

OVERENIE ÚČINNOSTI SORPČNÝCH MATERIÁLOV PRI ZNEŠKODŇOVANÍ CHEMICKÝCH LÁTKOK

VERIFY THE EFFECTIVENESS OF SORPTION MATERIALS BY DISPOSAL OF CHEMICALS AGENTS

Michal ORINČÁK¹

SUMMARY:

This paper deals with problematic of utilize sorption materials by disposal (delete) chemical agents in FRB. Prelusion of this paper characterizes sorption materials and describes properties of selected sorbents used by FRB. In the next part of this paper are release results of sorption materials used in practice by disposal chemical agents.

KEYWORDS: sorption material, sorbent, adsorbent, decontamination, chemical agents

ÚVOD

Sorpcia je proces, pri ktorom je jedna látka viazaná inou látkou procesom absorpcie alebo adsorpcie. Absorpcia je objemové pohlcovanie t.j. schopnosť látok viazať molekuly inej látky vo svojom objeme. Na druhej strane adsorpcia je povrchové pohlcovanie t.j. schopnosť látok viazať na svojom povrchu iné látky. Materiál, ktorý má takúto schopnosť nazývame sorbent alebo sorpčný materiál, ktorý sa používa na sorpciu. Výsledkom sorpcie je sorbát tzv. médium viazané sorpčným materiálom.

Časový úsek, ktorý je potrebný na to, aby sa vzorka sorpčného materiálu celkom namočila kvapalným médiom, t.j. aby kvapalina prenikla do jej vnútornej štruktúry za stanovených podmienok nazývame čas sorpcie. Materiál, ktorého tuhý povrch sa zmáča nepolárnymi olejovitými kvapalinami je hydrofóbny sorpčný materiál a materiál, ktorého tuhý povrch sa zmáča vodou a polárnymi rozpúšťadlami je hydrofilný sorpčný materiál.

Sorpčný materiál sa používa najmä ako prevencia pred znečistením životného prostredia pri úniku chemických látok a to najmä olejov, palív, rozpúšťadiel a pod. vo výrobných alebo prevádzkových zariadeniach. Zároveň sa používajú pri ekologických haváriách na zachytenie ropných produktov prípadne iných chemických látok na pevnom

povrchu alebo na vode. Po ich použití je manipulácia prípadne skladovanie takto naviazanej kvapalnej chemickej látky tzv. sorbátu jednoduchšia a bezpečnejšia.

Pri odstraňovaní, zneškodňovaní (rozklade) nebezpečných chemických látok je možné okrem jednoduchých tzv. mechanických spôsobov (zriedenie, oplach a pod.) použiť aj zložitejšie fyzikálne a chemické spôsoby (neutralizácia, chemická degradácia, extrakcia, adsorpcia a pod.). Medzi tieto spôsoby patrí aj použitie sorpčných materiálov, ktoré sú dostupné v rámci HaZZ. Avšak nie všetky dostupné sorbenty sú rovnako dobre použiteľné pri odstraňovaní (dekontaminácii) nebezpečných chemických látok.

1. ZÁKLADNÉ ROZDELENIE SORPČNÝCH MATERIÁLOV

Sorpčné materiály sú produkty, ktoré majú schopnosť veľmi rýchlo a účinne naviazať chemické látky, ropné látky, ale aj znečistenú vodu. Pozitívnou vlastnosťou sorpčných materiálov je ich vyhovujúca pevnosť v ťahu aj po sorpcii.

Sorbenty môžeme rozdeliť podľa viacerých kritérií a to:

- a) podľa štruktúry, formy sorpčného materiálu
 - sypké,

¹ Michal Orinčák, Ing., PhD., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline, ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, tel.: +421 41 513 67 52, e-mail: michal.orincak@fbi.uniza.sk.

- textilné.
- b) podľa pôvodu sorpčného materiálu
 - syntetické,
 - prírodné - organické a anorganické.
- c) podľa sorpcie chemických látok
 - univerzálne,
 - olejové (hydrofóbne),
 - chemické (upratovacie).

Sypké sorbenty sa využívajú pri únikoch kvapalín z veľkých plôch. Sú určené k čisteniu pozemných komunikácií a umožňujú ich rýchle sprejazdnenie po haváriách. Ich schopnosť sorpcie je v priemere od 0,5 do 4 litrov látky na 1 kg sorbentu. Vyrábajú sa v práškových, alebo granulovaných modifikáciách. Niektoré dokážu ľahko nasáť veľké množstvo kvapaliny a umožňujú jednoduché odpratanie – zametanie. Povrch pevnej komunikácie dokonale očistia bez toho, aby sa na nej šmýkalo. Pri ich aplikácií sa vždy práši, čo spôsobuje ich obmedzené použitie.

Textilné sorbenty sú využiteľné pri sorpcii väčšieho množstva kvapaliny z menšej plochy. Vyrábajú sa z polypropylénu (PP) a tvorí ho mikrovláknové rúno, ktoré je schopné nasáť kvapalinu. Schopnosť sorpcie predstavuje až 20 litrov kvapaliny na 1 kg sorbentu. Delia sa na jednostranne priepustné (bráni priesaku pod sorbent), alebo obojstranne priepustné. Slúžia k zachytávaniu a stieraniu takmer všetkých druhov kvapalín [2].

Prírodné sorbenty sú často dostupné priamo na mieste likvidácie pri malých zásahoch. Ich sorpčná schopnosť je nízka. Pri znečistení ropnými látkami je ich ekologická likvidácia náročná, preto sa pri zásahoch od nich upúšťa. Prírodné sorbenty sa môžu upravovať hydrofobizáciou. Pri tejto úprave sa zvýši nasiakavosť pre nepolárne kvapaliny.

Syntetické sorbenty boli vytvorené na uhľovodíkové znečistenie. Ich povrch je špecificky upravený, aby mal sorbent schopnosť nasávať kvapalinu do svojich pórov [3].

2. CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH SORBENTOV POUŽÍVANÝCH V HAZZ

Sorbenty zaradené do výzbroje HaZZ musia spĺňať nasledujúce vlastnosti:

- univerzálnosť,
- dobrá sorpčná schopnosť,
- skladovateľnosť,
- ekologické zneškodnenie,
- cena.

V praxi sa stretávame s textilnými, alebo sypkými sorbentami. Vo výzbroji sú zaradené okrem klasických tzv. štandardných sorbentov (vapex, ropex, perlit a pod.) aj novšie materiály:

- a) sypké sorbenty
 - ECO DRY,
 - SPILKLEEN PLUS,
- b) textilné sorbenty
 - E 1000,
 - HKZP 4446.

ECO DRY

Sorbent ECO DRY patrí medzi sypké univerzálne sorbenty (obr.1). Drvina je neprašná, nehorľavá a jednoducho sa s ňou manipuluje. Je vyrobená na báze kremíka. Sorbuje ropné látky, vodu a vodné roztoky. Vyznačuje sa odolnosťou voči všetkým chemikáliám s výnimkou kyseliny fluorovodíkovej. Granule majú stabilný tvar aj po nasýtení. Pri mechanickom zaťažení sa zrnká nedrvia a neuvolňujú zachytenú kvapalinu. Používa sa na zachytenie kvapalín na pevnom povrchu a pri likvidácii prevádzkových kvapalín pri dopravných nehodách. Výborná náhrada za expandovaný vápenec [7].



