

HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR
Královéhradeckého kraje
nábřeží U Přívozu 122/4, 500 03 Hradec Králové

Počet listů: 16
Počet příloh: 6/21



Technická zpráva

Zkoušky kompozitních tlakových lahví s plastovým pouzdrem

Zpracovali:
kpt. Ing. Jan Čech
por. Ing. Jakub Trojan
HZS Královéhradeckého kraje

Odborná lektorace:
pplk. Ing. Jiří Matějka
kpt. Ing. Jiří Matějka ml.
MV-GR HZS ČR

1. Úvod

Tento dokument byl zpracován v souvislosti s řešením úkolu *Koncepce chemické služby Hasičského záchranného sboru ČR*, který byl deklarován takto: „Zjistit možnosti použití tlakových lahví s plastovým pouzdrům pro izolační dýchací přístroje vzduchové“.

Cílem úkolu je stanovit, zda změnit podmínky kompozitních tlakových lahví v bodě 3.3 (viz příloha 1): „*TL je vyrobena z kovového pouzdra (vnitřního jádra), které je ovinuto kompozitním materiálem obsahujícím uhlíková vlákna*“. Vypuštěním slova „*kovového*“ z technických podmínek by bylo umožněno dodávat rovněž kompozitní tlakové láhve s plastovým jádrem.

Výstupem dokumentu musí být rozhodnutí generálního ředitele HZS ČR, zda použití kompozitních tlakových lahví (dále jen „TL“) s plastovým pouzdrům je u HZS ČR povoleno, či nikoli.

Kromě klasické technologie výroby kompozitních TL začínají někteří výrobci (Polsko, Itálie) uvádět na trh kompozitní TL, u kterých se používá při konstrukci, místo hliníkového pouzdra, jádro plastové, vyrobené z polyethylentereftalátu (PET). Další vrstvy – kompozitní materiál – zůstávají stejné. Dodavatelem kompozitních TL s plastovým pouzdrům v ČR je společnost ZAHAS, s. r. o., která distribuuje láhve výrobce TECHPLAST Sp. z o. o., Polsko. Tyto TL jsou nazývány SAFER, proto v dalším textu je budeme označovat „*TL SAFER*“.

2. Přípravné práce

Pro testování se použilo 14 kompozitních TL (viz tab. č. 1) s plastovým linerem, přičemž 12 byly TL SAFER. Tyto láhve mají liner vyrobený z PET. Další dvě testované TL měly liner z jiného plastu (výrobce MCS International). Dvě zcela nové TL pro testování poskytl v roce 2018 polský výrobce Techplast. Kromě TL SAFER přímo od výrobce byly TL získány od jednotek PO z celé ČR v červnu 2019. TL byly vybrány tak, aby celá skupina obsahovala maximální škálu roků výroby a rovněž i láhve konkurenčních výrobců (MCS International, HZS podniku Letiště). Pro srovnávací zkoušky byly použity rovněž běžné kompozitní TL s hliníkovým pouzdrům.

Testování tlakových lahví se soustředilo na:

- soulad s platnými právními a technickými předpisy
- posouzení vzhledu a základních fyzikálních vlastností,
- provedení hydraulické tlakové zkoušky.
- měření vnitřní teploty při plnění,
- stanovení změn v lineru (VŠCHT, TU Liberec),
- stanovení ztráty tlaku v čase,
- zhodnocení hygienické nezávadnosti vzorku vzduchu.

Během testů byly pořizovány fotografie a videozáznamy tak, aby bylo možné zkoušky lépe popsat a byly výsledky zřejmé a doložitelné. Jak je uvedeno v tab. č. 1, jsou TL pro lepší orientaci označeny písmeny. TL č. 14 byla původně na pozici č. 3, tedy C, nicméně po obdržení dalších vzorků byla TL přesunuta na pozici č. 14 a označena C+.

Tab. č. 1 Soupis testovaných tlakových lahví

	č.	označení	výrobní číslo	výrobce
testovaný vzorek vzduchu	1	A	01C/10/00548	Safer
	2	B	01C/10/00564	Safer
	3	C	703-3-00007641	MCS
	4	D	01C/11/01258	Safer
	5	E	01C/10/00589	Safer
	6	F	01C/10/00603	Safer
	7	G	01C/11/01225	Safer
	8	H	01C/11/01191	Safer
	9	I	01C/11/01227	Safer
	10	J	A01C/18/01402	Safer
	11	K	01C/11/01254	Safer
	12	Z	A01C/18/01403	Safer
	13	M	703-3-00013674	MCS
	14	C+	01C/11/01190	Safer

3. Soulad s platnými právními a technickými předpisy

Pro pořizování kompozitních TL a jejich ventilů, které jsou součástí izolačních dýchacích přístrojů vzduchových, platí technické podmínky uveřejněné na webových stránkách HZS ČR (příloha 1 a 2):

- VPPO-CHS/11-2013 Kompozitní tlaková láhev pro izolační dýchací přístroj,
- VPPO-CHS/15-2014 Ventil tlakové láhve pro izolační dýchací přístroj vzduchový.

