

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Ověření účinnosti sorbentů používaných při havarijních situacích

Miloš Horák

Bakalářská práce

2012

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Miloš Horák**
Osobní číslo: **D09595**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury:
Ochrana životního prostředí v dopravě**
Název tématu: **Ověření účinnosti sorbentů používaných při havarijních
situacích**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

- 1) Na základě studia literatury a informačních zdrojů popište současný stav řešené problematiky
- 2) Na základě šetření u HZS a práce s databází DOK vyspecifikujte látky, které jsou nejčastějším zdrojem rizika pro životní prostředí a zdraví lidí.
- 3) Proveďte laboratorní zkoušky ověření účinnosti sorbentů pro záchyt nejčastěji unikajících ropných látek na vodní hladinu a pro záchyt kyseliny.
- 4) Na základě provedených experimentálních prací navrhněte doporučení pro uživatele sopč-ních prostředků.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. Toláš, J.: **Bakalářská práce. Univerzita Pardubice. Pardubice, 2009.**
2. Kopecká, I.: **Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, 2011.**
3. Machalíková J. a kol. **Životní prostředí - Návody na cvičení, Pardubice, 2001, ISBN-80-7194-369-x.**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Marie Sejkorová

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce:

24. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2012



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 24. února 2012

Prohlášení:

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně. Zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím se zveřejněním práce na webovém serveru Univerzity Pardubice.

V Horní Rovni 26. 05. 2012

Miloš Horák

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucí práce paní Ing. Marii Sejkorové za dobré vedení a rady při zpracovávání této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Petru Koženému z HZS Pardubice za konzultace a zapůjčení odborné literatury a Ing. Čechovi z HZS Hradec Králové, za poskytnutí informací k problematice likvidace havárií.

Anotace:

Bakalářská práce se zabývá ověřením účinnosti vybraných typů textilních a sypkých sorbentů určených k likvidaci následků dopravních nehod spojených zejména s únikem nebezpečných látek do vodních toků.

Klíčová slova:

Havárie, životní prostředí, ekotoxicita, kontaminace, únik, dopravní nehoda, informační systém, prevence, sorbent, nasákavost, hydrofobní, hydrofilní, ropné látky, provozní kapaliny, experiment.

Verification of the effectiveness of sorbents used in emergency situations**Abstract:**

This thesis deals with verification of efficiency of selected textile and bulk sorbents designed to eliminate the consequences of accidents associated especially with the leakage of hazardous substances into watercourses.

Keywords:

Accidents, environmental, ecotoxicity, contamination, leakage, accident, information system, prevention, sorbent, absorption, hydrophobic, hydrophilic, petroleum substances and operational fluids, experiment

Obsah:

| | |
|--|----|
| Úvod | 2 |
| 1 Legislativa v oblasti nebezpečných látek | 3 |
| 1.1 Legislativa upravující výrobu, uvedení na trh, používání a značení chemických látek | 3 |
| 1.2 Legislativa a dohody upravující přepravu chemických látek a ochranu životního prostředí | 5 |
| 2 Sorbenty | 12 |
| 2.1 Textilní sorbenty: | 12 |
| 2.2 Sypké sorbenty | 14 |
| 3 Konzultace u HZS | 20 |
| 3.1 Dělení havárií | 20 |
| 3.2 Vedení zásahu v místě havárie | 24 |
| 4 Experimentální část | 28 |
| 4.1 Ověření sorpční schopnosti pro textilní sorbenty | 28 |
| 4.2 Ověření sorpční schopnosti pro sypké sorbenty | 32 |
| 5 Doporučení | 39 |
| 6 Závěr | 41 |
| Použité informační zdroje | 42 |

Úvod

V současné době je vzhledem k vysoké intenzitě dopravy, zvláště silniční, velmi vysoká pravděpodobnost vzniku havárie. Havárie v silniční dopravě je obecně chápána jako nežádoucí stav, který může svou povahou zapříčinit vznik materiálních i morálních škod. Jedním z negativních aspektů havárií v dopravě je skutečnost, že téměř při každé z havárií dojde k úniku nebezpečných látek a to jak některé z provozních kapalin, tak nebezpečných látek přepravovaných. Únikem nebezpečných látek dochází ke kontaminaci půdy, vody a ovzduší. Nejrozšířenějším typem úniků jsou takové, při kterých dochází ke kontaminaci půdy a vody.

Tato práce je zaměřena na definici stávající legislativy, spojené s nakládáním s nebezpečnými látkami, přepravou nebezpečných látek, řešení havarijních stavů, nařízení či dohod založených na dobrovolném sdružování přepravníků nebezpečných látek. Část je také věnována definicím nejběžnějších a nejpoužívanějších sorpčních prostředků, které byly vyzkoušeny na základě průzkumu u Hasičského záchranného sboru (HZS) Pardubického kraje a Královehradeckého kraje.

Experimentální část práce je zaměřena na ověření účinnosti sorbentů, které se používají na vodní hladině při likvidaci úniku ropných látek a kyseliny. Okrajově jsou v bakalářské práci zmíněny alternativy likvidace „domácích“ ropných havárií za pomoci nejdostupnějších sorpčních prostředků. Na základě výsledků laboratorního ověření účinnosti vybraných typů sorbentů je provedeno shrnutí pro uživatele těchto prostředků.

1 Legislativa v oblasti nebezpečných látek

Legislativu, která souvisí s problematikou nakládání s nebezpečnými látkami, můžeme rozdělit na dvě základní kategorie:

- Legislativa upravující výrobu, uvedení na trh, používání a značení chemických látek
- Legislativa a dohody upravující přepravu chemických látek a ochranu životního prostředí

1.1 Legislativa upravující výrobu, uvedení na trh, používání a značení chemických látek

Je formulována závaznými předpisy Evropského společenství. Jedná se o nařízení, která jsou závazná v celém svém rozsahu, pro všechny členské státy evropské unie. Základní nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1907/2006 se nazývá REACH (Registration, Evaluation and Restriction of Chemicals). Toto nařízení stanoví pravidla pro nakládání s chemickými látkami – výrobu, uvedení na trh a používání. Hlavní podstatou nařízení REACH je zajištění maximální ochrany lidského zdraví a životního prostředí. Nařízení REACH bylo implementováno do zákona č. 356/2003 o chemických látkách a chemických přípravcích. V zákoně je definováno co je nebezpečnou látkou a jaké má nebezpečné vlastnosti. Nebezpečné látky jsou ty, které vykazují tyto nebezpečné vlastnosti:

- výbušné
- oxidující
- extrémně hořlavé
- vysoce hořlavé
- hořlavé
- toxické
- vysoce toxické
- zdraví škodlivé
- žíravé
- dráždivé
- senzibilující

- karcinogenní
- mutagenní
- toxické pro reprodukci
- nebezpečné pro životní prostředí

Nebezpečnost chemické látky představuje schopnost látky působit nepříznivým vlivem na lidské zdraví nebo životní prostředí. Jedná se o vlastnost, která je určena fyzikálními vlastnostmi látky a která je s existencí látky neoddělitelně spojena. Z hlediska nebezpečnosti účinků, které se hodnotí při havárii, jsou nejdůležitější tři základní faktory:

- výbušnost
- hořlavost
- toxicita, ekotoxicita

Dalším nařízením upravujícím manipulaci s nebezpečnými látkami je zákon č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky ve znění pozdějších předpisů.

Zákon zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství a stanoví systém prevence závažných havárií pro objekty a zařízení, v nichž je umístěna vybraná nebezpečná chemická látka nebo chemický přípravek s cílem snížit pravděpodobnost vzniku a omezit následky závažných havárií na zdraví a životy lidí, hospodářská zvířata, životní prostředí a majetek v objektech a zařízeních a v jejich okolí [1].

Zákon současně také stanoví povinnosti právnických osob a podnikajících fyzických osob a působnost orgánů veřejné správy na úseku prevence závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky.

Povinnosti spojené s výrobou a distribucí nebezpečných látek na území naší republiky upravuje zákon č. 157/1998Sb., v platném znění, který definuje podmínky správného označení a identifikace přepravovaných nebezpečných látek i použití obalů pro přepravu a skladování. Označování nebezpečných látek provádí výrobce či distributor. Dle výše uvedeného zákona musí ke každé nebezpečné látce předat distributor či výrobce také bezpečnostní list. Správné označování nebezpečných látek a případná dosažitelnost uložených bezpečnostních listů může výrazně pomoci při provádění zásahu v případě

havárie. Jestliže se například v místě havárie nepohybují osoby, které mohou zasahujícím poskytnout informace o nebezpečných látkách, může zasahující osoba identifikovat látku dle jejího označení, vyhodnotit prioritní riziko a stanovit postup vedení zásahu.

1.2 Legislativa a dohody upravující přepravu chemických látek a ochranu životního prostředí

Naše legislativa obsahuje poměrně mnoho předpisů a dohod upravující přepravu a nakládání s nebezpečnými látkami. Za stěžejní v dané oblasti jsou považovány:

Zákon č. 167/2008 Sb., o předcházení ekologické újmy a o její nápravě a o změně některých zákonů, který řeší problematiku vzniku ekologické újmy a jejímu předcházení, povinnosti osob provádět preventivní a nápravná opatření a v neposlední řadě financování preventivních a nápravných opatření.

Zákon č. 254/2001 o vodách, v platném znění, který definuje základní pojmy, jakými jsou:

Havárie (dle zákona 254/2001) - Havárií je mimořádné závažné zhoršení nebo mimořádné závažné ohrožení jakosti povrchových nebo podzemních vod. Za havárii se vždy považují případy závažného zhoršení nebo mimořádného ohrožení jakosti povrchových nebo podzemních vod ropnými látkami, zvláště nebezpečnými látkami, popřípadě radioaktivními zářiči a radioaktivními odpady, nebo dojde-li ke zhoršení nebo ohrožení jakosti povrchových nebo podzemních vod v chráněných oblastech přirozené akumulace vod nebo v ochranných pásmech vodních zdrojů. Dále se za havárii považují případy technických poruch a závad zařízení k zachycování, skladování, dopravě a odkládání látek uvedených v odstavci 2 vodního zákona, pokud takovému vniknutí předcházejí [2].

Dále jsou v zákoně definovány povinné úkony při havárii, které jednoznačně definují povinnosti původce havárie a záchranných složek a opatření k nápravě po způsobení škody.

Na ustanovení zákona o vodách navazuje Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému, který upravuje podmínky financování veškerých nákladů spojených s likvidací havárie na území České republiky i v příhraničních oblastech. V případě, že se jedná o menší havárii, u které je znám původce, postupuje se při úhradě

nákladů na odstranění havárie, podle zákona o vodách: náklady na likvidaci havárie jsou účtovány na vrub původce havárie. V případě, že není znám původce havárie, hradí náklady na likvidaci příslušný úřad (vláda, kraje nebo okresní úřad) [3].

