

Stanovenie sorpčnej kapacity textilných sorbentov používaných na znižovanie negatívneho dopadu havárií spojených s únikom nebezpečnej látky v podniku

Iveta MARKOVÁ¹, Jozef KUBÁS², Katarína PETRLOVÁ³,
Kateřina BLAŽKOVÁ^{4,5}

¹ Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovensko, e-mail: iveta.markova@uniza.sk

² Katedra krízového manažmentu, Fakulta bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovensko, e-mail: jozef.kubas@uniza.sk

³ Matematický ústav v Opavě, Slezská univerzita v Opavě, Na Rybníčku 626/1, 746 01 Opava 1, Česká republika, e-mail: katarina.petrlova@math.slu.cz

⁴ Hasičský záchranný sbor Moravskoslezského kraje, Výškovická 40, 700 30 Ostrava, Česká republika, e-mail: katerina.blazkova@hzscr.cz

⁵ Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Lumírova 13/630, 700 30 Ostrava, Česká republika, e-mail: katerina.blazkova@hzscr.cz

Abstrakt

Článok sa zaoberá prezentáciou textilných sorbentov používaných pre účely zachytenia uniknutej nebezpečnej látky. Súčasťou článku je experimentálne stanovenie sorpčnej kapacity hydrofóbných, chemických a univerzálnych sorpčných rohoží (textilných sorbentov) pre vybrané polárne (voda a lieh) a nepolárne (olej a benzín) kvapaliny. Experimenty sa realizovali podľa ASTM F726-17, typ I. a EN ISO 9073-6:2004. Cieľom príspevku je experimentálne stanovenie sorpčnej kapacity textilných sorpčných rohoží dvoma odlišnými spôsobmi, porovnanie získaných výsledkov a komparácia získaných údajov s údajmi od výrobcu. Získané výsledky potvrdili univerzálnosť textilných sorpčných rohoží pre benzín. Sorpčné kapacity chemickej a univerzálnej rohože pre substrát voda sú rovnaké a zhodné s údajmi od výrobcu. Čas 60 sekúnd bol sorpčný čas dokedy dôšlo k vyčerpaniu sorpčnej kapacity sorbentu ponoreného do testovanej kvapaliny. Následne sa hodnoty sorpčnej kapacity nemerili.

Kľúčové slová: nebezpečná látka, textilné sorbenty, sorpcia, sorpčná kapacita

Úvod

V rámci podnikov, ktoré pracujú s nebezpečnými látkami je dôležitá príprava na krízové udalosti. V záujme zníženia nepriaznivých účinkov havárií je pre priemyselný systém veľmi dôležité identifikovať nebezpečenstvá, posúdiť a najmä riadiť riziká. Priemyselné odvetvia sú zložité kvôli počtu prvkov/komponentov, stupňu neistoty a vysokému stupňu interakcie medzi komponentmi¹. Vzhľadom na to, že vzniku kríz sa nedá vyhnúť, spoločnosti s operáciami zahŕňajúcimi vysokú úroveň rizika musia nájsť spôsoby, ako zvládnuť krízy spôsobené ich činnosťou². Krízový manažment má v týchto zložitých

systémoch veľký význam, pretože pomáha zmierniť dôsledky priemyselných havárií³. Konečným cieľom systému krízového manažmentu je byť pripravený riešiť rušivé incidenty alebo kritické situácie rýchlym, vhodným a primeraným spôsobom⁴. Ako niektorí autori uvádzajú, je potrebné predpokladať dosah prípadnej negatívnej udalosti a následne k tomu prispôbiť adekvátny materiál, ktorý zabezpečí absorbovanie prípadnej uniknutej látky^{8,9}. V prípade kvapalného úniku je jedným z riešení práve využitie textilných sorbentov. Textilné sorbenty sorbujú látku na základe prilnutia rozliatej kvapaliny k povrchu sorpčného materiálu. Vyznačujú sa schopnosťou nasiaknutia uniknutej kvapaliny v množstvách, ktoré sú mnohonásobkami vlastnej hmotnosti. Sú vyrobené z polypropylénových (PP) mikrovlákien so špeciálnou úpravou vzhľadom na druh textilného sorbentu. Delíme ich z hľadiska schopnosti viazať chemické látky na hydrofóbne, chemicky odolné a univerzálne. Každá z týchto troch skupín má typickú farbu pre jednoduché rozoznanie sorbentu.

Hydrofóbne sorbenty, ako z názvu vyplýva, odpudzujú vodu. Sú prednostne využívané pri únikoch látok na vodnej hladine. Vďaka ich hydrofóbnosti dokážu plávať na povrchu vodnej hladiny a prednostne sorbujú uniknuté látky (pokiaľ má uniknutá látka menšiu hustotu ako voda, a teda pokrýva hladinu vody)¹⁰. Hydrofóbne sorpčné rohože sú zväčša bielej farby. Hydrofóbne sorbenty sú vyrobené z polypropylénových (PP) mikrovlákien, vďaka čomu sú veľmi ľahké a aj po úplnom zmáčaní neklesnú na dno nádoby s vodou. Mikrovláka okrem ľahkosti sorbentu zaisťujú aj vysokú sorpčnú kapacitu a uniknuté látky ostávajú trvalo naviazané na sorbente, neuvolňujú sa samovoľne, no v prípade potreby sa dá sorbent čiastočne získať späť¹¹. Hydrofóbny sorbent dokáže naviazať/sorbovať nepolárne kvapaliny – oleje. Hydrofóbny sorbent neviaže vodu do svojej štruktúry a teda dokáže plávať na hladine, väčšinou sa používa ako rohož, norná stena a sorpčný had^{12,13}.

Chemické sorbenty sú používané prevažne na sorbciu agresívnych chemických kvapalných látok ako sú hydroxidy a koncentrované kyseliny. Chemické textilné rohože bývajú často ružovej, prípadne žltej farby. Chemické textilné sorbenty sa používajú v rôznych chemických laboratóriách, prípadne chemických prevádzkach, no vyskytujú sa taktiež vo vybavení havarijných súprav hasičských a záchranných služieb. Výroba chemických textilných rohoží je doplnená špeciálnou hydrofilnou úpravou polypropylénových (ďalej len PP) mikrovlákien. Táto úprava ovplyvňuje ich vysokú odolnosť k agresívnym chemickým látkam. Vďaka polypropylénu sú vysoko odolné voči odreniu, čo umožňuje jednoduchú manipuláciu po skončení sorpcie¹³.