Podle technických podmínek mj. platí, že:

- a) TL musí být vyrobena z kovového pouzdra, které je ovinuto kompozitním materiálem obsahujícím uhlíková vlákna,
- b) součástí dodávky musí být mj. ES přezkoušení typu a ES prohlášení o shodě pro sestavu kompozitní TL a lahvového ventilu dle nařízení vlády č. 219/2016 Sb., o posuzování shody tlakových zařízení při jejich dodávání na trh,
- c) součástí lahvového ventilu pro lahve s plnicím tlakem 300 barů musí být omezovač průtoku.

TL SAFER byly certifikovány notifikovanou osobou TÚF SÚD Czech, s. r. o. Certifikát se však týká samostatné kompozitní TL bez ventilu. **TL SAFER nevyhovují technickým požadavkům uvedeným v předchozím odstavci. Navíc výrobce ani dodavatel nepředložili ES přezkoušení typu a ES prohlášení o shodě pro sestavu lahve a ventilu, takže nemohou uvádět TL na trh.**

4. Výchozí stav - posouzení vzhledu a základních fyzikálních vlastností

V této části byl posuzován vzhled TL vizuálně na povrchu i uvnitř (vzhled lineru). Do testu byly zahrnuty lahve A až J.

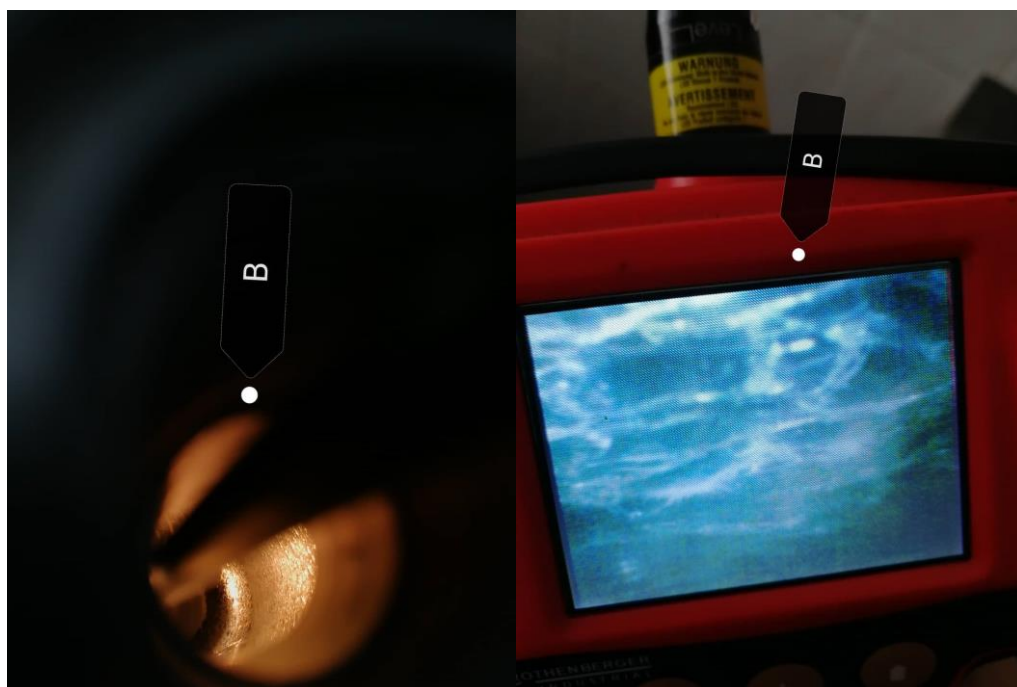
Povrchově lahve nejevily zjevné nedostatky ani žádné poškození povrchu, poškození, či vychýlení ventilu. Vnitřní prohlídka se prováděla v souladu s ČSN EN ISO 11623

(provádění periodických tlakových zkoušek) a v souladu s **s oprávněním** k provádění periodických tlakových zkoušek, které bylo HZS Královéhradeckému kraji uděleno Technickou inspekcí ČR.

Na následujících snímcích jsou znázorněny linery před testy. Snímky byly pořízeny mobilním telefonem i endoskopickou kamerou. TL, které měly liner nepoškozený, nebyly fotografovány.