Obrázok 1. Sorbent ECO DRY [23]

SPILKLEEN PLUS

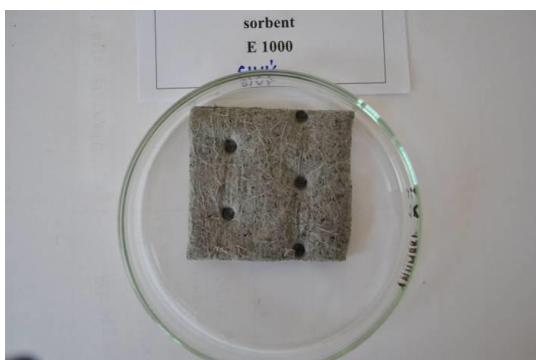
Univerzálny sypký granulovaný sorbent šedej farby (obr.2). Granule sú mäkké, neprašia a nefarbia. Je vyrobený zo zmesi recyklovanej celulózy (cca 60 %) a ílu (cca 40 %). Výborne sorbuje neagresívne kvapaliny, vodné roztoky, oleje, palivá a zriedené chemikálie. Používa sa v priemyselných halách, garážach, kde nepoškriabe podlahu a na suchých cestách. Je vynikajúcou náhradou za vapex, perlit a piliny [8].



Obrázok 2. Sorbent Spilkleen Plus [23]

Rohož E 1000

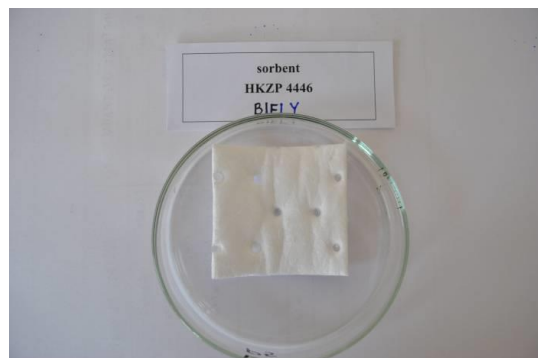
Univerzálny textilný sorbent šedej farby vhodný pre likvidáciu drobných havárií (obr.3). Je vyrobený vo forme perforovaných rohoží o rozmeroch 48 cm x 43 cm a určený na zachytenie únikov ropných látok a chemikálií. Sorbuje všetky druhy kvapalín. Používa sa okolo strojov a na neprístupných miestach. Po použití sa môže vyžmýkať a znova použiť [9].



Obrázok 3. Sorbent E 1000 [23]

HKZP 4446

Hydrofóbny textilný sorpčný koberec bielej farby (obr.4). Koberec je spevnený a má zvýšenú odolnosť proti oderu. Jednoducho sa delí aj bez použitia nástrojov, pretože je perforovaný každých 50 cm. Je dodávaný vo zvitkoch o rozmeroch 40 cm x 46 m a určený na likvidáciu havarijných únikov palív a olejov na vodnej hladine. Trvale pláva na vodnej hladine aj po nasýtení ropnou látkou. Nemení vlastností sorbovaných látok [7].



Obrázok 4. Sorbent HKZP 4446 [23]

3 ÚČINNOSŤ SORPČNÝCH MATERIÁLOV PRI ODMORENÍ

Ako už bolo v úvode spomenuté, pri detoxikácii je vhodná kombinácia jednoduchších tzv. mechanických spôsobov (otieranie, oplachovanie apod.) so zložitejšími tzv. chemicko-fyzikálnymi spôsobmi (napr. neutralizácia, extrakcia, adsorpcia a pod.). V rámci skúmania sme sa zamerali na chemicko-fyzikálny spôsob odmorenia s využitím sorpčných materiálov. Konkrétne sa to týkalo vlastností neutralizovať a adsorbovať nebezpečnú chemickú látku vybratými sorpčnými materiálmi používanými v HaZZ.

3.1 Charakteristika experimentu a jeho priebeh

Experiment bol rozdelený do štyroch čiastkových pokusov a to nasledovne:

- stanovenie pH sorbentu (skúmanie č.1),
- stanovenie hydrofóbnosti (prípadne hydrofilnosti) sorbentu (skúmanie č.2),
- stanovenie pH a teploty vzniknutého adsorbátu (skúmanie č.3),
- stanovenie adsorpcie kvapalnej chemickej látky sorbentom (skúmanie č.4).

Pokusy boli realizované na nasledujúcich vzorkách sorbentov používaných v HaZZ:

- sypké sorbenty: ECO DRY, Spilkleen Plus,
- textilné sorbenty: E 1000, HKZP 4446

Ako nebezpečné chemické látky boli v rámci pokusov použité vodné roztoky kyselín a to 96 % kyselina sírová (anorganická), 99 % kyselina octová (organická) a vodné roztoky hydroxidov a to 98 % hydroxid sodný a 85 % hydroxid draselný².

² pH u roztokov silných anorganických kyselín sa pohybuje v intervale pH 0 až 1. Zdroj: (<http://chemistry.stackexchange.com/questions/5737/is-a-negative-ph-level-physically-possible>, citované dňa 17.5. 2016)

Pre stanovenie pH sorbentu bol použitý výluh sorpčného materiálu a destilovanej vody. Po 30 a 60 min. bolo vykonané meranie pH. Pre určenie hydrofóbnosti (prípadne hydrofilnosti) sorbentu bol filtráciou oddelený adsorbát od destilovanej vody. Zároveň bola cez filtračný papier prefiltrovaná aj destilovaná voda bez sorbentu.

Rozdiel hmotnosti adsorbátu ($m_{\text{Adsorbát}}$) a hmotnosti mokrého filtračného papiera (m_{FP}) nám ukázal celkovú hmotnosť filtrátu ($m_{\text{Filtrát}}$). Po porovnaní s hmotnosťou suchého sorbentu (m_{Sorbent}) je možné určiť, či skúmaný sorbent viaže vodu (m_{Voda}). Celý tento postup môžeme popísať jednoduchými vzťahmi a to:

- a) $m_{\text{Filtrát}} = m_{\text{Adsorbát}} + m_{\text{FP}}$
- b) $m_{\text{Voda}} = m_{\text{Filtrát}} - m_{\text{Sorbent}}$

Pri stanovení pH a teploty vzniknutého adsorbátu bol sorpčný materiál vystavený pôsobeniu chemickej látky (roztoky kyselín a zásad) a v presne stanovených časových intervaloch ($t_1 = 5$ min., $t_2 = 10$ min., $t_3 = 15$ min.) sa vykonávalo meranie pH a teploty adsorbátu. Namerané hodnoty sa potom porovnávali s hodnotami tzv. „čistých“ sorbentov. Pri určení adsorpcie kvapalnej chemickej látky sorbentom bol vymedzený časový úsek 15 minút. Vzniknutý adsorbát sa po odvážení ďalej skúmal pod mikroskopom a boli vyhotovené jeho mikroskopické snímky.