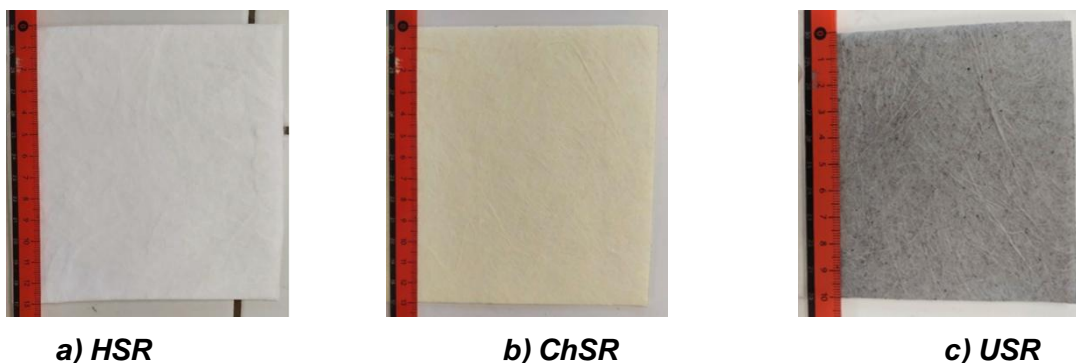
Univerzálne sorbenty, ako už pomenovanie prezrádza, sa dajú využívať univerzálne, avšak nie sú hydrofóbne. Viažu slabé kyseliny a vodné roztoky, emulzie tukov, olejov, aj ropných látok. Univerzálnu sorpciu látok im umožňuje ich zloženie. Využívajú sa v prevádzkach, kde sa pracuje s rôznymi druhmi kvapalných látok. Univerzálne sorpčné rohože bývajú šedej farby. Chemické a univerzálne sorbenty sú hydrofilné sorbenty – materiály, ktoré dokážu na svoj tuhý povrch naviazať vodu, teda polárne aj nepolárne kvapaliny. Používajú sa na zachytenie nebezpečných látok – kvapalín na pevnom povrchu¹⁰⁻¹³.

Cieľom článku je popis prostriedkov pre účinné zachytenie unikajúcej nebezpečnej látky v podniku, konkrétne textilných sorpčných prostriedkov pre rýchle a účinne zachytenie uniknutých látok vybraných polárnych a nepolárnych kvapalín, ako i popis reakcie na vzniknutú udalosť. Zároveň je cieľom stanovenie sorpčnej kapacity vybraných textilných sorpčných materiálov dvoma rôznymi metodickými postupmi.

Experimentálna časť

Experimentálne vzorky: textilné sorbenty

Pre výskumné účely boli použité textilné sorbenty, klasifikované podľa ASTM F726 ako sorbenty Typ I¹⁴. Ide o sorbenty, ktoré svojou dĺžkou a šírkou mnohonásobne prevyšujú svoju hrúbku, zároveň však s lineárnym charakterom a dostatočnou hrúbkou, napr. pásky, rohože (obrázok 1, tabuľka 1). Výber vzoriek bol cieleň. Vzorky boli získané z hasičskej stanice vybraného okresného riaditeľstva Hasičského a záchranného zboru ako reprezentatívne vzorky, ktoré vo všeobecnosti príslušníci Hasičského a záchranného zboru Slovenskej republiky používajú.



Obrázok 1: Experimentálne vzorky

Hydrofóbná sorpčná rohož HSR (obrázok 1a) je vhodná na únik ropných látok na vodnú hladinu¹⁵. Univerzálna sorpčná rohož USR (obrázok 1c) je hydrofilná. Jej sorpčná kapacita pre olej je rovnaká so sorpčnou kapacitou hydrofóbnej rohože¹⁶. Chemická sorpčná rohož (obrázok 1b) uvádza najvyššie hodnoty sorpčnej kapacity pre olej aj vodu¹⁷. Sorpčná kapacita je miera (schopnosť) látky nasat' alebo vstrebať ropný produkt, alebo inú nežiadúcu látku⁷. Sorpčná kapacita je buď bezrozmerné číslo (ako to uvádza tabuľka 1) alebo je možné v praxi nájsť aj vyjadrenie „g/g“, alebo sa udáva v percentách (uvedené v tabuľke 3).

Tabuľka 1: Charakteristika testovaných sorbentov¹⁵⁻¹⁷

Vlastnosti a parametre	Skúšobné vzorky – sorpčné rohože		
	Hydrofóbná	Chemicky odolná	Univerzálna
Označenie	HSR	ChSR	USR
Popis	Biele vlákna	Žlté vlákna	Sivé vlákna
Chemické zloženie	100% polypropylén (PP)		
Reakcia na H ₂ O	Hydrofóbný	Hydrofilný	Hydrofilný
Toxicita	Nie	Nie	Nie
Biologická odbúrateľnosť	Nie	Nie	Nie
Hmotnosť balenia (kg)	3	7,2	6
Sorpčná kapacita na H ₂ O na 1 kg	0	10	10
Sorpčná kapacita na olej na 1 kg	36	19,30	18

Experimentálne vzorky: vybrané polárne a nepolárne kvapaliny ako adsorbovaný materiál (substrát)

Stanovenie sorpčnej kapacity textilných sorbentov bolo realizované podľa platných štandardov, kedy sa experimentálne stanovuje sorpčná kapacita kvapaliny (olej). Pre výskumné účely bolo použitých viac kvapalín. Vybranými látkami pre účel sorpcie sú dve polárne kvapaliny (voda a etanol) a dve nepolárne kvapaliny (benzín a olej) (tabuľka 2).

Olej je súčasťou testovacích štandardov ASTM F716 – 18¹⁸. Voda a etanol boli zvolené ako polárne kvapaliny, bežne používané a zároveň dostupné. Voľba druhej nepolárnej kvapaliny padla na benzín, ktorý je na Slovensku najčastejšie prepravovanou nebezpečnou látkou¹⁹.