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění, řeší problematiku nakládání s odpady i vzniklými v souvislosti s likvidací havárie v silniční dopravě. S nebezpečnými odpady může původce nakládat pouze na základě souhlasu věcně a místně příslušného orgánu státní správy, s navazujícími změnami v kompetencích, pokud na tuto činnost již nemá souhlas k provozování zařízení podle §14 zákona. Přeprava nebezpečných odpadů nepodléhá souhlasu. Původce odpadů je odpovědný za nakládání s odpady do doby jejich využití nebo odstranění, pokud toto zajišťuje sám jako oprávněná osoba, nebo do doby jejich převedení do vlastnictví osobě oprávněné k jejich převzetí podle §12 odst. 3. za dopravu odpadů odpovídá dopravce [4].

Za nebezpečný odpad vzniklý při havárii je považován odpad s obsahem ropných látek (010501 N), ropné látky (050105 N), sorbent, upotřebená čisticí tkanina, filtrační materiál a ochranná tkanina (150201 N).

Jak vyplývá z předchozího textu, významným rizikem v oblasti nakládání s nebezpečnými odpady je jejich přeprava. Této problematice se podrobněji věnuje zákon č. 11/1994 Sb., o silniční dopravě, kde je definována přeprava nebezpečných věcí, a povinnosti dopravce v souladu s dohodou ADR tak, aby nedošlo k ohrožení bezpečnosti osob, zvířat nebo k poškození životního prostředí.

Uvedený zákon definuje:

Nebezpečné věci jsou látky a předměty, pro jejichž povahu, vlastnosti nebo stav může být v souvislosti s jejich přepravou ohrožena bezpečnost osob, zvířat a věcí nebo ohroženo životní prostředí.

Silniční dopravou je dovoleno přepravovat pouze nebezpečné věci vymezené mezinárodní smlouvou, kterou je Česká republika vázána a která byla vyhlášena ve Sbírce zákonů nebo ve Sbírce mezinárodních smluv, (dále jen "Dohoda ADR"), a to za podmínek v ní uvedených.

Subjekt předávající nebezpečné věci k přepravě (dále jen "odesílatel") je povinen podle dohody ADR zejména:

- zatřídit, zabalit a označit nebezpečné věci,
- dodržet ustanovení o zákazu společné nakládky, pokud ji provádí,
- nepředat k přepravě nebezpečné věci, jejichž přeprava není dovolena,
- předat dopravci v písemné formě pokyny pro řidiče,
- uvést správně a úplně údaje v nákladním listě, včetně prohlášení,
- předat řidiči kopii povolení podle zvláštních právních předpisů,
- přezkoumat před nakládkou průvodní doklady a provést vizuální kontrolu, zda vozidlo a jeho zařízení splňují předepsaná ustanovení,
- označit kontejnery,
- zabezpečit předepsané školení ostatních osob podílejících se na přepravě,
- ustanovit bezpečnostního poradce pro přepravu nebezpečných věcí.

Dohoda ADR řeší, kromě pokynů pro přepravu látek, také souhrn činností v případě nehody nebo nouzové situace.

V případě nehody nebo nouzové situace, k níž může dojít nebo která může vzniknout během přepravy, musí členové osádky vozidla učinit za situace, kdy je to bezpečné a proveditelné, následující opatření:

- použít brzdový systém, zastavit chod motoru a odpojit akumulátor použitím odpojovače akumulátoru, pokud je jím vozidlo vybaveno,
- vyloučit zápalné zdroje, zejména nekouřit a nezapínat žádné elektrické zařízení,
- informovat příslušné zásahové jednotky a poskytnout jim co možno nejvíce informací o události nebo nehodě a o dotčených látkách,
- obléci si fluoreskující výstražnou vestu a umístit stojací výstražné prostředky,
- uchovávat průvodní doklady snadno přístupné pro zásahové jednotky při jejich příjezdu,
- nevstupovat do vyteklých nebo vysypaných látek, ani se jich nedotýkat, a vyhnout se vdechnutí výparů, kouře, prachu a par zdržováním se na návětrné straně,

- kde je to vhodné a bezpečné, použít hasicí přístroje k uhašení malých/začínajících požárů pneumatik, brzd a motorových prostorů,
- požáry v ložných prostorech nesmějí členové osádky vozidla hasit,
- kde je to vhodné a bezpečné, použít výbavu vozidla k zamezení úniků do vodního prostředí nebo do kanalizačního systému a k sebrání vyteklých nebo vysypaných látek,
- vzdálit se z blízkosti místa nehody nebo nouzové situace, upozornit jiné osoby, aby se vzdálily, a řídit se pokyny zásahových jednotek,
- odložit všechno kontaminované oblečení a použitou kontaminovanou ochrannou výbavu a bezpečně je zlikvidovat [5].

Dohoda ADR stanovuje také způsob označování přepravovaných látek. Jako základní identifikace slouží UN – systém, používaný v ČR a evropských státech a systém Diamant používaný převážně ve spojených státech.

UN systém



Obr. č. 1 - UN kód [1]

UN systém využívá výstražné tabule oranžové barvy, viz Obr. č. 1, o velikosti 30cm x 40cm. V horní části tabule je uveden Kemlerův kód a v dolní části je uvedeno UN číslo (identifikační označení přepravované látky).

Kemlerův kód je dvoumístná až třímístná kombinace čísel, která může být doplněna písmenem X před první číslicí. Kemlerův kód označuje třídu nebezpečnosti přepravované látky.

- **1** – Výbušné látky
- **2** – Nebezpečí úniku plynu
- **3** – Vznětlivost par kapalin a plynů

- **4** – Hořlavost pevných látek
- **5** – Oxidační účinky (podporuje hoření)
- **6** – Toxicita (jedovaté látky)
- **7** – Radioaktivita
- **8** – Žíravina (leptavé účinky)
- **9** – Nebezpečí prudké, bouřlivé reakce
- **0** – bez významu
- **X** (před kódem) – zákaz kontaktu látky s vodou [6].

Pokud jsou některé z číslic Kemlerova kódu zdvojené či ztrojené, znamená to zvýšení stupňování nebezpečí (například 266 = velmi jedovatý plyn).

Un číslo je čtyřmístný kód, který jednoznačně identifikuje převáženou látku. Tyto kódy jsou uvedeny v registru nebezpečných látek OSN.

Diamant systém



Obr. č. 2 - Kód Diamant [1]

Kód diamant obsahuje číselné značení hodnot 0 - 4 v barevných polích, kde vyšší číslo znamená vyšší riziko. Písmeno nebo kombinace písmen znamená specifické vlastnosti přepravované látky (např. přeškrtnuté W znamená, že látka nesmí přijít do kontaktu s vodou).

Dalším systémem, který napomáhá eliminaci negativních dopadů havárií na životní prostředí je Transportní informační a nehodový systém TRINS. Tento systém se nezabývá označováním nebezpečných látek, ale systémem, který v případě havárie

pomáhá zmírňovat negativní dopady na všechny složky životního prostředí a zároveň se zabývá systémem předcházení havárií.

Na základě dohody mezi Ministerstvem vnitra - generálního ředitelství hasičského záchranného sboru České republiky a Svazem chemického průmyslu České republiky, vznikl Transportní informační a nehodový systém TRIS, který upravuje, respektive zajišťuje součinnost všech subjektů zapojených do systému TRIS při přepravě nebezpečných chemických látek a likvidaci vzniklých nehod na území ČR. Pomoc je poskytována pouze na vyžádání HZS. Jedná se o poskytnutí upřesňující informace k přepravované látce zejména v případech, kdy nelze, například z důvodu požáru, dohledat žádné podklady k přepravované látce a není možno ani jinou cestou rychle zjistit, o jakou látku se jedná.

Výše zmíněnou pomoc poskytnou společnosti zapojené do činnosti TRINS v závislosti na naléhavosti, druhu nehody a nebezpečí hrozícího z místa nehody v následujících stupních:

1. Stupeň

Telefonická informace:

podání informace, konzultace s odborníkem, pro získání specifických informací k nebezpečné látce

2. Stupeň

Porada v místě zásahu:

v případě potřeby vyšle nejbližší z členských společností TRINS odborníka, který působí jako poradce při zásadu HZS (IZS)

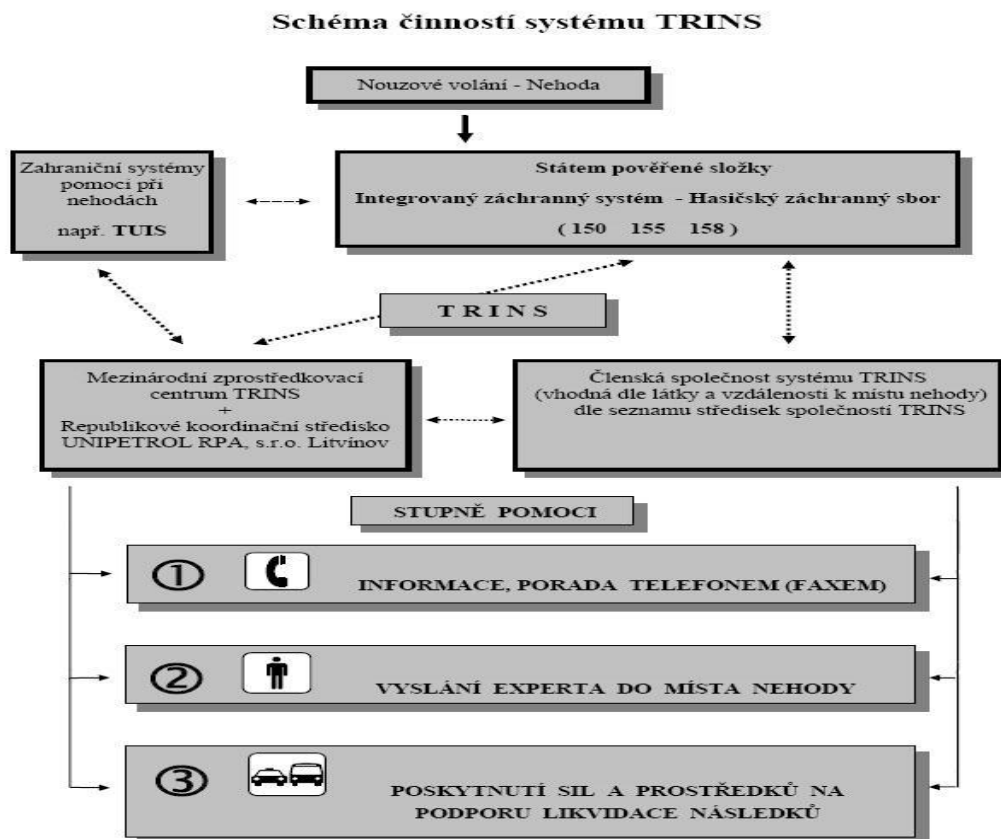
3. Stupeň

Praktická pomoc v místě zásahu:

spočívá v nasazení sil a prostředků některé ze členských společností TRINS při likvidaci následků havárie s únikem nebezpečné látky.

