšie informácie však nie sú dostupné a sú predmetom výrobného tajomstva.

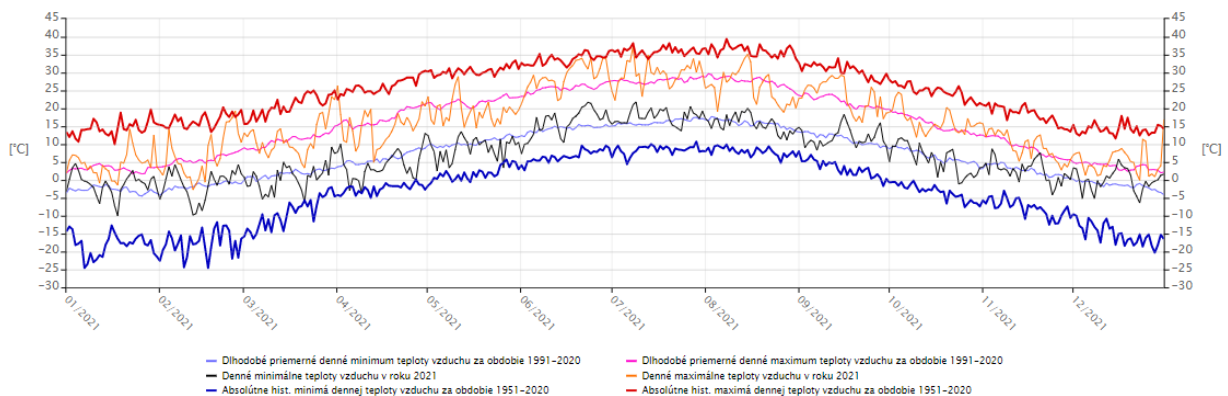
Z tohto dôvodu sme vybrali niekoľko typov DT a podrobili ich vlastnému testovaniu. Vzorky sme vystavili rôznym teplotám a následne testovali ich funkčnosť. Za týmto účelom sme pripravili metodiku skúšania DT pričom sme sa zamerali na priemyselné toxické látky (PTL) aj bojové chemické látky (BCHL).

2. MERANIE TEPLoty

Detekčná súprava DT-02BCH obsahuje DT od českej firmy Oritest. Štandardná teplota skladovania DT tohto výrobcu je do 30 °C. Pri iných výrobcoch DT sa môžeme najčastejšie stretnúť s teplotou skladovania v intervale 0 – 25 °C. Napríklad firma Dräger odporúča skladovať DT pri teplote 3 – 7 °C. Pôsobenie vysokých alebo veľmi nízkych teplôt môže spôsobiť poškodenie DT, zníženie citlivosti respektíve skrátenie životnosti. [2, 3]

Z údajov Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) vyplýva, že dlhodobé (1991 – 2020) priemerné maximálne teploty vzduchu dosahujú najvyššie hodnoty (25 – 30 °C; meteorologická stanica Bratislava-letisko) v mesiacoch júl a august. V roku 2019 denné maximálne teploty dosahovali v týchto mesiacoch hodnoty 30 – 35 °C, pričom počet dní teplejších ako 30 °C bol v tomto roku cca 42 (Graf 1).

Graf 1: Maximálne a minimálne teploty vzduchu v roku 2021 a dlhodobé priemerné teploty, Bratislava - letisko [4]