Tabuľka 2: Charakteristika látok vybraných ako substráty pre adsorpciu²⁰⁻²²

Charakteristiky	Substrát			
	Nepolárne kvapaliny		Polárne kvapaliny	
	Olej	Automobilový benzín Super 95	Voda	Etanol (96 % obj.)
Hustota (kg.m ⁻³)	950 pri 15 °C	750 pri 15 °C	999 pri 15 °C	812 pri 15 °C
Bod vzplanutia (°C)	<80	-25	Nehorľavá kvapalina	14 C podľa Pernski-Martensa
Medze výbušnosti (%)	X	0,6 – 8	X	3,3 – 19
Kinematická viskozita (m ² .s ⁻¹)	4 *10 ⁻⁶ pri 40 °C	< 1*10 ⁻⁶ pri 37,8 °C	0,896 *10 ⁻⁶ pri 25 °C	X

X – dáta neuvedené

Experimentálne metódy

Všetky experimenty boli realizované za rovnakých atmosférických podmienok. Všetky substráty boli použité pre testovanie sorpcie sledovaných textilných sorbentov.

Textilné sorpčné materiály môžu byť testované dvoma štandardmi: ASTM F726-17, typ I.¹⁴ a EN ISO 9073-6:2004²³. V tabuľke 3 sú uvedené podmienky experimentu. Rôznorodosť podmienok bola využitá na získanie relevantných výsledkov.

Pri skúmaní účinnosti sorbentov hrá dôležitú úlohu čas. Sorpčný čas predstavuje čas, za ktorý dôjde k vyčerpaniu sorpčnej kapacity sorbentu ponoreného do testovanej kvapaliny (tabuľka 3).

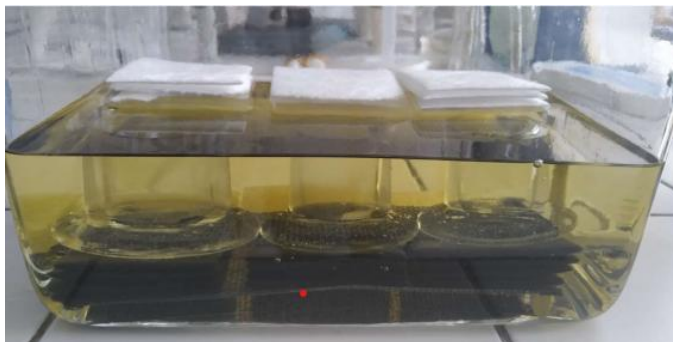
Tabuľka 3: Experimentálne podmienky stanovenia sorpčnej kapacity textilných sorpčných rohoží podľa ASTM F726-17, typ I.¹⁴ a EN ISO 9073-6:2004²³.

Podmienky realizácie	Štandardy	
	ASTM F726 – 17, typ I.	STN EN ISO 9073-6:2004
Veľkosť vzorky (m)	1,3 x 1,3	1 x 1
Minimálna hmotnosť (kg)	4.10 ⁻³	1.10 ⁻³
Minimálna hladina kvapaliny v nádobe na sorpciu (m)	2,5.10 ⁻²	2.10 ⁻²
Teplota (°C)	23 ± 4	20 ± 2
Vlhkosť vzduchu (%)	70 ± 20	65 ± 4
Čas zmáčania	24 hodín	60 sekúnd
Vzorec pre výpočet sorpčnej kapacity	$AC = \frac{m^1}{m^4}$ [- alebo g/g]	$LAC = \frac{m_n - m_k}{m_k} * 100$ [%]

Stanovenie sorpčnej kapacity textilných sorbentov podľa ASTM F726¹⁴

Zvolená štandardná metóda testovania sorbentu sa používa v adsorpčnom teste pri možných únikoch nerafinovanej ropy. Vzorky štvorcového tvaru (1,3 x 1,3 m) musia mať požadované množstvo, ktoré sa

určí na základe hrúbky a hmotnosti vzorky. Hrúbka vzorky musí byť minimálne 0,025 m. Vzorka nie je dostatočne hrubá (je 0,005 m), jednotlivé vzorky sa vrstvia na seba ako vidieť na obrázku 2. Zároveň, pripravená vrstva vzoriek musí mať hmotnosť minimálne 0,004 kg. Pripravené vzorky s požadovanou veľkosťou, hrúbkou a hmotnosťou sa vložia do nádoby naplnenej danou nebezpečnou látkou (obrázok 2). Proces sorpcie sa uskutočňuje počas 24 hodín \pm 30 minút. Postup sa opakuje trikrát.



Obrázok 2: Začiatok sorpcie podľa ASTM F276¹⁴

Po uplynutí stanoveného časového limitu sa namočená vzorka vyberie z nádoby a pripeví sa vertikálne za účelom zachytenia sorbátu a nechá sa odkvapkávať nadbytočná kvapalina. Po 30 ± 3 sekundách (alebo 120 ± 3 sekundách vo veľmi viskóznom oleji) sa zaznamená hmotnosť namočenej vzorky. Adsorbované množstvo látky sa vypočíta pomocou vzorca (1):

$$m^1 = m^2 - m^3 - m^4, \quad (1)$$

kde:

m^1 je hmotnosť sorbentu so sorbátom (g),

m^2 je hmotnosť držiaka mokrej testovacej vzorky, kryštalizačnej misky a vlhkého sorbentu (g),

m^3 je hmotnosť držiaka mokrej vzorky a misky (g),

m^4 je hmotnosť suchého sorbentu (g).

Sorpčná kapacita AC sa vypočíta podľa vzorca (2)

$$AC = \frac{m^1}{m^4} \quad [- \text{ alebo g/g}] \quad (2)$$

kde:

AC je maximálna sorpčná kapacita,

m^1 je hmotnosť sorbentu so sorbátom (g),

m^4 je hmotnosť suchého sorbentu (g).

Stanovenie sorpčnej kapacity textilných sorbentov podľa EN ISO 9073-6:2004²³

EN ISO 9073-6 popisuje metódy na hodnotenie vybraných vlastností správania netkaných textílií pri vystavení pôsobeniu kvapalín, vrátane absorpčnej kapacity (AC) sorpčného materiálu²³. Všetky látky a sorpčné materiály boli 24 hodín kondicionované pri teplote 21°C a vlhkosti vzduchu 65 %.