Sdružení osob ve společnosti TRINS se nezabývá pouze odstraňováním následků havárií, ale také v rámci společných jednání navrhuje preventivní opatření a možnosti zvýšení bezpečnosti přepravovaných nebezpečných látek. Na obrázku č. 3 je znázorněno schéma systému TRINS [7].

Schéma činnosti TRINS systému



Obr.č. 3 - Schéma systému TRINS [8]

Jelikož je tato práce zaměřena především na silniční přepravu, pro kterou přiměřeně platí výše uvedená legislativa a zejména Dohoda ADR - Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (Accord Dangerousness Route), předpisy pro dopravu nebezpečných látek ostatními druhy dopravy zmíním pouze krátce.

Pro ostatní druhy dopravy platí při přepravě nebezpečných věcí/látek:

- RID (Řád pro přepravu nebezpečných věcí na železnici)
- ICAO/IATA-DGR (Bezpečná letecká doprava nebezpečného zboží)
- ADN (Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách) [9].

2 Sorbenty

Pro účely likvidace havárií kapalných nebezpečných látek se používají speciální prostředky, které jsou schopny zachytit či pohltit uniklou kapalinu. Zachycování kapalin probíhá na základě různých chemických a fyzikálních principech. V zásadě se jedná o dva druhy reakcí, kterými jsou:

Absorpce – je jev spojený s pohlcováním kapaliny dovnitř objemu pevné látky, kterou nazýváme absorbentem

Adsorpce – je jev spojený s pohlcováním kapaliny na povrch pevné látky, kterou nazýváme adsorbentem.

Společně jsou takovéto látky nazývány sorbenty.

V praxi se výše uvedené látky nazývají jednotným pojmenováním sorbenty.

Sorbenty jsou především tuhé látky buď sypké formě anebo textilní ve formě koberců, rohoží, hadů, pásků, polštářů. Textilní sorbenty jsou vyráběny ve třech základních provedeních:

- univerzální,
- chemicky odolné
- hydrofobní (vodu odpudivé), hydrofilní (vodu přijímající)

2.1 Textilní sorbenty:

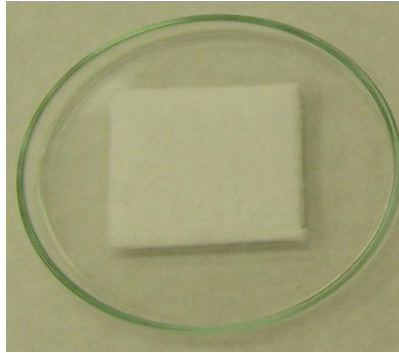
Jsou barevně rozlišeny podle způsobu použití.

BÍLÁ – hydrofobní sorbenty (Obr. č. 4)

Materiály nepřijímají vodu a vodné roztoky, dlouhodobě plavou na vodní hladině.

Dobře sorbují například:

- olej
- hydraulický olej
- motorový olej
- ropu
- petrolej
- motorovou naftu
- benzín [10]



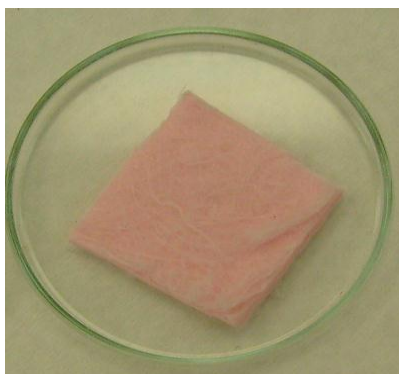
Obr. č. 4 - Hydrofobní sorpční rohož HR 4100 [foto autor]

RŮŽOVÁ – chemicky odolné sorbenty (obr. č. 5)

Jedná se o materiály určené pro záchyt agresivních kapalin.

Dobře sorbují například:

- oleje
- řezné a chladicí emulze
- kyselinu sírovou
- kyselinu chlorovodíkovou
- kyselinu dusičnou
- kyselinu fosforečnou
- kyselinu fluorovodíkovou
- kyselinu mravenčí
- hydroxid sodný
- vodný roztok amoniaku [11]



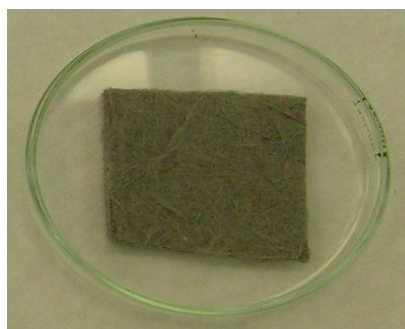
Obr. č. 5 - Chemická sorpční rohož CR 4001 [foto autor]

ŠEDÁ – univerzální sorbenty (Obr. č. 6)

Jedná se o materiály určené pro veškeré neagresivní kapaliny.

Dobře sorbují například:

- vodu
- chladicí kapaliny
- olejové emulze
- hydraulický olej
- rostlinný olej
- motorový olej
- motorovou naftu
- rozpouštědla – aceton, benzen,
methylethylketon, toluen,
trichlorethylen, terpentýn, hexan [12]



Obr. č. 6 - Univerzální sorpční rohož UR 4100 [foto autor]

2.2 Sypké sorbenty

Sypké sorbenty jsou vyráběny a dodávány v různých barevných provedeních. Jejich barevné odlišení však neurčuje způsob použití, jako barevné odlišení textilních sorbentů (s výjimkou růžových sorbentů – stejný druh použití jako u textilních). Způsoby a možnosti použití většinou vyplývá z jejich charakteristiky, se kterou zasahující osoba musí být seznámena. Informaci o rozsahu, možnostech a způsobu použití získá zasahující subjekt z návodu k použití, nebo technického listu vytvořeným výrobcem či dodavatelem sorbentu.

Příklady nejznámějších a nejčastěji používaných sorbentů:

LITE-DRI ULD (Obr. č. 7)

LITE-DRI je neprašná a neabrazivní drť vyrobená z upravené celulózy. Drť sorbuje všechny druhy kapalin z pevných povrchů nebo míst s malým množstvím vody. Vhodný je zejména na dočišťování špatně přístupných míst s nerovným povrchem a povrchy s mechanickými nečistotami.

Drť je v hydrofilním provedení.

LITE-DRI je výborně spalitelná při vysoké sorpční schopnosti. Písmeno U v označení drti (ULD) značí univerzální použití [13].



Obr. č. 7 - LITE-DRI ULD 010 [foto autor]

LITE-DRI Duplex DLD (Obr.č. 8)

LITE-DRI Duplex je sorpční drť vhodná pro likvidaci ropných havárií na silnicích a v průmyslu. Drť je zvláště vhodná na dočišťování úniků ropných látek na vodní hladině. Při likvidaci úniku ropných látek se sorpční drť nasype na hladinu kapaliny a nechá se působit. Dochází k velmi rychlému nasycení sorbovanou látkou – po úplném nasycení dojde ke zbarvení drti (ztmavne).

S nasycenou sorpční drtí je nutno dále nakládat obdobným způsobem jako s nasorbovanou látkou tj. jedná se o nebezpečný odpad.

Uvedená drť se vyznačuje velmi nízkou prašností a snadnou spalitelností. Písmeno D v označení drti (DLD) značí univerzální použití - jak pro vodní hladinu, tak pro pevné povrchy [14].



Obr.č. 8 - LITE-DRI Duplex DLD 010 [foto autor]

Hydrofobní sorpční drť LITE-DRI HLD (Obr. č. 9)

LITE-DRI HLD je neprašná a neabrazivní drť, která je svým označením písmenem H v názvu (HLD) řazena mezi hydrofobní sorpční drtě. Sorbuje zejména ropné látky a oleje z vodní hladiny. Hodí se tedy pro využití při haváriích na silnicích i v průmyslu. Vhodná je také na dočišťování špatně přístupných míst s nerovným povrchem. Výhodou je nízká prašnost a snadná spalitelnost sorpční drtě. Při likvidaci úniku ropných látek se postupuje stejně jako u sorpční drtě s označením DLD:

- sorpční drť se nasype na hladinu kapaliny a nechá se působit. Dochází k velmi rychlému nasycení sorbovanou látkou – po úplném nasycení dojde ke zbarvení drti (ztmavne).

S nasycenou sorpční drtí je nutno dále nakládat obdobným způsobem jako s nasorbovanou látkou, neboť se jedná o nebezpečný odpad [15].



Obr. č. 9 - LITE-DRI HLD 010 [foto autor]

Hydrofobní sorpční drť REOSORB - sypký sorbent HDSR (Obr. č. 10)

Sorbent REOSORB se vyznačuje velmi vysokou sorpční kapacitou. Dále velmi vysokou rychlostí sorpce. Sorbent výborně a dlouhodobě plave na vodní hladině. Dodává se v

různobarevném provedení. Dále se vyznačuje dokonalou sorpcí kapalin hydrofobní povahy z vodní hladiny nebo z pevných povrchů. Tento typ sorbentu je vhodný pro dočišťování uniklých látek z obtížně přístupných míst a nerovných povrchů. Výhodou tohoto sorbentu je jeho snadné spalování [16].



Obr. č. 10 - REOSORB HDSR [foto autor]

Univerzální sypký sorbent ECO-DRY PLUS UED (Obr. č. 11)

Sypký sorbent ECO-DRY je moderní náhrada za sorbent Vapex. Jedná se o ekologický prostředek pro řešení případných úniků oleje, ropy a nebezpečných kapalin. Sorbent je nehořlavý. Výborně čistí olejové skvrny i ropné emulze z betonu, zámkových dlažeb a silničního asfaltu, zvláště vhodný na vozovky. Při zatížení neuvolní sorbent nasorbované kapaliny. Je chemicky netečný. Výhodou je snadné odklizení nasorbovaného sorbentu a nízká prašnost. Odolává všem chemikáliím s výjimkou kyseliny fluorovodíkové [17].



Obr.č. 11 - ECO-DRY PLUS UED [foto autor]

PEATSORB Hydrofobní rašelinová sorpční drť HDP

PEATSORB je neabrazivní drť vyrobená z upravené rašeliny. Drť dlouhodobě plave na vodní hladině a výborně dočišťuje i nejtenčí plovoucí vrstvy ropné látky. Drť tvoří

vhodný podklad pro bakterie, které rozkládají dlouhé řetězce uhlovodíků, a urychluje biodegradaci zachycené látky.

S nasycenou sorpční drtí je nutno dále nakládat obdobným způsobem jako s nasorbovanou látkou (nebezpečný odpad). Likvidace se provádí ve spalovnách nebo na biodegradačních polích.