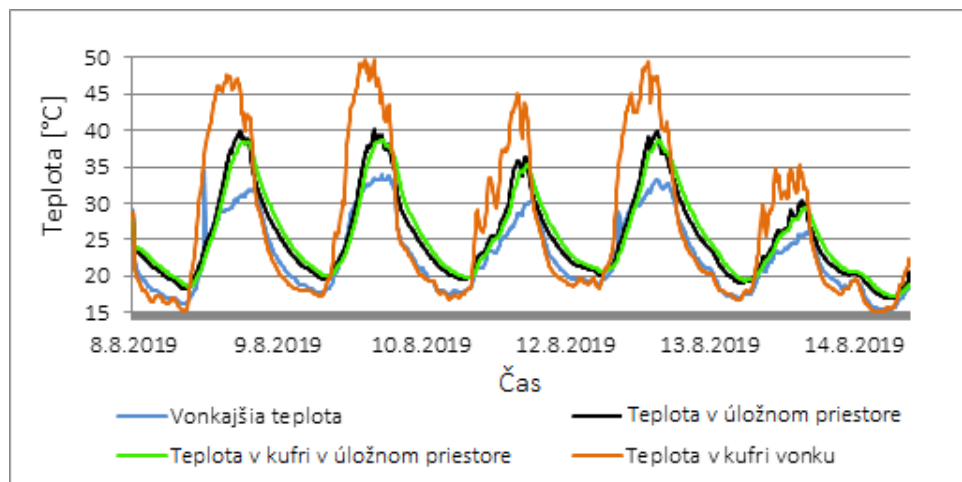


Teplota vo vozidle, ktoré je vystavené počasiu však môže byť vplyvom akumulovania tepla vyššia ako teplota okolitého vzduchu. Aby sme zistili rozdiel medzi teplotou vzduchu a teplotou vo vozidle, vykonali sme merania teploty v reálnych podmienkach.

Meranie prebiehalo v dňoch 29. 7. 2019 až 13. 8. 2019 na hasičskej stanici v Trenčíne. Vozidlo EKOS bolo odstavené na vonkajšiu parkovacia plochu. Zvolili sme štyri meracie body: meranie vonkajšej teploty vzduchu (v tieni), meranie teploty vzduchu v úložnom priestore, meranie teploty vzduchu v kufri umiestnenom v úložnom priestore a meranie teploty vzduchu v kufri umiestnenom vonku (bol použitý identický kufr ako má súprava DT-02BCH). Na meranie teploty sme použili teplomery so záznamom Lascar EL-CC-1-001 s intervalom záznamu 10 min. Teplomery boli umiestnené na izolačnej podložke aby sa eliminovalo skreslenie teploty od povrchu. Počas celej doby experimentu bolo vozidlo odstavené vonku a nejazdilo.

Výsledky meraní sú spracované v Tabuľke 1 a priebeh teplôt na jednotlivých meracích bodoch v posledných piatich dňoch je zobrazený v Grafe 2.

Graf 2: Nameraný priebeh teplôt v posledných piatich dňoch experimentu. Údaje boli spracované v programe EasyLog CC.



Tabuľka 1: Prehľad nameraných teplôt počas experimentu, T_{max} – maximálna nameraná teplota, $t_{T>30\text{ °C}}$ – čas za ktorý teplota neklesla pod 30 °C, AVG – aritmetický priemer

Deň	Vonku		Úložný priestor		Kufor v úložnom priestore		Kufor vonku	
	T_{max} [°C]	$t_{T>30\text{ °C}}$ [h:min]	T_{max} [°C]	$t_{T>30\text{ °C}}$ [h:min]	T_{max} [°C]	$t_{T>30\text{ °C}}$ [h:min]	T_{max} [°C]	$t_{T>30\text{ °C}}$ [h:min]
29. 7.	x	x	39,1	9:00	37,8	7:00	44,1	4:40
30. 7.	x	x	35,5	8:00	34,4	8:20	46,4	8:50
31. 7.	29,4	0:30	38,7	7:00	38,0	7:20	46,7	8:50
1. 8.	32,1	3:00	37,1	7:00	36,6	7:30	43,5	9:20
2. 8.	30,4	1:20	35,7	6:30	34,9	6:20	42,3	7:00
3. 8.	29,6	0:00	33,5	1:50	32,0	2:20	38,5	6:40
4. 8.	26,8	0:00	32,0	2:00	31,1	1:40	41,5	7:20
5. 8.	30,2	0:00	35,7	3:10	34,6	5:00	45,2	8:40
6. 8.	30,9	1:10	37,4	5:40	36,4	7:00	44,8	8:50
7. 8.	31,9	6:40	37,3	8:30	36,5	9:00	43,8	10:40
8. 8.	28,0	0:00	37,0	5:40	36,2	6:00	45,0	7:50
9. 8.	32	4:10	39,8	7:50	38,5	8:00	47,6	10:00
10. 8.	33,9	7:00	40,1	7:20	38,7	8:00	49,8	9:10
11. 8.	30,8	1:10	36,3	4:40	35,0	5:00	45,2	7:30
12. 8.	33,0	6:00	39,8	8:30	38,7	8:50	49,4	10:10
13. 8.	26,7	0:00	30,4	0:20	29,4	0:00	35,4	6:00
MAX	33,9	7:00	40,1	9:00	38,7	8:20	49,8	10:40
MIN	26,7	0:00	30,4	0:20	29,4	0:0	35,4	6:00
AVG	30,4	2:10	36,6	5:50	35,6	6:00	44,3	8:10