Textilné rohože (rozmerov 1 x 1 m) a minimálnej hmotnosti 0,001 kg boli umiestnené na drôtené pletivo a vložené do sklenenej nádoby s vybranou kvapalinou (Obrázok 3). Vzorky boli ponorené približne 0,020 m pod hladinu zvolenej kvapaliny počas 60 s \pm 1 s. Následne vzorky vertikálne

odkvapkali počas $120 \text{ s} \pm 3 \text{ s}$ a boli zvážené. Experiment sa opakoval päťkrát. Výpočet sorpčnej kapacity sa realizoval podľa vzorca (3):

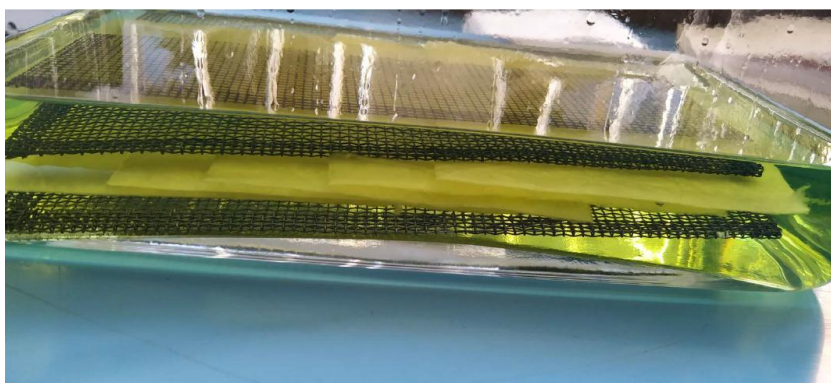
$$LAC = \frac{m_n - m_k}{m_k} * 100 \quad [\%] \quad (3)$$

kde:

LAC je sorpčná kapacita (%),

m_k je hmotnosť suchej skúšobnej vzorky (g),

m_n je hmotnosť zmáčanej vzorky na konci skúšky (g).



Obrázok 3: Zmáčanie vzoriek textilných rohoží v benzíne - začiatok sorpcie podľa EN ISO 9073-6.

Výsledky a diskusia

Výskum textilných sorpčných materiálov je zameraný na sledovanie:

- času sorpcie pre danú kvapalinu,
- kapacity textilného sorpčného materiálu.

Zvolené experimenty mali v metodike určený čas sorpcie. Účelom bolo sledovanie sorpčnej kapacity. Experimentálne výsledky z jednotlivých metodických postupov sú prehľadne porovnateľné v tabuľkách 4 až 7.

Výsledky hodnotenie textilných sorbentov podľa EN ISO 9073-6:2004

Stanovenie sorpčnej kapacity podľa EN ISO 9073²³ prebiehalo v časovom horizonte 60 s ²³. Výsledky boli porovnávané s údajmi od výrobcu (tabuľka 4). Výrobca udáva sorpčnú kapacitu len pre vodu a olej (obrázok 4). Výrobca neudáva čas sorpcie. Zhoda je preukázaná u sorpčnej kapacity pre vodu (obrázok 4a). Údaje získané pre olej sú nižšie (obrázok 4b.).

Výsledky zadané výrobcom pôsobia zavádzajúco, pretože sú uvádzané v litroch. Výklad sorpčnej kapacity musí byť vysvetľovaný ako množstvo (objem) prijatého sorbátu (kvapaliny) na jednotkovú hmotnosť. Daný spôsob neprezentuje hodnotu adsorpčnej kapacity, ale množstvo nasatého objemu kvapaliny označené ako $(m_n - m_k)$. Uvedený parameter môže byť udávaný aj v mililitroch, pretože ide o vodu, ktorej hustota je rovná 1 g.cm^{-3} . Následne boli vypočítané sorpčné kapacity LAC. Získaný výsledok sorpčnej kapacity pre vodu bol získaný zámerným zaťažením hydrofóbného sorbentu počas 24 hodín. Pre účely porovnania bol urobený prepočet objemu sorbovanej kvapaliny na hmotnosť sledovanej vzorky (tabuľka 4).

Tabuľka 4: Experimentálne výsledky a výpočet LAC pre vodu podľa EN ISO 9073-6:2004²³

Textilné sorpčné rohože	Plocha vzorky (m ²)	Priemerná hmotnosť suchej vzorky (g)	Hmotnosť nasatého množstva vody (g)	(m _n - m _k) dané výrobcom (ml.g ⁻¹)	LAC (-; g/g)	LAC dané výrobcom
HSR	0,100	2,78 ± 0,0074	0,47 ± 0,098	0	0,17 ± 0,03	0
ChSR		1,88 ± 0,009	17,56 ± 1,14	10	9,34 ± 0,95	10
USR		2,74 ± 0,33	27,28 ± 3,47	10	9,93 ± 0,18	10

HSR a USR hodnoty LAC pre olej sú relatívne porovnateľné (tabuľka 5). Olej sú schopné absorbovať všetky skúmané vzorky, ako to prezentujú iní autori³¹. Porovnávanie experimentálnych údajov s údajmi od výrobcu pri substráte olej (tabuľka 5) ukazuje rozdielnosť. Výrobcovia prezentujú oveľa vyššie hodnoty sorpčnej kapacity, rádovo dvojnásobné. Pre účely overenia výsledkov boli realizované 3-krát a vždy s rovnakým výsledkom. Výrobca apeluje na používanie uvedených prostriedkov vo veľkom rozsahu (tabuľka 1), kde by bolo možné predpokladať, že hodnoty LAC sú vyššie, ale daná skutočnosť nebola experimentom potvrdená.

Tabuľka 5: Experimentálne výsledky a výpočet LAC pre olej podľa EN ISO 9073-6:2004²³

Textilné sorpčné rohože	Plocha vzorky (m ²)	Priemerná hmotnosť suchej vzorky (g)	Hmotnosť nasatého množstva (m _n - m _k) (g)	(m _n - m _k) (ml)	(m _n - m _k) dané výrobcom (ml.g ⁻¹)	LAC (-; g/g)	LAC dané výrobcom
HSR	0,100	2,71 ± 0,14	21,84 ± 0,97	22,98	18 ml.g ⁻¹	10,75 ± 0,25	18
ChSR		1,84 ± 0,08	13,21 ± 0,44	13,90	19,30 ml.g ⁻¹	9,55 ± 0,44	19,30
USR		2,95 ± 0,19	19,79 ± 0,50	20,83	18 ml.g ⁻¹	11,74 ± 0,23	18

Hodnotenie sorpčnej kapacity textilných sorbentov pri aplikácií na ropné produkty vychádza z iných legislatívnych požiadaviek. Jedná sa o udelenie národnej environmentálnej značky produktovej skupine sorpčných materiálov. Použitie sorpčných materiálov sa uplatňuje za účelom eliminácie pôsobenia nebezpečných látok a čistenia životného prostredia. Samotný sorbent sa považuje za ekologicky nezávadný¹⁵⁻¹⁷. Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky (ďalej len MŽP SR)²⁴ udeľuje daným druhom výrobkov označenie „ekologicky vhodný výrobok“ na základe splnenia požadovaných kritérií podľa zákona 469/2002 Z.z.²⁵.