Drť se používá tam, kde není možné beze zbytku sesbírat nasycený sorbent, např. pobřežní vegetace (není v experimentální části testován) [18].

VAPEX (Obr. č. 12)

Vyrábí se z expandovaného perlitu (lehká, zrnitá, pórovitá hmota vyrobená ze surového perlitu). Tento sorbent se používá zejména na odstranění nežádoucích ropných látek z vody, vodních toků (nesaje vodu) a z pevných povrchů.

Je biologicky a chemicky neutrální, nehořlavý a zdravotně nezávadný, má vysokou schopnost adsorbovat ropné látky, na vodní hladině plave [19].



Obr. č. 12 - VAPEX [foto autor]

Některé sypké sorbenty se vyznačují velmi vysokou prašností (například Vapex), což za nepříznivých povětrnostních podmínek značně ztěžuje provedení zásahu. Někteří zasahující se při provádění zásahu spíše podobají sněhulákům. Negativní vlastnosti sypkých sorbentů spočívají také v problematickém sběru po provedení zásahu. Jelikož zrna sypkých sorbentů jsou velmi malá, problematickým se stává zapadání sorbentu do trhlin ve vozovce, mezer v zámkové dlažbě apod. Doporučení z praktických zkušeností zasahujících hasičských sborů je používat sypké sorbenty typu Vapex pouze na jednolitých podkladech, kde nepůsobí vliv proudění větru – například při haváriích v opravnách nebo výrobních halách. Navzdory těmto negativům je Vapex nejpoužívanějším sorbentem hasičského záchranného sboru v Hlinsku, jak ve své bakalářské práci [20] popsala Ivana Kopecká.

Mezi nejvíce používané sorbenty Hasičským záchranným sborem Pardubického kraje, který působí v regionech Pardubice, Přelouč a Holice patří tyto přípravky:

- Hydrofobní sorpční drť LITE – DRI
- Univerzální sorpční drť ECO – DRY PLUS
- Univerzální sorpční nepropustná rohož – základní
- Hydrofobní sorpční nepropustný koberec – základní
- Hydrofobní sorpční had proužkový
- Hydrofobní sorpční polštáře
- Chemická sorpční drť REOSORB
- Chemická sorpční rohož – základní
- Chemická sorpční ponožka CP8112

Všechny výše uvedené sorbenty pocházejí z produkce firmy REOAMOS.

3 Konzultace u HZS

Ze zkušeností hasičských sborů vyplývá, že zásadní vliv na snížení negativních dopadů havárie na minimum má včasná identifikace nebezpečné látky a maximum poskytnutých informací ze strany původce havárie zasahujícím osobám. To předpokládá dodržování výše uvedených zásad správného značení a vedení předepsané dokumentace pro přepravu nebezpečných látek, obecné znalosti případného původce havárie o základních vlastnostech přepravované látky a profesionální znalosti osob podílejících se na likvidaci úniku nebezpečných látek.

3.1 Dělení havárií

Havárie lze rozlišovat podle řady hledisek. Mezi základní charakteristiky, podle kterých je možné havárie rozlišovat, například patří:

- a. prostředí postižené havárií
- b. typ závadné látky a její škodlivost a rezistence
- c. příčina vzniku [21]

ad a.

Mezi nejzávažnější typy havárií patří ty, při kterých dochází ke kontaminaci povrchových a podzemních vod. Odstraňování škod na povrchových a podzemních vodách patří mezi nejnáročnější jak technikou provedení, tak z hlediska finančních nákladů. Havárie na povrchových vodách je většinou dobře vizuálně identifikovatelná. Na hladině se tvoří typické zabarvení, zakalení, případně je cítit zápach. Havárie na podzemních vodách je naproti tomu velmi obtížně zjistitelná. Je to hlavně z důvodu časové prodlevy mezi počátkem působení nebezpečných látek a projevem poškození podzemních vod. Znečištění podzemních vod začíná kontaminací zeminy a postupným průsakem. Z nebezpečných ploch se ropné látky odstraní odtěžením zasaženého horninového prostředí v kombinaci s posypem méně propustných míst účinným hydrofobním sorbentem nebo biopreparátem, případně použitím některé z metod dekontaminace na místě. Při zasažení nebezpečných ploch platí, že vlhké a celistvé horninové prostředí je pro ropné látky méně propustné než suché a zvětralé povrchy [20]. Na základě výše uvedených poznatků je zřejmé, že každá havárie s únikem

nebezpečných látek je potencionálním rizikem pro podzemní vody. I pokud dojde k úniku nebezpečných látek na zpevněném - nepropustném podkladu, musí být zasažená plocha řádně dekontaminována, aby nedošlo při následných dešťových srážkách k migraci nebezpečné látky do zeminy a podzemních vod. U kontaminace podzemních i povrchových vod je velmi nebezpečná skutečnost, že i zdánlivě nepatrné množství ropné látky – ropných uhlovodíků vede k rozsáhlému poškození vody. Pokrytí vodní hladiny olejovým filmem způsobuje, že dochází k omezení přístupu kyslíku, a tím k ovlivnění oživení vodního toku a průběhu biologických samočisticích procesů. Olejový film se na hladině začíná tvořit při koncentraci nad $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ až $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$, což znamená, že 50 litrů oleje pokryje souvislou vrstvou 1 km^2 vodní hladiny. Hodnocení vlastností ropných látek ve vodě je značně složité, protože se obvykle jedná o směsi s různou chemickou strukturou a tedy i s různými chemickými, fyzikálněchemickými a biologickými vlastnostmi. Jejich škodlivost a nebezpečí pro vodu je dána jak toxicitou, tak především ovlivněním sensorických vlastností (chuť a zápach) a to již při koncentracích od $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$. Při koncentraci $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$, což odpovídá množství 1 kg benzínu v $10\,000 \text{ m}^3$ je voda již zcela sensoricky znehodnocena [21].

Co se týče kontaminace ovzduší, není v případě úniku ropných látek vážným nebezpečím za předpokladu použití správných ochranných prostředků zasahujícími osobami.

ad b.

Mezi nejčastější uniklé látky v rámci ČR patří:

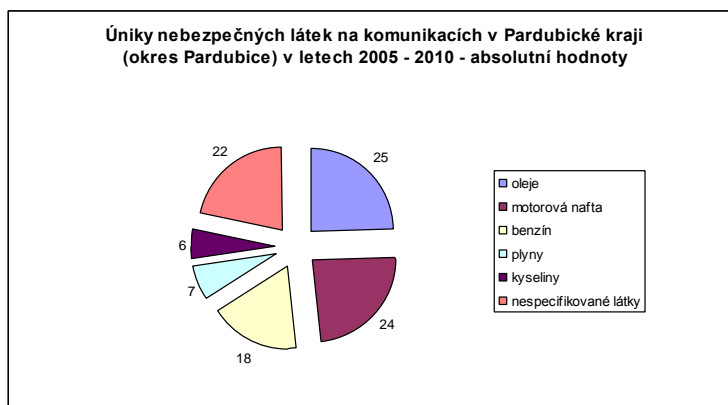
- ropa, ropné látky
- toxické látky
- organické hnilobné látky
- kyseliny a louhy
- látky měnící sensorické vlastnosti vody
- nerozpuštěné látky
- radioaktivní látky
- nadměrně teplé odpadní látky
- ostatní látky

Ze statistik je patrné, že nejrozšířenějším typem látek, které unikají v souvislosti s haváriemi v dopravě jsou ropné látky. Za ropné látky se považují uhlovodíky a jejich směsi, které jsou při normálním tlaku a teplotě + 40°C tekuté. Patří mezi ně především benzín, benzen a jeho deriváty, nafta, petrolej, lehké a těžké oleje, mazut, surová ropa, případně další látky obdobného charakteru [22].

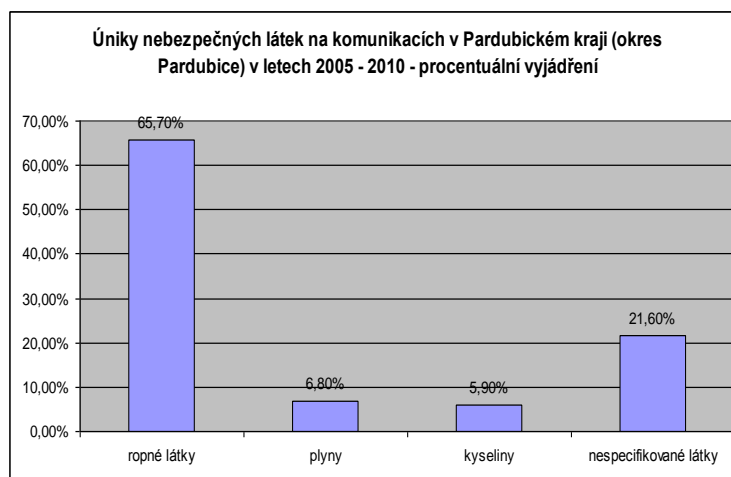
Havárie s únikem ropných látek jsou mimořádné situace doprovázené únikem produktů ze zpracování ropy, jako jsou různé druhy benzínů, olejů, nafty, mazutu apod. svoji podstatou tedy patří mezi ostatní chemické havárie, avšak jsou z nich vyčleňovány ze dvou hlavních důvodů. Prvním je skutečnost, že bezprostředně neohrožují osoby – pokud ovšem nejsou doprovázeny výbuchem, ale mají dalekosáhlý vliv na životní prostředí. Jelikož jsou minimálně rozpustné ve vodě, pronikají do spodních vod. Vzhledem k tomu, že jsou lehčí než voda, rozšiřují se po hladině na rozsáhlých vodních plochách. Zamezují přístupu vzdušného kyslíku do vody a tím znemožňují samočisticí pochody ve vodě. Druhým důvodem je jejich obrovská četnost. Odborná literatura uvádí, že podíl ropných havárií na všech chemických haváriích ve světě činí 70 až 90 % [1].

V regionu Pardubice, Přelouč a Holice se při haváriích jedná zejména o úniky motorové nafty, benzínu a motorového oleje. Tato skutečnost souvisí převážně s tím, že každé vozidlo, které se pohybuje v silniční dopravě, je svým způsobem přepravcem nebezpečné látky (benzín, nafta, olej, provozní kapaliny) a tudíž k úniku ropných látek dochází téměř při každé dopravní nehodě. Toto je potvrzeno statistickými údaji v informačním systému DOK, kde lze zjistit, že v okrese Pardubice bylo od 01. 01. 2005 do 01. 09. 2010 evidováno, v souvislosti s přepravou nebezpečných látek v silniční dopravě, celkem 102 úniků takovýchto látek. Z toho 67 úniků tvořila společně motorová nafta (24 úniků), benzín (18 úniků) a oleje (25 úniků). Další úniky se týkaly plynů (7 úniků), kyselin (6 úniků) a ostatních, někdy nespecifikovaných látek (22 úniků) - viz graf č.1 a č. 2.