Obr. 1 Tlaková láhev „A“



Obr. 2 Tlaková láhev „B“



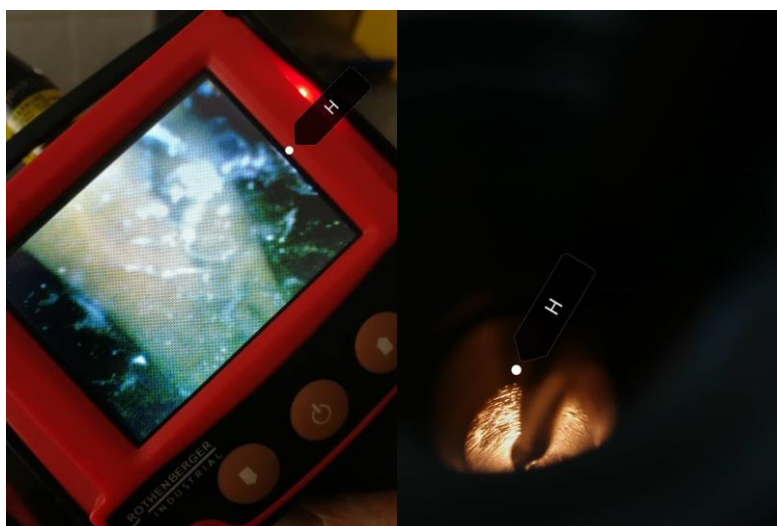
Obr. 3 Tlaková láhev „D“



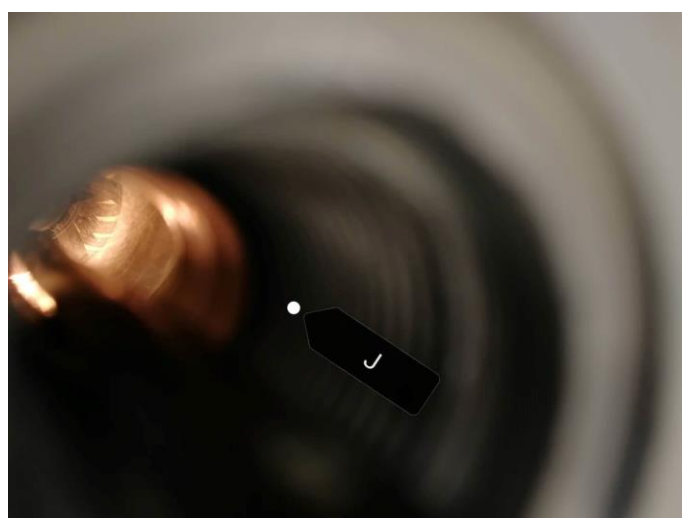
Obr. 4 Tlaková láhev „E“



Obr. 5 Tlaková láhev „G“



Obr. 6 Tlaková láhev „H“



Obr. 7 Tlaková láhev „J“

Z vizuálního pohledu měly některé TL již před testy liner poškozený (viz tab. č. 2). Toto poškození odpovídá vzhledově prasklinám, či zpuchýřovatení a je nejvíce zřetelné u nejstarších TL. Mladší TL nevykazovaly žádné poškození, nebo jen drobnější poškození.

Tab. č. 2 Stav lineru před testy

označení	výr. č.	Stav lineru
A	01C/10/00548	poškozený
B	01C/10/00564	poškozený
C	703-3-00007641	OK
D	01C/11/01258	poškozený
E	01C/10/00589	poškozený
F	01C/10/00603	OK
G	01C/11/01225	poškozený
H	01C/11/01191	poškozený
I	01C/11/01227	OK
J	A01C/18/01402	OK

Pro zhodnocení, zda jsou PET linery poškozeny jen nedodržením návodu výrobce, byl předložen malý vzorek nových lahví. Teplota má zcela jistě vliv na změnu povrchu lineru a patrně i změnu struktury PET materiálu. I když lahve z Hrádku nad Nisou byly po celou dobu užívání plněny převážně na kompresoru s rychlostí plnění 200 l/min, tedy v souladu s návodem výrobce, vykazují přesto podobnou závadu.

TL byly před testy zváženy a byl porovnán rozdíl hmotnosti uvedené na štítku se skutečnou hmotností. Zde byl zaznamenán rozdíl u TL cca 0,5 kg. Navýšení hmotnosti patrně odpovídá hmotnosti ochranných vrchlíků na lahvích.

Tab. č. 3 Srovnání hmotnosti

č.	Označení	Výrobní číslo	Objem litry	Plnicí tlak bar	Materiál lineru	Hmotnost na TL kg	Hm. prázdné TL bez ventilu kg	Rozdíl hm. kg
1	A	01C/10/00548	6,8	300	PET	2,8	3,298	0,498
2	B	01C/10/00564	6,8	300	PET	2,8	3,288	0,488
3	C	703300007641	6,8	300	MCS	3,6	3,808	0,208
4	D	01C/11/01258	6,8	300	PET	2,8	2,878	0,078
5	E	01C/10/00589	6,8	300	PET	2,8	3,244	0,444
6	F	01C/10/00603	6,8	300	PET	2,8	3,244	0,444
7	G	01C/11/01225	6,8	300	PET	2,8	3,148	0,348
8	H	01C/11/01191	6,8	300	PET	2,8	3,218	0,418
9	I	01C/11/01227	6,8	300	PET	2,8	3,378	0,578
10	J	A01C/18/01402	6,8	300	PET	2,8	3,304	0,504



Obr. 8 Hmotnost lahve

5. Provedení hydraulické tlakové zkoušky

Cílem tlakové zkoušky bylo zjistit, zda TL této zkoušce vyhoví a zda v lineru nezůstane po vysušení uzavřená vlhkost. Zkouška byla provedena standardním způsobem, tj. natlakováním na zkušební tlak 450 bar s výdrží tlaku 30 s.

K testování byly vybrány lahve: A, C+, D, F

Tlakové zkoušky byly prováděny na zkušebním zařízení výrobce Meva, a.s. s označením HS 500. Samotné tlakování probíhá stlačováním vody čerpadlem až do zkušebního tlaku. Po zkoušce je nutné vodu z TL vylít a láhev vysušit. Sušení probíhalo standardně ve stojanu za pomoci proudu studeného vzduchu. Po testu byly TL znovu zváženy, přičemž nebyl pozorován prakticky žádný nárůst hmotnosti.

Vyhodnocení samotného provedení tlakové zkoušky však ukázalo, že z testovaného vzorku 4 lahví neprošly testem 3 ks, a to lahve A, C+ a D. Jedinou lahví která test splnila, byla tedy lahev s označením F.