Vyjadrenie o jednotlivých podmienkach na udelenie národnej environmentálnej značky produktovej skupine sorpčných materiálov špecifikuje požiadavky na ich minimálnu sorpčnú schopnosť, ktoré sa vzťahujú na vodu a ropné látky²⁴. Zástupcom ropných látok je automobilový benzín SUPER 95 (tabuľka 6).

Univerzálne sorpčné materiály musia dosahovať minimálnu sorpčnú schopnosť 6 g sorbátu/1g sorbenta stanovenú podľa technickej normy EN ISO 9073-6:2004²³ za použitia média – automobilový benzín SUPER 95²⁰. Ako vidieť v tabuľka 6, uvedená požiadavka je splnená.

Tabuľka 6: Experimentálne výsledky a výpočet LAC pre benzín porovnané s kritériami EN ISO 9073-6:2004²³ Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky²⁴

Textilné sorpčné rohože	Plocha vzorky (m ²)	Priemerná hmotnosť suchej vzorky (g)	Hmotnosť nasatého množstva benzínu ($m_n - m_k$) (g)	LAC (-; g/g)	EN ISO 9073-6:2004 ²³
Sorbát: benzín, hustota = 750 kg.m⁻³					
HSR	0,100	2,82 ± 0,13	21,75 ± 1,03	7,72 ± 0,41	5,00
ChSR		1,82 ± 0,03	13,26 ± 0,44	7,14 ± 0,25	6,00
USR		2,90 ± 0,09	19,85 ± 0,53	6,84 ± 0,12	

Do akej miery sú splnené požiadavky dosahovať minimálnu sorpčnú schopnosť podľa EN ISO 9073-6:2004²⁹ aj u ostatných testovaných vzoriek, je prezentované v Tabuľka 7. V tomto prípade sú hodnoty výrazne porovnateľné, v prípadoch sorpcie oleja a benzínu sú experimentálne hodnoty vyššie ako sa očakávajú v zmysle normy.

Tabuľka 7: Experimentálne výsledky LAC pre rohože porovnané s kritériami Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky²⁴

Sorbát	LAC					
	HSR		ChSR		USR	
	Experimentálne stanovené	MŽP SR ²⁴	Experimentálne stanovené	MŽP SR ²⁴	Experimentálne stanovené	MŽP SR ²⁴
voda	0,17 ± 0,03	0,50	9,34 ± 0,95	X	9,93 ± 0,18	X
lieh	7,79 ± 0,17	X	7,18 ± 0,25	X	8,64 ± 0,19	X
olej	10,75 ± 0,25	7,00	9,55 ± 0,44	8,00	11,74 ± 0,23	8,00
benzín	7,72 ± 0,41	5,00	7,14 ± 0,25	6,00	6,84 ± 0,12	6,00

X – dáta neuvedené

U sorpcie je dôležitým faktorom čas. Doteraz prezentované výsledky sú výsledky sorpcie do 1 minúty. Čas nasýtenia produktov definovaný u všetkých sorpčných materiálov pre ropné a chemické látky podľa MŽP SR (2018) nesmie byť dlhší ako 3 minúty. Či je daná skutočnosť splnená, bolo možné sledovať ďalšou metódou – ASTM F726^{20,30}.

Hodnotenie textilných sorbentov podľa ASTM F 726

Stanovenie sorpčnej kapacity AC textilných sorbentov bolo realizované počas 24 hodín (tabuľka 8). Experiment je realizovaný v menšom rozmere (kratšie zorky, nižšia hladina kvapaliny v ktorej sú vzorky ponorené a predovšetkým, oveľa kratší čas sorpcie (60 s) v porovnaní s predchádzajúcou metódou. Napriek uvedeným skutočnostiam, Výsledky sorpčnej kapacity AC (tabuľka 8) sú porovnateľné s výsledkami LAC pre všetky skúmané vzorky.

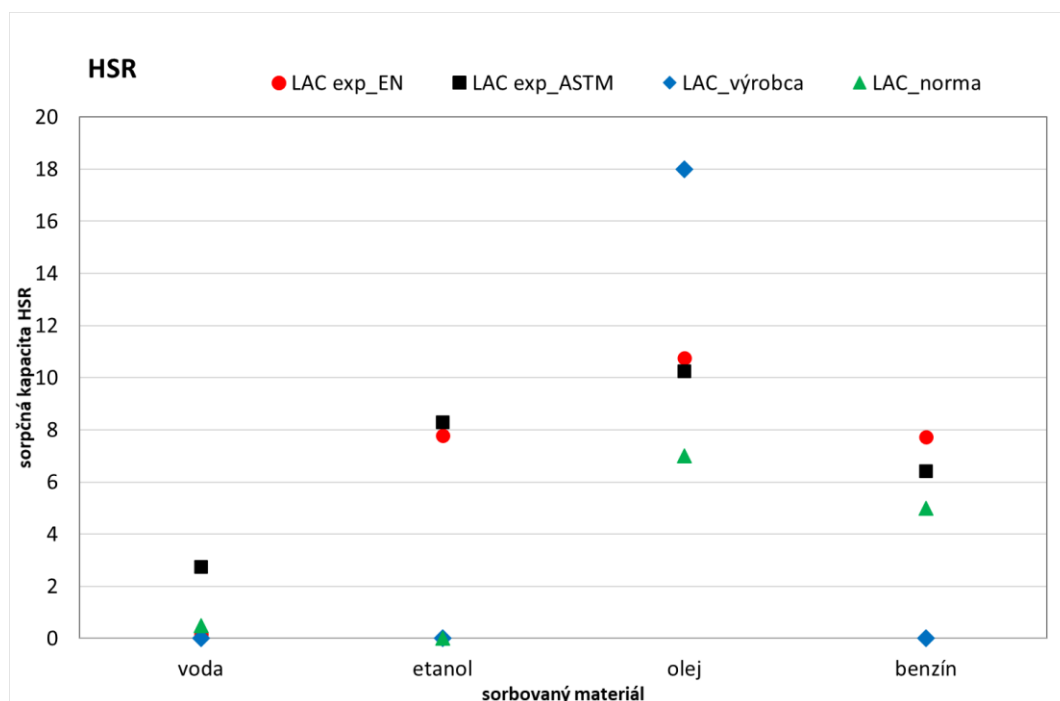
Tabuľka 8 ponúka sumarizáciu výsledkov AC pre testované textilné sorbenty na všetkých testovaných substrátoch. Najvyššie hodnoty sú opäť prezentované pre substrát olej u všetkých vzoriek sorbentov.