Graf č. 1 – Úniky nebezpečných látek (absolutní hodnoty)



Graf č. 2 - Úniky nebezpečných látek (procentuální vyjádření)



ad c.

Příčiny vzniku havárií, zvláště v silniční dopravě, jsou úzce spojeny s celkovou situací a nehodovostí v dopravě. Na vzniku havárií se nejvíce podílí vliv nesprávného způsobu jízdy, s tím související selhání lidského faktoru, nedbalostí, případně neznalostí předpisů. Nehodu může zapříčinit i technická závada. Následné hodnocení příčin vzniku havárií působí spíše preventivně. Po analýze příčin a následků je možné navrhovat opatření k eliminaci negativních dopadů případných budoucích havárií. Tato varianta se jeví jako nejvýznamnější v systému ochrany zdraví osob a životního prostředí. Preventivní opatření bývají většinou méně nákladná než odstraňování následků a nenesou sebou žádné negativní vlivy na osoby a ekosystém.

3.2 Vedení zásahu v místě havárie

Jak již bylo zmiňováno, úspěšnost zásahu je odvislá od množství a správnosti podaných informací zasahujícím subjektům. Pokud se rychle a správně povede identifikovat unikající látka, úspěšnost zásahu se zvyšuje. Informačními zdroji, kromě sdělení původce havárie jsou zejména:

- označení nebezpečných látek
- přepravní dokumentace (vyplývá z Dohody ADR)
- ostatní zdroje

Nejčastějším informačním systémem je označení oranžovou tabulkou s UN kódem, bezpečnostními označeními - symboly a případně R a S věty uvedené na obalech přepravovaných látek.

R – věta charakterizuje rizikovost dané látky.

S – věta definuje pokyny pro zacházení s nebezpečnou látkou.

Mezi přepravními dokumenty by měl být k dosažení nákladní list obsahující veškeré údaje o přepravované látce. Přepravní dokument nazvaný „Pokyny pro případ nehody“ musí být zpracován ve všech jazycích zemí, přes které se nebezpečný náklad pohybuje. Jeho obsahem jsou pokyny pro případ havárie nebo jiných výjimečných situací.

Pro podporu snížení rizik při zásazích na místě havárií bylo vydáno mnoho kapesních příruček, které obsahují například tabulku symbolů nejčastěji přepravovaných látek, základní údaje o nejrizikovějších vlastnostech nebezpečných látek a případně taktické zásady při zásahu.

Po dojezdu záchranných složek na místo zásahu je nejdůležitějším krokem, po identifikaci uniklé látky, vyhodnocení prioritního rizika spojeného a únikem dané látky. Definice prioritního rizika vyplývá ze znalostí charakteristiky látky. Pokud budeme vycházet z charakteristik jednotlivých látek určených při zkoumání v laboratorních podmínkách, dojdeme k celkem jednoznačným závěrům. Například při úniku propan – butanu je prioritním rizikem výbušnost a při úniku amoniaku je to toxicita. V reálných podmínkách působí na látku mnohem více okolních vlivů, které mohou výrazně ovlivnit chování nebezpečné látky, k jejímuž stanovení mohou dopomoci i výše uvedené kapesní příručky (i když při zásahu nezbyvá příliš mnoho času na studium příruček...).

Dokumentem, který upravuje postupy a podmínky zásahu na místě havárie je Bojový řád jednotek požární ochrany – taktické postupy zásahu, vydané Ministerstvem vnitra generálním ředitelstvím Hasičského záchranného sboru České republiky (dále jen Bojový řád). V článku, kterým jsou definovány obecné taktické zásady zasahujících jednotek, se postup zásahu řídí podle několika zásadních kritérií:

- 1) Pokud není zřejmé o jakou závadnou látku se jedná, je třeba dodržovat při příjezdu k místu havárie základní taktické zásady jako při havárii s nebezpečnou látkou. Jedná se zejména o:
 - a) příjezd z návětrné strany,
 - b) odstavení techniky v bezpečné vzdálenosti,
 - c) vyloučení iniciačních zdrojů,
 - d) uzavření místa nehody.
- 2) Při průzkumu je třeba zjistit kromě základních informací i další údaje:
 - a) ohrožení životního prostředí případně osob, zvířat, majetku,
 - b) aktuální rozsah havárie, případně to, jak se může situace dále vyvíjet a kam se rozšiřovat,
 - c) meteorologické podmínky a jejich předpokládaný vývoj (teplota, směr a síla větru),
 - d) identifikovat uniklou látku,
 - e) v závislosti na druhu a množství uniklé látky vymezit zóny s charakteristickým nebezpečím,
 - f) zdroj úniku ropné látky.
- 3) Podle nebezpečí na místě zásahu stanovit opatření k ochraně zdraví a životů nasazených jednotek, především:
 - a) určení příslušných ochranných prostředků,
 - b) zjištění nebezpečí výbuchu,
 - c) postup z návětrné strany,
 - d) zajištění místa nehody proti vzniku požáru.
- 4) Zhodnotit rozsah ohrožení osob, provést záchranu bezprostředně ohrožených osob a v případě ohrožení dalších osob přijmout okamžitá opatření na jejich vyrozumění a zajištění evakuace.
- 5) V závislosti na druhu havárie provést příslušná opatření ke snížení rizik a k omezení rozsahu havárie [22].

Část Bojového řádu týkající se specifických opatření pro zásahy při úniku ropných látek do půdy a na pevném povrchu s možností znečištění podzemních nebo povrchových vod, upravuje specifika zásahu při úniku ropných látek jak ve větší míře, tak i při drobných únicích způsobených haváriemi.

Nejdříve je nutno zamezit úniku ropných látek do kanalizace a jiných, níže položených míst, provést úkony vedoucí ke snížení rizika vzniku výbušné směsi (snížením odparu – pěnou, odvodem vzduchu, odstranění iniciačních zdrojů...) a používat nářadí a nástroje, které jsou v tzv. nevýbušném provedení. Toto nebezpečí je spojeno zejména s únikem benzínu z havarovaného dopravního prostředku. Dále je nutno zajistit informovanost a evakuaci osob z blízkého okolí, jímž by mohlo hrozit ohrožení života nebo zdraví.

Na uvedené úkony musí neprodleně navazovat činnost k omezení – utěsnění místa havárie jednak kombinací dřevěných/plastových zábran v kombinaci se sorpčním prostředkem (sorpční polštáře, hady), nebo pouze sorpčními prostředky – sypké sorbenty, textilní rohože. Pokud jde o únik většího rozsahu, zahájí zasahující neprodleně jímání či přečerpávání ropných látek do náhradních nádrží. Přečerpání ropných látek se provádí i v případech, kdy by mohlo dojít k úniku ropných látek při následné manipulaci se zdrojem úniku, tj. například při manipulaci s vrakem havarovaného dopravního prostředku. Přečerpávání ropných látek se provádí za přísných bezpečnostních opatření. Nebezpečí při přečerpávání spočívá zejména ve zvýšeném riziku tvorby výbušné směsi a v nebezpečí vzniku elektrostatického výboje. V blízkosti kanalizačních vpustí a jiných otvorů v silničním tělese se použijí speciální nepropustné ucpávky.

Dojde-li k průniku ropných látek do povrchových vod, je nutno zamezit šíření ropných látek po vodní hladině nasazením normých stěn a zahájit sběr látky z vodní hladiny. Všechny uvedené úkony se provádějí ve spolupráci se správcem vodního toku. V neposlední řadě má zasahující subjekt povinnost oznámit vznik havárie České inspekci životního prostředí - pokud uniklo větší množství ropných látek a došlo k závažnějšímu ohrožení životního prostředí, a také správce komunikace - pokud uniklá ropná látka způsobila závalu ve sjízdnosti komunikace [22].

Likvidace uniklých ropných látek včetně použitých sorbentů se provádí v souladu se zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech. Tuto problematiku podrobně popsala ve své bakalářské práci v roce 2011 Ivana Kopecká [20].

Závěrem této části je nutno upozornit, že k odstranění uniklých ropných látek nesmí být použita rozpouštědla. Jejich použití způsobí pouze naředění ropných látek a zvýšení možnosti průsaku do zeminy a spodních vod. Zároveň ztěžují záchyt ropných látek na hladině vody!

4 Experimentální část

Experimentální část této práce je zaměřena na ověření deklarovaných vlastností sorbentů, které jsou uváděny výrobcem buď na etiketě dodávaného přípravku, nebo v technických listech. Proto je také cílem experimentální práce ověřit, zdali jsou deklarované údaje z pohledu efektivního využití sorbetů a z pohledu bezpečného zacházení se sorbety pro uživatele dostačující. Na rozdíl od experimentální části bakalářské práce Kopecké [20], kde byla ověřována pouze nasákavost sorbentů pro ropné látky s a bez přídavku (MEŘO), stěžejní část předložené experimentální části je věnována zejména ověření účinnosti vybraných sorbentů pro záchyt látek uniklých do vodního toku. Vzhledem k tomu, že na určovanou nasákavost sorbetů mají vliv i fyzikálně-chemické vlastnosti sorbované látky, bude při experimentu brán v potaz i vliv vody na celkovou účinnost sorbetu.

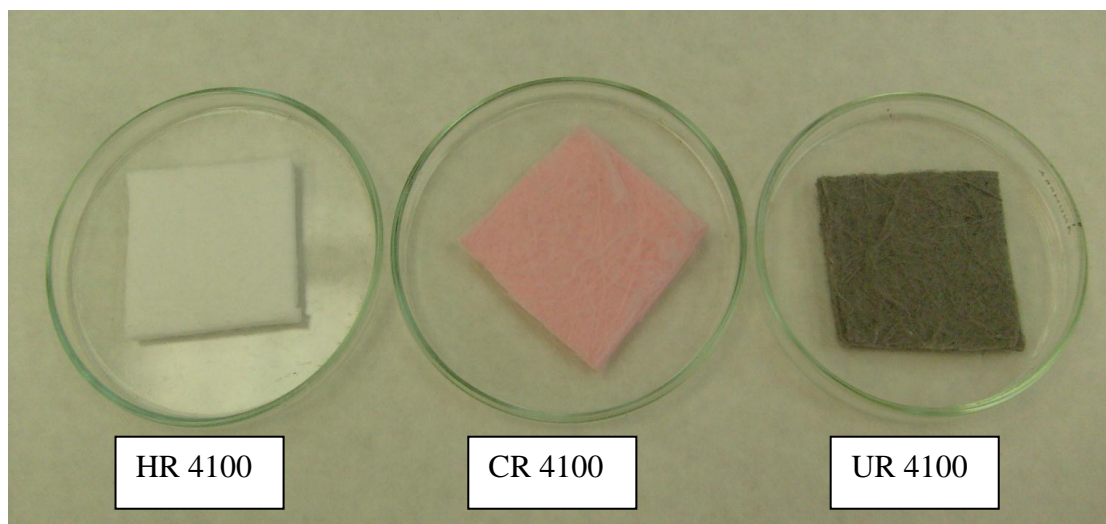
Podkladem pro přípravu a realizaci experimentu byla použita již neplatná norma ČSN 80 0831. Podstata zkoušky podle této normy spočívá ve stanovení hmotnosti kapaliny, kterou přijme a váže vzorek textilie za podmínek zkoušky. Při zkoušce se ponoří zvážené vzorky do kapaliny, po uplynutí stanovené doby se vyjmou, přebytečná kapalina se z nich nechá okapat a vzorky se znovu zváží. Z rozdílu obou hmotností se vypočítá nasákavost. Vyjadřuje se v hmotnostních procentech. Tato norma byla obdobně použita i pro sypké sorbenty, jelikož stanovení nasákavosti sypkých sorbentů není žádnou normou specifikováno [20].