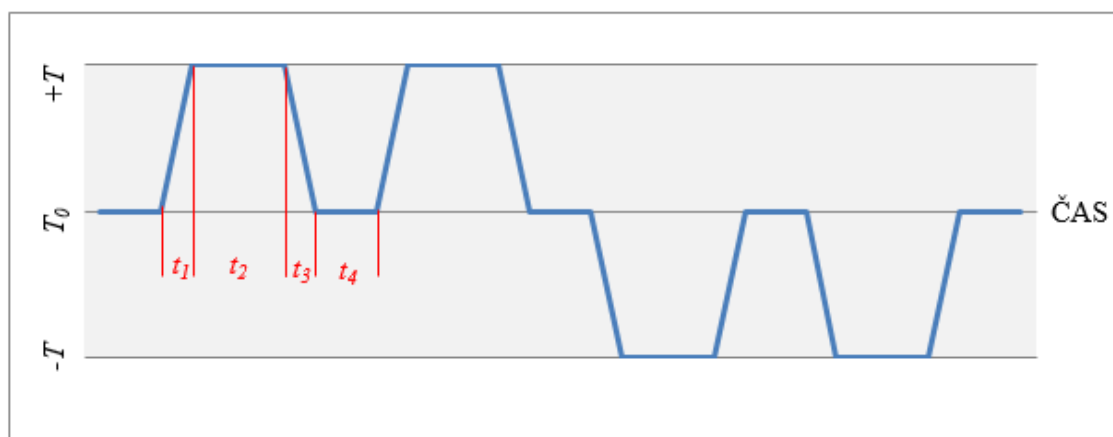
Teplota v kufri v úložnom priestore dosahovala priemerné maximum 35,6 °C pričom priemerná doba počas ktorej teplota neklesla pod 30 °C (maximálna skladovacia teplota) bola 6 hodín. To je oproti vonkajšiemu priemernému maximu približne o 5 °C a 4 hodiny viac. V kufri umiestnenom vonku bol okrem teploty takmer 50 °C a doby prekročenia skladovacej teploty 8 hodín zaznamenaný aj rýchlejší nárast teploty v porovnaní s kufrom v úložnom priestore.

Pri zimných mesiacoch vychádzame z predpokladu, že rozdiel medzi vonkajšou teplotou vzduchu a teplotou vo vozidle je zanedbateľný. Z údajov SHMÚ vyplýva že najchladnejšie sú spravidla mesiace december a január. Napríklad meteorologická stanica Sliač má dlhodobé priemerné denné minimum (1991 – 2020) v týchto mesiacoch od - 5 do - 10 °C a denné minimálne teploty v roku 2019 dosahovali hodnotu až do - 20°C, pričom počet dní chladnejších ako - 10 °C bol v tomto roku cca 25.