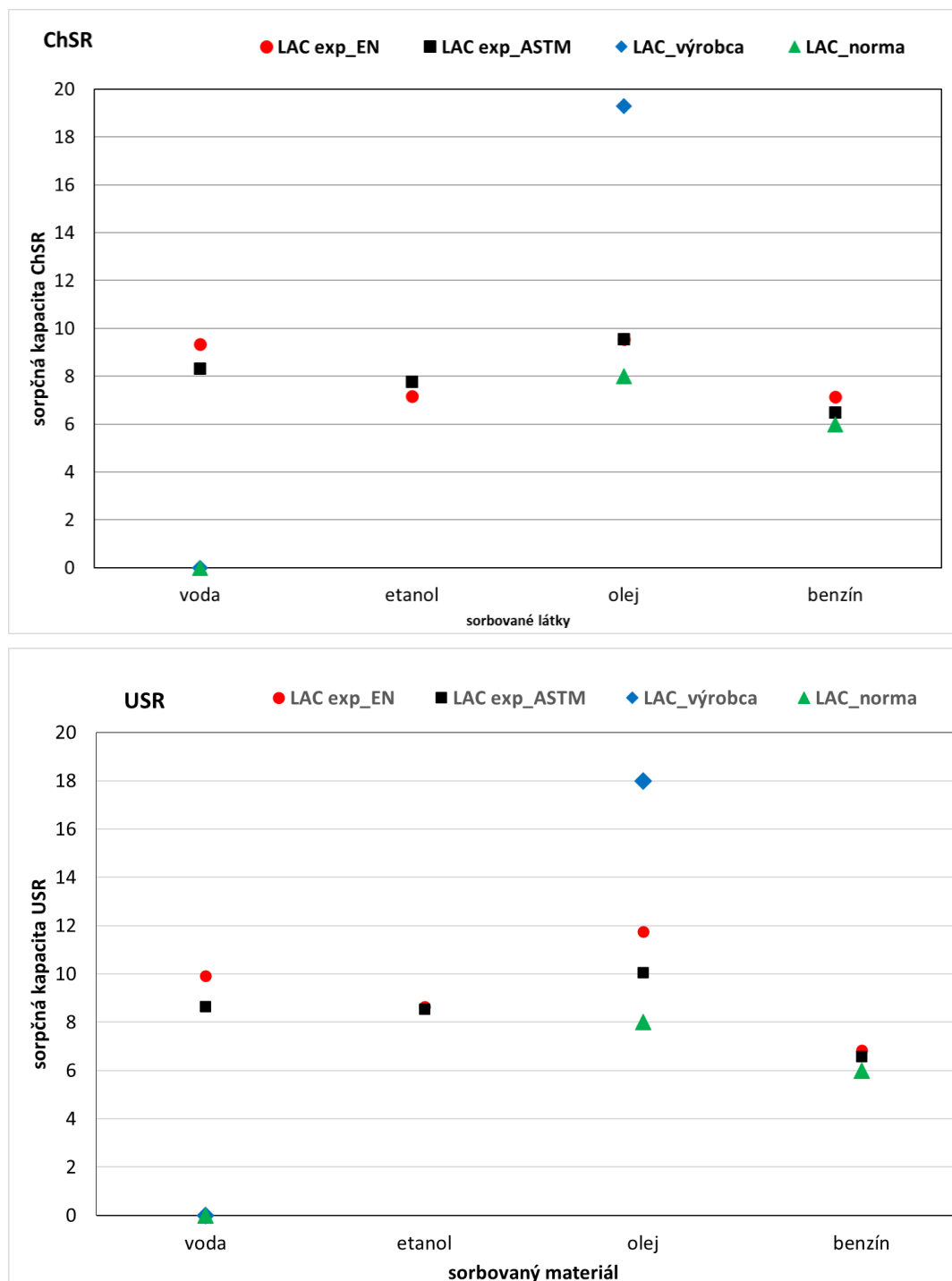
Tabuľka 8 Prezentácia AC pre čas sorpcie 24 hodín textilných sorpčných materiálov podľa ASTM F 726¹⁴

Sorbáty	Vzorky textilných sorbentov		
	HSR	ChSR	USR
voda	2,74 ± 0,24	8,33 ± 0,29	8,66 ± 0,15
olej	10,24 ± 0,56	9,54 ± 0,16	10,06 ± 0,20
etanol	8,30 ± 0,08	7,78 ± 0,25	8,54 ± 0,18
benzín	6,41 ± 0,50	6,48 ± 0,13	6,57 ± 0,18

Sumarizácia výsledkov oboch postupov poukazuje na porovnateľné výsledky (obrázok 4, tabuľka 7 a tabuľka 8). Pre porovnanie získaných výsledkov AC a LAC boli vypracované grafické porovnania prostredníctvom Excelu. Ako vidieť z obrázku 4, k nasýteniu sorpčnej kapacity testovaných sorbentov došlo v čase kratšom ako 60 sekúnd a pri ďalšej dobe expozície sorbentu sa už ďalšie množstvo kvapaliny neadsorbovalo.

Pretože výsledky adsorpčnej kapacity textilných sorbentov počas času sorpcie 24 hod a výsledky adsorpčnej kapacity textilných sorbentov počas 60 sekúnd sú výrazne porovnateľné a u chemických rohoží rovnaké. Výsledok je dobrý, pretože v praxi je potrebné realizovať okamžitú, maximálne efektívnu likvidáciu unikajúcich chemikálií. Variabilita výsledkov sa prejavuje u sorpcii oleja, a to u všetkých sorpčných rohoží.