3.2 Výsledky skúmania

Hodnoty výluhu pH sorbentov namerané pri pokuse č.1 sú uvedené v nasledujúcej tabuľke 1. Z výsledkov nameraných hodnôt pH vyplýva, že všetky skúmané sorbenty sú približne pH neutrálne. K pH 7, čiže neutrálnym, sa najviac v experimente priblížili sorbenty Spilkleen plus a E 1000. Ich pH sa pohybovalo v rozmedzí 6,94 – 7,04.

Z nameraných hodnôt pri pokuse č. 2 pre stanovenie hydrofóbnosti prípadne hydrofilnosti vyplýva:

- a) hydrofilné sorbenty
 - ☐ ECO DRY,
 - ☐ Spilkleen Plus,
 - ☐ E 1000,
- b) hydrofóbný sorbent
 - ☐ HKZP 4446.

Výsledky pokusov č.3 a č.4 t.j. stanovenie pH a teploty vzniknutého adsorbátu a stanovenie adsorpcie kvapalnej chemickej látky sorbentom sú kvôli prehľadnosti uvedené v nasledujúcich tabuľkách 2, 3, 4, 5 a tiež na obrázkoch 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.

Sorbent ECO DRY naviazal na seba celé množstvo kyseliny sírovej a kyseliny octovej. Pri kyseline sírovej došlo k miernemu nárastu teploty adsorbátu. Výsledné pH adsorbátov sa však výrazne nezmenilo. Pri hydroxide sodnom a draselnom došlo taktiež k adsorpcii ich celého množstva, avšak pri tom došlo zreteľnému zašumeniu a uvoľneniu plynu. Výsledné pH adsorbátov kleslo a nastala čiastočná neutralizácia.

Sorbent Spilkleen Plus naviazal na seba celé množstvo kyseliny sírovej a kyseliny octovej. Pri kyseline sírovej došlo k búrlivej chemickej reakcii so zreteľným nárastom teploty adsorbátu. Výsledné pH adsorbátov sa však výrazne nezmenilo. Pri hydroxide sodnom a draselnom došlo taktiež k adsorpcii ich celého množstva. Výsledné pH adsorbátov sa však výrazne nezmenilo.

Sorbent HKZP 4446 nenaviazal na seba kyselinu sírovú, avšak u kyseliny octovej došlo k výraznej adsorpcii. U kyseliny sírovej došlo k zvýšeniu teploty adsorbátu. Výsledné pH adsorbátov sa výrazne nezmenilo. Pri hydroxide sodnom a draselnom nedošlo k adsorpcii chemikálií a výsledné pH adsorbátov sa výrazne nezmenilo.

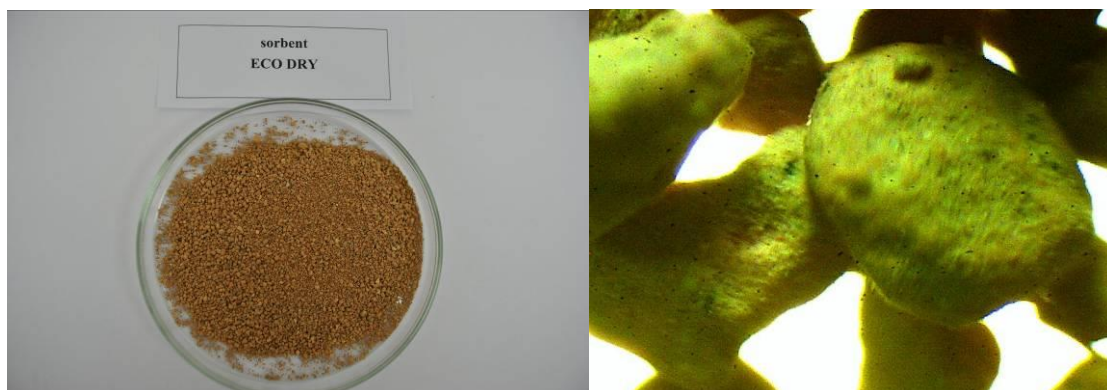
Sorbent E 1000 naviazal na seba celé množstvo kyseliny sírovej a kyseliny octovej. U kyseliny sírovej došlo k zvýšeniu teploty adsorbátu. Výsledné pH adsorbátov sa však výrazne nezmenilo. Pri hydroxide sodnom a draselnom došlo taktiež k zreteľnej adsorpcii, ale výsledné pH adsorbátov sa výrazne nezmenilo.

Experimenty nám potvrdili fakt, že sorbenty prostredníctvom sorpcie dokážu účinne naviazať kvapalnú formu nebezpečnej látky a následne z nej vytvoriť tzv. sorbát, s ktorým je manipulácia bezpečnejšia a jednoduchšia, čo výrazne zrýchľuje odstránenie kontaminantu z povrchu materiálu.

Avšak samotná schopnosť skúmaných sorbentov neutralizovať chemikáliu je malá a v praxi nevýznamná.

Namerané hodnoty pH pri pokuse č.1 [23]

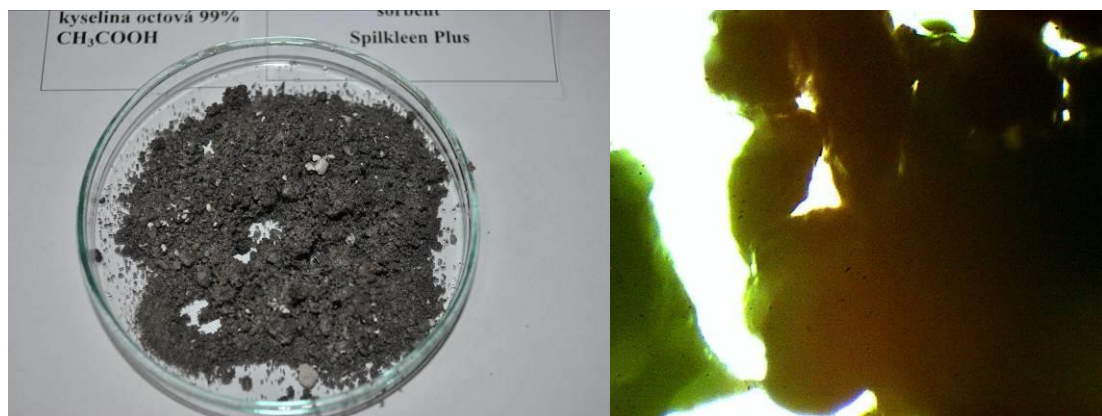
VZORKA / pH	pH po 30 min	pH po 60 min	Priemerné pH
ECO DRY	5,96	6,06	6,01
SPILKLEEN PLUS	7,09	6,98	7,04
E 1000	7,05	6,83	6,94
HKZP 4446	7,44	7,46	7,45