3. PRÍPRAVA VZORIEK

Základný teplotný model bol zostavený na základe údajov SHMÚ a údajov zistených experimentálnym meraním. Kladné (letné) teploty boli stanovené na 50 °C v počte 30 cyklov s dĺžkou cyklu 6 hodín a záporné (zimné) teploty na - 15 °C s rovnakým počtom a dĺžkou cyklov. Jednotlivé cykly boli oddelené zmenami teplôt na 20 °C pri letných teplotách a 5 °C pri zimných teplotách. Priebeh teplôt je znázornený na Grafe 3. Počet cyklov pre jednotlivé teploty vychádza z predpokladu, že počas roka dosiahne skladovacia teplota danú hodnotu 30krát. Celý proces sa opakovával dvakrát, čím sme simulovali životnosť DT 2 roky (Tabuľka 4).

Graf 3: Základný teplotný model (t_1 , t_3 – časy potrebné na dosiahnutie cieľovej teploty v komore, t_2 – dĺžka cyklu = 6 hodín, t_4 – kompenzácia tepelnej zorvačnosti DT = 30 min, + T – kladná teplota (50/40 °C), - T – záporná teplota (- 15/- 10 °C), T_0 – rozdeľovacia teplota cyklov (20/5 °C))



Na testovanie sme vybrali niekoľko typov DT od firmy Oritest (Tabuľka 2). Pre každý typ DT sme pripravili 7 skupinových vzoriek, každá po 5 ks trubičiek. Vzorky sme označili symbolmi + a - ktoré znázorňovali zaťažovaciu teplotu. Jednotlivé skupinové vzorky boli cyklicky vystavené rôznym teplotám v klimatizačnej komore. Vzorku označenú R tvorili referenčné trubičky skladované podľa pokynov výrobcu. Vzorky ++/- -_A a ++/- -_B boli vystavené základnému teplotnému modelu, pričom vzorka ++/- -_A bola určená na testovanie funkčnosti DT pri

presávaní vzduchu kontaminovaného testovacou látkou a vzorka ++/- -_B na testovanie funkčnosti pri presávaní čistého vzduchu.

Tabuľka 2: Vybrané typy DT, ich označenie a aplikácia

PTL		BCHL	
označenie	aplikácia	označenie	aplikácia
DT-003	Cl ₂	DT 11	sarin (GB), soman (GD), látka VX, tabun (GA), cyklosarin (GF), látka IVA (GP, GV)
DT-005	SO ₂	DT 12	fosgén (CG), difosgén (DP), chlórkyán (CK), kyanovodík (AC)
DT-008	NH ₃	DT 14.1	lewisit (L)
DT-011	CO	DT 15	sulfidický yperit (H, HD)

Ostatné vzorky (+, ++, -, -) boli pripravené za účelom podrobnejšieho skúmania vplyvu teploty na DT, pričom sme vychádzali zo základného teplotného modelu. Išlo o vzorky vystavené iba kladným a iba záporným teplotám. Ďalšie vzorky boli vystavené iba zníženým kladným teplotám 40 °C a iba zvýšeným záporným teplotám - 10 °C. Počet zaťažovacích cyklov pre tieto vzorky bol 60 (2 x 30) s dĺžkou cyklu 6 hodín. Prehľad vzoriek je v Tabuľke 3.

Tabuľka 3: Označenie skupinových vzoriek.

DT-xxx	Označenie skupinovej vzorky						
	+	++	-	--	++/- -A	++/- -B	R
	Zaťažovacia teplota [°C]						
	+40	+50	-10	-15	+50/-15	+50/-15	izbová t.
	Počet ks DT v skupinovej vzorke						
	5	5	5	5	5	5	5

Tabuľka 4: Počty zaťažovacích cyklov v klimatizačnej komore

Označenie skupinovej vzorky	Počet zaťažovacích cyklov								
	1. rok životnosti				2. rok životnosti				Spolu
	40 °C	50 °C	-10 °C	-15 °C	40 °C	50 °C	-10 °C	-15 °C	
+	30				30				60
++		30				30			60
-			30				30		60
--				30				30	60
++/- -A		30		30		30		30	120
++/- -B		30		30		30		30	120
R									0