Obrázok 4 Porovnanie získaných experimentálnych údajov oboch metód s údajmi výrobcu a platnej slovenskej legislatívy pre HSR, ChSR a USR

Výron nebezpečnej látky je trvalé riziko v každom priemyselnom podniku, v ktorom sa nachádzajú, produkujú alebo spracovávajú. Je nutné testovať rôzne produkty sorbentov a porovnávať reálne zistenia s technickými listami a štandardmi^{26,27}. Problematika vhodného implementovania sorbentov je súčasťou množstva výskumov, ktoré sa snažia určiť správne sorbenty, prípadne látky na elimináciu negatívneho dopadu unikajúcich látok na životné prostredie²⁸⁻³⁰. Výsledky a porovnanie testovania umožní podnikom výber sorbentu a tiež zvoliť adekvátnu reakciu v prípade, že sorbent už nedokáže viac látky absorbovať. Práve to umožní efektívnejšiu reakciu s nižším negatívnym dopadom na životné prostredie a životy obyvateľov nachádzajúcich sa v okolí nehody.

Záver

V dnešnej neustále sa vyvíjajúcej dobe, spojenej s veľkým množstvom technologických zariadení je ľudstvo neustále vystavené rastúcemu riziku vzniku extrémnych udalostí, ktoré môžu byť napríklad úniky nebezpečnej látky z areálu firmy, ktorá s látkou manipuluje. Na zmiernenie negatívneho dopadu takejto udalosti sa v priemyselných podnikoch používajú rôzne sorbenty. Článok je zameraný na textilné sorbenty, ktoré môžu svojou sorpčnou schopnosťou umožniť elimináciu alebo zmiernenie negatívneho dopadu prípadnej havárie v podniku spojenej s únikom kvapalnej nebezpečnej látky. Tieto sorbenty boli testované a porovnané so stanovenými hodnotami. Na základe získaných výsledkov je možné konštatovať, že sorpčné kapacity chemicky odolnej a univerzálnej rohože pre vodu sú rovnaké a v súlade s údajmi uvádzanými výrobcom. Sorpčná kapacita na substrátovom benzíne je u všetkých textilných sorbentov rovnaká. Všetky porovnávané sorpčné rohože spĺňajú kritériá označenia „ekologický výrobok“. Dôležitým zistením je, že k nasýteniu sorpčnej kapacity testovaných sorbentov došlo v čase kratšom než 60 sekúnd, a po tejto dobe už nedochádza k zachyteniu ďalšej kvapaliny na sorbent, čo je možné považovať za nówum vo vykonanom výskume. Táto skutočnosť je veľmi dôležitá v prípade zásahu záchranej služby, pretože táto skutočnosť nie je výrobcami uvádzaná. Reagujúce sily musia vedieť, že uvedený materiál plní svoju úlohu len 60 sekúnd. Ak do 60 sekúnd použitý materiál neabsorbuje celý objem vytečenej kvapaliny, je nevyhnutné ho nahradiť novým sorbentom. Na základe nových zistení je potrebné prijať ďalšie opatrenia na elimináciu negatívnych dopadov v prípade, že únik nebezpečnej látky trvá dlhšie ako uvedené časové obdobie 60 sekúnd. Výroba, preprava a používanie nebezpečných látok je prirodzenou súčasťou života spoločnosti a riziko úniku týchto materiálov je trvalo prítomné. Je potrebné hľadať vhodné sorpčné materiály na zachytávanie uniknutých chemikálií s čo najvyššou hodnotou sorpčnej kapacity, prípadne spôsobom prezentovaným v predkladanom článku. Úlohou autorov bolo nájsť prostriedky na rýchle a efektívne zachytenie uniknutých nebezpečných látok prostredníctvom medzinárodne uznávaných testovacích metód. V odprezentovanej téme je však potrebný ďalší výskum, ako aj uplatnenie vyššie uvedených metód testovania z hľadiska použitého množstva testovanej vzorky a aplikovania konkrétneho postupu. Tak sa získajú údaje, ktoré by mohli byť použiteľné pre záchranné zložky (napr. hasičov) pri riešení vzniknutej situácie.

Pod'akovanie

Článok bol spracovaný v rámci projektu VEGA 1/0628/22 Výskum bezpečnosti v obciach s ohľadom na kvalitu života obyvateľov projektu KEGA 043ŽU-4/2022 Implementácia poznatkov zo spoločenských, behaviorálnych a humanitných vedných disciplín do prípravy študentov študijného odboru bezpečnostné vedy a projektu Grant UNIZA 12716 Podpora výskumu požiarno-technických charakteristík prírodných a syntetických (vrátane recyklovaných) organických materiálov používaných v doprave.

Literatúra

1. Srivastava A, Gupta JP.: Process Saf Environ Prot. 88 (2010). New methodologies for security risk assessment of oil and gas industry. doi: 10.1016/j.psep.2010.06.004.
2. Lauwo S., Kyriacou O., Otusanya O.J.: Crit Perspect Account 71 (2020). When sorry is not an option: CSR reporting and 'face work' in a stigmatised industry – a case study of Barrick (Acacia) gold mine in Tanzania. doi: 10.1016/j.cpa.2019.102099.
3. Dai S., Duan X., Zhang W.: J Clean Prod. 262 (2020). Knowledge map of environmental crisis management based on keywords network and co-word analysis, 2005–2018. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121168.
4. Elliott D.: The handbook of security, 813 (2014). Disaster and crisis management.
5. Coombs W. T., Laufer D.: J Int Manag. 24, 199 (2018). Global crisis management – current research and future directions. doi: 10.1016/j.intman.2017.12.003.