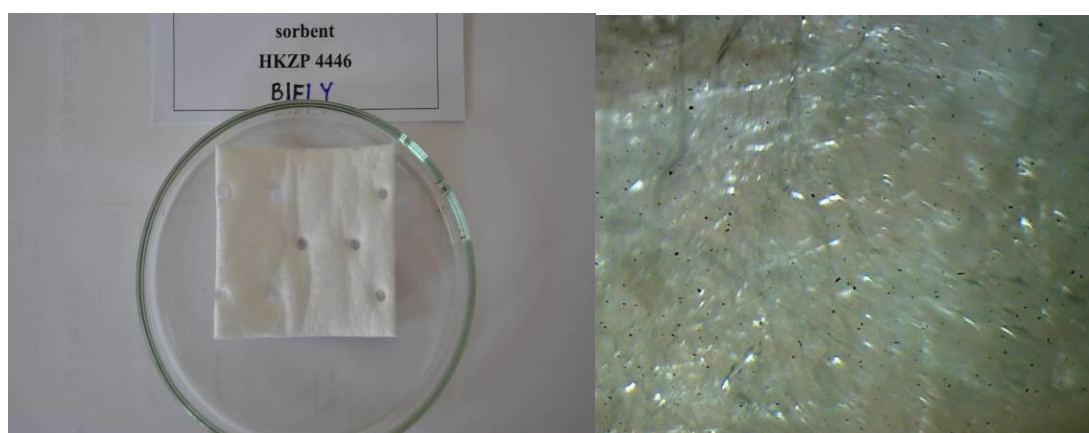
Obrázok 5. Nekontaminovaná vzorka ECO DRY [23]

Obrázok 6. Kontaminovaná vzorka ECO DRY s H₂SO₄ [23]

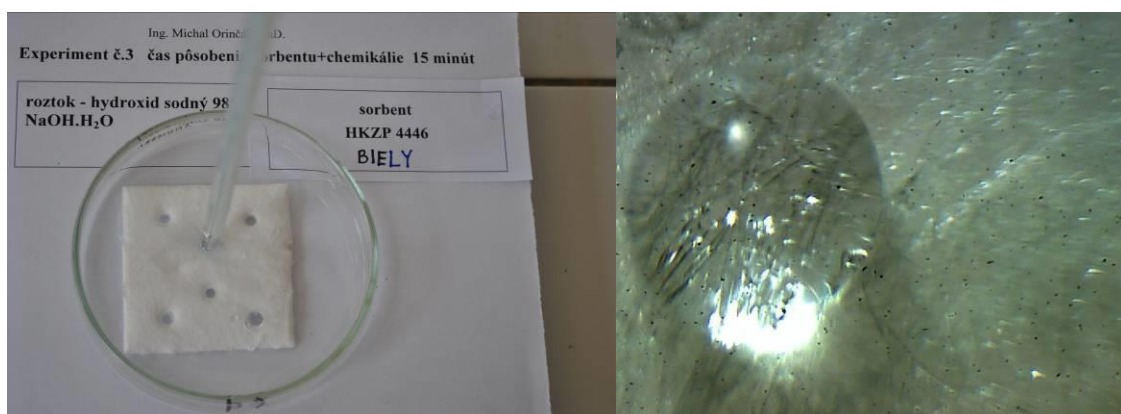
Obrázok 7. Nekontaminovaná vzorka Spilkleen Plus [23]



Obrázok 8. Kontaminovaná vzorka Spilkleen Plus s CH_3COOH [23]



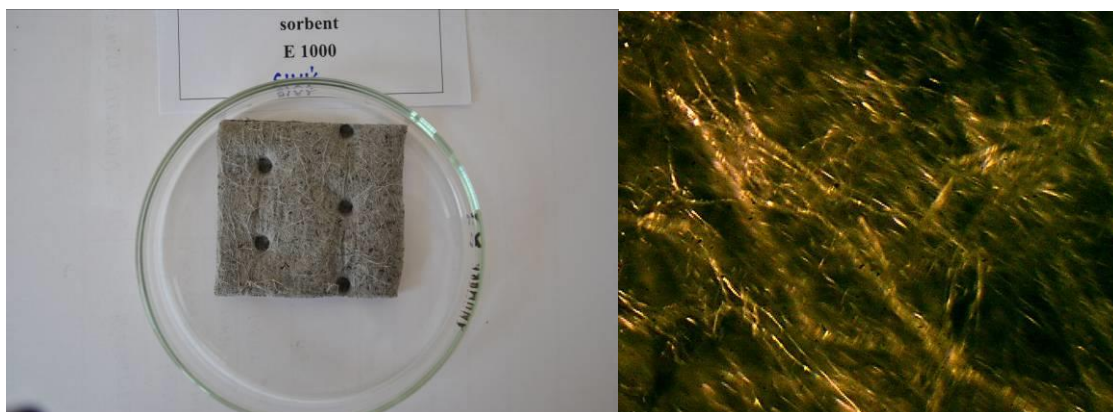
Obrázok 9. Nekontaminovaná vzorka HKZP 4446 [23]



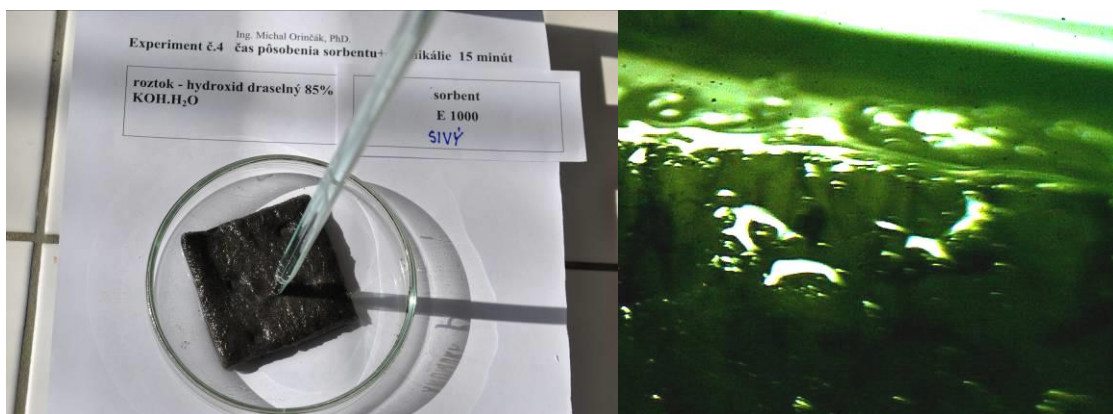
Obrázok 10. Kontaminovaná vzorka HKZP 4446 s roztokom NaOH [23]

Na obr. 6; 8; 10 a 12 bola zaznamenaná zreteľná zmena štruktúry materiálu sorbentu. Bolo to spôsobené nasiaknutím sorbovaného materiálu na povrch sorbentu, resp. došlo

v dôsledku chemickej reakcie k zmene štruktúry sorbentu – rozleptanie jednotlivých častíc sorbentu.



Obrázok 11. Nekontaminovaná vzorka E 1000 [23]



Obrázok 12. Kontaminovaná vzorka s roztokom KOH [23]

Na uvedených snímkach sú zobrazené jednotlivé skúmané sorbenty a to ako kontaminovaná vzorka a pre porovnanie aj ako nekontaminovaná (tzv. čistá) vzorka. Jednotlivé obrázky sú doplnené o mikroskopické snímky (jedná sa 40 násobné zväčšenie).

Na snímkach kontaminovanej vzorky sypkých sorbentov **ECO DRY** a **Spilkleen Plus** je zreteľne vidieť sorpciu (naviazanie) chemikálie na sorbent. Chemikália je dostatočne naviazaná a nehrozí jej uvoľňovanie zo sorbátu. Oba sorbenty majú výrazné hydrofilné vlastnosti.