Byly zjištěny následující závady:

A – Byl pozorován únik vzduchu v místech vrchlíků. Po nanesení pěnотvorného roztoku byl únik evidentní (lze dokumentovat videozáznamem). Pro test byly ponechány ochranné vrchlíky, protože se nepředpokládalo, že by lahev měla vykazovat závadu tohoto typu.

C – Při tlaku cca 135 bar vznikly okolo vrchlíku malé dírký a z TL tryskala voda (lze dokumentovat videozáznamem). Dále pak na zaoblených částech byly pozorovány velké bubliny plné vody, které po čase praskly a vytekly. Je třeba poznamenat, že TL byla použita k testům tepelné zátěže a byla nejvíce plněna na plnicí liště, tedy v rozporu s návodem výrobce. Jednalo se o TL SAFER.

D – Byl pozorován únik z části, kde vrchlík přechází v hrdlo lahve (lze dokumentovat videozáznamem).



Obr. 19 a, b, měřicí zařízení a tlaková lahev „C“ v držáku lahví.

Vzhledem ke stáří TL musely být logicky dle právních a technických předpisů provedeny periodické zkoušky. Tyto tlakové zkoušky by měly být prováděny dle českých předpisů, protože TL byly prodány a provozovány v ČR. **Dle platné legislativy k vyhrazeným zařízením je provozovatel povinen provádět periodické tlakové zkoušky u osoby s platným oprávněním. Toto oprávnění vystavuje Technická inspekce ČR, která potvrdila, že žádná z polských společností nemá uděleno české oprávnění. Z toho vyplývá, že TL, u nichž byla provedena tlaková zkouška v Polsku, nemají platný test a nesmějí se používat. Z předloženého vzorku 12 kusů TL SAFER se NESMÍ používat celkem 8 ks (A, B, E, F, G, H, I, K). Další dvě láhve jsou prakticky nové a nemusejí mít tlakovou zkoušku a nakonec poslední dvě měly provedenou tlakovou zkoušku ve zkušebně č. 222. Jedná se o požadavek české legislativy, která řeší problematiku provozu vyhrazených zařízení.**



6. Měření vnitřní teploty při plnění

Měření vnitřní teploty bylo prováděno pomocí měření odporu na odporových teplotních čidlech napojených na multimetr. Z tohoto testování byly pořízeny videozáznamy, z kterých je patrné, jak probíhalo samotné plnění TL. Láhve byly plněny na zařízeních HZS Královéhradeckého kraje, a to konkrétně:

- kompresor Poseidon P500 s plnicí rychlostí 500 l/min,
- kompresor Trident EKO s plnicí rychlostí 240 l/min,

- plnicí lišta Coltri (zásobník 4x50 l ocelové TL 300 bar).

K samotnému měření bylo nutné provést úpravy ventilu tak, aby bylo možné provádět měření v průběhu plnění a aby byla sestava těsná. Pro měření byly z důvodu dobré znalosti použity a upraveny ventily VTI. Konkrétní úprava je zobrazena na obr. 9 a, b, c.

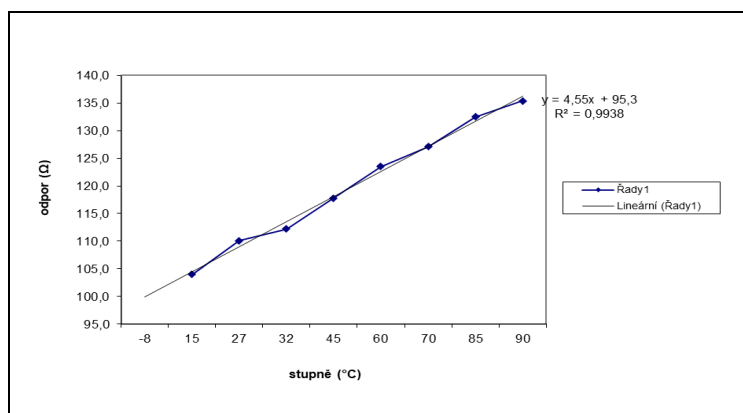
K měření bylo dále použito následující vybavení:

- teplotní čidlo Pt100-1020,
- teplotní čidlo Pt1000-TO92,
- multimetr (ověřené měřidlo),
- fotoaparát.

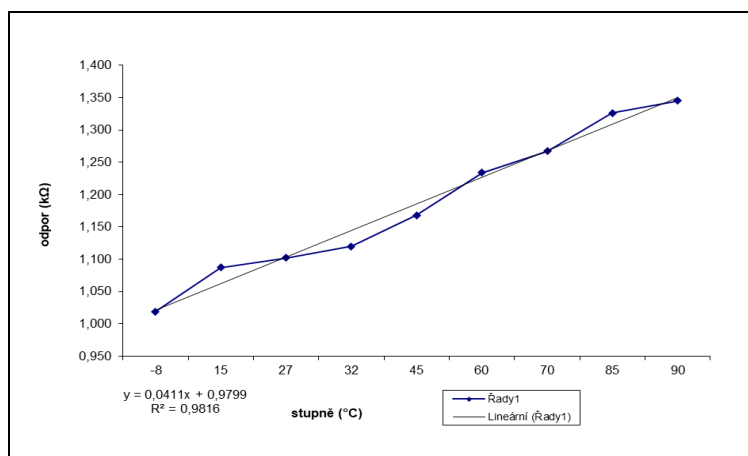


Obr. 9 a, b, c

Pro úplnost měření byla změřena pro každé teplotní čidlo tzv. kalibrační řada, přičemž každá z hodnot byla odečítána třikrát a stanoven průměr hodnot (viz obr. 9 a 10).