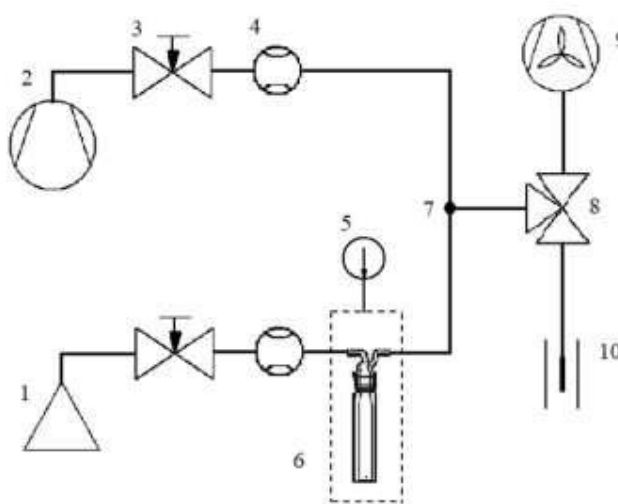
4. METODIKA TESTOVANIA

4.1 Príprava koncentrácie testovacej látky

Na testovanie funkčnosti DT sa v praxi zvyčajne používajú dva postupy: požadovaná koncentrácia látky sa vytvorí v plynovej komore (zvyčajne s objemom 1 m³) z ktorej sa odsáva vzduch do testovanej trubičky, alebo sa látka kontinuálne dávkuje do prúdu vzduchu, ktorý prechádza testovanou trubičkou. [5]

Metodiku skúšania DT sme zostavili na základe experimentov s jednotlivými látkami. Na testovanie DT pre PTL sme použili látky: oxid uhoľnatý, oxid siričitý, amoniak a chlór, ktoré boli vyrobené v laboratóriu. Zvolili sme prvý z vyššie spomenutých postupov. Nakoľko nebola k dispozícii plynová komora, použili sme na tento účel tedlarove vaky. Vak sme napustili čistým vzduchom, do ktorého sme následne pridali testovaciu látku. Objem látky bol vypočítaný s ohľadom na objem čistého vzduchu tak, aby vznikla požadovaná koncentrácia plynu. Tá bola následne overená prístrojom Dräger X-am 7000 a podľa potreby upravená, aby poskytovala zafarbenie indikačnej vrstvy DT do približne polovice jej dĺžky. Tento postup fungoval so všetkými plynmi bez problémov.

Obrázok 1: Schéma aparatury pre testovanie DT na BCHL, 1 – tlaková fľaša s dusíkom a s redukčným ventilom, 2 – zdroj čistého vzduchu (kompresor), 3 – ihlový regulačný ventil, 4 – prietokomer, 5 – regulátor teploty vodného kúpeľa, 6 – vodný kúpeľ, 7 – T-kus, 8 – trojcestný kohút, 9 – digestor, 10 – vyústenie pre DT



V prípade DT pre BCHL sme použili látky: sarin, yperit, lewisit a difosgén. Látky boli pripravené v akreditovanom laboratóriu pre prácu s BCHL, kde prebiehali aj všetky experimenty s BCHL (Referenčné chemické laboratórium, VÚ 1606 v Zemianskych Kostoľanoch). Zopakovali sme predchádzajúci postup, ktorý sme prispôbili povahe BCHL (za bežných podmienok ide o kvapalnú látku). Malý objem tedlarových vakov (5 resp. 10 L) by pre dosiahnutie požadovanej koncentrácie vyžadoval aplikovať do vaku veľmi malé množstvo látky, čo nebolo technicky možné. Preto sme pripravili roztoky týchto látok vo vhodných rozpúšťadlách. Tento roztok bol následne vstreknutý do vaku. Vak sme pretriasli a chvíľu počkali, aby sme podporili odparenie roztoku. K vaku sme pripojili DT a presali predpísaný objem vzduchu. Ukázalo sa, že tento postup spoľahlivo funguje len pre difosgén kedy vypočítaná koncentrácia látky vo vaku vytvorila zodpovedajúce zafarbenie indikačnej vrstvy DT. Ostatné látky síce vyvolali zafarbenie indikačnej vrstvy, ale až pri oveľa väčšom množstve roztoku vo vaku. Celý postup bol pomerne náročný,

vyžadoval častú manipuláciu s BCHL a ukázal sa ako nevhodný pre testovanie väčšieho počtu DT.