Abychom dosáhli srovnatelných parametrů s testováním provedeným v bakalářské práci pí. Kopeckou [20], délka trvání doby, po kterou byl sorbent v kontaktu se sorbovanou kapalinou a délka doby okapávání vzorku byla stanovena stejně, tedy na 10 minut.

4.1 Ověření sorpční schopnosti pro textilní sorbenty

Pro ověření sorpce byly zvoleny, dle výrobce, nejpoužívanější typy textilních sorbentů. Na experiment bylo použito výstřižku ze sorbentů o rozměrech cca 3cm x 3cm o průměrné hmotnosti 1 gram.

Vybrané sorbenty jsou zdokumentovány na obrázku č. 13.



Obr. č. 13 – Textilní sorbenty [foto autor]

PRACOVNÍ POSTUP

Testování sorpce bylo uskutečněno v laboratořích Univerzitního ekologického centra v Doubravících. K experimentu byly použity Petriho misky, kádinky o objemu 600 ml, laboratorní stojany, skleněné laboratorní nálevky, laboratorní kleště, stopky na měření času a laboratorní váhy (viz obrázek číslo 14).



Obr. č. 14 – Laboratorní pomůcky pro provedení experimentu [foto autor]

Fáze provádění experimentu:

- 1) naplnění kádinek 400 ml vody a přidání 20 ml motorové nafty s přísadkem 6 % obj. metylesteru řepkového oleje (MEŘO)

- 2) naplnění kádinek 400 ml vody bez dalších přísad
- 3) naplnění kádinek 400 ml 20 % roztokem kyseliny dusičné.

Vzorky sorbentů byly nejprve zváženy, pak volně položeny na hladinu po dobu 10 minut (obrázek č. 16). Poté byly laboratorními kleštěmi opatrně vyjmuty a vloženy na 10 min do nálevky k okapaní. Následovalo zvážení okapaného sorbentu. Takto byl proveden každý experiment třikrát u jednotlivého testovaného kusu. Nasákavost byla vypočtena podle vzorce

$$N = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 \quad [\%]$$

kde

N je nasákavost vzorku v hmotnostních procentech

m_0 hmotnost sorbentu před ponořením v gramech

m_1 hmotnost sorbentu po okapaní v gramech [23].

Výsledky testování pro textilní sorbenty jsou uvedeny v tabulce č. 1 na straně 34. Konečná hodnota uvedená v tabulce je aritmetický průměr tří měření. Cílem této části bylo ověřit schopnost sorpce ropné látky z vodní hladiny a účinnost sorpce zředěné kyseliny.



Obr. č. 15 – Testování sorbentů [foto autor]

Test nasákavosti samotné vody byl proveden z důvodu ověření vlastností sorbentů bez vlivu ostatních látek. Tento test je i orientačním ukazatelem toho, kolik procent

z celkové hmotnosti nasyceného sorbentu může tvořit voda a kolik nasorbovaná nebezpečná látka. Experiment byl proveden stejným postupem.

DÍLČÍ VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Dílčí výsledky ukázaly, jak vysoká je účinnost testovaných vzorků, respektive sorpčních textilních materiálů. Po krátké době od položení vzorku na vodní hladinu se vizuálně projevily výrazné rozdíly, které byly do jisté míry potvrzeny i kontrolními měřeními. Vizuálně se jako nejúčinnější jevil hydrofobní sorbent s označením HR 4100. Po uplynutí stanoveného časového intervalu a vyjmutí k okapání nezůstaly na kádince s tekutinou téměř viditelné stopy po ropných látkách. Toto však neplatí u sorbentů s označením CR 4100 a UR 4100.

Tabulka 1 - Výsledky měření nasákavosti textilních sorbentů

| SORBENT | MOTOROVÁ NAFTA + MEŘO 6 % | VODA | 20% ROZTOK Kyseliny dusičné |
|---------|------------------------------|--------|--------------------------------|
| HR 4100 | 860 % | 29 % | 47 % |
| CR 4100 | 816 % | 1050 % | 1331 % |
| UR 4100 | 805 % | 984 % | 1096 % |

Budeme-li vycházet z výrobcem uváděného faktu, že sorbenty pracují, mimo jiné, na základě různých fyzikálních vlastností kapalin (zejména tedy hustoty), je z výsledků uvedených v tabulce č. 1 zřejmé, že při likvidaci ropných látek na vodní hladině je nutno používat pouze hydrofobní materiály určené buď přímo pro sorpci ropných látek (HR 4100), případně pro sorpci uniklých chemických látek (CR 4100). U hydrofobního sorbentu HR 4100 je jednoznačné, že nejvyšší nasávací schopnosti dosahuje pro kapaliny s nižší objemovou hmotností než má voda. Na tuto skutečnost nemá vliv ani poměrně nevýznamný procentuální rozdíl mezi sorpcí samotné vody a sorpcí 20% roztoku kyseliny dusičné.

Hustota nafty se, dle údajů výrobců, pohybuje v rozmezí 800 - 880 kg/m³, hustota oleje je udávána v rozmezí 900 - 930 kg/m³, hustota vody je stanovena na cca 1000 kg/m³ a hustota kyseliny dusičné se pohybuje kolem 1510 kg/m³.

Jako nejvhodnější pro záchyt ropných látek na vodní hladině a látek s výrazně nižší objemovou hmotností než voda, je tedy možno označit textilní sorbent HR 4001. Univerzální sorpční materiály pak můžeme chápat jako univerzální ve smyslu použití pro různé druhy uniklých látek, nikoliv však univerzální pro různé povrchy, na které látka uniká či unikla. Z provedených měření vyplývá, že sorpční schopnost univerzálního sorbentu UR 4100 roste se zvyšující se hustotou sorbované látky. Lze tedy předpokládat, že při použití tohoto sorbentu pro odstranění ropných látek z vodní hladiny dochází k vyšší sorpci vody než ropných látek, což není žádoucí. Tento typ sorbentu tedy nelze doporučit k záchytu ropných látek na vodní hladině. Spíše je možné se přiklonit pro použití k záchytu agresivních chemických látek, jako jsou např. kyseliny.

Jako nejméně vhodný pro záchyt ropných látek na vodní hladině byl vyhodnocen sorbent s označením CR 4100, určený pro sorpci chemických látek. Po vyhodnocení výsledků experimentu, kde data jsou uvedeny v tabulce č. 1, se lze domnívat, že z větší části sorboval pouze vodu. Tomu také odpovídá již zmiňované vizuální hodnocení. Tento typ sorbetu lze doporučit pro záchyt chemických látek, u kterých předpokládáme vyšší hustotu než u vody.

Manipulací s testovanými vzorky, ale i vlivem okolního prostředí (teplota, vlhkost vzduchu), mohlo dojít k chybě měření. Případná chyba v měření, vzhledem k počtu opakování měření a dosažení velmi podobných výsledků dílčích měření, není třeba považovat za zásadní s výrazným dopadem na přesnost dosažených hodnot.

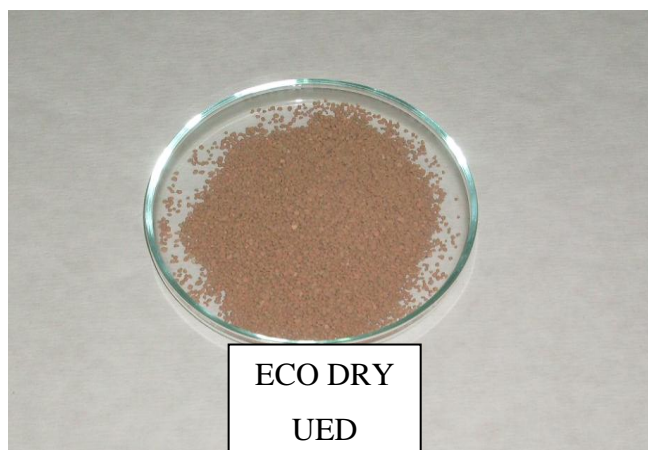
4.2 Ověření sorpční schopnosti pro sypké sorbenty

Pro ověření sorpce byly opět zvoleny výrobcem uvedené nejpoužívanější typy sypkých sorbentů. Jako orientační měřítko pro množství sorbentu byl stanoven jejich objem nasypaný na Petriho misky. U sypkých sorbentů se totiž výrazně liší objemová hmotnost (u textilních sorbentů je téměř stejná).

Vybrané sorbenty jsou na Obr. č. 16 a Obr. č. 17.



Obr. č. 16 – Sypké sorbenty [foto autor]



Obr. č. 17 – Sypké sorbenty [foto autor]

PRACOVNÍ POSTUP

Testování sorpce bylo uskutečněno v laboratořích Univerzitého ekologického centra v Doubravících. K experimentu byly použity Petriho misky, kádinky o objemu 600 ml, laboratorní stojany, skleněné laboratorní nálevky, laboratorní kleště, sítko s průměrem ok 1mm, stopky na měření času a laboratorní váhy.

Tato část experimentu spočívala, stejně jako u testování textilních sorbentů, v naplnění kádinek 400 ml vody a přidání 20 ml motorové nafty s přídavkem 6 % obj. MEŘO. Pro další části experimentu byly stejné kádinky naplněny pouze vodou, pak 400 ml vody a

20 ml motorového oleje a na konec 20% roztokem kyseliny dusičné. Vzorky sorbentů byly nejprve odváženy, dle výše uvedených kritérií, a pak rovnoměrně rozloženy na hladinu a ponechány volně po dobu 10 minut (obrázek č. 19). Poté byl obsah kádinky přes sítko přelit a do další kádinky a zachycené sorbety byly ponechány 10 minut odkapat. Následovalo zvážení okapaného sorbentu. Takto byl proveden každý experiment třikrát u jednotlivého testovaného vzorku.