Obr. 10 Kalibrační řada pro teplotní čidlo Pt100-1020



Obr. 11 Kalibrační řada pro teplotní čidlo Pt1000-TO92

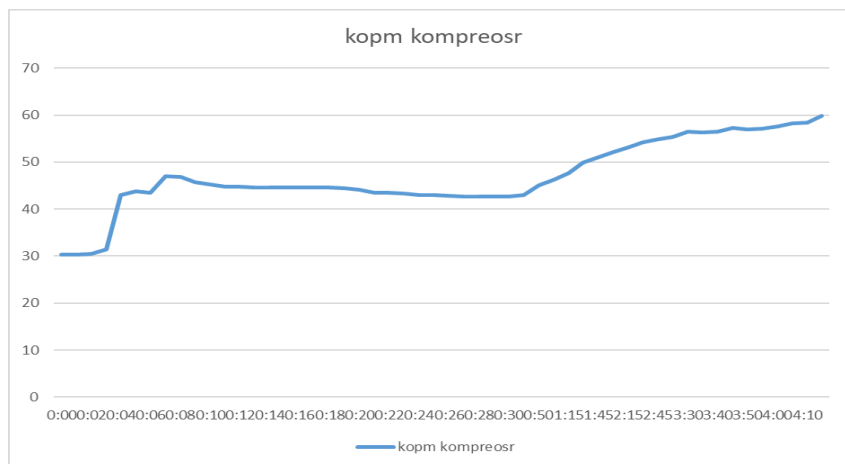
Pro porovnání byla rovněž měřena kompozitní tlaková lahev s hliníkovým linerem. Tlakové lahve mají na svém štítku označení, že nesmí být vystaveny povrchové teplotě vyšší než 60 °C.

Např. výrobce TL Luxfer uvádí ve svém návodě k používání z roku 2017:

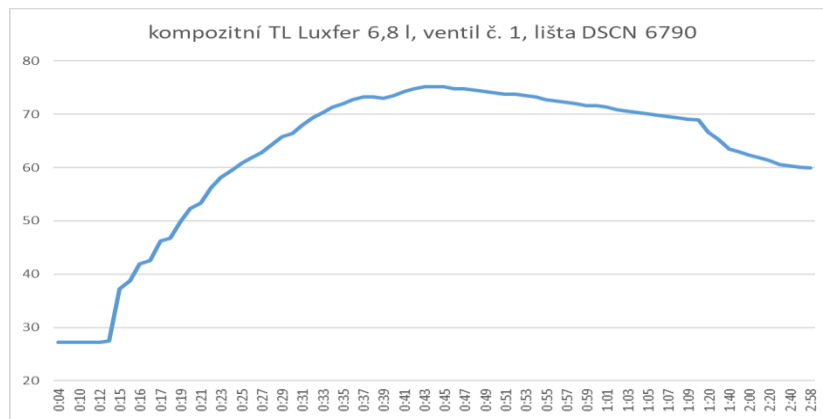
„Vystavení vysokým teplotám – obecně platí, že kompozitní láhev s uhlíkovými vlákny, která dosáhla teploty 71°C nebo teploty vyšší, by měla být před opětovným uvedením do provozu zaslána k posouzení do autorizované zkušebny tlakových lahví. Láhve, které vykazují zřejmé známky dlouhotrvajícího vystavení ohni nebo vysokým teplotám, musí být vyřazeny z provozu. Je důležité nezaměňovat teplotu prostředí se skutečnou teplotou láhve. Je rovněž důležité brát v úvahu nejen teplotu, ale i dobu vystavení této teplotě – kritické jsou oba tyto faktory. Krátké vystavení vysokým teplotám nemusí láhev poškodit.“

Ve většině uvažovaných případů se počítá s tím, že je zahříván vnější povrch TL. To ovšem neplatí při plnění TL, kdy se plyn při jeho krátkodobé expanzi a následné kompresi silně zahřívá a tato teplota působí především na samotné jádro. U testů se potvrdil předpoklad, že u lahví s plastovým linerem se teplota v lahvi mnohem déle drží na vyšších teplotách, protože hliník je mnohem lepším teplotním vodičem a kompresní teplo odvede do kompozitního obalu.