Na snímkach kontaminovanej vzorky **HKZP 4446** je zreteľne vidieť hydrofóbne vlastnosti textilného sorpčného koberca pri pokuse o sorpciu vodného roztoku hydroxidu sodného. Tento sorbent je primárne určený pre sorpciu pohonných hmôt, olejov, mazív a ďalších ropných produktov.

Na snímkach kontaminovanej vzorky **E 1000** je zreteľne vidieť hydrofilné vlastnosti textilného sorpčného koberca pri sorpcii vodného roztoku hydroxidu draselného. Tento typ sorbentu je univerzálny a dá sa použiť na rozličné chemikálie a prevádzkové kvapaliny.

Tabuľka 2

Namerané hodnoty pri pokusoch č.3 a č.4 pre sorbent „ECO DRY“ [23]

číslo exp. dátum, čas (t) v min.	druh, objem, hmotnosť, hustota, pH a teplota chemikálie	Typ sorbentu ECO DRY $m_{SORB} = 10 \text{ g}$ $pH_{SORB} = 6.01$ $T_{SORB} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$								
		pH adsorbátu		teplota adsorbátu T_{ADS}		charakteristika adsorbátu	Hmotnosť chemickej látky+ sorbentu $m_{CHLSORB}$	Hmotnosť adsorbátu m_{ADS}	Hmotnosť zostatkovej chemikálie $m_{CHLZOST}$	% zostatok chemickej látky z celkovej m_{CHL}
č.1 dátum 1.3.2012 $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	H_2SO_4 $V_{CHL} = 5,46 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,83213 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 0,00$ $T_{CHL} = 22,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	t_{1EXP}	1,00	t_{1EXP}	25,5 $^{\circ}\text{C}$	naviazanie celého množstva H_2SO_4 na seba, vytvorenie hrudiek a stvrdnutie adsorbátu, zníženie pH, zostatok suchého sorbentu.	20,00 g	17,00 g suchý zostatok sorbentu = 3,00 g	0,00 g	0 %
t_{2EXP}	1,00	t_{2EXP}	25,0 $^{\circ}\text{C}$							
t_{3EXP}	0,93	t_{3EXP}	25,0 $^{\circ}\text{C}$							
č.2 dátum 1.3.2012 $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	CH_3COOH $V_{CHL} = 9,53 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,0493 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 0,81$ $T_{CHL} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$	t_{1EXP}	1,94	t_{1EXP}	22,0 $^{\circ}\text{C}$	došlo k adsorpcii celého množstva organickej kyseliny, nedošlo k nárastu teploty, mierne zníženie kyslosti.	20,00 g	20,00 g	0,00 g	0 %
t_{2EXP}	1,94	t_{2EXP}	22,0 $^{\circ}\text{C}$							
t_{3EXP}	2,37	t_{3EXP}	21,5 $^{\circ}\text{C}$							
č.3 dátum 1.3.2012 $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	$NaOH.H_2O$ $V_{CHL} = 5,71 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,750 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 11,00$ $T_{CHL} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$	t_{1EXP}	9,60	t_{1EXP}	22,0 $^{\circ}\text{C}$	adsorpcia celého množstva vodného roztoku hydroxidu sodného, zašumenie a vývin viditeľného unikajúceho plynu, čiastočná neutralizácia.	20,00 g	20,00 g	0,00 g	0 %
t_{2EXP}	9,60	t_{2EXP}	21,5 $^{\circ}\text{C}$							
t_{3EXP}	7,62	t_{3EXP}	21,0 $^{\circ}\text{C}$							
č.4 dátum 1.3.2012 $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	$KOH.H_2O$ $V_{CHL} = 6,25 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,6 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 13,75$ $T_{CHL} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$	t_{1EXP}	11,27	t_{1EXP}	23,0 $^{\circ}\text{C}$	okamžitá adsorpcia, výrazné zašumenie a unik plynu, došlo k čiastočnej neutralizácii, zostatok suchého sorbentu.	20,00 g	19,00 g suchý zostatok sorbentu = 1,00 g	0,00 g	0 %
t_{2EXP}	11,27	t_{2EXP}	23,0 $^{\circ}\text{C}$							
t_{3EXP}	9,30	t_{3EXP}	21,5 $^{\circ}\text{C}$							

Tabuľka 3

Namerané hodnoty pri pokusoch č.3 a č.4 pre sorbent „Spilkleen Plus“ [23]

číslo exp. dátum, čas (t) v min.	druh, objem, hmotnosť, hustota, pH a teplota chemikálie	Typ sorbentu Spilkleen Plus $m_{SORB} = 10 \text{ g}$ $pH_{SORB} = 7,04$ $T_{SORB} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$									
		pH adsorbátu		teplota adsorbátu T_{ADS}		charakteristika adsorbátu	Hmotnosť chemickej látky+ sorbentu $m_{CHLSORB}$	Hmotnosť adsorbátu m_{ADS}	Hmotnosť zostatkovej chemikálie $m_{CHLZOST}$	% zostatok chemickej látky z celkovej m_{CHL}	
č.1 dátum 1.3.2012 $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	H_2SO_4 $V_{CHL} = 5,46 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,83213 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 0,00$ $T_{CHL} = 22,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	t_{1EXP}	0,43	t_{1EXP}	36,0 $^{\circ}\text{C}$	od nasýpania sorbentu búrlivá chemická reakcia, exotermická reakcia s nárastom teploty o 13,5 $^{\circ}\text{C}$, výrazný pokles pH a zápach sa nezaznamenal, , zostatok chemickej látky	20,00 g	19,00 g - 20,00 g	do 1,00 g	Do 5 %	
t_{2EXP}	0,43	t_{2EXP}	27,5 $^{\circ}\text{C}$								
t_{3EXP}	0,49	t_{3EXP}	26,5 $^{\circ}\text{C}$								
č.2 dátum 1.3.2012 $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	CH_3COOH $V_{CHL} = 9,53 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,0493 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 0,81$ $T_{CHL} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$	t_{1EXP}	2,55	t_{1EXP}	22,0 $^{\circ}\text{C}$	došlo k adsorpcii celého množstva kyseliny, mierne zníženie kyslosti - neutralizácia	20,00 g	20,00 g	0,00 g	0 %	
t_{2EXP}	2,55	t_{2EXP}	22,0 $^{\circ}\text{C}$								
t_{3EXP}	2,52	t_{3EXP}	21,5 $^{\circ}\text{C}$								
č.3 dátum 1.3.2012 $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	$NaOH.H_2O$ $V_{CHL} = 5,71 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,750 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 11,00$ $T_{CHL} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$	t_{1EXP}	11,70	t_{1EXP}	23,0 $^{\circ}\text{C}$	výrazný zápach po rybách, nárast pH nedošlo k dekontaminácii, zostatok suchého sorbentu	20,00 g	19,00 g suchý zostatok sorbentu = 1,00 g	0,00 g	0 %	
t_{2EXP}	11,70	t_{2EXP}	22,0 $^{\circ}\text{C}$								
t_{3EXP}	11,70	t_{3EXP}	21,0 $^{\circ}\text{C}$								
č.4 dátum 1.3.2012 $t_{1EXP} = 5 \text{ min.}$ $t_{2EXP} = 10 \text{ min.}$ $t_{3EXP} = 15 \text{ min.}$	$KOH.H_2O$ $V_{CHL} = 6,25 \text{ cm}^3$ $m_{CHL} = 10 \text{ g}$ $\rho_{CHL} = 1,6 \text{ g/cm}^3$ $pH_{CHL} = 13,75$ $T_{CHL} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$	t_{1EXP}	13,20	t_{1EXP}	23,5 $^{\circ}\text{C}$	do prvého kontrolného merania nedochádza k výraznej adsorpcii chemikálie, zápach, suchý zostatok sorbentu	20,00 g	19,00 g suchý zostatok sorbentu = 1,00 g	0,00 g	0 %	
t_{2EXP}	13,20	t_{2EXP}	23,5 $^{\circ}\text{C}$								
t_{3EXP}	12,47	t_{3EXP}	22,0 $^{\circ}\text{C}$								