Obr. č. 18 – Testování sypkého sorbentu REOSORB [foto autor]

Nasákavost byla vypočtena podle vzorce

$$N = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 \quad [\%]$$

kde

N je nasákavost vzorku v hmotnostních procentech

m_0 hmotnost sorbentu před ponořením v gramech

m_1 hmotnost sorbentu po okapaní v gramech [23].

Výsledky testování pro sypké sorbenty jsou uvedeny v tabulce č. 2 na straně 38.

Konečná hodnota uvedená v tabulce je aritmetický průměr tří měření. Cílem této části bylo ověřit schopnost sorpce ropné látky z vodní hladiny a roztoku kyseliny.

Experiment byl proveden stejným postupem jako u textilních sorbentů.

Fáze provádění experimentu:

- 1) naplnění kádinek 400 ml vody a přidání 20 ml motorové nafty s přísadkem 6 % obj. metylesteru řepkového oleje (MEŘO)
- 2) naplnění kádinek 400 ml vody bez dalších přísad
- 3) naplnění kádinek 400 ml 20% roztokem kyseliny dusičné.
- 4) naplnění kádinek 400 ml vody a přidání 20 ml použitého motorového oleje

DÍLČÍ VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Výsledky měření opět ukázaly, jak vysoká je skutečná účinnost testovaných vzorků sorbentů a ověřily doporučení výrobce pro způsob jejich použití. Jelikož sypké sorbent byly rozprostřeny po celé vodní hladině, nebylo možné provést prvotní hodnocení schopnosti sorpce vizuálně, jako u textilních sorbentů. Veškeré závěry hodnocení tedy vycházejí pouze z provedených měření.

Tabulka 2 - Výsledky měření sypkých sorbentů

| SORBENT | MOTOROVÁ NAFTA + 6 %MEŘO | VODA | 20% ROZTOK KYSELINY DUSIČNÉ | MOTOROVÝ OLEJ |
|-----------------|---|-------------|--|--------------------------|
| Reosorb HSDR | 515 % | 10 % | Netestováno | 464 % |
| LITE DRI DLD | 161 % | 26 % | Netestováno | 146 % |
| LITE DRI ULD | 158 % | 264 % | 324 % | 192 % |
| LITE DRI HLD | 132 % | 21 % | Netestováno | 135 % |
| VAPEX | 426 % | 577 % | Netestováno | 412 % |
| ECO DRY UED | 129 % | 140 % | 142 % | 103 % |

Experimentálními výsledky testování nasákavosti u sypkých sorbentů respektive testem sorpčních schopností bylo potvrzeno doporučení výrobce, že univerzální sorpční prostředek se vyznačuje možností univerzálního použití pro záchyt různých typů nebezpečných látek. Také se potvrdilo, že sorpční schopnost univerzálního sypkého sorbentu, stejně jako univerzálního textilního sorbentu, mírně vzrůstá a objemovou hmotností sorbované látky – viz tabulka č. 2. Tato skutečnost byla prokázána testem univerzálního sorbentu LITE DRI ULD sorpcí nafty na vodní hladině, kde nasákavost dosáhla hodnoty 158 %, v případě oleje na vodní hladině byla nasákavost 198 %, u samotné vody 264 % a v případě, kdy by se do 400 ml vody dostalo 20 ml 20% roztoku kyseliny dusičné, tak dosáhla nasákavost hodnoty 324 %. Výše uvedený sorbent byl testován ve všech druzích nebezpečných látek z důvodu ověření jeho deklarované univerzálnosti. Dalším testovaným univerzálním sorbentem byl ECO DRY UED. Tento typ prostředku výrobce doporučuje pro záchyt látek na pevném povrchu, ale zároveň uvádí možnost sorpce vodných roztoků. Na základě provedené analýzy nelze tento sorbent doporučit pro záchyt látek uniklých do vody či na vodní hladinu. Sorbent okamžitě po aplikaci do zkušební kádinky klesl na dno. Dalším nepříjemným překvapením byla poměrně prudká reakce při jeho aplikaci do kyseliného roztoku, kde projevem byla exotermní reakce. Pro námi testované varianty smísení nebezpečných látek s vodou nelze tento výrobek doporučit jako vhodný. Sorpční vlastnosti tohoto výrobku lze téměř přirovnat k suchému říčnímu písku, který při testu sorpce ropné látky vykazoval podobné hodnoty – viz níže v textu.

Nejlepší sorpční vlastnosti pro záchyt nafty na vodní hladině prokázal:

- | | | |
|----------------|-------|-----------------------------|
| - REOSORB | 515 % | (sorpce samotné vody 10 %) |
| - Vapex | 426 % | (sorpce samotné vody 577 %) |
| - LITE DRI DLD | 161 % | (sorpce samotné vody 26 %) |
| - LITE DRI HLD | 132 % | (sorpce samotné vody 21 %) |

Nejlepší sorpční vlastnosti pro záchyt oleje na vodní hladině prokázal:

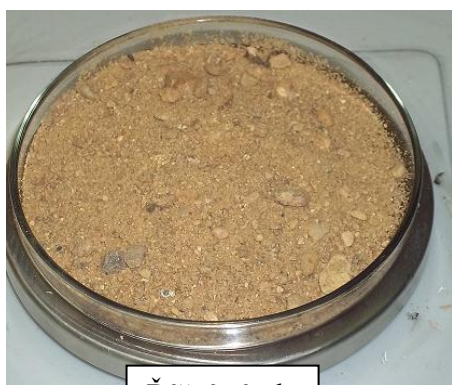
- | | | |
|----------------|-------|-----------------------------|
| - REOSORB | 464 % | (sorpce samotné vody 10 %) |
| - Vapex | 412 % | (sorpce samotné vody 577 %) |
| - LITE DRI ULD | 192 % | (sorpce samotné vody 26 %) |
| - LITE DRI DLD | 146 % | (sorpce samotné vody 21 %) |

U výše uvedených sorbentů se také výrazně projeví jejich hydrofobní vlastnosti. Výjimkou zůstává pouze Vapex. Tento sorbent pracuje jako jediný z testovaných sorbentů na bázi adsorpce. Tato skutečnost má významný vliv na sorpční vlastnosti uvedeného výrobku. Vapex plave na vodní hladině, a na svůj povrch váže téměř jakoukoliv kapalinu bez rozdílu, včetně vody. Tomu odpovídají i naměřené experimentální hodnoty. Manipulace s Vapexem je z důvodu způsobu sorpce poměrně složitá a náročná na záchyt sorbované látky. Při manipulaci se látka z povrchu Vapexu samovolně uvolňuje a odkapává. Zároveň částičky Vapexu ulpívají na všem, s čím jsou v kontaktu a zanechávají po odstranění část nasorbované látky na místech předchozího ulpění. Ačkoliv Vapex vykazuje velmi dobré sorpční schopnosti, z důvodu výše uvedených bych doporučil zvolit náhradní variantu, například REOSORB.

Na základě obecného povědomí o problémech s únikem ropných látek mimo veřejná prostranství, způsobených manipulací s nebezpečnými látkami při provádění například oprav motorových vozidel tzv. „po domácku“, byl proveden také test sorpčních vlastností suchého říčního písku (obr. č. 20) a dřevních pilin (obr. č. 21). Tyto náhražky sorbentů (pomineme-li části vyřazených oděvů) bývají v případě havárie nejsnáze k dosažení.

Experiment byl proveden na sorpci motorové nafty s 6% přídavkem MEŘO a použitý motorový olej. Podmínky měření, použité laboratorní vybavení i postup byly stejné jako u experimentu se syrkými sorbenty. Výpočet sorpce byl proveden podle stejného vzorce jako v případě určování sorpční schopnosti syrkých sorbentů.

Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce č. 3.



Říční písek

Obr. č. 19 - Říční písek [foto autor]



Dřevní piliny

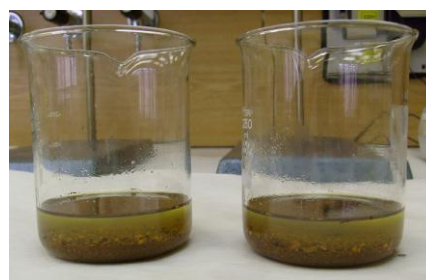
Obr.č. 20 - Dřevní piliny [foto autor]

Tabulka 3- Výsledky určení nasákavosti alternativ sorbentů

| SORBENT | MOTOROVÁ NAFTA + MEŘO 6% | MOTOROVÝ OLEJ |
|----------------|-------------------------------------|----------------------|
| ŘÍČNÍ PÍSEK | 14 % | 22 % |
| DŘEVNÍ PILINY | 367 % | 526 % |



Obr. č. 21 – Sorpce – dřevní piliny
[foto autor]



Obr. č. 22 – Sorpce – říční písek
[foto autor]

Z výsledků experimentu vyplývá, že pokud jsou pro likvidaci úniku ropných látek do okolního prostředí k dispozici dřevní piliny, doporučuji piliny jako sorbent použít. Říční písek je pouze krajním řešením s velmi nízkou účinností.

5 Doporučení

Tato bakalářská práce, zejména její experimentální část, může sloužit jako pomůcka pro rychlé informace o chování a základních vlastnostech nejběžnějších typů sorbentů. Experimentální část je zaměřena na ověření sorpčních vlastností sorbentů pro likvidaci nejčastějších ropných havárií na vodní hladině, ověření schopnosti sorpce kyselého roztoku. Okrajově řeší také alternativy pro případy menších „domácích“ ropných havárií.

Experimenty bylo potvrzeno, že pokud jsou sorbenty správně použity, mají velmi vysokou účinnost. Nesprávné použití je kontraproduktivní a snižuje efektivitu prováděného zásahu. Nasákavost se u textilních sorbentů pohybovala v rozmezí 805% až 1331%. Sypké sorbenty vykazovaly výrazně nižší účinnost a to od 103% do 515%. Sypké sorbenty mají však své specifické vlastnosti, které textilními sorbenty nelze nahradit.

Z provedených experimentů také vyplynulo, že textilní sorpční prostředky používané HZS Pardubice pro záchyt nebezpečných látek na hladině jsou při správném způsobu použití vhodné a účinné. Pouze bych doporučil zaměnit používaný hydrofobní sypký sorbent LITE-DRI HLD za sorpční prostředek REOSORB HDSR (dále jen REOSORB). Ačkoliv pořizovací hodnota prostředku REOSORB je výrazně vyšší (LITE DRI – 770Kč/10l, REOSRB – 1045Kč/5l), jednoduchým přepočtem, porovnáním účinnosti a ceny, vychází ekonomicky i účinností výrazně lépe REOSORB.