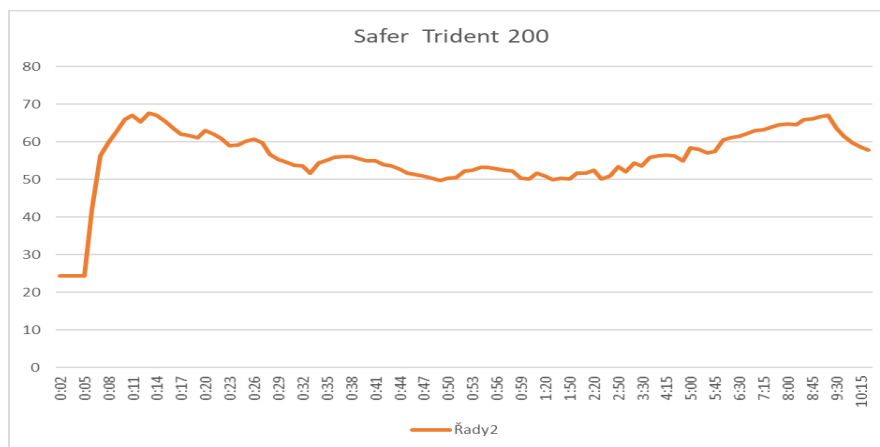
V případě kompozitní TL s hliníkovým linerem bylo zjištěno, že jsou velké rozdíly v nárůstu teplot při plnění z kompresoru a plnění z tlakových zásobníků na liště. V případě plnění z kompresoru o výkonu 500 l/min postupně teplota narůstala až k mezi 60 °C při dosažení tlaku 300 bar. Pokud však byla lahev plněna na plnicí liště, byla naměřená teplota dokonce cca 75 °C.



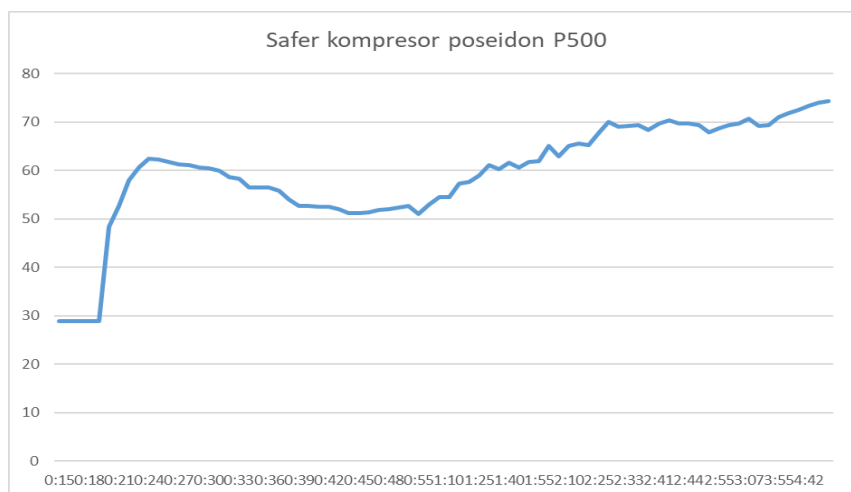
Obr. 12 Plnění TL Luxfer (Al) na kompresoru Poseidon PE500 - vliv teploty (°C) na čase (min)



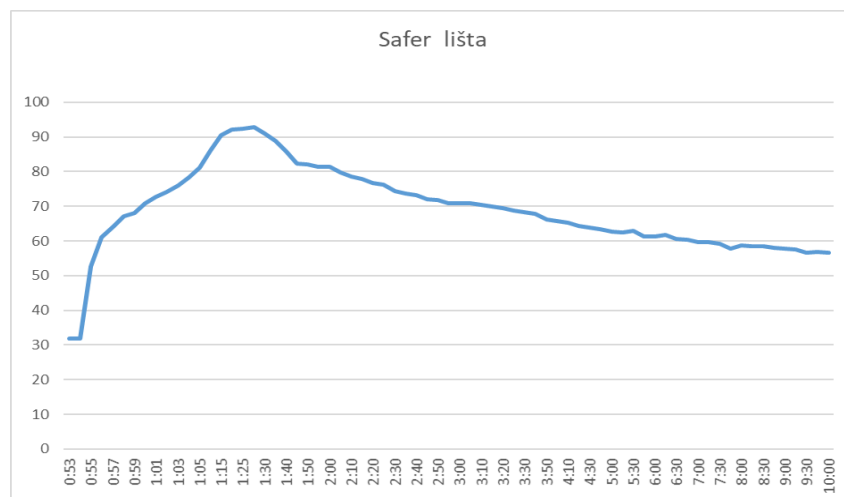
Obr. 13 – Plnění TL Luxfer (Al) na plnicí liště - vliv teploty (°C) na čase (min)



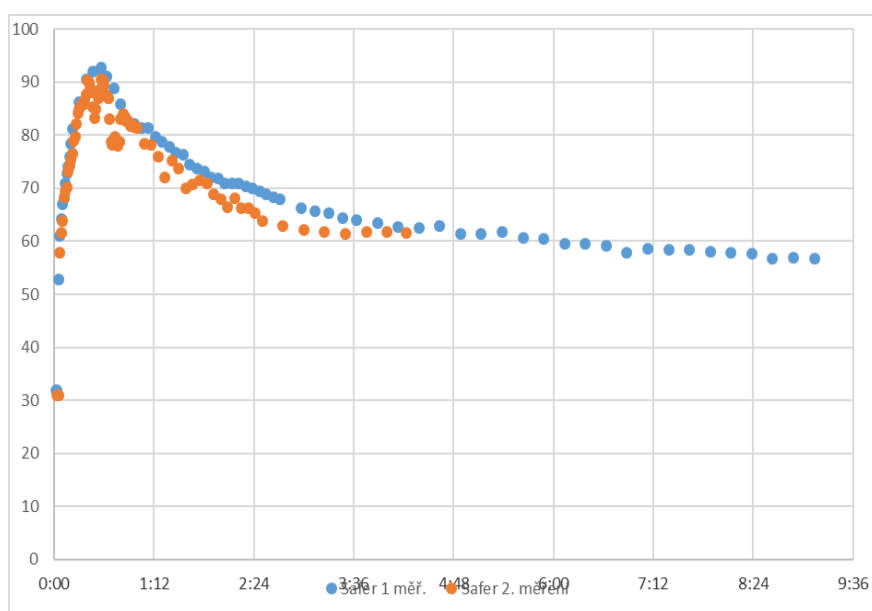
Obr. 14 Plnění TL SAFER kompresorem Trident 240 l/min - vliv teploty (°C) na čase (min)