6. Omidi L., Zakerian S. A., Saraji J. N., Hadavandi E., Yekaninejad M. S.: Process Saf Environ Prot. 116, 590 (2018). Safety performance assessment among control room operators based on feature extraction and genetic fuzzy system in the process industry. doi: 10.1016/j.psep.2018.03.014.
7. Marková I., Kubás J., Štofková Z. and Petřlová K.: Front. Public Health 11, 1270427 (2023). Reducing the negative impact of accidents associated with the release of dangerous substances to environment. doi: 10.3389/fpubh.2023.1270427.
8. Podstawka V.: Dangerous Cargo 3, 12 (2009). Burrow walls will help.
9. Acheampong T., Kemp A. G.G.: Saf Sci. 148, 105634 (2022). Health, safety and environmental (HSE) regulation and outcomes in the offshore oil and gas industry: performance review of trends in the United Kingdom continental shelf. doi: 10.1016/j.ssci.2021.105634.
10. Yang R. T.: Adsorbents: Fundamentals and Applications. New York, NY: John Wiley and Sons, Inc. (1987).
11. Markova I.: Cooperation of the rescue components of the integrated rescue system in traffic accidents on land roads, Žilina: Wettrans (2009). Ecological means for capturing dangerous substances released as a result of a traffic accident.
12. Hossa M., Scholtes M., Eckstein L.: Automot Innov. 5, 223 (2022). A review of testing object-based environment perception for safe automated driving. doi:10.1007/s42154-021-00172-y.
13. Lee J.Y., Huang H. L., Wang J. Q., Quddus M.: Accident Anal Prev. 170, 106645 (2022). Road safety under the environment of intelligent connected vehicle. doi: 10.1016/j.aap.2022.106645.
14. ASTM F726-17 Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbents for use on Crude Oil and Related Spills. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Elektronický portál Der Standard.
15. Technický list – Hydrofóbná sorpčná rohož PH 2100
16. Technický list – Univerzálna sorpčná rohož PU2100
17. Technický list – Chemická sorpčná rohož PC1200
18. ASTM F716 -18 Standard Test Methods for Sorbent Performance of Absorbents for Use on Chemical and Light Hydrocarbon Spills. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Elektronický portál Der Standard.
19. Apolen, P.: Ako ušetriť na tankovaní? <https://www.forbes.sk/ako-usetrit-na-tankovani-z-banskej-bystrice-do-madarska-len-za-usporu-na-plnej-nadrzi/>, stiahnuté 9. 9. 2024.
20. https://slovnaft.sk/images/slovnaft/pdf/o_nas-/trvalo_udrzatelny_rozvoj/zdravie_a_bezpecnost/reach/karty_bezpecnostnych_udajov/lahky_cyklicky_olej_verz-2-0_sk.pdf, stiahnuté 26. 9. 2016.
21. https://slovnaft.sk/images/slovnaft/pdf/o_nas-/trvalo_udrzatelny_rozvoj/zdravie_a_bezpecnost/reach/karty_bezpecnostnych_udajov/automobilove_benziny_verz_16_0_sk.pdf, stiahnuté 16. 5. 2017.
22. <https://www.centralchem.sk/import/data/kbu/etylalkohol.pdf>, stiahnuté 9. 9. 2024.
23. EN ISO 9073-6 (806201). Textilie. Skúšobné metódy na netkané textilie. Časť 6: Absorpcia (ISO 9073-6: 2004).
24. Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky: <https://www.minzp.sk/files/eu/oznamenia-mzp-sr-osobitnych-podmienkach-sorpčne-materialy.pdf>, stiahnuté 9. 9. 2024.
25. Zákon 469/2002 Z.z o environmentálnom označovaní výrobkov v znení neskorších predpisov.
26. STN EN 29073-3 (806201). Textilie. Skúšobné metódy na netkané textilie. 3. časť: Zisťovanie pevnosti v ťahu a ťažnosti.
27. STN EN ISO 9073-12 (806201). Textilie. Skúšobné metódy na netkané textilie. Časť 12: Požadovaná nasiakavosť (ISO 9073-12: 2002).
28. Wang S., Pomerantz N. L., Dai Z., Xie W., Anderson E. E., Miller T., et al.: Mater Today Adv. 8, 100085 (2020). Polymer of intrinsic microporosity (PIM) based fibrous mat: combining particle filtration and rapid catalytic hydrolysis of chemical warfare agent simulants into a highly sorptive, breathable, and mechanically robust fiber matrix. doi:10.1016/j.mtadv.2020.100085.

Iveta MARKOVÁ, Jozef KUBÁS, Katarína PETRLOVÁ, Kateřina BLAŽKOVÁ: Stanovenie sorpčnej kapacity textilných sorbentov používaných na znižovanie negatívneho dopadu havárií spojených s únikom nebezpečnej látky v podniku

29. Swaminathan S., Imayathamizhan N. M., Muthumanickam A., Moorthi P.: Int J Mater Res. 112, 333 (2020). Optimization and kinetic studies on cationic dye adsorption using textile yarn waste/multiwall carbon nanotube nanofibrous composites. doi: 10.1515/ijmr-2020-7922.
30. Couzon N., Dhainaut J., Campagne C., Royer .S, Loiseau T, Volkringer C.: Coord Chem Rev. 467, 214598 (2022). Porous textile composites (PTCs) for the removal and the decomposition of chemical warfare agents (CWAs) – a review. doi: 10.1016/j. ccr.2022.214598.

Determination of the sorption capacity of textile sorbents used to reduce the negative impact of an accident associated with the release of hazardous substances in an enterprise

Iveta MARKOVÁ¹, Jozef KUBÁS², Katarína PETRLOVÁ³, Kateřina BLAŽKOVÁ^{4,5}

¹ Department of Crisis Management, Faculty of Security Engineering, University of Žilina, 010 26 Žilina, Slovakia,

² Department of Fire Engineering, Faculty of Security Engineering, University of Žilina, 010 26 Žilina, Slovakia,

³Mathematical Institute in Opava, Silesian University in Opava, 74 601 Opava, Czech Republic,

⁴Fire Rescue Brigade of Moravian-Silesian Region, Výškovická 40, 700 30 Ostrava, Czech Republic,

⁵Technical University of Ostrava, Faculty of Safety Engineering, Lumírova 13/630, 700 30 Ostrava, Czech Republic.

Summary

The article deals with the presentation of textile sorbents used for the purpose of capturing the leaked hazardous substance. Part of the article is the experimental determination of the sorption capacity of hydrophobic, chemical, and universal sorption mats (textile sorbents) for selected polar (water and alcohol) and non-polar (oil and gasoline) liquids. The experiments were carried out according to ASTM F726-17, type I. and EN ISO 9073-6:2004. The aim of the paper is to experimentally determine the sorption capacity of textile sorption mats in two different ways, to compare the obtained results and to compare the obtained data with the manufacturer's data. The obtained results confirmed the universality of textile sorption mats for gasoline. The sorption capacities of the chemical and universal mat for the water substrate are the same and consistent with the manufacturer's data. The time of 60 seconds was the sorption time until the sorption capacity of the sorbent immersed in the tested liquid was exhausted. Subsequently, the sorption capacity values did not change.

Keywords: dangerous substance, textile sorbents, sorption, sorption capacity.