Preto sme pristúpili k postupu kontinuálneho dávkovania BCHL do prúdu vzduchu. Pri zostavovaní aparatury sme vychádzali zo systému navrhnutého na inhalovanie presenej dávky pár yperitu [6]. Na vytvorenie pár BCHL sme použili premývačku s malým objemom, do ktorej sme aplikovali koncentrovanú BCHL (Obrázok 1). Do premývačky sme púšťali dusík, ktorý bublinkoval cez BCHL a vzniknuté pary sa primiešavali do prúdu čistého vzduchu. Koncentrácia BCHL sa upravovala pomocou prietoku dusíka a teplotou vodného kúpeľa. Tento postup fungoval pre všetky použité BCHL a poskytoval stabilnú koncentráciu po dlhý čas takže bolo možné testovať väčšie množstvo DT.

4.2 Testovanie a hodnotenie vzoriek

Pre hodnotenie pripravených vzoriek sme zvolili nasledovné kritériá:

- mechanické poškodenie vplyvom teploty,
- zmena zafarbenia indikačnej vrstvy vplyvom teploty,
- funkčnosť pri analýze vzduchu kontaminovaného testovacou látkou,
- funkčnosť pri analýze čistého vzduchu.

Pri hodnotení mechanického poškodenia vplyvom teploty sme sa zamerali na celistvosť obalovej trubice, neporušenosť teliesok pre rozvádzanie vzduchu a celistvosť ampúl s detekčným roztokom. Následne sme porovnaním s referenčnou trubičkou kontrolovali, či nedošlo vplyvom teploty k zmene farby indikačnej vrstvy. Ďalej sme pristúpili k testovaniu funkčnosti trubičiek jedným z vyššie popísaných postupov. Sledovali sme farbu a dĺžku zafarbenia indikačnej vrstvy. Toleranciu zmeny dĺžky zafarbenia sme zvolili 20 % celkovej dĺžky indikačnej vrstvy. Nakoniec sme testovali vzorku ++/- -_B na čistý vzduch. Tento krok bol dôležitý najmä pre trubičky DT 11 pri ktorých dochádza k zmene zafarbenia indikačnej vrstvy práve pri čistom vzduchu.

Skupinové vzorky boli testované postupne s výnimkou vzorky **R**. DT z tejto vzorky boli testované jednotlivo medzi ostatnými skupinovými vzorkami. Týmto spôsobom sme overili stálosť pripravenej koncentrácie.

5. VÝSLEDKY

Pri testovaní pripravených vzoriek vyhoveli stanoveným kritériám takmer všetky vzorky. Vyskytlo sa niekoľko anomálií ktoré popíšeme ďalej.

V prvom prípade išlo o trubičku DT 14.1, kedy zo vzorky ++/- -_B došlo u jednej DT k prasknutiu ampulky a bola hodnotená ako nefunkčná. Pri ostatných DT z tejto vzorky sme zaznamenali zmenšenie objemu indikačnej vrstvy pri teste funkčnosti na čistý vzduch (Obr. 2). Pri testovaní ostatných vzoriek na vzduch kontaminovaný Lewisitom sme tento jav nezaznamenali.

Obrázok 2: Zmena objemu indikačnej vrstvy DT 14.1



V ďalšom prípade išlo o trubičku DT 11 zo vzorky vystavenej teplote - 15°C, kde pri teste funkčnosti na kontaminovaný vzduch došlo k slabému zožltnutiu indikačnej vrstvy (Obr. 3). Aj keď zmena farby bola v porovnaní so zmenou pri vzorke testovanej na čistý vzduch nevýrazná, podľa nášho názoru by mohlo v tomto prípade dôjsť k nesprávnemu vyhodnoteniu výsledku.