Obr. 15 Plnění TL SAFER kompresorem PE 500 l/min - vliv teploty (°C) na čase (min)



Obr. 16 Plnění TL SAFER na plnicí liště - vliv teploty (°C) na čase (min)



Obr. 17 Plnění TL SAFER porovnání dvou plnění na liště - vliv teploty (°C) na čase (min)

Na dalších grafech je uvedena závislost teploty na čase při plnění kompozitních TL s plastovým linerem pomocí dvou různých kompresorů a na plnicí liště. Z uvedených záznamů je zřejmé, že teplota uvnitř TL je i v případě plnění dle návodu výrobce nad 60 °C. Čím je větší rychlost plnění, tím je větší teplota uvnitř lahve. Teplota nad 60 °C se v lahvi držela vždy až do úplného konce plnění a mnohdy i po naplnění, tj. několik minut. Teplota skelného přechodu, což je hranice mezi tuhým stavem (skelným, tvrdým, křehkým) a kaučukovitým (vysoce elastickým), je 75 °C (<https://publi.cz/books/180/06.html>). Při plnění na liště byla překračována na několik minut právě teplota skelného přechodu. V některých případech byla dosažena teplota vyšší než 90 °C.

7. Stanovení změn v lineru

Pro potřeby dalších testů bylo nutné získat vzorky lineru, proto byly TL rozřezány na soustruhu pomocí nože tak, aby nedošlo k tepelnému namáhání ani lahve, ani lineru. Následně byl liner běžným ulamovacím nožem odřezán. Z takto získaného kusu lineru byly poté

vystříženy vzorky, které nesly označení jednotlivých výrobních čísel lahví (G, I, J, Z) a byly zaslány do laboratoří Vysoké školy chemicko-technologické v Praze (VŠCHT) a Technické univerzity v Liberci (TUL).

Z provedených analýz lze učinit následující závěry:

- analýza na infračerveném spektrometru provedená na VŠCHT potvrdila, že v plastovém lineru dochází ke strukturním změnám a nerovnoměrné degradaci materiálu v čase,
- zkoumání rastrovací elektronovou mikroskopií provedené na TUL potvrdilo nehomogenity v materiálu lineru,



Obr. 18 a, b Řez lahví, jednotlivé lahve po vytažení lineru a odběru vzorků

8. Stanovení ztráty tlaku v čase

Úbytek tlaku byl hodnocen za pomoci měření ztráty hmotnosti. TL byly předem zváženy prázdné vč. ventilu a naplněny dne 23. 7. 2019. Tato hmotnost byla po té porovnávána s hmotností shodných tlakových lahví dne 20. 8. 2019. Vážení probíhalo na kalibrované stolní váze za standardních podmínek. Výsledná změna hmotnosti/tlaku byla stanovena na základě stavové rovnice ideálního plynu:

Stavová rovnice ideálního plynu:

$$pV=nRT$$

V – konst.

T – konst.

R – konst.

$$n= m/M$$

$$M= 28,96 \text{ g/mol}$$

$$pV=RT(m/M)$$

$$m= m_{pl} - m_{pr}$$

Z testování vyplynulo, že lahve byly během 27 dnů těsné a jediný pokles 10 gramů byl zaznamenán u lahve „D“. Vzhledem k nízkému poklesu hmotnosti je usuzováno, že se jednalo o netěsnost ventilu.

Tab. č. 4 Stanovení změny tlaku

č.	označení	Hmotnost prázdná bez ventilu	hmotnost plná/300 bar	Datum plnění	hmotnost plná 20.8.	pokles hmotnosti
1	A	3,298	6,07	23.07.2019	6,07	0,00
2	B	3,288	5,96	23.07.2019	5,96	0,00
3	C	3,808	6,49	23.07.2019	6,49	0,00
4	D	2,878	5,64	23.07.2019	5,63	0,01
5	E	3,244	6,10	23.07.2019	6,10	0,00
6	F	3,244	6,03	23.07.2019	6,03	0,00
7	G	3,148	5,81	23.07.2019	5,81	0,00
8	H	3,218	5,98	23.07.2019	5,98	0,00
9	I	3,378	6,14	23.07.2019	6,14	0,00
10	J	3,304	6,15	23.07.2019	6,15	0,00

Hmotnost je uváděna v kg

9. Zhodnocení hygienické nezávadnosti vzorku vzduchu

Měření kvality vzduchu bylo prováděno za pomoci laboratorních analýz Institutu ochrany obyvatelstva. Odběr vzorku vzduchu byl prováděn za pomoci redukčního ventilu AUER ze sady ke stanovení čistoty vzduchu, tzv. aerotestu. Za aerotest byla vložena tenaxová trubička a průtokoměr. K odběru vzorku byly stanoveny Institutem ochrany obyvatelstva parametry:

- odběr 10 l vzduchu,
- maximální průtok vzduchu přes trubičku 0,5 l/min,
- odběr vzduchu provádět 20 min,
- odběr provádět za běžných podmínek okolního prostředí,
- odebrat slepý vzorek,
- odebrat srovnávací vzorek z kompozitní lahve s hliníkovým linerem.