Posledním experimentem bylo ověření sorpčních schopností říčního písku a dřevních pilin pro případ zmiňované „domácí“ havárie. Říční písek lze doporučit pouze v případě použití pro úniky na pevném podkladu za sucha a minimální vrstvy kapaliny (sorpce 14% až 22%). Dřevní pelety prokázaly výrazně vyšší sorpční schopnost (367% až 526%), avšak podmínky pro použití jsou téměř identické jako pro říční písek. Pokud dojde k havárii, a bude možnost použít dřevní pelety – jednoznačně doporučuji jejich použití.

Hlavní podmínkou používání sorpčních prostředků zůstává nutnost správně identifikovat uniklou nebezpečnou látku a podle toho určit správný druh sorbentu. Nelze nijak obecně konstatovat, že některý druh sorbentu vhodnější a některý méně. Každý sorbent má pro dané podmínky své opodstatnění.

Je tedy vždy na rozhodnutí velitele zásahu či zasahující osoby, jaký druh sorbentu zvolí. Výsledky provedených testů zaznamenané v tabulkách č. 1, č. 2 a č. 3, by mohly být pro rozhodování rychlým a objektivním ukazatelem.

6 Závěr

Likvidace úniků ropných látek způsobených provozem motorových vozidel je velmi náročnou, zodpovědnou a leckdy i velmi nebezpečnou činností. Se značným nárůstem hustoty dopravy zároveň narůstá i počet havárií, jejichž společným znakem je únik nebezpečných látek do okolního prostředí. Zejména únik nebezpečných látek do vodních toků představuje velké nebezpečí pro celý ekosystém a to včetně člověka.

Úvodní část bakalářské práce je věnována legislativě spojené s přepravou a likvidací nebezpečných látek. Nebyla opomenuta ani důležitost prevence a budování informačních systémů pro zlepšení podmínek při provádění zásahu na místě havárie. Důležitým aspektem zůstává v první řadě řádné značení přepravovaných látek a maximální dostupnost informací potřebných k úspěšnému zvládnutí likvidace ropné havárie. Ačkoliv je v současné době značné úsilí věnováno také zlepšování konstrukcí motorových vozidel i vozidel pro přepravu nebezpečných látek, dochází vlivem havárií v dopravě k úniku nebezpečných provozních kapalin dopravních prostředků a přepravovaných nebezpečných látek do jednotlivých složek životního prostředí. Z toho důvodu byly pro rychlý záchyt uniklých nebezpečných látek vyvinuty speciální materiály, které se vyznačují vysokou sorpční schopností. Jejich použitím jsou významně eliminovány negativní vlivy uniklých nebezpečných látek pro životní prostředí.

V části bakalářské práce zaměřené na definování vlastností sorbentů a doporučení, jsou uvedeny nejpoužívanější typy sorbentů včetně jejich vlastností a možností použití.

Průzkumem provedeným u hasičského záchranného sboru v Pardubicích a Hradci Králové vyplynula, jako jedna z hlavních podmínek správného provedení zásahu v místě havárie, potřeba dostatečné informovanosti zasahujících osob o druhu přepravované látky. Zároveň stejně důležitou se stává znalost druhů a chování sorpčních prostředků. Proto bylo hlavním cílem této práce zpracování přehledu ověření sorpčních schopností jednotlivých sorbentů.

Použité informační zdroje

- [1] ČAPOUN T., KRYKORKOVÁ J., OTAKAR J. MIKA, NAVRÁTILOVÁ L., URBAN I.; *Chemické havárie*, MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, Tiskárna Ministerstva vnitra, s.p.o. 2009, ISBN 978-80-86640-64-8.
- [2] *Vodní zákon (zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů)* [online] 2001. [cit. 2012-05-23].
Dostupné z WWW: < <http://ley.cz/?s107&q107=all>
- [3] *Sbírka Zákonů Česká republika* [online] 2000 [cit. 2012-05-23].
Dostupné z WWW:< <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2000/sb073-00.pdf>
- [4] *Sbírka Zákonů Česká republika* [online] 2001 [cit. 2012-05-23].
Dostupné z WWW: < <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2001/sb071-01.pdf>
- [5] *Písemné pokyny podle ADR* [online] [cit. 2012-05-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.mdcr.cz/NR/ronlyres/8BD068D2-A0F6-4924-8662-71A81072D30A/0/pisemnepokyny2011.pdf>
- [6] ADÁMEK M.; *Kemlerův kód* [online] [cit. 2012-05-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.adamek.cz/pick-up/ostatni/kemleruv-kod/#ixzz1kCzLfun2>
- [7] *Podmínky, cíle a funkce TRINS* [online] [cit. 2012-05-23]. Dostupné z WWW: <http://www.unipetrolrpa.cz/cs/sluzby-areal/trins/cile_podminky/
- [8] *Schéma činnosti TRINS systému* [online] [2012-05-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.unipetrolrpa.cz/cs/sluzby-areal/trins/shema-cinnosti-systemu-trins/>
- [9] SEJKOROVÁ M.; *Provozní rizika dopravních staveb II*. Učební pomůcka. Univerzita Pardubice, 2011.
- [10] *katalog 2001, REO AMOS*, [online] [2012-05-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.reoamos.cz/eshop/Hydrofobni-sorpcni-rohoze--zakladni-sorbenty.html?cat=102&pn=1857>
- [11] *katalog 2001, REO AMOS*, [online] [2012-05-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.reoamos.cz/eshop/Sorpcni-rohoz--sorbent-zakladni-chemicky.html?cat=101&pn=1738>

- [12] *katalog 2001, REO AMOS*, [online] [2012-05-23]. Dostupné z WWW:
<<http://www.reoamos.cz/eshop/Univerzalni-sorpcni-rohoze--sorben-textilni-zakladni.html?cat=100&pn=1512>>
- [13] *katalog 2001, REO AMOS*, [online] [2012-05-23]. Dostupné z WWW:
<<http://www.reoamos.cz/eshop/Univerzalni-sorpcni-drt-LITE-DRI--sypky-sorbent.html?cat=100&pn=2187>>
- [14] *katalog 2001, REO AMOS*, [online] [2012-05-23]. Dostupné z WWW:
<<http://www.reoamos.cz/eshop/ssr/Hydrofobni-sorpcni-drt-LITE-DRI-Duplex-10-kg.html?cat=0&pn=2322>>
- [15] *katalog 2001, REO AMOS*, [online] [2012-05-23]. Dostupné z WWW:
<<http://www.reoamos.cz/eshop/ssr/Hydrofobni-sorpcni-drt-LITE-DRI-10-kg.html?cat=0&pn=2189>>
- [16] *katalog 2001, REO AMOS*, [online] [2012-05-23]. Dostupné z WWW:
<<http://www.reoamos.cz/eshop/ssr/Hydrofobni-sorpcni-drt-REOSORB--sypky-sorbent.html?cat=0&pn=1965>>
- [17] *katalog 2001, REO AMOS*, [online] [2012-05-23]. Dostupné z WWW:
<<http://www.reoamos.cz/eshop/ssr/Univerzalni-sypky-sorbent-ECO-DRY-PLUS-10-kg.html?cat=0&pn=2325>>
- [18] *katalog 2001, REO AMOS*, [online] [2012-05-23]. Dostupné z WWW:
<<http://www.reoamos.cz/gwgate/files/catalog/cz/43.pdf>>
- [19] *katalog 2001, REO AMOS*, [online] [2012-05-23]. Dostupné z WWW:
<<http://www.reoamos.cz/eshop/Hydrofobni-sorbent-Vapex-100-1.html?cat=105&pn=2553>>
- [20] KOPECKÁ I.; *Hodnocení sorpčních schopností sorbentů používaných při havarijních únicích*. Bakalářská práce. Pardubice. Univerzita Pardubice, 2011.
- [21] KVARČÁK M., VAVREČKOVÁ J., ŽEMLIČKA Z., *Likvidace ropných havárií*, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, Kleinwächter Frýdek-Místek 2000, ISBN 80-86111-61-X.
- [22] *Bojový řád jednotek požární ochrany - taktické postupy při zásahu* [online] [cit. 2012-05-23]. Dostupné z WWW:
<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/hasici/izs/bojrad/ml_110.pdf>

- [23] TOLÁŠ, J.; *Sorbenty pro zásahy při úniku těkavých organických látek při haváriích, při přepravě a v provozu*. Bakalářská práce. Pardubice. Univerzita Pardubice, 2009.
- [24] MACHALÍKOVÁ J. a kol.: *Životní prostředí - Návody na cvičení*, Pardubice, 2001, ISBN-80-7194-369-x.

Seznam obrázků:

| | |
|---|----|
| Obr. č. 1 - UN kód [1] | 8 |
| Obr. č. 2 - Kód Diamant [1] | 9 |
| Obr.č. 3 - Schéma systému TRINS [8] | 11 |
| Obr. č. 4 - Hydrofobní sorpční rohož HR 4100 [foto autor] | 13 |
| Obr. č. 5 - Chemická sorpční rohož CR 4001 [foto autor]..... | 13 |
| Obr. č. 6 - Univerzální sorpční rohož UR 4100 [foto autor]..... | 14 |
| Obr. č. 7 - LITE-DRI ULD 010 [foto autor] | 15 |
| Obr.č. 8 - LITE-DRI Duplex DLD 010 [foto autor] | 16 |
| Obr. č. 9 - LITE-DRI HLD 010 [foto autor] | 16 |
| Obr. č. 10 - REOSORB HDSR [foto autor] | 17 |
| Obr.č. 11 - ECO-DRY PLUS UED [foto autor] | 17 |
| Obr. č. 12 - VAPEX [foto autor]..... | 18 |
| Obr. č. 13 – Textilní sorbenty [foto autor] | 29 |
| Obr. č. 14 – Laboratorní pomůcky pro provedení experimentu [foto autor] | 29 |
| Obr. č. 15 – Testování sorbentů [foto autor] | 30 |
| Obr. č. 16 – Sypké sorbenty [foto autor]..... | 33 |
| Obr. č. 17 – Sypké sorbenty [foto autor]..... | 33 |
| Obr. č. 18 – Testování sypkého sorbentu REOSORB [foto autor] | 34 |
| Obr. č. 19 - Říční písek [foto autor] | 38 |
| Obr.č. 20 - Dřevní piliny [foto autor]..... | 38 |
| Obr. č. 21 – Sorpce – dřevní piliny [foto autor]..... | 38 |
| Obr. č. 22 – Sorpce – říční písek [foto autor]..... | 38 |

Seznam grafů:

| | |
|---|----|
| Graf č. 1 – Úniky nebezpečných látek (absolutní hodnoty)..... | 23 |
| Graf č. 2 - Úniky nebezpečných látek (procentuální vyjádření) | 23 |

Seznam tabulek:

| | |
|---|----|
| Tabulka 1 - Výsledky měření nasákavosti textilních sorbentů | 31 |
| Tabulka 2 - Výsledky měření sypkých sorbentů..... | 35 |
| Tabulka 3- Výsledky určení nasákavosti alternativ sorbentů | 38 |