Ako je zrejmé z nameraných hodnôt uvedených v tabuľkách, je schopnosť skúmaných sorbentov účinne neutralizovať nebezpečnú látku malá a v rámci dekontaminácie nevýznamná. Ďalším limitujúcim faktorom pre ich hromadné použitie je ich vyššia cena a horšia dostupnosť, čo ich predurčuje k použitiu pri drobných únikoch chemikálie (napr. netesnosť - úkap).

V praxi sa javí ako najschodnejšia cesta použitie tzv. inertných materiálov dostupných v okolí miesta zásahu a to najmä pri úniku väčšieho množstva chemikálie. Keďže ich sorpčná účinnosť je nižšia ako u komerčných produktov, slúžia hlavne na zastavenie šírenia kvapaliny v okolí úniku. Ich nespornou výhodou je to, že sa nachádzajú v okolí zásahu v značnom množstve a sú okamžite použiteľné a cenovo dostupné.

Tabuľka 4

Namerané hodnoty pri pokusoch č.3 a č.4 pre sorbent „HKZP 4446“ [23]

Typ sorbentu HKZP 4446 $m_{\text{SORB}} = 1 \text{ g}$ $\text{pH}_{\text{SORB}} = 7,45$ $T_{\text{SORB}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$											
číslo exp. dátum, čas (t) v min.	druh, objem, hmotnosť, hustota, pH a teplota chemikálie	pH adsorbátu		teplota adsorbátu T_{ADS}		charakteristika adsorbátu	Hmotnosť chemickej látky+ sorbentu m_{CHLSORB}	Hmotnosť adsorbátu m_{ADS}	Hmotnosť zostatkovej chemikálie m_{CHLZOST}	% zostatok chemickej látky z celkovej m_{CHL}	
č.1 dátum 22.3.2012 $t_{1\text{EXP}} = 5 \text{ min.}$ $t_{2\text{EXP}} = 10 \text{ min.}$ $t_{3\text{EXP}} = 15 \text{ min.}$	H_2SO_4 $V_{\text{CHL}} = 5,46 \text{ cm}^3$ $m_{\text{CHL}} = 10 \text{ g}$ $\rho_{\text{CHL}} = 1,83213 \text{ g/cm}^3$ $\text{pH}_{\text{CHL}} = 0,00$ $T_{\text{CHL}} = 22,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{1\text{EXP}}$	0,00	$t_{1\text{EXP}}$	26,0 $^{\circ}\text{C}$	nie je viditeľná adsorpcia, pH sa nezmenilo, nebol zaznamenaný nárast teploty.	11,00 g	1,90 g	9,10 g	82,73 %	
$t_{2\text{EXP}}$	0,00	$t_{2\text{EXP}}$	26,5 $^{\circ}\text{C}$								
$t_{3\text{EXP}}$	0,00	$t_{3\text{EXP}}$	27,0 $^{\circ}\text{C}$								
č.2 dátum 22.3.2012 $t_{1\text{EXP}} = 5 \text{ min.}$ $t_{2\text{EXP}} = 10 \text{ min.}$ $t_{3\text{EXP}} = 15 \text{ min.}$	CH_3COOH $V_{\text{CHL}} = 9,53 \text{ cm}^3$ $m_{\text{CHL}} = 10 \text{ g}$ $\rho_{\text{CHL}} = 1,0493 \text{ g/cm}^3$ $\text{pH}_{\text{CHL}} = 0,81$ $T_{\text{CHL}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{1\text{EXP}}$	0,00	$t_{1\text{EXP}}$	22,5 $^{\circ}\text{C}$	sorbent viditeľne naviazal CH_3COOH a nezmenil farbu, pH sa výrazne nezmenilo.	11,00 g	9,90 g	1,10 g	10 %	
$t_{2\text{EXP}}$	0,00	$t_{2\text{EXP}}$	23,0 $^{\circ}\text{C}$								
$t_{3\text{EXP}}$	0,02	$t_{3\text{EXP}}$	23,0 $^{\circ}\text{C}$								
č.3 dátum 22.3.2012 $t_{1\text{EXP}} = 5 \text{ min.}$ $t_{2\text{EXP}} = 10 \text{ min.}$ $t_{3\text{EXP}} = 15 \text{ min.}$	$\text{NaOH.H}_2\text{O}$ $V_{\text{CHL}} = 5,71 \text{ cm}^3$ $m_{\text{CHL}} = 10 \text{ g}$ $\rho_{\text{CHL}} = 1,750 \text{ g/cm}^3$ $\text{pH}_{\text{CHL}} = 11,00$ $T_{\text{CHL}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{1\text{EXP}}$	11,71	$t_{1\text{EXP}}$	22,5 $^{\circ}\text{C}$	sorbent nenaviazal vodný roztok NaOH, mierny nárast pH, teplota sa nezmenila, viditeľný zostatok roztoku NaOH.	11,00 g	1,60 g	9,40 g	85,45 %	
$t_{2\text{EXP}}$	11,86	$t_{2\text{EXP}}$	22,5 $^{\circ}\text{C}$								
$t_{3\text{EXP}}$	11,91	$t_{3\text{EXP}}$	22,5 $^{\circ}\text{C}$								
č.4 dátum 22.3.2012 $t_{1\text{EXP}} = 5 \text{ min.}$ $t_{2\text{EXP}} = 10 \text{ min.}$ $t_{3\text{EXP}} = 15 \text{ min.}$	$\text{KOH.H}_2\text{O}$ $V_{\text{CHL}} = 6,25 \text{ cm}^3$ $m_{\text{CHL}} = 10 \text{ g}$ $\rho_{\text{CHL}} = 1,6 \text{ g/cm}^3$ $\text{pH}_{\text{CHL}} = 13,75$ $T_{\text{CHL}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{1\text{EXP}}$	13,45	$t_{1\text{EXP}}$	22,5 $^{\circ}\text{C}$	nenaviazal vodný roztok hydroxidu, viditeľné odpuďovanie roztoku, na povrchu sa vytvárajú kvapôčky, ktoré stekajú po povrchu sorbentu.	11,00 g	1,50 g	9,50 g	86,36 %	
$t_{2\text{EXP}}$	13,57	$t_{2\text{EXP}}$	23,5 $^{\circ}\text{C}$								
$t_{3\text{EXP}}$	13,72	$t_{3\text{EXP}}$	23,5 $^{\circ}\text{C}$								