Zajímavostí je, že u TL s označením písmenem G došlo v průběhu testů k poškození a úniku vzduchu, tvorbě bublin, a proto byla TL od tohoto okamžiku pro testy hygienické nezávadnosti vyřazena.

Vzorky byly odebrány po prvním plnění, dále pak po druhém plnění a po pátém naplnění. Jako samostatný vzorek byl stanoven vzorek lahve „K“, která byla od jejího používání plněna pouze jednou na kompresoru dle návodu výrobce, a to pouze za účelem odběru vzorku.

Protokol o zkoušce č. 884, který je součástí přílohy 3, obsahuje identifikaci látek ve vzduchu z TL, které jsou určeny jako zdroj vzduchu izolačních dýchacích přístrojů vzduchových. Všechny podrobnosti chemické analýzy jsou uvedeny v protokolu.

Z protokolu o zkoušce s chemickou analýzou vzduchu z naplněných TL provedené v chemické laboratoři Institutu ochrany obyvatelstva vyplývá, že stejně jako v minulých testech (toluen, fenol, izobutylmetylketon) se nahodile objevují stopy plynů, jako např. hexan, izobutylen nebo freony.

10.ZÁVĚR

Zákaz generálního ředitele HZS ČR používat a plnit kompozitní TL s plastovým pouzdrům PET platí i nadále z těchto důvodů:

- a) porušení právních předpisů při uvádění na trh a při provádění periodických tlakových zkoušek:
 - a. výrobce ani dodavatel nesmějí uvádět výrobek na trh, protože nepředložili ES přezkoušení typu a ES prohlášení o shodě pro sestavu kompozitní tlakové láhve a lahvového ventilu dle nařízení vlády č. 219/2016 Sb., o posuzování shody tlakových zařízení při jejich dodávání na trh,
 - b. výrobce **nedisponuje platným oprávněním k provádění periodických tlakových zkoušek TL** – Technická inspekce ČR potvrdila, že žádná polská společnost nemá uděleno toto oprávnění. TL s periodickou tlakovou zkouškou provedenou v Polsku se nesmějí v ČR používat (2/3 zkoušených lahví),
- b) s sestavě tlakových lahví s lahvovým ventilem stále **nemá distributor na český trh patřičnou certifikaci**, přičemž na tuto skutečnost je upozorňován nejen v technických podmínkách ale i při osobních jednáních a veškeré písemné komunikaci.
- c) **TL nevyhověly podmínkám periodické tlakové zkoušky** – zkoušce nevyhověly tři TL ze čtyř zkoušených kompozitních TL s plastovým linerem, přičemž ve všech případech se jednalo o TL SAFER,
- d) **při běžném plnění kompozitních TL s plastovým linerem nelze dodržet návod k použití výrobce ohledně maximální dovolené teploty** – v rozporu s návodem k použití se při plnění TL s plastovým pouzdrům běžně dosahuje vnitřní teploty vyšší než 60 °C, na několik minut byla překročena teplota 75 °C, v několika případech dokonce 90 °C. Při teplotě 75 °C dochází ke skelnému přechodu, který způsobuje změnu struktury plastu a jeho fyzikálních vlastností,
- e) **analýzy z laboratoří potvrdily hypotézy o degradaci materiálu lineru**
 - a. z protokolu o chemické analýze vzduchu z naplněných TL provedené v chemické laboratoři Institutu ochrany obyvatelstva vyplývá, že se nahodile objevují stopy plynů, jako např. hexan, izobutylen nebo freony,
 - b. analýza provedená na VŠCHT potvrdila, že v plastovém lineru dochází ke strukturním změnám a nerovnoměrné degradaci materiálu v čase,
 - c. zkoumání provedené na TUL potvrdilo nehomogenity v materiálu lineru,
- f) o špatné kvalitě TL SAFER svědčí rovněž fakt, že **při testování byly nevratně poškozeny** tyto TL, tj. 1/3 lahví:
 - A – nevydržela podmínky periodické tlakové zkoušky,
 - C – nevydržela podmínky periodické tlakové zkoušky,
 - D – nevydržela podmínky periodické tlakové zkoušky,
 - G – nevydržela plnění vzduchem při plnění k testu pro účely stanovení hygienické nezávadnosti vzduchu.

Přílohy:

- Př. 1 - Technické podmínky VPPO-CHS/11-2013 Kompozitní tlaková láhev pro izolační dýchací přístroj (2 str.).
- Př. 2 - Technické podmínky VPPO-CHS/15-2014 Ventil tlakové láhve pro izolační dýchací přístroj vzduchový (2 str.).
- Př. 3 - Protokol z chemické analýzy Institutu ochrany obyvatelstva (3 str.).
- Př. 4 - Protokol z analýzy VŠCHT – 1 (8 str.).
- Př. 5 - Protokol z analýzy TUL (3 str.).
- Př. 6 - Protokol z analýzy VŠCHT – 2 (3 str.).