Obrázok 3: Zafarbenie indikačnej vrstvy DT 11 pri presávaní vzduchu kontaminovaného Sarinom



V prípade DT-011 všetky vzorky preukázali prítomnosť CO aj keď v niektorých prípadoch došlo k nevýraznému zafarbeniu indikačnej vrstvy. Po skončení testovania sme zistili, že nebol dodržaný predpísaný postup použitia DT, preto nemôžeme objektívne hodnotiť výsledky pre túto DT.

6. DISKUSIA

V úvode textu sme sa venovali podmienkam skladovania DT v HaZZ, konkrétne skladovacej teplote. Po vyhodnotení dát zo SHMÚ a dát získaných z experimentálneho merania teploty v reálnych podmienkach sme dospeli k záveru, že pri takomto spôsobe skladovania DT môže dochádzať k prekročeniu výrobcom stanovenej teploty skladovania. Zamerali sme sa na najhorší scenár, že vozidlo je parkované vonku a vystavené vplyvom počasia. Zistili sme, že v letných mesiacoch môže byť teplota v prepravnom kufri v úložnom priestore vozidla cca o 5 °C vyššia ako vonkajšia teplota vzduchu. V sledovanom období sme zaznamenali najvyššiu teplotu v kufri v úložnom priestore 38,7 °C. V praxi sú vozidlá HaZZ štandardne parkované v garážach alebo

pod prístreškom a sú tak chránené pred slnečným žiarením prípadne mrazom. Vyskytujú sa však situácie, keď je vozidlo dočasne odstavené vonku (napr. počas zásahu, výcviku, údržby), spravidla na niekoľko hodín až dní. S tým súvisí možnosť, že kufor s detekčnou súpravou je vyložený von z auta. V takomto prípade môže dôjsť k relatívne rýchlemu nárastu teploty až na 50 °C.

V súčasnosti nemá HaZZ a ani Ozbrojené sily SR (pravdepodobne dvaja najväčší odberatelia DT v SR) vypracovanú metodiku skúšania funkčnosti DT a ich funkčnosť sa netestuje. Podľa dostupných informácií však Ozbrojené sily SR plánujú v tomto smere zmenu. Konkrétne postupy majú vypracované samotní výrobcovia DT ktorí testujú svoje DT v rámci kontroly kvality, podrobnejšie informácie však nie sú dostupné. Z týchto dôvodov sme vytvorili vlastnú metodiku, ktorá obsahuje postup prípravy požadovanej koncentrácie vybratých látok vo vzduchu a kritériá pre hodnotenie funkčnosti DT. Pre plynné látky resp. PTL sa nám osvedčil postup vytvorenia požadovanej koncentrácie v tedlarových vakoch. Pripravená koncentrácia sa počas testovania nemení a vaky je možné použiť aj opakovane, keďže na overenie koncentrácie je možné použiť bežne dostupné plynové detektory s pumpou. Pre kvapalné látky resp. BCHL sa nám osvedčil postup kontinuálneho dávkovania BCHL do prúdu vzduchu. Ide síce o inštrumentálne náročnejšie riešenie ale z hľadiska manipulácie s BCHL bezpečnejšie. Navyše poskytuje konštantnú koncentráciu pár počas dostatočne dlhej doby a je možné ju jednoducho upravovať. Meranie presnej koncentrácie je v tomto prípade zložitejšie a v rámci nášho experimentu sme ju neoverovali, vychádzali sme z orientačných hodnôt nameraných na DT.