Tabuľka 5

Namerané hodnoty pri pokusoch č.3 a č.4 pre sorbent „E 1000“ [23]

číslo exp. dátum, čas (t) v min.	druh, objem, hmotnosť, hustota, pH a teplota chemikálie	Typ sorbentu E 1000 $m_{\text{SORB}} = 1 \text{ g}$ $\text{pH}_{\text{SORB}} = 6,94$ $T_{\text{SORB}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$							
		pH adsorbátu		teplota adsorbátu T_{ADS}		charakteristika adsorbátu	Hmotnosť chemickej látky+ sorbentu m_{CHLSORB}	Hmotnosť adsorbátu m_{ADS}	Hmotnosť zostatkovej chemikálie m_{CHLZOST}
č.1 dátum 22.3.2012 $t_{1\text{EXP}} = 5 \text{ min.}$ $t_{2\text{EXP}} = 10 \text{ min.}$ $t_{3\text{EXP}} = 15 \text{ min.}$	H_2SO_4 $V_{\text{CHL}} = 5,46 \text{ cm}^3$ $m_{\text{CHL}} = 10 \text{ g}$ $\rho_{\text{CHL}} = 1,83213 \text{ g/cm}^3$ $\text{pH}_{\text{CHL}} = 0,00$ $T_{\text{CHL}} = 22,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{1\text{EXP}}$ 0,00	$t_{1\text{EXP}}$ 27,0 $^{\circ}\text{C}$	viditeľná adsorpcia chemickej látky, výrazný nárast teploty, pH sa nezmenilo	11,00 g	7,70 g	3,30 g	30 %	
$t_{2\text{EXP}}$ 0,00	$t_{2\text{EXP}}$ 27,0 $^{\circ}\text{C}$								
$t_{3\text{EXP}}$ 0,00	$t_{3\text{EXP}}$ 27,0 $^{\circ}\text{C}$								
č.2 dátum 22.3.2012 $t_{1\text{EXP}} = 5 \text{ min.}$ $t_{2\text{EXP}} = 10 \text{ min.}$ $t_{3\text{EXP}} = 15 \text{ min.}$	CH_3COOH $V_{\text{CHL}} = 9,53 \text{ cm}^3$ $m_{\text{CHL}} = 10 \text{ g}$ $\rho_{\text{CHL}} = 1,0493 \text{ g/cm}^3$ $\text{pH}_{\text{CHL}} = 0,81$ $T_{\text{CHL}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{1\text{EXP}}$ 0,00	$t_{1\text{EXP}}$ 23,0 $^{\circ}\text{C}$	Adsorpcia celého množstva CH_3COOH , pH sa výrazne nezmenilo, teplota nevzrástla	11,00 g	9,70 g	1,30 g	11,82 %	
$t_{2\text{EXP}}$ 0,29	$t_{2\text{EXP}}$ 23,5 $^{\circ}\text{C}$								
$t_{3\text{EXP}}$ 0,31	$t_{3\text{EXP}}$ 23,0 $^{\circ}\text{C}$								
č.3 dátum 22.3.2012 $t_{1\text{EXP}} = 5 \text{ min.}$ $t_{2\text{EXP}} = 10 \text{ min.}$ $t_{3\text{EXP}} = 15 \text{ min.}$	$\text{NaOH.H}_2\text{O}$ $V_{\text{CHL}} = 5,71 \text{ cm}^3$ $m_{\text{CHL}} = 10 \text{ g}$ $\rho_{\text{CHL}} = 1,750 \text{ g/cm}^3$ $\text{pH}_{\text{CHL}} = 11,00$ $T_{\text{CHL}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{1\text{EXP}}$ 11,77	$t_{1\text{EXP}}$ 23,5 $^{\circ}\text{C}$	Viditeľná adsorpcia sorbent zväčšil svoj objem, pH a teplota sa výrazne nezmenilo	11,00 g	7,80 g	3,20 g	29,09 %	
$t_{2\text{EXP}}$ 11,77	$t_{2\text{EXP}}$ 23,5 $^{\circ}\text{C}$								
$t_{3\text{EXP}}$ 11,86	$t_{3\text{EXP}}$ 23,5 $^{\circ}\text{C}$								
č.4 dátum 22.3.2012 $t_{1\text{EXP}} = 5 \text{ min.}$ $t_{2\text{EXP}} = 10 \text{ min.}$ $t_{3\text{EXP}} = 15 \text{ min.}$	$\text{KOH.H}_2\text{O}$ $V_{\text{CHL}} = 6,25 \text{ cm}^3$ $m_{\text{CHL}} = 10 \text{ g}$ $\rho_{\text{CHL}} = 1,6 \text{ g/cm}^3$ $\text{pH}_{\text{CHL}} = 13,75$ $T_{\text{CHL}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{1\text{EXP}}$ 13,15	$t_{1\text{EXP}}$ 23,5 $^{\circ}\text{C}$	Nenaviazanie chemickej látky, viditeľný neadsorbovaný zostatok, pH a teplota sa výrazne nezmenilo	11,00 g	5,90 g	5,10 g	46,36 %	
$t_{2\text{EXP}}$ 13,50	$t_{2\text{EXP}}$ 24,5 $^{\circ}\text{C}$								
$t_{3\text{EXP}}$ 13,69	$t_{3\text{EXP}}$ 24,5 $^{\circ}\text{C}$								

ZÁVER

Z výsledkov, ktoré boli získané pri pokusoch vyplýva, že:

- sorbent ECO DRY dokázal čiastočne neutralizovať iba vodný roztok hydroxidu sodného,
- pri ostatných meraniach sorbenty naviazali chemickú látku na seba, ale nedošlo k jej neutralizácii,
- je potrebné presne poznať sorpčné vlastnosti používaných sorbentov

a otestovať ich na vytipovaných nebezpečných látkach,

- z kvapalnej formy vznikla pevná forma nebezpečnej látky (adsorbát), ktorá síce čiastočne uľahčuje manipuláciu, avšak jej nebezpečné vlastnosti zostávajú rovnaké,
- takto vzniknutý adsorbát je nutné buď následne dekontaminovať dekontaminačnými činidlami, alebo ho bezpečne izolovať od prostredia,

- vzorky sorbentov nie je vhodné použiť priamo na chemickú dekontamináciu prostredia kontaminovaného chemickými látkami.

Prínosy pre prax je možné zhrnúť do nasledujúcich bodov:

- pri neutralizácii chemických látok v praxi je výhodnejšie okamžite použiť dekontaminačné činidlá (napr. postačuje aj voda na zriedenie koncentrácie chemikálie) ako sorbenty najmä vtedy, ak nepotrebujeme zmeniť kvapalnú formu látky na pevnú a uniklo väčšie množstvo nebezpečnej látky,
- samotné sorbenty možno použiť vtedy, ak potrebujeme rýchlo zamedziť kvapalnej látke v pohybe a ďalšej kontaminácii prostredia vytvorením pevnej formy nebezpečnej látky tzv. sorbát, čo však predpokladá mať k dispozícii dostatočne veľké množstvo sorbentu,
- pamätať na to, že vzniknutý sorbát je rovnako nebezpečný ako samotná nebezpečná látka.