Testovanie pripravených vzoriek preukázalo, že vystavenie DT teplotám od - 15 °C do + 50 °C podľa nami stanoveného teplotného modelu nemalo na ich funkčnosť zásadný vplyv a zaznamenali sme len niekoľko anomálií. V prípade DT 14.1 to bola rozbitá ampulka v jednej DT. Avšak pri žiadnej inej DT vystavenej teplotám k rozbitiu nedošlo. Dôvod zmenšenia objemu indikačnej vrstvy by vyžadoval ďalšie skúmanie. Z hľadiska funkčnosti sme však vyhodnotili, že tento jav nemá negatívny vplyv na správnu interpretáciu výsledku. Slabé zožltnutie indikačnej vrstvy DT 11 je problematické objektívne hodnotiť, pretože hodnotenie zafarbenia je vždy do určitej miery subjektívne. Príčinu možno hľadať v spôsobe striasania roztoku do indikačnej vrstvy po prepichnutí ampulky. Aj keď sme sa snažili striasť všetky DT rovnako, mohlo sa dostať do indikačnej vrstvy menej činidla. Do úvahy prichádza aj nižšia kvalita činidla. Túto možnosť však nepodporuje skutočnosť, že pri ostatných DT z rovnakej šarže sme tento jav nezaznamenali.

Po celkovom zhodnotení výsledkov sme dospeli k záveru, že spôsob skladovania DT v HaZZ nemá vplyv na ich funkčnosť. Tieto výsledky však nie sú nadradené pokynom výrobcu, ktoré by sa mali dodržiavať. V tejto súvislosti odporúčame parkovať vozidlá EKOS v temperovaných garážach. Ďalším opatrením by mohlo byť použitie kufrov vybavených termoizolačnou výplňou (napr. z polystyrénu) a použiť kufre s odrazivým povrchom (napr. hliník). Toto opatrenie môže byť vhodné aj pre iné citlivé prístroje nachádzajúce sa vo vozidle.

7. ZÁVER

Predložený text predkladá výsledky z experimentálneho výskumu, ktorý bol uskutočnený v rámci riešenia diplomovej práce na tému „Funkčnosť detekčných trubičiek vystavených

zvýšeným teplotám“. V prvej časti sme predložili údaje, na základe ktorých sme spracovali model tepelného zaťažovania DT. V ďalšej časti sme priblížili metodiku testovania vytvorenú v rámci tohto výskumu. Nakoniec sme uviedli výsledky testovania vzoriek vybratých DT, ktoré boli vystavené stanoveným teplotám v určenom počte cyklov a testované podľa pripravenej metodiky. Dospeli sme k celkovému záveru, že spôsob skladovania DT v HaZZ môže spôsobiť prekročenie predpísanej skladovacej teploty, to však nemá negatívny vplyv na ich funkčnosť.

Použitá literatúra

- [1] FOX, S., DAUM, K., MILLER, C., CORTEZ, M., *Emergency First Responders' Experience With Colorimetric Detection Methods*. Idaho National Laboratory, October 2007, dostupné na WWW: <<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.517.2914&rep=rep1&type=pdf>>
- [2] Propagačné materiály firiem Oritest s.r.o., Dräger, RAE Systems, Hygitest
- [3] *Handbook for Dräger-Tubes and MicroTubes 20th edition*. [on-line]. [cit. 2022-07-28]. Dostupné z WWW: <<https://www.draeger.com/Products/Content/tubes-hb-9092086-en-master.pdf>>
- [4] SHMÚ, klimatologické spravodajstvo. [on-line]. [cit. 2022-07-28]. Dostupné z WWW: <https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=klimat_operativneudaje1&identif=11816&rok=2021&obdobie=1991-2020&sub=1>
- [5] PITSCHMANN, V. *Analýza toxických látok detekčnými trubičkami*. Drahelčice 2005. ISBN 80-86664-03-1
- [6] PERRY, M., BENSON, E., KOHNE, J., PLHOVINSAK, J., BABIN, M., PLATOFF, G., YEUNG, D., *A novel sulfur mustard (HD)vapor inhalation exposure system for accurate inhaled dose delivery*. In: *Journal Pharmacol Toxicol Methods*. 2015, 71: 120 – 180.