Pri dekontaminácii nebezpečnej látky sa javí ako vhodné riešenie použitie dekontaminačných činidiel s podporou sorbentu, a to najmä pri únikoch menšieho množstva kvapalných látok. Sorbent toto množstvo adsorbuje a následne sa tento adsorbát z povrchu odstráni a môže sa hneď dekontaminovať, alebo uložiť na bezpečne izolované miesto.

Pri únikoch väčšieho množstva kvapalnej nebezpečnej látky je lepšie a ekonomicky výhodnejšie túto látku lokalizovať inými prostriedkami, ako sorbentom a okamžite použiť dekontaminačné činidlá. Takto vzniknutá látka už nemá pôvodné nebezpečné vlastnosti a môže sa s ňou bezpečne

manipulovať. Pri tomto spôsobe použitia sorbentov je nutné brať do úvahy aj celkové množstvo sorbentu, ktorým zasahujúca jednotka disponuje a nezanedbateľná je aj jeho obstarávacía cena. Z tohto dôvodu je vhodné na lokalizáciu kvapalnej látky využiť tzv. improvizované sorbenty najmä miestne prírodné materiály.

Ako príklad môžeme použiť rozliatie nebezpečnej látky na komunikácii, kde je nutné ju okamžite lokalizovať hrádzami z inertného materiálu a podľa možnosti ju odčerpať. Menšie množstvo rozliatej žieravej chemikálie môžeme neutralizovať mletým vápnom prípadne vápenným hydrátom. Ako inertný materiál je vhodné použiť vápencovú drť, piesok, cement, uhoľný prach. Pri zásaditých roztokoch je to rašelina a drevené piliny.

Zahraničná literatúra sa zameriava najmä na toxikologickú stránku nebezpečných látok a ich škodlivý vplyv na človeka a prírodu. Oveľa menej priestoru sa venuje samotnej dekontaminácii nebezpečných látok a skúmaniu možných netradičných tzv. improvizovaných spôsobov ich odstraňovania hlavne v civilnom sektore. Vyššia aktivita v tejto oblasti je vo vojenskom sektore avšak so zameraním predovšetkým na bojové otravné látky, ktoré môžu byť použité pri teroristických útokoch. Tu je však nutné podotknúť, že vojenské sily sú na tieto situácie odborne aj materiálno-technicky pripravované na rozdiel od civilného sektoru (výnimku tvoria HaZZ, BZS, KCHL, veľké priemyselné podniky a pod.). Preto je dôležité venovať pozornosť aj tejto problematike s dôrazom na ostatné nebezpečné látky používané v priemysle, keďže práve u nich často krát dochádza k podceneniu ich nebezpečných vlastností.

LITERATÚRA

- [1] JANÁSEK, D., ORINČÁK, M.: *Súbor prednášok „Chemická a biologická bezpečnosť“*, FŠI, ŽU v Žiline 2011.
- [2] PODSTAWKA, V. 2007. *Sorbenty pro havárie i prevenci*. In *Nebezpečný náklad.*, 2007, roč. 1, č. 5, s. 16-17. ISSN 1803-1579.
- [3] MARKOVÁ, I. 2009. *Ekologické prostriedky na zachytávanie nebezpečných látok uniknutých v dôsledku dopravnej nehody*. In *Súčinnosť záchranných zložiek integrovaného záchranného systému pri dopravných nehodách na pozemných komunikáciách* [CD-ROM]. Žilina: Wettrans, s. 8. ISBN 978-80-85418-67-5.
- [4] Druhy sorbentů <http://www.enviweb.cz/clanek/havarie/89896/druhy-sorbentu> [citované dňa 4.2. 2012].
- [5] PODSTAWKA, V. 2009. *Pomohou norné stěny*. In *Nebezpečný náklad.*, 2009, roč. 3, č. 1, s. 12-13. ISSN 1803-1579.
- [6] Druhy sorbentů <http://www.enviweb.cz/clanek/havarie/89896/druhy-sorbentu> [citované dňa 4.2. 2012].
- [7] KATALÓG: Výrobky na prevenciu a likvidáciu havárií, pre bezpečné a čisté pracovisko 2011/ 2012, firmy REO AMOS SLOVAKIA.
- [8] KATALÓG: Prostriedky pre riešenie úniku kvapalín, bezpečnosť a protipožiarnu ochranu 2008/ 2009, firmy HAPPY END.
- [9] KATALÓG firmy JOHAN ENVIRO.

- [10] KOTINSKÝ, P., HEJDOVÁ J.: *Dekontaminace v požární ochraně*, SPBI, Ostrava, 2003, ISBN 80-86634-31-0.
- [11] Zákon NR SR č. 42/1994 Z. z. o civilnej ochrane obyvateľstva v znení neskorších predpisov (úplné znenie - zákon č. 47/2012 Z. z. o civilnej ochrane obyvateľstva).
- [12] Vyhláška MVSR č. 533/2006 Z.z. o podrobnostiach o ochrane obyvateľstva pred účinkami nebezpečných látok v znení vyhlášky MVSR č. 445/2007 Z.z. a vyhlášky MVSR č. 160/2012 Z.z.
- [13] Pokyn prezidenta Hasičského a záchranného zboru č. 47/2009, ktorým sa mení rozkaz prezidenta Hasičského a záchranného zboru č. 20/2007 o vydaní Takticko-metodických postupov vykonávania zásahov.
- [14] Rozkaz prezidenta HaZZ č. 20/2007 o vydaní Takticko-metodických postupov vykonávania zásahov.
- [15] Pokyn prezidenta HaZZ č. 70/2003 o výkone protiplynovej služby v Hasičskom a záchrannom zbore (poriadok protiplynovej služby).
- [16] Zákon NR SR č. 315/2001 Z. z. o Hasičskom a záchrannom zbore v znení neskorších predpisov.
- [17] Zákon NR SR č. 261/2002 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.
- [18] Zákon NR SR č. 67/2010 Z. z. o chemických látkach a chemických prípravkoch v znení neskorších predpisov.
- [19] Európska dohoda o cestnej preprave nebezpečných vecí, ADR, <http://www.adr.sk/dohoda-adr/>, 5.11.2015.
- [20] Poriadok pre medzinárodnú železničnú prepravu nebezpečného tovaru, RID, <http://www.ekoadr.sk/preprava-nebezpecnych-veci/rid-zeleznica>, 5.11.2015.
- [21] CAIRNEY, T., HOBSON, D.M.: *CONTAMINATED LAND Problems and Solutions*, W.A.Fairhurst Environment Division, This edition published in the Taylor & Francis e-Library, 2003. ISBN 0-203-47762-6.
- [22] HYATT, N.: *Guidelines for Process Hazards Analysis, Hazards Identification & Risk Analysis*, Dyadem Press, Canada, 2003, ISBN 0849319099.
- [23] GANZARČÍK, D.: *Využitie sorpčných materiálov pri dekontaminácii v podmienkach Hasičského a záchranného zboru*, 2012, Diplomová práca. Školiteľ: Ing. Michal Orinčák, PhD., FŠI ŽU v Žiline.